

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali - DICAM

TESI DI LAUREA

in

TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE M

WATER MANAGEMENT AEROPORTUALE:

ANALISI SPERIMENTALE DELL'ACCUMULO DI

INQUINANTI IN AIR-SIDE.

IL CASO DELL'AEROPORTO G. MARCONI DI BOLOGNA

**Candidato:
SOFIA BIONDI**

**Relatore:
Dott. Ing. LUCA MANTECCHINI**

**Correlatori:
Dott. Ing. TOMASO BARILLI
Dott. Ing. MARCO MAGLIONICO
Dott. Ing. SARA SIMONA CIPOLLA**

**Anno Accademico 2014/2015
Sessione II**

*A mamma e papà,
per avermi insegnato i valori della vita
lasciandomi sempre la facoltà
di scegliere la strada da intraprendere.*

A Gian Luca, a noi.

INDICE

INTRODUZIONE	11
1.L'INQUINAMENTO AMBIENTALE	14
1.1.1 <i>L'acqua elemento da salvaguardare</i>	21
1.2 I TRASPORTI E L'INQUINAMENTO	24
1.3 L'IMPATTO AMBIENTALE IN CAMPO AEROPORTUALE	48
1.3.1 <i>Aeroporto e sviluppo sostenibile</i>	53
1.4 LA NORMATIVA IN MATERIA DI TUTELA DELLE ACQUE.....	56
1.4.1 <i>Normativa europea.....</i>	57
1.4.2 <i>Normativa italiana.....</i>	61
2.LE INFRASTRUTTURE AEROPORTUALI.....	62
2.1 GENERALITÀ SUL TRASPORTO AEREO	62
2.2 TRASPORTO AEREO: ASPETTI NORMATIVI	63
2.2.1 <i>Il trasporto aereo nel quadro di riferimento internazionale</i>	63
2.2.2 <i>Il trasporto aereo nel quadro di riferimento europeo</i>	67
2.2.3 <i>Il trasporto aereo nel quadro di riferimento nazionale.....</i>	69
2.3 LE CARATTERISTICHE DELL'INFRASTRUTTURA AEROPORTUALE.....	71
2.3.1 <i>Classificazione degli aeroporti.....</i>	73
2.3.2 <i>Gli elementi dell'infrastruttura aeroportuale.....</i>	82
2.3.3 <i>I drenaggi aeroportuali</i>	98
2.3.4 <i>Le sovrastrutture aeroportuali</i>	104
2.4 L'AEROPORTO G. MARCONI DI BOLOGNA	111
2.4.1 <i>Generalità.....</i>	111
2.4.2 <i>Air-side e superfici operative</i>	113
2.4.3 <i>Sostenibilità e Ambiente</i>	127
2.4.4 <i>Il sistema di collettamento e Cava Olmi.....</i>	128
2.4.5 <i>Il traffico aereo.....</i>	142
3.AEROPORTO E IMPATTO AMBIENTALE:	146
INQUINAMENTO IDRICO	146
3.1 L'INQUINAMENTO DELLE ACQUE PROVOCATO DALLE ATTIVITÀ AIR-SIDE.....	146
3.1.1 <i>La sgommatura della pista</i>	147
3.1.2 <i>La pulizia dei piazzali.....</i>	166
3.1.3 <i>La gestione degli sversamenti di oli e carburanti</i>	196
3.1.4 <i>Il de-icing.....</i>	210
3.1.5 <i>L'operazione di svuotamento dei bottini di bordo.....</i>	217
3.1.6 <i>Il lavaggio dei mezzi aeroportuali e degli aeromobili</i>	222
3.1.7 <i>Il diserbo.....</i>	223
3.2 RIELABORAZIONE DEI DATI	223
3.2.1 <i>Correlazione tra dati de icing-meteo-traffico aereo</i>	223
4.SVILUPPI FUTURI	228
4.1 REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE.....	228
4.1.1 <i>I vantaggi della fitodepurazione.....</i>	234
4.1.2 <i>Tipologie di sistemi di fitodepurazione</i>	237
4.1.3 <i>Schemi di impianto</i>	242
4.1.4 <i>Descrizione dell'intervento presso l'Aeroporto G. Marconi.....</i>	244

4.2 COSTRUZIONE DI UN DEPURATORE PER LAVAGGIO DEI MEZZI AEROPORTUALI	252
CONCLUSIONI.....	256
ACRONIMI	259
BIBLIOGRAFIA.....	260
ALLEGATI.....	264

INDICE FIGURE

<i>FIGURA 1: INQUINAMENTO PROVOCATO DA ATTIVITÀ VULCANICA</i>	15
<i>FIGURA 2: INQUINAMENTO DI ACQUE MARINE CAUSATO DALLA PRESENZA DI ALGHE.....</i>	15
<i>FIGURA 3: IL TRAFFICO È UNA DELLE CAUSE DELL'INQUINAMENTO ANTROPICO.....</i>	16
<i>FIGURA 4: : ESEMPIO DI STABILIMENTO INDUSTRIALE AD ALTO IMPATTO INQUINANTE, ILVA DI TARANTO</i>	16
<i>FIGURA 5: IN CONDIZIONI DI INVERSIONE TERMICA SI FORMA UNO STRATO DOVE SI ACCUMULANO GAS E POLVERI</i>	18
<i>FIGURA 6: INQUINAMENTO DEL SUOLO PROVOCATO DA RIFIUTI.....</i>	19
<i>FIGURA 7: EVOLUZIONE DELLE EMISSIONI DI CO₂ DELLE AUTOMOBILI SUDDIVISE PER CARBURANTE [FONTE: EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY].....</i>	26
<i>FIGURA 8: CONCENTRAZIONI (MEDIE MENSILI) DI PM_{2,5} ESPRESSE IN MG/M³ DI ALCUNI CAPOLUOGHI DI PROVINCIA DELL'EMILIA-ROMAGNA [FONTE: ARPA EMILIA ROMAGNA].....</i>	27
<i>FIGURA 9: AZIONE DI DILAVAMENTO DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE AD OPERA DELLA PIOGGIA</i>	29
<i>FIGURA 10: ACCUMULO DEI RIFIUTI STRADALI IN FUNZIONE DEL TEMPO SECCO ANTECEDENTE [SARTOR E BOYD, 1974]</i>	30
<i>FIGURA 11: SCHEMI DI RETI UNITARIE CON VASCA DI PRIMA PIOGGIA E VASCA VOLANO IN LINEA E FUORI LINEA</i>	34
<i>FIGURA 12: SCHEMI DI RETI SEPARATE CON VASCA DI PRIMA PIOGGIA E VASCA VOLANO IN LINEA E FUORI LINEA</i>	34
<i>FIGURA 13: SCHEMA DI IMPIANTO DI GRIGLIATURA.....</i>	35
<i>FIGURA 14: SCHEMA DI FILTRO A SABBIA INSTALLATO IN LINEA.....</i>	37
<i>FIGURA 15: SCHEMA DI FILTRO A SABBIA INTERRATO INSTALLATO FUORI LINEA.....</i>	37
<i>FIGURA 16: SCHEMA DI UN FILTRO A SABBIA IN SUPERFICIE</i>	38
<i>FIGURA 17: SCHEMA DEL SISTEMA CON FILTRI A STRISCE VEGETALI.....</i>	39
<i>FIGURA 18: SEZIONI DEI SISTEMI “GRASS CHANNEL”, “DRY SWALE” E “WET SWALE”</i>	41
<i>FIGURA 19: TRINCEA DRENANTE</i>	42
<i>FIGURA 20: BACINO DI INFILTRAZIONE COMBINATO CON IMPIANTO DISOLEATORE</i>	43
<i>FIGURA 21: SCHEMA IN PIANTA E IN SEZIONE DI UN IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE</i>	44
<i>FIGURA 22: SCHEMA DI BACINO DI DETENZIONE</i>	45
<i>FIGURA 23: BACINO DI DETENZIONE IN PENNSYLVANIA</i>	46
<i>FIGURA 24: BACINO ARTIFICIALE CON FUNZIONE DI LAGUNAGGIO</i>	46
<i>FIGURA 25: COMPOSIZIONE DEL TRAFFICO AEREO CIVILE.....</i>	63
<i>FIGURA 26: SUDDIVISIONE LAND-SIDE E AIR-SIDE DELL'AEROPORTO G. MARCONI DI BOLOGNA ...</i>	72
<i>FIGURA 27: SCHEMA COMPOSITIVO DI UN'INFRASTRUTTURA AEROPORTUALE.....</i>	73
<i>FIGURA 28: SISTEMI DI CLASSIFICAZIONE DEGLI AEROPORTI</i>	74
<i>FIGURA 29: SUDDIVISIONE DEGLI AEROPORTI ITALIANI IN BASE ALLA CLASSIFICA DEMANIALE [DATO 2011, FONTE: ENAC]</i>	77
<i>FIGURA 30: APERTURA ALARE E DISTANZA TRA I BORDI ESTERNI DELLE RUOTE DEL CARRELLO PRINCIPALE DI UN VELIVOLO</i>	79
<i>FIGURA 31: CLASSIFICAZIONE DELLE PISTE AEROPORTUALI</i>	85
<i>FIGURA 32: PISTA DELL'AEROPORTO G. MARCONI DI BOLOGNA</i>	86
<i>FIGURA 33: CONFIGURAZIONE 12-30 DELLA PISTA DELL' AEROPORTO MARCONI.....</i>	86
<i>FIGURA 34: BANCHINE DI PISTA</i>	87
<i>FIGURA 35: AREA DI ARRESTO</i>	88
<i>FIGURA 36: AREA LIBERA DA OSTACOLI</i>	88
<i>FIGURA 37: STRISCIA DI SICUREZZA DELLA PISTA</i>	89
<i>FIGURA 38: AREA DI SICUREZZA DI FINE PISTA.....</i>	89

FIGURA 39: RAPPRESENTAZIONE DI LDA, TORA, TODA E ASDA	90
FIGURA 40: ALLARGAMENTO DELLA VIA DI RULLAGGIO	91
FIGURA 41: PISTA DI VOLO E VIA DI RULLAGGIO DELL'AEROPORTO G. MARCONI DI BOLOGNA	92
FIGURA 42: SCHEMA DI CONFIGURAZIONE TIPO IN AIR-SIDE	92
FIGURA 43: PIAZZALI DI SOSTA DEGLI AEROMOBILI DELL'AEROPORTO MARCONI.....	93
FIGURA 44: AEROSTAZIONE DELL'AEROPORTO MARCONI.....	94
FIGURA 45: IL TERMINAL FUNGE DA COLLEGAMENTO TRA LAND-SIDE E AIR-SIDE.....	95
FIGURA 46: CONFIGURAZIONI TIPO DEL TERMINAL AEROPORTUALE.....	96
FIGURA 47: FRANZ JOSEF STRAUSS INTERNATIONAL AIRPORT DI MONACO DI BAVIERA, TERMINAL LINEARE.....	96
FIGURA 48: AEROPORTO DI PARIGI-CHARLES DE GAULLE, TERMINAL CURVILINEO	97
FIGURA 49: AEROPORTO INTERNAZIONALE DI SAN FRANCISCO, TERMINAL A MOLI.....	97
FIGURA 50: AEROPORTO DI LONDRA-HEATHROW, CONFIGURAZIONE A SATELLITE DEL TERMINAL 5	97
FIGURA 51: ESEMPIO DI CURVA INTENSITÀ-DURATA DI PRECIPITAZIONE	99
FIGURA 52: ESEMPIO DI CURVE INTENSITÀ-DURATA PER DIVERSI VALORI DEL TEMPO DI RITORNO	100
FIGURA 53: FOGNOLO E POZZETTO A BORDO PISTA	102
FIGURA 54: POZZETTI CON GRATA	103
FIGURA 55: POZZETTI CON GRATA	103
FIGURA 56: SCHEMATIZZAZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE RIGIDA	105
FIGURA 57: SCHEMATIZZAZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE FLESSIBILE	106
FIGURA 58: LA PRESENZA DI NEVE E GHIACCIO SULLA PISTA PUÒ PROVOCARE LO SVIO DEGLI AEROMOBILI.....	108
FIGURA 59: LE ZONE DELLA PISTA DOVE AVVIENE LA TOCCATA DEGLI AEROMOBILI SONO PIÙ SCURE A CAUSA DELLA CONTAMINAZIONE DELLA GOMMA DEI PNEUMATICI.....	109
FIGURA 60: LE PRINCIPALI INFRASTRUTTURE DELLA CITTÀ DI BOLOGNA (AEROPORTO MARCONI, SISTEMA AUTOSTRADALE E FERROVIA)	111
FIGURA 61: FOTO AEREA DELL'AEROPORTO G. MARCONI	112
FIGURA 62: TESTATA PISTA 12 E TESTATA PISTA 30 DELL' AEROPORTO MARCONI.....	114
FIGURA 63: PIAZZALI DI SOSTA AEROMOBILI DELL' AEROPORTO MARCONI	115
FIGURA 64: PRINCIPALI ELEMENTI COSTITUTIVI DELL' AEROPORTO MARCONI.....	116
FIGURA 65: TAXIWAY PRINCIPALE (IN VERDE), TAXIWAY DI COLLEGAMENTO CON LA PISTA (IN ROSSO) E TAXIWAY DI COLLEGAMENTO CON GLI APRON (IN ARANCIO)	125
FIGURA 66: AREA SU CUI SI ESTENDE LA SUPERFICIE AEROPORTUALE DELL' AEROPORTO MARCONI	129
FIGURA 67: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEL SISTEMA FOGNARIO AEROPORTUALE. LE LETTERE INDICANO I TRE RECAPITI.....	130
FIGURA 68: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEI TRE CORPI IDRICI RICETTORI E DI CAVA OLMI	130
FIGURA 69: AREE CONTRIBUENTI VERSO I RECAPITI PRINCIPALI (IN BLU VERSO CAVA OLMI E IL FOSSO CAVA, IN ROSSO VERSO LO SCOLO CANOCCHIA) E I TRE PUNTI DI SCARICO	131
FIGURA 70: SCHEMA DELLA RETE DI COLLETTAMENTO DELL' AEROPORTO MARCONI.....	132
FIGURA 71: DALLA FOTO AEREA DI CAVA OLMI SI OSSERVANO LA CAMERA DI INGRESSO (1)) CHE COLLEGA LA RETE DI SCOLO CON LA VASCA, IL COLLETTORE DI INGRESSO (2),IL COLLETTORE DI USCITA (3), LA CAMERA DI POMPAGGIO (4), LA CAMERA DI USCITA (5) E IL FOSSO FONTANA(6)	133
FIGURA 72: VASCA DI LAMINAZIONE DI CAVA OLMI.....	133
FIGURA 73: RIGONFIAMENTI DEL TELO DI RIVESTIMENTO DELLA VASCA	134
FIGURA 74: RIGONFIAMENTI DEL TELO	134
FIGURA 75: LE POMPE PRELEVANO ACQUA E LA INVIANO ALLA VASCA DI LAMINAZIONE.....	135
FIGURA 76: FOSSO FONTANA	136

<i>FIGURA 77: IL MISURATORE DI LIVELLO COLLOCATO IN PROSSIMITÀ DEL FOSSO FONTANA È UTILIZZATO NELLA VASCA DI LAMINAZIONE PER STABILIRE LA POSSIBILITÀ DI SVERSAMENTO ALL'INTERNO DELLO SCOLO</i>	136
<i>FIGURA 78: DATI DI TRAFFICO DELL'AEROPORTO MARCONI DAL 2011 AL 2015.....</i>	145
<i>FIGURA 79: DATI DI TRAFFICO DEI MOVIMENTI DELL'AEROPORTO MARCONI DAL 2011 AL 2015.</i>	145
<i>FIGURA 80: TRATTI DELLA PISTA DELL'AEROPORTO MARCONI INTERESSATI DAGLI INTERVENTI DI SGOMMATURA</i>	149
<i>FIGURA 81: L'INTERVENTO DI SGOMMATURA È ESEGUITO DI NOTTE, GENERALMENTE A PISTA CHIUSA</i>	154
<i>FIGURA 82: PAVIMENTAZIONE DELLA PISTA DELL'AEROPORTO MARCONI PRIMA DELL'INTERVENTO DI SGOMMATURA.....</i>	154
<i>FIGURA 83: MACCHINARIO EUROJET PER SGOMMATURA.....</i>	155
<i>FIGURA 84: LE SPAZZOLE ROTANTI FAVORISCONO LA RIMOZIONE DEL GOMMINO</i>	155
<i>FIGURA 85: SERBATOIO PER LA RACCOLTA DI ACQUA "SPORCA" E DEL GOMMINO ASPORTATO DALLA PAVIMENTAZIONE.....</i>	156
<i>FIGURA 86: PARTICOLARE DELLE SPAZZOLE ROTANTI E DEGLI UGELLI.....</i>	156
<i>FIGURA 87: MACCHINARIO EUROJET IN AZIONE SULLA PISTA DELL'AEROPORTO MARCONI.....</i>	157
<i>FIGURA 88: GLI UGELLI SPRUZZANO ACQUA FINO ALLA PRESSIONE DI 38.000 DPI.....</i>	157
<i>FIGURA 89: POTENZA DEL GETTO DEGLI UGELLI</i>	158
<i>FIGURA 90: DIFFERENZA TRA LA PAVIMENTAZIONE PRIMA DELLA SGOMMATURA (A SINISTRA) E DOPO LA SGOMMATURA (A DESTRA, BAGNATA DAL GETTO DI ACQUA IN PRESSIONE).....</i>	158
<i>FIGURA 91: PARTICOLARE DELLE SPAZZOLE ROTANTI IN AZIONE.....</i>	159
<i>FIGURA 92: DOPO LA SGOMMATURA I PORI DELLO STRATO DI USURA SONO RIPULITI DAL GOMMINO DELLE RUOTE DEGLI AEROMOBILI.....</i>	159
<i>FIGURA 93: PORI OSTRUITI (A DESTRA) E PORI LIBERI (A SINISTRA)</i>	160
<i>FIGURA 94: CAMPIONE DI ACQUA SPORCA PRELEVATO DAL SERBATOIO</i>	161
<i>FIGURA 95: IL COLORE SCURO DELL'ACQUA È DOVUTO ALLA CONTAMINAZIONE DEL GOMMINO ..</i>	161
<i>FIGURA 96: UFFICIO SAF PRESSO EDIFICIO COA (CENTRO OPERAZIONI AEROPORTUALI) DOVE, CON L'AUSILIO DI MONITOR, SI CONTROLLANO COSTANTEMENTE TUTTE LE AREE AIR-SIDE ...</i>	162
<i>FIGURA 97: MEZZO IMPIEGATO PER IL FRICTION TEST.....</i>	163
<i>FIGURA 98: SERBATOIO CON ACQUA INSTALLATO A BORDO DELL'AUTOMOBILE.....</i>	164
<i>FIGURA 99: GRAFICO DEL COEFFICIENTE DI ATTRITO PRE-SGOMMATURA MISURATO PER L'INTERA LUNGHEZZA DELLA PISTA.....</i>	164
<i>FIGURA 100: VALORI DEL COEFFICIENTE DI ATTRITO (AVG FRICTION) MISURATI PER OGNI PROGRESSIVA AL PRIMO GIRO DI AUTOMOBILE (IN BLU) E AL SECONDO GIRO (IN ROSSO)</i>	165
<i>FIGURA 101: MEDIE DEI VALORI DEL COEFFICIENTE DI ATTRITO PER CIASCUNA DELLE TRE SEZIONI DELLA PISTA RIFERITI AL PRIMO GIRO (IN BLU) E AL SECONDO GIRO (IN ROSSO)</i>	166
<i>FIGURA 102: GRAFICO DEL COEFFICIENTE DI ATTRITO POST-SGOMMATURA MISURATO PER L'INTERA LUNGHEZZA DELLA PISTA.....</i>	166
<i>FIGURA 103: SPAZZATRICE AUTOBREN.....</i>	169
<i>FIGURA 104: SPAZZATRICE AUTOBREN.....</i>	170
<i>FIGURA 105: L'OPERATORE AIR-SIDE INDIVIDUA LE AREE DA PULIRE ANCHE GRAZIE AL MONITOR INSTALLATO NELLA CABINA DELLA SPAZZATRICE</i>	170
<i>FIGURA 106: PARTICOLARE DELLE SPAZZOLE ROTANTI DELLA SPAZZATRICE AUTOBREN</i>	171
<i>FIGURA 107: BOSCHUNG CON ALLESTIMENTO SPAZZATRICE.....</i>	172
<i>FIGURA 108: PARTICOLARE DELL'APPARATO ASPIRATORE DELLA SPAZZATRICE BOSCHUNG.....</i>	172
<i>FIGURA 109: PARTICOLARE DELLE SPAZZOLE LATERALI DELLA SPAZZATRICE BOSCHUNG</i>	173
<i>FIGURA 110: BOSCHUNG CON ALLESTIMENTO PER RIMOZIONE DELLA NEVE.....</i>	173
<i>FIGURA 111: CONTAINER DOVE SONO RACCOLTI TUTTI I RIFIUTI ASPIRATI DALLE SPAZZATRICI</i>	174
<i>FIGURA 112: UNA VOLTA PIENO, IL CONTAINER È SVUOTATO DA HERA</i>	174

<i>FIGURA 113: AREE INTERESSATE DAL PASSAGGIO DELLA SPAZZATRICE DULEVO 1100</i>	176
<i>FIGURA 114: PRELIEVO DEL CAMPIONE DALLA CADITOIA DELL'APRON 1</i>	177
<i>FIGURA 115: AREA DI DIMENSIONI 1 M X 2 M OGGETTO DI PRELIEVO (IN ROSSO) E CADITOIA DA CUI È STATO RACCOLTO UN CAMPIONE DI ACQUE DI DILAVAMENTO (IN BLU)</i>	178
<i>FIGURA 116: AREA OGGETTO DEL CAMPIONAMENTO</i>	178
<i>FIGURA 117: DAGLI UGELLI ANTERIORI DELLA SPAZZATRICE AUTOBREN ESCE ACQUA, CONTEMPORANEAMENTE LE SPAZZOLE RUOTANO E L'APPARATO ASPIRANTE RIMUOVE I RIFIUTI</i>	179
<i>FIGURA 118: SPAZZATRICE AUTOBREN SU APRON 1 (SULLO SFONDO, UN AEROMOBILE STA EFFETTUANDO RIFORNIMENTO DI CHEROSENE)</i>	179
<i>FIGURA 119: SPAZZATRICE AUTOBREN SU APRON 1</i>	180
<i>FIGURA 120: SETACCIO A MAGLIA 0,063 MM SU CUI È POSTO IL CAMPIONE E SI FA SCORRERE ACQUA PER ELIMINARE LA FRAZIONE LIMOSA</i>	182
<i>FIGURA 121: STUFA PER ESSICAMENTO PROVINI A TEMPERATURA 110°C</i>	183
<i>FIGURA 122: CAMPIONE ALL'INTERNO DELLA STUFA</i>	183
<i>FIGURA 123: MAGLIA DEL SETACCIO 12,5 MM, IL MAGGIORE UTILIZZATO PER QUESTE ANALISI...</i>	184
<i>FIGURA 124: MACCHINARIO PER SETACCIATURA MECCANICA (AGITATORE)</i>	185
<i>FIGURA 125: PILA DI SETACCI UNI EN 933</i>	185
<i>FIGURA 126: BILANCIA PER PESATURA PROVINI</i>	186
<i>FIGURA 127: TRATTENUTO AL SETACCIO CON MAGLIA 2 MM</i>	187
<i>FIGURA 128: DOPO IL PASSAGGIO CON L'AGITATORE MECCANICO, CON LE MANI SI FAVORISCE IL PASSAGGIO DEL MATERIALE ATTRAVERSO LE MAGLIE</i>	187
<i>FIGURA 129: FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO CON MAGLIA 0,075 MM E TRATTENUTO DALLA MAGLIA 0,063 MM</i>	188
<i>FIGURA 130: PASSANTE AL SETACCIO 0,063 MM</i>	188
<i>FIGURA 131: ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE PRELEVATO DALL'APRON 1 PRE-SPAZZATRICE</i>	190
<i>FIGURA 132: ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE PRELEVATO DALL'APRON 1 PRE-SPAZZATRICE</i>	192
<i>FIGURA 133: ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE PRELEVATO DAL CONTENITORE PORTARIFIUTI DELLA SPAZZATRICE DULEVO</i>	194
<i>FIGURA 134: ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE PRELEVATO DAL CONTAINER HERA</i>	195
<i>FIGURA 135: SCORTE DI SEPIOLITE PRESSO IL MAGAZZINO DELL'AEROPORTO MARCONI</i>	198
<i>FIGURA 136: SEPIOLITE 15/30 IMPIEGATA ALL'AEROPORTO MARCONI PER GLI SVERSAMENTI</i> ...	199
<i>FIGURA 137: SUDDIVISIONE PER TIPOLOGIA DEGLI SVERSAMENTI AVVENUTI NEL 2014</i>	200
<i>FIGURA 138: GLI SVERSAMENTI AVVENUTI NEL 2014 CHE HANNO RICHIESTO L'INTERVENTO DEI VVF SONO IN NUMERO ESIGUO</i>	200
<i>FIGURA 139: SUDDIVISIONE PER TIPOLOGIA DEGLI SVERSAMENTI AVVENUTI NEL 2013</i>	201
<i>FIGURA 140: SUDDIVISIONE PER TIPOLOGIA DEGLI SVERSAMENTI AVVENUTI NEL 2012</i>	201
<i>FIGURA 141: SVERSAMENTI DI OLIO AVVENUTI NEL 2012-2013-2014</i>	202
<i>FIGURA 142: SVERSAMENTI DI OLIO AVVENUTI NEL 2012-2013-2014 CAUSATI DALLA ROTTURA DEI MEZZI</i>	202
<i>FIGURA 143: SVERSAMENTI DI OLIO AVVENUTI NEL 2012-2013-2014 CAUSATI DALLA ROTTURA DEI MACCHINARI</i>	202
<i>FIGURA 144: SVERSAMENTI DI OLIO AVVENUTI NEL 2012-2013-2014 CAUSATI DAL GUASTO DEGLI AEROMOBILI</i>	203
<i>FIGURA 145: SVERSAMENTI DI OLIO AVVENUTI NEL 2012-2013-2014 DOVUTI A CAUSE IGNOTE</i> ..	203
<i>FIGURA 146: SUDDIVISIONE PER DIMENSIONI DEGLI SVERSAMENTI DI OLIO AVVENUTI NEL 2012-2013-2014 CAUSATI DALLA ROTTURA DEI MEZZI</i>	203
<i>FIGURA 147: SVERSAMENTI DI CARBURANTE AVVENUTI NEL 2012-2013-2014</i>	204

<i>FIGURA 148: SUDDIVISIONE PER CAUSE DEGLI SVERSAMENTI DI CARBURANTE AVVENUTI NEL 2012-2013-2014</i>	204
<i>FIGURA 149: SUDDIVISIONE PER DIMENSIONI DEGLI SVERSAMENTI DI CARBURANTE AVVENUTI NEL 2012-2013-2014</i>	205
<i>FIGURA 150: GRANDE SVERSAMENTO AVVENUTO IN ORARIO NOTTURNO</i>	205
<i>FIGURA 151: SVERSAMENTO DI GRANDI DIMENSIONI CHE HA RICHIESTO L'INTERVENTO DI UNA DITTA ESTERNA</i>	205
<i>FIGURA 152: LA PARTE ECCEDENTE I DUE SACCHI DI SEPIOLITE È IMMESSA NELLE CADITOIE TRAMITE GETTO D'ACQUA</i>	206
<i>FIGURA 153: PRIMO INTERVENTO CON SEPIOLITE SU UN GRANDE SVERSAMENTO</i>	206
<i>FIGURA 154: GRANDE SVERSAMENTO DI CARBURANTE</i>	207
<i>FIGURA 155: CARTA ASSORBENTE PER ARGINARE LO SVERSAMENTO</i>	207
<i>FIGURA 156: PICCOLO SVERSAMENTO DI CARBURANTE PER L'AVIAZIONE</i>	208
<i>FIGURA 157: SVERSAMENTO DI OLIO CAUSATO DA UN CARGO LOADER</i>	208
<i>FIGURA 158: SVERSAMENTO DI CARBURANTE PER L'AVIAZIONE</i>	209
<i>FIGURA 159: SVERSAMENTO CAUSATO DA UN MEZZO</i>	209
<i>FIGURA 160: SPARGIMENTO DI SEPIOLITE A CURA DEL FOLLOW-ME</i>	209
<i>FIGURA 161: L'OPERATORE EFFETTUA IL TRATTAMENTO DE-ICING DALLA CABINA, DOVE SONO PRESENTI I COMANDI</i>	215
<i>FIGURA 162: FMC TEMPEST 2000, MEZZO PER IL DE-ICING</i>	215
<i>FIGURA 163: GLICOLE TYPE II, LIQUIDO IMPIEGATO PER IL DE/ANTI-ICING DEGLI AEROMOBILI</i> ..	216
<i>FIGURA 164: BOTOLA DI COPERTURA DELLA VASCA CHE RACCOGLIE I RIFIUTI PRELEVATI DALLE TOILETTE DEGLI AEROMOBILI</i>	220
<i>FIGURA 165: POZZETTO DEL SANIFICATORE A VALLE DEL TRATTAMENTO DA CUI SI PRELEVANO I CAMPIONI PER LE ANALISI ANNUALI</i>	220
<i>FIGURA 166: MACCHINA BOTTINI (LA CISTERNA CENTRALE CONTIENE I LIQUAMI)</i>	222
<i>FIGURA 167: RELAZIONE TRA LA TEMPERATURA MEDIA GIORNALIERA E IL RAPPORTO PERCENTUALE DI MISCELA MEDIO IMPIEGATO PER IL DE-ICING NELLA STAGIONE INVERNALE 2012-2013</i>	225
<i>FIGURA 168: RELAZIONE TRA LA TEMPERATURA MEDIA GIORNALIERA E IL RAPPORTO PERCENTUALE DI MISCELA MEDIO IMPIEGATO PER IL DE-ICING NELLA STAGIONE INVERNALE 2013-2014</i>	226
<i>FIGURA 169: RELAZIONE TRA LA TEMPERATURA MEDIA GIORNALIERA E IL RAPPORTO PERCENTUALE DI MISCELA MEDIO IMPIEGATO PER IL DE-ICING NELLA STAGIONE INVERNALE 2014-2014</i>	227
<i>FIGURA 170: LOGO DEL PROGETTO WATAIR</i>	228
<i>FIGURA 171: L'AEROPORTO G. MARCONI DI BOLOGNA È SITUATO NELL'AREA MEDITERRANEA DELL'EUROPA</i>	230
<i>FIGURA 172: AEROPORTO G. MARCONI DI BOLOGNA</i>	230
<i>FIGURA 173: L'AEROPORTO DI AARHUS È SITUATO NELL'AREA SCANDINAVA DELL'EUROPA</i>	231
<i>FIGURA 174: AEROPORTO DI AARHUS</i>	231
<i>FIGURA 175: GLI AEROPORTI DI VACLAV HAVEL, KBELY E SLANY SONO SITUATI NELL'AREA DELL'EUROPA CONTINENTALE</i>	232
<i>FIGURA 176: AEROPORTO CIVILE DI VACLAV HAVEL, PRAGA (REPUBBLICA CECA)</i>	232
<i>FIGURA 177: AEROPORTO GOVERNATIVO DI KBELY, PRAGA (REPUBBLICA CECA)</i>	233
<i>FIGURA 178: AEROCUBO DI SLANY, SLANY (REPUBBLICA CECA)</i>	233
<i>FIGURA 179: COLLOCAZIONE GEOGRAFICA DEI 5 AEROPORTI INTERESSATI DALLA COSTRUZIONE DEGLI IMPIANTI DI FITODEPURAZIONE</i>	234
<i>FIGURA 180: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DI UN SISTEMA A FLUSSO SOMMERSO ORIZZONTALE</i>	238
<i>FIGURA 181: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DI UN SISTEMA A FLUSSO SOMMERSO VERTICALE</i>	239
<i>FIGURA 182: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DI UN SISTEMA A FLUSSO LIBERO</i>	241
<i>FIGURA 183: LEMNA O LENTICCHIA D'ACQUA</i>	242

<i>FIGURA 184: SCHEMA TIPO DI UN IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE.....</i>	<i>246</i>
<i>FIGURA 185: IN ROSSO È EVIDENZIATA L'AREA INTERESSATA DALLA NUOVA PIAZZOLA DE-ICING E DALL'IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE</i>	<i>247</i>
<i>FIGURA 186: PLANIMETRIA DELL'IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE PRESENTATO NEL PROGETTO WATAIR</i>	<i>247</i>
<i>FIGURA 187: ELEMENTO FLOTTANTE SINGOLO NON VEGETATO.....</i>	<i>249</i>
<i>FIGURA 188: SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DI TECH-IA</i>	<i>249</i>
<i>FIGURA 189: AREA DELL'AEROPORTO MARCONI IN CUI SORGERÀ LA PIAZZOLA DE-ICING.....</i>	<i>251</i>
<i>FIGURA 190: COLLOCAZIONE DELLA FUTURA PIAZZOLA DE-ICING E, A FIANCO, IMPIANTO DI FITODEPURAZIONE</i>	<i>251</i>
<i>FIGURA 191: IN ROSSO L'AREA IN CUI SORGERÀ IL NUOVO DEPURATORE, TRA OFFICINA E HANGAR AEROPORTUALE.....</i>	<i>252</i>
<i>FIGURA 192: STATO ATTUALE DELL'AREA</i>	<i>253</i>
<i>FIGURA 193: STATO ATTUALE DELL'AREA, RETRO DELL'OFFICINA</i>	<i>253</i>
<i>FIGURA 194: SCHEMA DELL'IMPIANTO DEL DEPURATORE</i>	<i>255</i>

INDICE TABELLE

<i>TABELLA 1: CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI RILEVATE IN INGRESSO A DUE CADITOIE A BOLOGNA (VIA EMILIA).....</i>	31
<i>TABELLA 2: CONCENTRAZIONI RILEVATE IN INGRESSO A UNA CADITOIA IN VIA TOGLIATTI A BOLOGNA IL 26/08/2002</i>	32
<i>TABELLA 3: SOSTANZE PRESENTI NEL MATERIALE DEPOSITATO IN UNA CADITOIA DI VIA TOGLIATTI A BOLOGNA</i>	32
<i>TABELLA 4: ANNESSI ICAO E RELATIVI CONTENUTI.....</i>	66
<i>TABELLA 5: CRITERI DELLA CLASSIFICA FUNZIONALE ICAO BASATA SULLE CARATTERISTICHE DELL'AEROMOBILE DI PROGETTO</i>	78
<i>TABELLA 6: CATEGORIE AEROPORTUALI DAL PUNTO DI VISTA ANTINCENDIO</i>	80
<i>TABELLA 7: QUANTITATIVI MINIMI DISPONIBILI DI AGENTI ESTINGUENTI</i>	80
<i>TABELLA 8: NUMERO MINIMO DI VEICOLI ANTINCENDIO DA PROVVEDERSI IN CORRISPONDENZA DI OGNI CATEGORIA AEROPORTUALE.....</i>	81
<i>TABELLA 9: VALORI DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO C PER DIVERSE SUPERFICI</i>	101
<i>TABELLA 10: I PRIMI DIECI AEROPORTI ITALIANI PER NUMERO DI PASSEGGERI [DATI GENNAIO-LUGLIO 2015, FONTE: ASSAEROPORTI]</i>	112
<i>TABELLA 11: DATI PRINCIPALI DELL'AEROPORTO MARCONI</i>	116
<i>TABELLA 12: CARATTERISTICHE PISTA 12</i>	117
<i>TABELLA 13: CARATTERISTICHE PISTA 12</i>	118
<i>TABELLA 14: CARATTERISTICHE PISTA 12</i>	118
<i>TABELLA 15: CARATTERISTICHE PISTA 30</i>	119
<i>TABELLA 16: CARATTERISTICHE PISTA 30</i>	120
<i>TABELLA 17: CARATTERISTICHE PISTA 30</i>	120
<i>TABELLA 18: CARATTERISTICHE TAXIWAY PRINCIPALE.....</i>	123
<i>TABELLA 19: CARATTERISTICHE TAXIWAY DI COLLEGAMENTO.....</i>	123
<i>TABELLA 20: CARATTERISTICHE TAXIWAY DI COLLEGAMENTO.....</i>	124
<i>TABELLA 21: CARATTERISTICHE TAXIWAY DI COLLEGAMENTO.....</i>	124
<i>TABELLA 22: CARATTERISTICHE TAXIWAY DI COLLEGAMENTO CON GLI APRON</i>	125
<i>TABELLA 23: CENSIMENTO DISOLEATORI DELL'AEROPORTO MARCONI</i>	139
<i>TABELLA 24: DATI DI TRAFFICO DELL'AEROPORTO MARCONI (PERIODO GENNAIO-LUGLIO 2015)</i>	144
<i>TABELLA 25: MOVIMENTI AEROMOBILI DELL'AEROPORTO MARCONI (PERIODO GENNAIO-LUGLIO 2015).....</i>	144
<i>TABELLA 26: VALORI DI RIFERIMENTO DEL COEFFICIENTE DI ADERENZA DELLA PISTA [FONTE: CIRCOLARE ENAC APT-10A DEL 30/10/2014]</i>	148
<i>TABELLA 27: PROGRAMMA DI MANUTENZIONE IN BASE ALLE OPERAZIONI TURBO-JET PER FINE PISTA [FONTE: CIRCOLARE ENAC APT-10A DEL 30/10/2014]</i>	149
<i>TABELLA 28: RISULTATI ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE PRELEVATO DALL'APRON I PRIMA DEL PASSAGGIO DELLA SPAZZATRICE</i>	189
<i>TABELLA 29: RISULTATI ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE PRELEVATO DALL'APRON I DOPO IL PASSAGGIO DELLA SPAZZATRICE</i>	191
<i>TABELLA 30: RISULTATI ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE PRELEVATO DAL CONTENITORE PORTARIFIUTI DELLA SPAZZATRICE DULEVO</i>	193
<i>TABELLA 31: RISULTATI ANALISI GRANULOMETRICA DEL CAMPIONE PRELEVATO DAL CONTAINER HERA.....</i>	195
<i>TABELLA 32: SUDDIVISIONE IN GRUPPI DEI VOLI CHE OPERANO SULL'AEROPORTO MARCONI.....</i>	213

INTRODUZIONE

Negli ultimi quindici anni il traffico aereo passeggeri in Italia è stato interessato da un cospicuo incremento: si è passati dai 91 milioni di passeggeri nel 2000 ai 150 milioni nel 2014.

In particolare, Assaeroporti (Associazione Italiana Gestori Aeroportuali) segnala per l'anno 2014 un aumento del traffico passeggeri pari al 4,5% e un incremento dei volumi di merce trasportata pari al 5% rispetto l'anno precedente, andamenti in controtendenza a fronte dei dati degli ultimi due anni.

Infatti si sono registrati 149 milioni di passeggeri nel 2011 (ultimo anno di crescita del traffico aereo in Italia), con un trend positivo del 4,8% quasi costante fino al 2008, ad eccezione della flessione del 2001 dovuta agli attentati terroristici negli USA. Si è poi ridotto nel periodo 2008 e 2009, mentre nel 2010 e 2011 il traffico è tornato a crescere con un tasso sostenuto (+7% e 6,5% rispetto all'anno precedente). Negli anni 2012 e 2013 si è invertito l'andamento dei flussi aerei, con rispettivamente 146 e 143,5 milioni di passeggeri transitati nei 35 scali italiani.

Le previsioni di crescita per il Paese indicano il possibile raddoppio del traffico entro il 2030, quando si dovrebbe raggiungere la soglia dei 300 milioni di passeggeri, con un aumento soprattutto della quota parte internazionale.

Non vi può essere sviluppo economico di uno Stato senza crescita del traffico aereo, la quale si può realizzare solo con:

- un adeguamento e un potenziamento delle capacità delle infrastrutture aeroportuali compatibile con le condizioni ambientali;
- un'efficace interconnessione degli scali con gli altri modi di trasporto.

Infatti la pianificazione e la progettazione degli aeroporti non può prescindere da un'analisi approfondita sugli impatti ambientali prodotti dalle attività svolte all'interno degli scali.

Inoltre l'incremento del numero medio di passeggeri per movimento (dal 75 pax/mov nel 2000 a 106 pax/mov nel 2011, dato riferito al traffico nazionale) rappresenta un dato positivo dal punto di vista ambientale: nei cieli vola un minor numero di aeromobili, ma in grado di trasportare un maggior numero di passeggeri, con conseguente diminuzione del numero dei

movimenti, quindi del rumore, delle emissioni e dell'inquinamento ambientale provocato dalle operazioni necessarie a garantire l'operatività di ciascun volo.

La salvaguardia dell'ambiente per un aeroporto è un compito difficile e oneroso, poiché può creare problemi ambientali come inquinamento acustico, dell'aria, delle acque fondiarie e trattamento dei rifiuti.

In particolare, scopo di questo elaborato è studiare l'impatto che le operazioni svolte in air-side provocano sulla qualità delle acque di dilavamento, osservando e analizzando le attività che avvengono presso l'Aeroporto G.Marconi di Bologna.

Si intende svolgere un censimento delle operazioni che influenzano la qualità delle acque (sia direttamente sia a seguito del dilavamento delle pavimentazioni aeroportuali), indagando quali siano i soggetti coinvolti, le procedure da eseguire, la frequenza e gli eventuali mezzi impiegati.

Poi si vogliono eseguire analisi chimiche e granulometriche con un duplice obiettivo: conoscere la qualità delle acque raccolte dalle caditoie presenti nel piazzale e a bordo pista e verificare l'efficacia delle operazioni eseguite anche per ridurre il *build up*, cioè il tasso di accumulo in tempo secco e, di conseguenza, l'apporto di inquinanti riversato nelle acque di dilavamento.

Infine si propongono interventi volti a incrementare la sostenibilità ambientale dell'infrastruttura aeroportuale, con particolare attenzione alla riduzione dell'inquinamento idrico.

Nel primo capitolo si descrive il problema dell'inquinamento idrico e delle conseguenze che le attività antropiche causano sull'acqua, approfondendo l'impatto causato dai trasporti sull'ambiente. Si illustrano le tipologie di inquinanti che derivano dal traffico veicolare e aereo, con particolare attenzione per quelle che, a seguito di precipitazioni, interessano le acque delle reti di collettamento. Si inquadrano alcune soluzioni per la riduzione dell'inquinamento delle acque e si percorre l'evoluzione temporale che ha portato negli anni a concepire gli scali aeroportuali come infrastrutture che devono conciliare necessità di espansione con attenzione per l'ambiente. Infine si descrive il quadro normativo di tutela delle acque nel contesto europeo e nazionale.

Nel secondo capitolo si forniscono nozioni sul trasporto aereo e sugli aspetti normativi internazionali, europei e nazionali, con particolare attenzione per le norme relative agli

aeroporti e sugli impatti ambientale che essi provocano. Si descrivono poi le caratteristiche di un'infrastruttura aeroportuale, evidenziando gli elementi interessati dallo studio affrontato in questa tesi, quali i drenaggi e le sovrastrutture soggette al dilavamento.

Infine si presenta lo scalo bolognese, illustrando le sue superfici operative, la politica di sostenibilità ambientale, il suo sistema di collettamento che raccoglie anche le acque provenienti dal dilavamento e i dati relativi al traffico aereo.

Il terzo capitolo comprende l'intera analisi sperimentale condotta presso l'Aeroporto G. Marconi di Bologna sulle attività air-side che provocano inquinamento idrico. Nello specifico, si studiano le modalità di svolgimento (raccogliendo informazioni sia dai documenti a disposizione sia dai soggetti interessati), si eseguono analisi chimiche e granulometriche sui campioni prelevati durante le attività e dalle caditoie presenti sui piazzali e a bordo pista e si maturano considerazioni in base ai risultati ottenuti.

Le operazioni oggetto di studio sono la sgommatura della pista aeroportuale, la pulizia dei piazzali, gli sversamenti di oli e carburanti, il de-icing, lo svuotamento dei bottini di bordo degli aeromobili, il lavaggio dei mezzi aeroportuali e degli aerei e il diserbo delle zone erbose vicine alla pista.

Infine il quarto capitolo descrive due interventi volti a diminuire la quantità di inquinanti prodotti dal *wash-off* delle superfici aeroportuali e dalle operazioni connesse all'operatività dell'Aeroporto Marconi: un impianto di fitodepurazione per il trattamento delle acque provenienti dal de-icing (nella stagione invernale) e dal *runoff* di prima pioggia (nelle restanti stagioni) e un depuratore per il trattamento delle acque derivanti dal lavaggio dei mezzi aeroportuali.

1.L'INQUINAMENTO AMBIENTALE

L'inquinamento è un problema che ha origine nei Paesi più sviluppati e industrializzati ma che interessa anche le aree più lontane dalla civiltà moderna, poiché l'aria e l'acqua fungono da mezzi di trasporto.

Con il termine *inquinamento* si intende l'introduzione diretta o indiretta in un ambiente di sostanze o energia capaci di trasformare gli equilibri naturali, producendo anche effetti sulla salute umana.

Esso può essere originato da attività antropiche (ad esempio, il traffico) o da fonti naturali (come vulcani, incendi e processi biologici).

L'espressione *inquinamento ambientale* indica la presenza in un determinato luogo, limitato o circoscritto, di una o più sostanze estranee, detti inquinanti, capaci di alterare i componenti dell'ambiente in cui l'uomo vive (aria, acqua e suolo); a volte anche i costituenti normali dell'ambiente possono provocare inquinamento se presenti in proporzioni superiori alla media.

L'*inquinamento naturale* è dovuto soprattutto all'attività vulcanica, a fattori eolici e a contaminazioni locali naturali (ad esempio, frane nei fiumi, emanazioni di gas naturali, ecc.). I fumi dei vulcani in attività sono capaci di riversare nell'atmosfera un'ingente quantità di polveri e di anidride solforosa. Analogamente, i venti possono trasportare considerevoli quantità di polveri in zone anche molto lontane da quelle di origine. Le acque dei mari possono venire contaminate da sorgenti sottomarine e dalla presenza di particolari vegetazioni localizzate in alcune aree, come le alghe in eccesso.



Figura 1: Inquinamento provocato da attività vulcanica



Figura 2: Inquinamento di acque marine causato dalla presenza di alghe

Poiché in genere l'inquinamento naturale ha un'importanza limitata, solitamente con il termine "inquinamento" si fa riferimento alle attività antropiche.

L'inquinamento antropico nasce dall'esigenza dell'uomo di lottare, secolo dopo secolo, contro la fame e le malattie al fine di raggiungere crescenti livelli di benessere. Questo processo ha richiesto una modifica radicale dell'ambiente in cui gli esseri umani vivono: lo sviluppo dei concentramenti urbani e degli stabilimenti industriali, l'incremento della motorizzazione, l'impiego di prodotti chimici nell'agricoltura hanno accresciuto rapidamente la massa dei prodotti elaborati e le relative scorie.



Figura 3: Il traffico è una delle cause dell'inquinamento antropico



Figura 4: : Esempio di stabilimento industriale ad alto impatto inquinante, Ilva di Taranto

Nello studio degli inquinanti gli effetti non vanno considerati solo a livello locale (città, zone industriali), ma anche a livello più globale: per l'aumento dell'acidità atmosferica e le conseguenti piogge acide si devono considerare gruppi di più Paesi, invece le cause della modificazione del clima dovuta all'aumento della percentuale di anidride carbonica nell'atmosfera sono da ricercarsi a livello globale.

Un altro aspetto da considerare nello studio degli inquinanti è la difficoltà ad accordarsi sugli effetti che devono essere evitati.

Per valutare il livello raggiunto dal degrado ambientale, è necessaria un'approfondita conoscenza dell'ambiente per essere in grado di rilevarne i cambiamenti nel tempo. Al fine di analizzare la qualità dell'ambiente si ricorre ad indicatori ambientali, cioè a fattori osservabili

e calcolabili che descrivono un fenomeno e i suoi effetti sui sistemi naturali. Gli indicatori possono essere di tipo economico, sociale, chimico-fisico o biologico.

L'inquinamento ambientale si divide in tre tipologie:

- atmosferico;
- del suolo;
- idrico.

L'*inquinamento atmosferico (o dell'aria)* è l'alterazione della normale composizione dell'aria per effetto della presenza di contaminanti che arrecano disturbo o sono nocivi per l'ambiente, nonché alle specie animali e vegetali che lo compongono. In Europa, le emissioni di molti inquinanti atmosferici sono diminuite in modo sostanziale negli ultimi decenni, determinando così una migliore qualità dell'aria. Tuttavia, le concentrazioni di inquinanti sono ancora troppo elevate e persistono i problemi legati alla qualità dell'aria. Una parte significativa della popolazione europea vive in zone, in particolar modo nelle città, in cui si superano i limiti fissati dalle norme in materia di qualità dell'aria: l'inquinamento da ozono, biossido di azoto e particolato pone gravi rischi per la salute.

L'inquinamento atmosferico, prodotto da impianti di riscaldamento domestico, da motorizzazione e da attività industriali, interessa principalmente i grandi concentramenti urbani di cui rappresenta il principale problema sanitario. Quotidianamente nell'atmosfera di una città vengono immesse tonnellate di anidride solforosa, di polveri in sospensione, di idrocarburi, di ossidi di azoto. I valori assunti dalle concentrazioni di queste sostanze sono utilizzati come indicatori della qualità dell'aria e la loro evoluzione temporale consente di valutare sia gli impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute e sugli ecosistemi, sia l'efficacia degli interventi correttivi adottati per ridurre le emissioni.

Queste sostanze vengono portate verso l'alto dai moti convettivi e quindi disperse dalle correnti atmosferiche. Il moto convettivo ascensionale è dovuto al gradiente di temperatura fra il suolo e le quote alte dell'atmosfera; a questo fatto si deve la dispersione degli inquinanti atmosferici. In alcune particolari condizioni meteorologiche questo fenomeno si inverte, cioè gli strati superiori sono più caldi di quelli inferiori (inversione termica). Di conseguenza non si verifica più il moto ascensionale dell'aria, anzi, a una quota che può essere di poche centinaia di metri, si viene a formare una barriera che impedisce ai gas e alle particelle di sfuggire. Questo fenomeno crea un comparto isolato tra suolo e strati superiori dell'atmosfera, nel quale non circola l'aria e si accumulano gas e polveri, creando concentrazioni che possono

superare i livelli di fastidio e pericolosità, soprattutto per la presenza di anidride solforosa e ossidi di azoto.



Figura 5: In condizioni di inversione termica si forma uno strato dove si accumulano gas e polveri

Non sempre gli inquinanti che vengono versati nell'atmosfera agiscono come tali: possono combinarsi per dare origine ad altri prodotti, talvolta anche più tossici, detti inquinanti secondari; un esempio è dato dalla formazione di ozono (dotato di potere irritante per le mucose) per reazione fra idrocarburi e ossidi di azoto in presenza di radiazioni ultraviolette. Le particelle in sospensione possono esercitare un effetto catalitico nelle reazioni fotochimiche fra componenti gassosi presenti nell'aria e costituiscono altresì centri di condensazione per l'umidità atmosferica.

L'inquinamento atmosferico ha diverse fonti, sia antropiche sia di origine naturale:

- utilizzo di combustibili fossili nella produzione di elettricità, nei trasporti, nell'industria e nelle abitazioni;
- processi industriali e utilizzo di solventi, per esempio nell'industria chimica e mineraria;
- agricoltura;
- trattamento dei rifiuti;
- eruzioni vulcaniche;
- polveri aerodiffuse;
- spuma del mare;
- emissioni di composti organici volatili provenienti dalle piante.

Tra le conseguenze vi sono il buco dell'ozono ed effetto serra, l'inquinamento idrico del suolo con l'evaporazione dell'acqua.

I rimedi contro l'inquinamento atmosferico si basano prevalentemente sull'utilizzo di energie alternative per quanto riguarda la combustione dei motori a scoppio e l'utilizzo di speciali depuratori per le produzioni industriali.

L'*inquinamento del suolo* è causato principalmente da sostanze biodegradabili e sostanze utilizzate in agricoltura:

- accumulo di rifiuti solidi non biodegradabili (plastica, lattine, ecc);
- uso di pesticidi, diserbanti, concimi chimici;
- seppellimento di rifiuti tossici e radioattivi nel terreno;
- inquinamento dell'aria e dell'acqua (le sostanze inquinanti si depositano nel suolo).

Questi elementi provocano la distruzione di alcune specie vegetali e animali, lo sviluppo di prodotti animali e vegetali pericolosi, l'alterazione dell'ecosistema suolo e la contaminazione globale.



Figura 6: Inquinamento del suolo provocato da rifiuti

Le soluzioni per ridurre l'inquinamento del suolo comprendono la raccolta differenziata e il riciclo dei rifiuti, il limitato uso di prodotti chimici, l'emanazione di leggi più severe per lo smaltimento dei rifiuti e tutte le operazioni necessarie a evitare l'inquinamento dell'acqua.

1.1 L'inquinamento idrico

Sulla Terra sono presenti circa un miliardo e mezzo di chilometri cubi di acqua, il 97,5% dei quali costituito da acqua salata dei mari e il restante 2,5% costituito da acqua dolce sotto forma di laghi, fiumi, ghiacciate ed acque sotterranee.

Abitualmente si considera l'acqua un bene illimitato, suddiviso in due sole varietà, dolce e salata. In realtà le acque si possono distinguere in base ad altre caratteristiche di tipo fisico (temperatura, colore, torbidità), chimico (contenuto di sali, di gas, di prodotti chimici) e biologico (presenza di microrganismi). Inquinare l'acqua significa modificarne le caratteristiche in modo tale da renderla inadatta allo scopo a cui è destinata.

L'inquinamento delle acque può essere naturale (non causato dall'uomo), biologico, chimico o fisico, oppure urbano, industriale, agricolo. Responsabili dell'inquinamento biologico sono soprattutto gli scarichi urbani domestici di origine biologica e quelli degli allevamenti zootecnici (divenuti oggi di notevolissime dimensioni).

L'inquinamento chimico è dato dallo scarico nelle acque di sostanze nocive della più diversa natura che passano nei tubi di scarico e finiscono nei corsi d'acqua. Gli scarichi industriali contengono una grande quantità di inquinanti e la loro composizione varia in base al processo produttivo. Il loro impatto sull'ambiente è complesso: spesso le sostanze tossiche contenute in questi scarichi rinforzano reciprocamente i propri effetti dannosi e quindi il danno complessivo risulta maggiore della somma dei singoli effetti.

L'agricoltura contribuisce all'inquinamento delle acque con l'apporto di nitrati e fosfati per dilavamento dei fertilizzanti chimici e con i pesticidi, specie quelli clorurati, molto persistenti e scarsamente degradabili per via biologica. Per diminuire l'impatto sull'ambiente di tale attività è necessario ottimizzare i consumi di fertilizzanti e fitofarmaci, limitare i processi di erosione dei terreni ecc.

Alcune sostanze chimiche presenti nell'acqua sono particolarmente pericolose per la salute dell'uomo e per la sopravvivenza di numerose specie viventi, come ad esempio alcuni metalli (cromo, mercurio) o composti quali solventi clorurati.

Le conseguenze dell'inquinamento dell'acqua (riduzione delle risorse idriche, avvelenamento dell'ambiente, malattie, inquinamento del suolo e dell'aria) si possono evitare adottando politiche di tutela del territorio che promuovano depurazioni controllate, minor consumo idrico, attività sociali e minor smaltimento nei corsi d'acqua.

1.1.1 L'acqua elemento da salvaguardare

Le attività umane consumano e inquinano molta acqua. A scala globale, il maggior consumo idrico è da attribuirsi al settore dell'agricoltura, ma anche quello industriale e domestico richiedono considerevoli volumi di acqua.

Al fine di comprendere al meglio il problema "acqua", si devono necessariamente considerare alcuni dati statistici:

- il 70% della superficie terrestre è coperta dalle acque, di questa solamente il 2,5% del totale è acqua dolce (circa il 70% delle riserve di acqua dolce si trova nelle calotte glaciali e gran parte del resto è presente sotto forma di umidità del terreno, oppure si trova in profonde falde acquifere sotterranee sotto forma di acque freatiche inaccessibili) mentre il rimanente 97,5% è composto da acqua salata; perciò, delle risorse mondiali di acqua dolce, l'uomo ne può utilizzare meno dell'1%.
- Le aree di scarsità e di difficoltà idriche sono in crescita, particolarmente nel Nord Africa e nell'Asia occidentale: si prevede, nei prossimi decenni, che il mondo avrà bisogno del 17% di acqua in più per la coltivazione dei prodotti agricoli necessari a sfamare le popolazioni in crescita dei paesi in via di sviluppo e che di conseguenza l'impiego complessivo delle risorse idriche registrerà un incremento pari al 40%; ciò significa che si potrebbe dover affrontare delle gravi carenze nella disponibilità di acqua.
- Le risorse di acqua dolce sono distribuite in maniera estremamente disuguale: le zone aride e semi aride del pianeta, che costituiscono il 40% della massa terrestre, ricevono solamente il 2% delle precipitazioni globali.
- L'irrigazione agricola pesa per circa il 70% sui consumi di acqua e fino al 90% nelle zone aride dei tropici, considerando che i consumi idrici per l'irrigazione sono aumentati di oltre il 60% a partire dal 1960.
- Al tasso di investimento corrente, l'accesso universale all'acqua potabile non potrà ragionevolmente essere raggiunto prima del 2050 in Africa, del 2025 in Asia e del 2040 in America Latina e nei Caraibi.
- Nei paesi in via di sviluppo, fra il 90 e il 95% delle acque di scolo e il 70% delle scorie industriali vengono scaricate nelle acque, dove inquinano le risorse idriche disponibili, senza ricevere alcun trattamento.

Mentre l'acqua potabile è un bene che in numerose zone viene dato per scontato, in altre costituisce una risorsa preziosa sia a causa della sua scarsità, sia a causa della contaminazione delle sorgenti idriche. Circa 1,1 miliardi di persone, vale a dire il 15% della popolazione mondiale, non hanno accesso all'acqua potabile, mentre più di 2,4 miliardi di persone non dispongono di impianti fognari adeguati. Nei paesi in via di sviluppo, più di 2,2 milioni di persone, per lo più bambini, muoiono ogni anno per delle malattie la cui insorgenza è associabile alla mancanza di acqua potabile, a impianti fognari inadeguati e a un'igiene scadente; potendo contare su un'adeguata disponibilità di acqua potabile e di fognature, invece potrebbe ridursi fino al 75% la percentuale delle persone che soffrono di malattie causate direttamente o indirettamente dal consumo di acqua o cibo contaminati. Da un lato, la carenza di acqua potabile è dovuta alla mancanza di investimenti nei sistemi idrici e, dall'altro, ad una inadeguata attività di manutenzione degli stessi; infatti, circa metà dell'acqua convogliata nei sistemi di approvvigionamento idrico viene sprecata a causa di perdite, di allacci illegali e di vandalismi.

In alcune zone del mondo il consumo idrico ha comportato degli impatti ambientali impressionanti: le falde freatiche vengono consumate più rapidamente di quanto non riescano a ricostituirsi, riducendo le superfici delle stesse falde che si prosciugano prima di raggiungere il mare.

Fino a pochi anni fa non vi era l'attenzione per il consumo e l'inquinamento dell'acqua lungo le catene di produzione e rifornimento.

L'acqua dolce sta diventando una risorsa globale, guidata dal crescente commercio internazionale di merci che richiedono un uso intensivo di acqua (si pensi ai prodotti dell'agricoltura). Purtroppo, spesso non vi è continuità spaziale tra il consumatore finale del prodotto e la zona di produzione, perciò le conseguenze del consumo e dell'inquinamento dell'acqua richiedono di tracciare il prodotto fino all'origine.

La scoperta del collegamento "nascosto" tra il consumo del prodotto finito e l'uso di acqua pone le basi per la formulazione di nuove strategie di gestione della risorsa idrica.

L'idea di considerare l'uso dell'acqua lungo le catene di rifornimento ha sviluppato interesse dopo l'introduzione del concetto di "*water footprint*", un indicatore del consumo di acqua dolce che include sia l'uso diretto che indiretto di acqua da parte di un consumatore o di un produttore. L'impronta idrica di un singolo, una comunità o di un'azienda è definita come il volume totale di acqua dolce utilizzata per produrre beni e servizi, misurata in termini di

volumi d'acqua consumati (evaporati o incorporati in un prodotto) e inquinati per unità di tempo.

Inoltre, nella definizione di *water footprint* è data rilevanza alla localizzazione geografica dei punti di captazione della risorsa.

Il *water footprint assessment* si sviluppa in tre fasi:

- a) quantificazione e localizzazione dell'impronta idrica di un prodotto o di un processo nel periodo di riferimento;
- b) valutazione della sostenibilità ambientale, sociale ed economica dell'impronta idrica;
- c) individuazione delle strategie di riduzione della stessa.

Il computo globale della *water footprint* è dato dalla somma di tre componenti:

- 1) Acqua blu
- 2) Acqua verde
- 3) Acqua grigia

L'acqua blu si riferisce al prelievo di acque superficiali e sotterranee destinate ad un utilizzo per scopi agricoli, domestici e industriali; è la quantità di acqua dolce che non torna a valle del processo produttivo nel medesimo punto in cui è stata prelevata o vi torna, ma in tempi diversi.

L'acqua verde è il volume di acqua piovana che non contribuisce al ruscellamento superficiale e si riferisce principalmente all'acqua evapo-traspirata per un utilizzo agricolo.

L'acqua grigia rappresenta il volume di acqua inquinata, quantificata come il volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti al punto che la qualità delle acque torni sopra gli standard di qualità.

L'utilizzo delle tre componenti di acqua virtuale incide in modo diverso sul ciclo idrogeologico. Ad esempio, il consumo di acqua verde esercita un impatto meno invasivo sugli equilibri ambientali rispetto al consumo di acqua blu. La *water footprint* offre quindi una migliore e più ampia prospettiva su come il consumatore o produttore influisce sull'utilizzo di acqua dolce. Essa è una misura volumetrica del consumo e dell'inquinamento dell'acqua. Non misura quindi la gravità dell'impatto a livello locale, ma fornisce un'indicazione sulla sostenibilità spazio-temporale dalla risorsa acqua utilizzata per fini antropici.

Ai fini di questa tesi, si analizza la *water footprint* relativa all'acqua grigia, la quale rappresenta un indicatore del grado di inquinamento di acqua grigia che può essere associato a una determinata fase di un processo. È definita come il volume di acqua dolce che è

richiesto per assimilare il carico di inquinanti basato sulle concentrazioni presenti solitamente e sugli standard di qualità dell'acqua dell'ambiente esistente.

L'impronta idrica grigia fa riferimento al volume di acqua che è richiesto per assimilare il rifiuto, quantificato come il volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti, in modo tale da rimanere all'interno dei parametri di qualità.

Il termine "impronta idrica grigia" è stato introdotto per la prima volta da Hoekstra e Champagain (2008) e definito come il carico inquinante diviso per la massima concentrazione accettabile nel corpo idrico recettore. Pochi anni dopo, la definizione è stata rivista e oggi, più correttamente, si intende per water footprint grigia il carico inquinante diviso la differenza tra la concentrazione massima accettabile e la concentrazione naturale di background (Hoekstra et al,2009a):

$$WF_{proc,gray} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \quad \left[\frac{volume}{tempo} \right]$$

1.2 I trasporti e l'inquinamento

Il settore dei trasporti è di importanza fondamentale per il funzionamento dell'economia e dell'intera società. Il mercato dei trasporti presenta, tuttavia, problemi di equità e di accessibilità, nel senso che non tutti i cittadini e i soggetti economici hanno un uguale accesso ai benefici del trasporto.

Accanto ai benefici, inoltre, il settore genera anche una serie di costi sociali, economici e ambientali, determinati dall'incidentalità, dai diversi tipi di impatto ambientale, dai danni alla salute, nonché dalla perdita di produttività dovuta alla crescente congestione del traffico; la gran parte di questi costi non viene pagata dagli utenti del trasporto, bensì dalla società nel suo complesso.

La difficoltà di raffrontare e conciliare i diversi tipi di costi e di benefici generati dai trasporti, rende questo settore cruciale per lo sviluppo sostenibile. A livello europeo, la politica dei trasporti prevede obiettivi di lungo periodo per ricercare, in tutte le scelte strategiche, un equilibrio fra crescita economica, benessere sociale e protezione dell'ambiente; la politica comunitaria dei trasporti ha, inoltre, il fine di integrare gli impegni internazionali in materia

ambientale, nonché di contribuire a realizzare gli obiettivi della politica energetica europea, soprattutto in relazione alla sicurezza dell'approvvigionamento e alla sostenibilità.

In sintonia con questo approccio, la strategia dell'Unione Europea per lo sviluppo sostenibile (Consiglio UE, 2006) prevede che il sistema dei trasporti debba “rispondere alle esigenze economiche, sociali e ambientali della società, minimizzandone contemporaneamente le ripercussioni negative sull'economia, la società e l'ambiente”; questo concetto è stato anche riaffermato a livello nazionale dalle “Linee guida per il piano generale della mobilità” (MT, 2007).

Dai dati forniti dall'ultimo rapporto TERM (*Transport and Environment reporting Mechanism*) dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA, 2014) emerge che le *performances* ambientali dei trasporti stanno aumentando grazie a diversi fattori: gli effetti della legislazione, i cambiamenti nelle abitudini degli utenti, gli impatti della recessione economica. È fondamentale considerare la domanda di trasporto perché qualora fosse crescente, potrebbe annullare molti dei benefici apportati dalle innovazioni tecnologiche ideate per ridurre gli impatti sulla salute e sull'ambiente.

Negli ultimi anni la domanda di trasporto è stata caratterizzata da una crescita rallentata che, per alcuni modi di trasporto, è stata una vera e propria decrescita. Dopo un primo piccolo incremento (0,7%), dovuto principalmente al trasporto aereo, la domanda di trasporto è diminuita nel 2012 (- 1,5%) soprattutto a causa del crollo dei viaggi in automobile.

Gli sviluppi nel campo dell'efficienza energetica e l'incremento dell'utilizzo di carburanti a bassa emissione di carbonio hanno condotto a buoni risultati. Inoltre ci sono segnali di alcuni cambiamenti nelle abitudini di viaggio e modelli di domanda per alcune aree sociali ed economiche.

Le emissioni di gas a effetto serra sono diminuite nuovamente nel 2012, accoppiate a una domanda di trasporto ridotta. Tuttavia, l'emissione dei gas a effetto serra rimane il 20,5% sotto i livelli del 1990 e dovrà diminuire del 67% nel 2050, in modo da centrare gli obiettivi del Libro Bianco dei Trasporti.

Per le emissioni di CO₂ dovute al traffico di automobili le norme si stanno dimostrando efficaci, con l'obiettivo di 130 g/km per il 2015 che è già stato raggiunto nel 2013.

Dopo un lieve calo delle emissioni in aria di sostanze inquinanti nel 2011 (dovuto principalmente a un aumento delle emissioni nell'aviazione che ha compensato il decremento negli altri modi di trasporto) nel 2015 la tendenza è verso il basso, influenzata dalla ridotta domanda nella attività di trasporto e la progressiva espansione di standard di emissione

sempre più restringenti nella zona Euro all'interno della flotta di veicoli su strada. Tuttavia, per quanto riguarda le emissioni di gas serra, i trasporti risultano essere, dopo le industrie di produzione e trasformazione dell'energia, il settore maggiormente responsabile delle emissioni (24,2% nel 2009), nonché quello con il tasso di crescita più elevato nel periodo 1990-2009. Si è rilevato, negli ultimi anni, un notevole calo delle emissioni inquinanti prodotte dal trasporto stradale, grazie ai miglioramenti tecnologici apportati ai veicoli; tuttavia, la qualità dell'aria nelle grandi are urbane e in alcune macro-aree del Paese, come la pianura padana, non rispetta ancora i valori limite stabiliti dalla normativa europea.

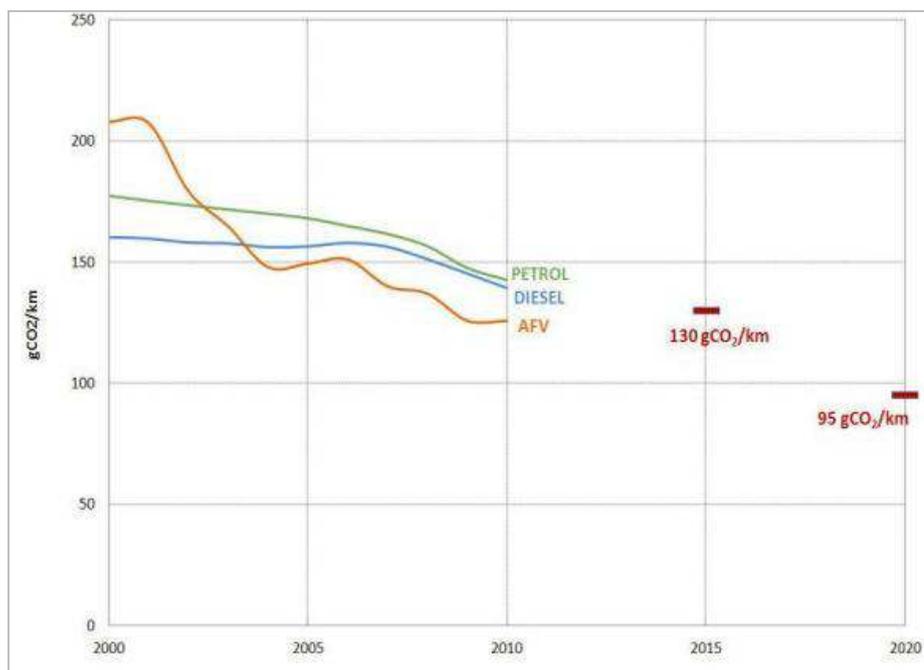


Figura 7: Evoluzione delle emissioni di CO₂ delle automobili suddivise per carburante [fonte: European Environment Agency]

L'aviazione è l'unico sotto-settore dove le emissioni di inquinanti per l'aria (NH₃ e SO_x) sono aumentate negli ultimi anni. Vi sono stati decrementi più significativi tra quegli inquinanti più difficili da ridurre come PM_{2.5} e NO_x. Il costante incremento di veicoli a diesel nelle città europee rimane la causa principale per elevati valori di NO₂ e concentrazioni di particolato.

Il dato medio di energie rinnovabili utilizzate nei trasporti è aumentato: dal 3% nel 2011 al 5% nel 2013, lontano dell'obiettivo del 20% fissato da direttiva europea.

Le emissioni veicolari di altri inquinanti atmosferici regolamentati sono in diminuzione, tuttavia le concentrazioni di composti nocivi per la salute rimangono ancora elevate nelle aree urbane ed in alcune regioni europee con condizioni meteo climatiche particolari (tra cui la

pianura padana). Quasi 67 milioni di persone, concentrate nelle grandi agglomerazioni, sono infine esposte a livelli di rumore prodotto dai trasporti, soprattutto stradali, che intaccano la salute e la qualità della vita.

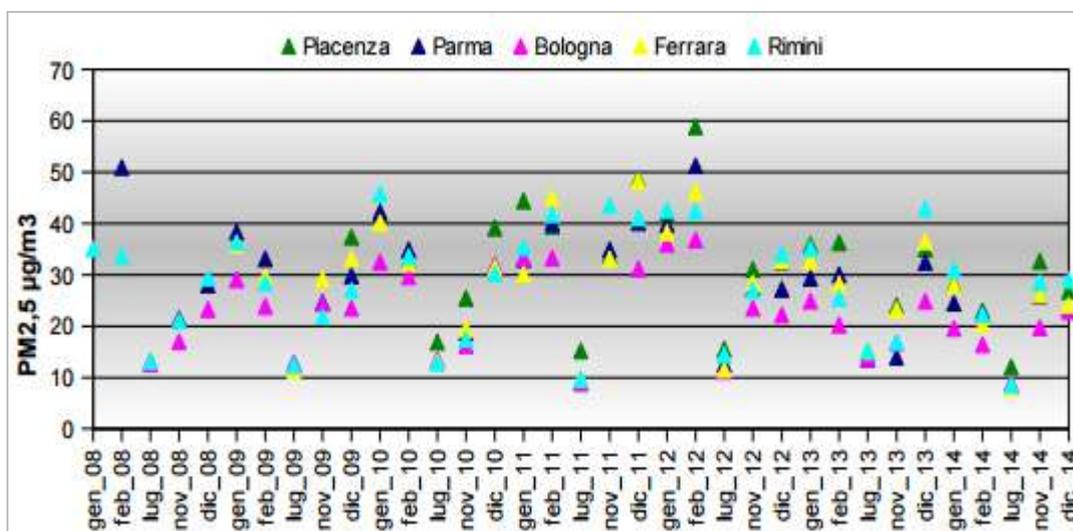


Figura 8: Concentrazioni (medie mensili) di $PM_{2,5}$ espresse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di alcuni capoluoghi di provincia dell'Emilia-Romagna [fonte: Arpa Emilia Romagna]

Le politiche messe in atto da diversi governi europei per reagire alla crisi economica attuale, attraverso i pacchetti di incentivi volti a promuovere l'acquisto di veicoli nuovi, riducono solo parzialmente l'impatto ambientale dei trasporti e continuano a favorire le modalità di trasporto meno efficienti. Sarebbe invece possibile migliorare l'efficienza del settore attraverso piani ben delineati comprendenti obiettivi chiari, misurabili, realistici e dotati di scadenze temporali. Il rapporto dell'Agenzia Europea suggerisce ed auspica le seguenti azioni:

- uno spostamento modale del trasporto di passeggeri e di merci verso le modalità più efficienti dal punto di vista energetico, ossia il trasporto ferroviario e quello marittimo, nonché un miglior utilizzo della flotta di trasporto stradale ai fini del risparmio energetico;
- l'introduzione di approcci integrati per migliorare la qualità dell'aria, comprendenti zone a basse emissioni;
- l'applicazione, nel breve periodo, di misure tecniche per ridurre alla fonte il rumore stradale e ferroviario, la revisione degli standard emissivi dei veicoli stradali e aerei, la

limitazione del rumore notturno dovuto alla rapida crescita del trasporto aereo, nonché una migliore pianificazione della gestione del territorio e dei trasporti.

Rispetto agli obiettivi europei sopra descritti, il sistema dei trasporti italiano presenta molti aspetti ancora irrisolti, pur in presenza di qualche segnale positivo. Nel periodo 1990-2009, nel nostro Paese si è registrato un imponente incremento della domanda di trasporto (+31,9% per i passeggeri e +5,5% per le merci, limitatamente ai vettori nazionali, se si includono i vettori stradali esteri si registra un aumento di circa il 32%), sostanzialmente in linea con la crescita del prodotto interno lordo nazionale; tale domanda aggiuntiva è stata soddisfatta in maniera preponderante dal trasporto stradale. Queste tendenze esercitano un'enorme pressione sulla rete stradale e sulla società nel suo complesso, generando congestione, ritardi e altre esternalità negative che riducono la competitività dell'intero sistema economico e ne aumentano la vulnerabilità dal punto di vista energetico. Un altro dato negativo è rappresentato dal fatto che, nonostante il recente crollo dei consumi di mobilità degli italiani dovuto alla crisi economica in atto, l'auto continui a rappresentare il mezzo di trasporto preferito; l'uso dell'auto è pari al 73,7% della ripartizione modale, a fronte del 5,7% dei mezzi su ferro e del 10,7% di autobus, pubblici e privati.

Come conseguenza della crescita dei volumi di trasporto e della quota modale spettante al trasporto stradale, nel periodo 1990-2009 i consumi energetici totali del settore sono cresciuti del 18,9% (il 92,2% di tali consumi è attribuibile al trasporto stradale), percentuale inferiore alla crescita dei traffici grazie ai miglioramenti conseguiti nell'efficienza energetica dei veicoli e alla conseguente progressiva riduzione dei loro consumi unitari.

È evidente che i progressi nella riduzione dell'impatto ambientale e nell'aumento della sicurezza dei trasporti, conseguiti attraverso miglioramenti tecnologici o singoli interventi infrastrutturali, vengono in parte attenuati e talora controbilanciati dalla forte crescita della domanda di trasporto, soprattutto per quanto riguarda la modalità stradale. Per gestire tale domanda sarebbe opportuno analizzarne le cause, che risiedono spesso in decisioni prese in settori economici diversi dai trasporti, quali ad esempio la vendita al dettaglio, il tempo libero, il turismo, gli affari, l'istruzione e l'industria; la mobilità, infatti, non costituisce un fine, ma piuttosto un mezzo per raggiungere l'obiettivo finale dell'accesso ai luoghi e ai servizi necessari allo svolgimento della vita economica e sociale di una collettività.

Affinché la pianificazione del settore possa essere in grado di perseguire gli obiettivi di tipo economico, ambientale, sociale e istituzionale, corrispondenti ai diversi aspetti della

sostenibilità del settore, è necessario che essa si fondi sull'utilizzo di indicatori misurabili, che consentano anche il monitoraggio delle politiche dei trasporti nel corso della loro attuazione. Se si considera l'insieme delle infrastrutture viarie e l'impatto che hanno sull'ambiente, oltre alle emissioni in atmosfera, si deve considerare l'inquinamento provocato dal dilavamento delle superfici pavimentate.

Nel caso stradale, l'acqua di pioggia subisce una contaminazione dilavando l'atmosfera, le strade e le pertinenze stradali. La prima interazione tra l'acqua e gli inquinanti avviene in atmosfera, in cui sono presenti inquinanti di origine naturale e antropica. In seguito, l'acqua di pioggia dilava le superfici stradali trascinando una parte del materiale che si è accumulato durante il tempo asciutto. La deposizione atmosferica sul suolo avviene sia in tempo asciutto sia durante la pioggia: la prima è di entità minore e si manifesta per particelle molto piccole (con dimensioni inferiori a 60 μm); la seconda avviene attraverso due fasi successive: l'incorporazione di sostanze nelle goccioline d'acqua entro la nube (*rainout*) e il dilavamento atmosferico (*washout*).

Quando le acque di pioggia giungono al suolo, le concentrazioni di inquinanti sono elevate perché dipendono sia da fonti locali di inquinamento atmosferico, sia da fonti esterne, quindi da condizioni meteorologiche.



Figura 9: Azione di dilavamento della pavimentazione stradale ad opera della pioggia

In prevalenza, il carico inquinante di origine atmosferica riguarda i composti disciolti (metalli, cloruri, sodio). In particolare, i metalli pesanti sono connessi al traffico veicolare.

Gli inquinanti sulle superfici provengono dalla deposizione atmosferica di tempo asciutto, dal traffico veicolare (derivati di combustione dei carburanti, usura di pneumatici, parti meccaniche e impianto frenante dei veicoli, corrosione della carrozzeria dei veicoli, etc.), da rifiuti in prevalenza organici, dalla vegetazione, dall'erosione del manto stradale provocato dal traffico veicolare e dalla corrosione delle barriere.

In letteratura esistono diversi studi che hanno cercato di individuare leggi di accumulo del materiale su superfici stradali appartenenti a diverse zonizzazioni urbane (Sartor e Boyd, 1974; Ellis e Revitt, 1982, Vaze e Chew, 2002); tali leggi sono differenti perché dipendono da numerosi fattori (morfologia delle sedi stradali, qualità del manto di usura, entità e tipologia del traffico veicolare, destinazione d'uso delle aree attraversate, meccanismi di trasporto e disposizione di sedimenti erosi, agenti atmosferici).

Nella Figura 10 sono presentate le leggi di accumulo dei rifiuti stradali per metro di strada trovate da Sartor e Boyd per diversa zonizzazione urbana.

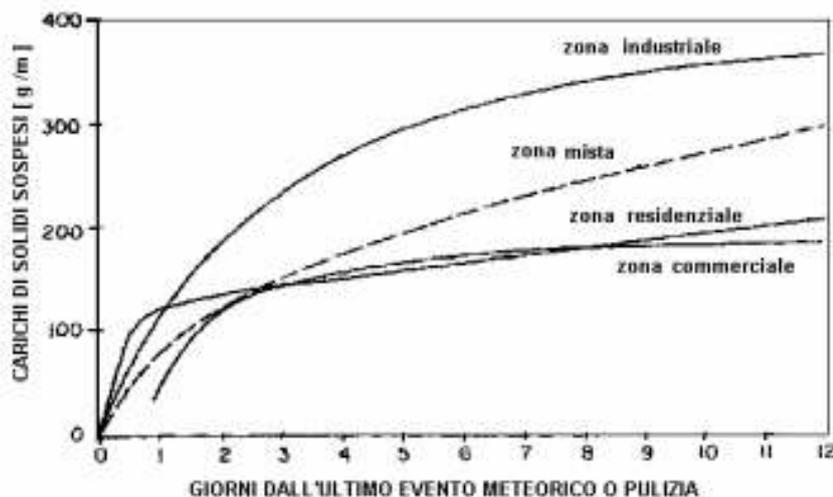


Figura 10: Accumulo dei rifiuti stradali in funzione del tempo secco antecedente [Sartor e Boyd, 1974]

Come è possibile osservare dal grafico, la maggior quantità di materiale si accumula sulla massicciata nei giorni immediatamente successivi all'ultima pulizia.

L'acqua di pioggia dilava gli inquinanti accumulati sulle superfici nel periodo antecedente l'evento meteorico (*wash-off*). In particolare, l'azione dell'acqua sul suolo si manifesta secondo due modalità: l'impatto delle gocce e lo scorrimento superficiale. Il primo provoca essenzialmente il distacco, mentre il secondo il trasporto delle particelle.

La morfologia delle sedi stradali, la qualità del manto di usura, l'entità e tipologia del traffico veicolare e la destinazione d'uso delle aree attraversate condizionano le dinamiche di accumulo e dilavamento degli inquinanti sulle superfici.

Nel caso stradale, all'aumentare dell'importanza della strada in termini di flusso veicolare aumentano i carichi inquinanti; le concentrazioni di nutrienti, di sostanze organiche e di metalli pesanti misurati nelle arterie ad alto traffico, sono due o tre volte superiori a quelle delle strade a medio traffico. Le strade residenziali e quelle ad alto traffico presentano un inquinamento organico confrontabile.

Nelle aree a parcheggio la concentrazione di idrocarburi è molto maggiore rispetto a quella riscontrata nelle strade; nella fase di accensione il veicolo consuma più carburante rispetto alla normale marcia; inoltre, durante la sosta le perdite di oli e benzine sono più frequenti.

Nel 2003 Artina e Maglionico hanno condotto uno studio sul lavaggio degli inquinanti accumulati sulla superficie stradale ad opera della pioggia: sono state campionate le acque in ingresso a due caditoie lungo la via Emilia nel 1996 e una caditoia lungo via Togliatti nel 2002. Inoltre, sono stati analizzati i sedimenti prelevati dalla caditoia di via Togliatti.

Data	5/06/96		25/06/96		28/08/96		11/11/96	
Tempo asciutto [h]	117		48		64		72	
	Cad. 1	Cad. 2	Cad. 1	Cad. 2	Cad. 1	Cad. 2	Cad. 1	Cad. 2
SS [mg/l]	1212	1304	244	212	512	1162	504	372
COD [mg/l]	809	766	489	329	327	647	443	370
Oli minerali [mg/l]	-	-	0.65	1.24	9.9	10.2	0.9	3.42

Tabella 1: Concentrazioni di inquinanti rilevate in ingresso a due caditoie a Bologna (via Emilia)

Parametro	Unità di misura	Valore minimo	Valore massimo
pH	-	6,0	6,2
Conducibilità a 20°C	μS/cm	195	271
Materiali in sospensione	mg/l	292	434
COD	mg/l	232	319
Nitrati	mg/l	3,5	7,1
Solfati	mg/l	12,1	24,7
Cloruri	mg/l	6,7	9,38
TOC	mg/l	15,0	24,9
Cadmio	mg/l	0,00011	0,00051
Nichel	mg/l	0,003	0,005
Piombo	mg/l	0,0035	0,0109
Platino	mg/l	< 0,0001	< 0,0001
Rame	mg/l	0,029	0,045
Palladio	mg/l	< 0,0001	< 0,0001
Rodio	mg/l	0,0001	0,0001
Vanadio	mg/l	0,004	0,005
Zinco	mg/l	0,089	0,122

Tabella 2: Concentrazioni rilevate in ingresso a una caditoia in via Togliatti a Bologna il 26/08/2002

Parametro	Unità di misura	Valore
Nitrati	mg/kg	19,9
Solfati	mg/kg	165
Cloruri	mg/kg	8,07
TOC	%	6,31
Cadmio	mg/kg	0,588
Nichel	mg/kg	31,7
Piombo	mg/kg	283
Platino	mg/kg	< 0,1
Rame	mg/kg	122
Palladio	mg/kg	0,2
Rodio	mg/kg	< 0,1
Vanadio	mg/kg	23,1
Zinco	mg/kg	612

Tabella 3: Sostanze presenti nel materiale depositato in una caditoia di via Togliatti a Bologna

Dai risultati delle analisi è emerso che nelle caditoie sono presenti concentrazioni elevate di SS, COD, oli minerali e metalli pesanti e che vi è una buona correlazione tra tempo secco antecedente l'evento meteorico e solidi in sospensione.

Le metodologie di controllo delle acque meteoriche di dilavamento di infrastrutture viarie si dividono in due categorie:

- interventi non strutturali
- interventi strutturali.

Gli interventi non strutturali sono adottati nelle zone urbane e nelle pertinenze stradali e prevedono l'attuazione di protocolli di manutenzione delle pavimentazioni e delle caditoie stradali atti ad asportare le polveri e i depositi. Tali interventi consentono di conseguire differenti efficienze di abbattimento degli inquinanti, in funzione della frequenza e dei mezzi impiegati per la pulizia.

Gli interventi strutturali comprendono:

- scaricatori di piena abbinati a capacità di invaso;
- impianti di grigliatura, sedimentazione e separazione di oli e grassi;
- filtri a sabbia;
- bacini di detenzione;
- sistemi di filtrazione e biofiltrazione;
- sistemi di infiltrazione;
- sistemi di affinamento: fitodepurazione e lagunaggio.

Questi sistemi operano mediante sedimentazione, flottazione, filtrazione, adsorbimento e trasformazioni biologiche con il fine di abbattere i contaminanti.

Scaricatori di piena abbinati a capacità d'invaso

Gli invasi costituiscono una delle metodologie più utilizzate per il controllo quali-quantitativo delle acque meteoriche in quanto svolgono un'importante azione di protezione ambientale, trattenendo ed escludendo dallo scarico un'elevata percentuale di inquinanti presenti nelle acque meteoriche.

Inoltre, attraverso un opportuno dimensionamento che tenga conto degli eventi meteorici massimi, riducono il pericolo di allagamenti incontrollati o trattengono le acque di prima pioggia.

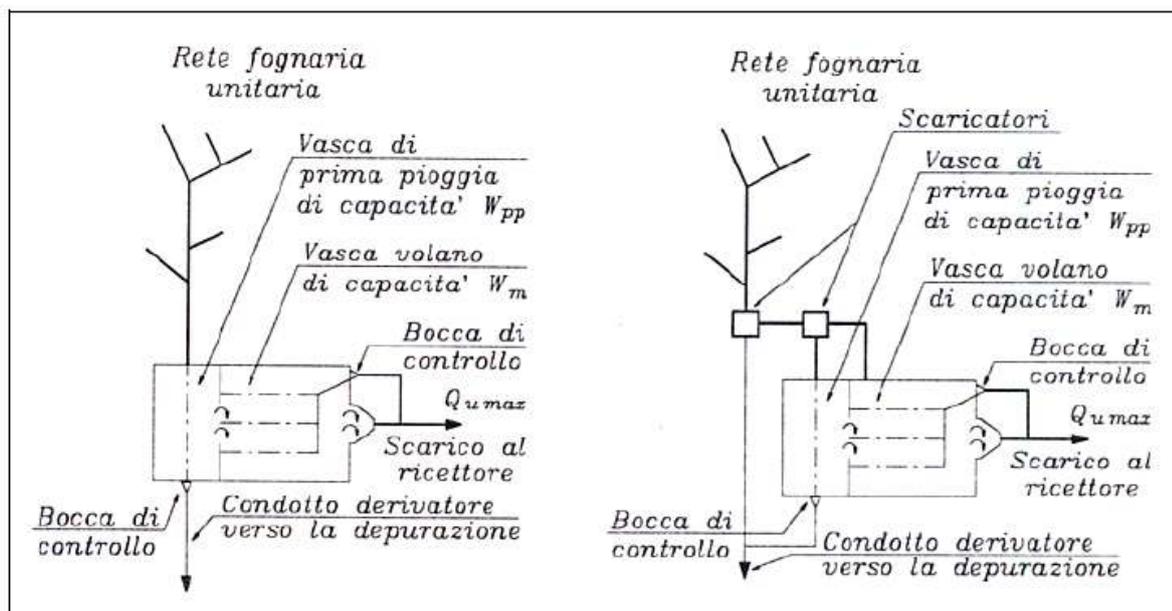


Figura 11: Schemi di reti unitarie con vasca di prima pioggia e vasca volano in linea e fuori linea

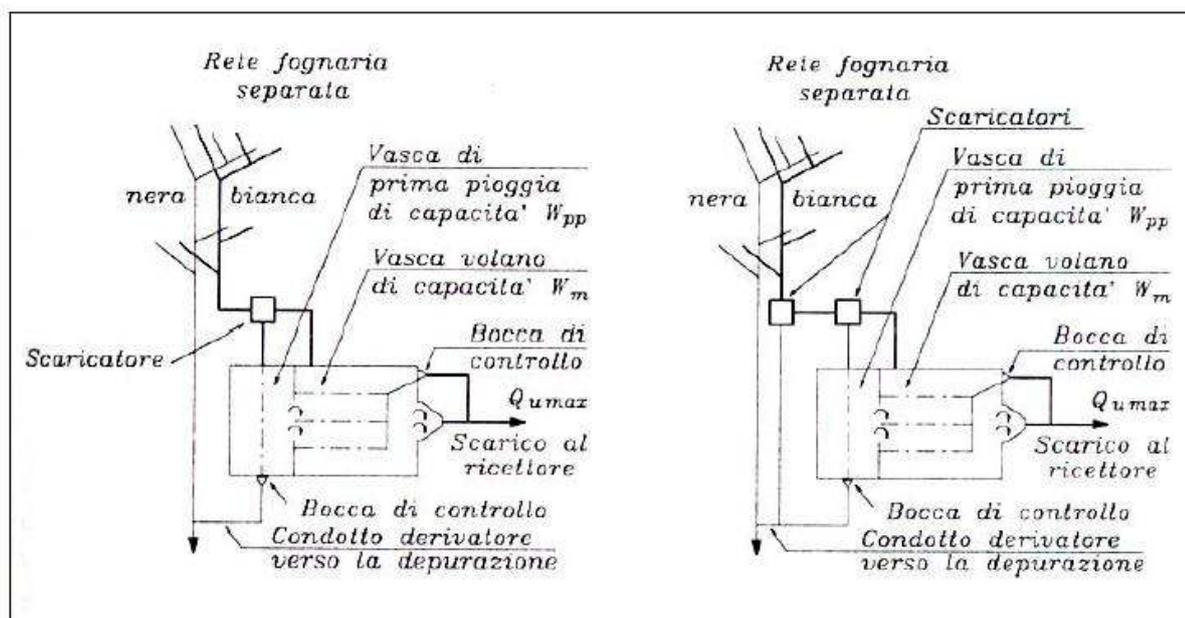


Figura 12: Schemi di reti separate con vasca di prima pioggia e vasca volano in linea e fuori linea

Impianti di grigliatura, sedimentazione e separazione di oli e grassi

I materiali grossolani, oli minerali e grassi sono gli inquinanti principali presenti nelle acque di dilavamento delle aree di rifornimento carburante, autorimesse, parcheggi asfaltati e aree di caselli a pedaggio.

Le unità che compongono l'impianto di trattamento sono un dissabbiatore (una vasca per la sedimentazione dei solidi grossolani, ovvero sabbia e terriccio) e un disoleatore (una vasca per la separazione di oli minerali e grassi).

Gli impianti si dividono in due classi:

- classe I: impianti che si avvalgono di filtro a coalescenza e abbattano la concentrazione di oli minerali e idrocarburi a valori inferiori ai limiti imposti dal D. Lgs. 152/2006 per lo scarico in acque superficiali;
- classe II: impianti che ricorrono alla sola separazione a gravità e rilasciano l'acqua con concentrazioni di oli e idrocarburi superiori ai limiti stabiliti per lo scarico in acque superficiali.

L'efficacia di rimozione dei sedimenti è bassa (stimata circa al 20-40%) perché il tempo di detenzione, in genere, è molto breve e si verificano fenomeni di ripresa in sospensione di sedimenti depositati in precedenza. L'efficienza nella separazione di idrocarburi è, invece, molto alta se ci si avvale di filtri a coalescenza.

Da evidenziare, però, come l'efficacia del sistema sia connessa alla sua manutenzione; dopo ogni evento meteorico la vasca di sedimentazione dovrebbe essere controllata e, eventualmente, pulita.

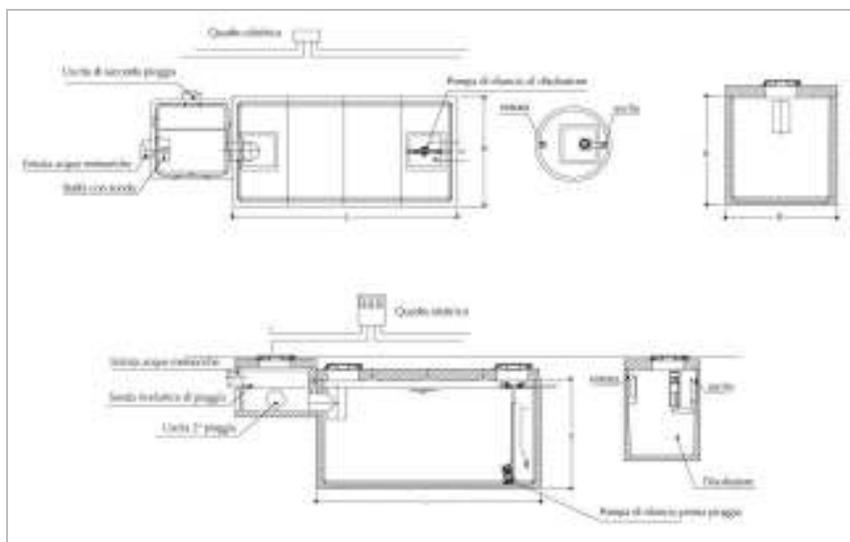


Figura 13: Schema di impianto di grigliatura

Filtri a sabbia

I filtri a sabbia eseguono un controllo qualitativo delle acque di dilavamento e possono essere installati “in linea” per trattare tutto il deflusso oppure “fuori linea” per trattare solo il deflusso iniziale.

È un sistema filtrante sviluppatosi in Florida nel 1981 in quei luoghi in cui non vi era la possibilità di convogliare l’acqua dal dilavamento delle superfici stradali verso le acque sotterranee e dove non si riusciva a installare un bacino di ritenzione.

Di norma, questo sistema è costituito da una zona di pre-trattamento, da una vasca di sedimentazione per eliminare i sedimenti più grossolani e catturare gli idrocarburi non emulsionati che potrebbero occludere il mezzo filtrante, da una camera filtrante costituita da un letto di sabbia ove avviene la rimozione di una parte dei sedimenti fini e delle sostanze disciolte. La superficie del letto può essere inerbita. Tale sistema abbatte i solidi sospesi mediante sedimentazione e filtrazione; il fosforo mediante precipitazione, adsorbimento e decomposizione biologica; l’azoto organico mediante assorbimento delle particelle di sabbia, in presenza di batteri chemioautotrofi; NH_3^+ e NH_4^+ mediante lisciviazione, in presenza di batteri nitrificanti; i metalli pesanti mediante sedimentazione e filtrazione; gli idrocarburi mediante adsorbimento durante il passaggio attraverso il mezzo filtrante.

L’acqua filtrata viene raccolta da un sistema di drenaggio e convogliata verso il corpo ricettore.

Le tipologie di filtri a sabbia si dividono in interrati (*Deleware sand filter*) e in superficie (*Austin sand filter*) e, solo per quest’ultimi, l’installazione può essere in linea/fuori linea.

Nei sistemi *interrati in linea* il deflusso entra direttamente nella vasca di sedimentazione attraverso le griglie, passa nella camera di filtraggio (realizzata con uno strato di sabbia di spessore 45 cm e strato sottostante di ghiaia di spessore 15 cm) mediante uno sfioratore, viene convogliato alla camera di raccolta e inviato allo scarico. Il deflusso che eccede la capacità di trattamento del letto filtrante sfiora dalla vasca di sedimentazione direttamente nella camera di raccolta.

Il sistema *interrati fuori linea*, invece, prevede che parte dell’acqua meteorica venga convogliata al pre-trattamento (una vasca di sedimentazione e separazione di idrocarburi), attraverso la camera di filtrazione, venga raccolta da un sistema di drenaggio, poi convogliata in una camera di raccolta e infine inviata al ricettore.

Le Figure 14 e 15 mostrano gli schemi delle due tipologie di impianti in linea e fuori linea.

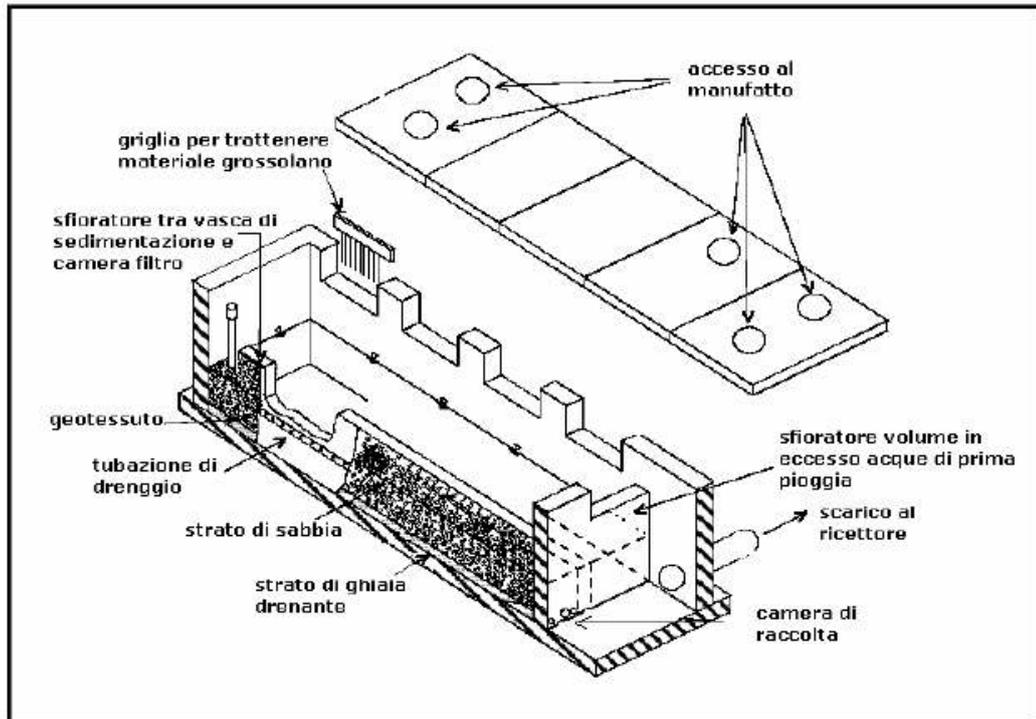


Figura 14: Schema di filtro a sabbia installato in linea

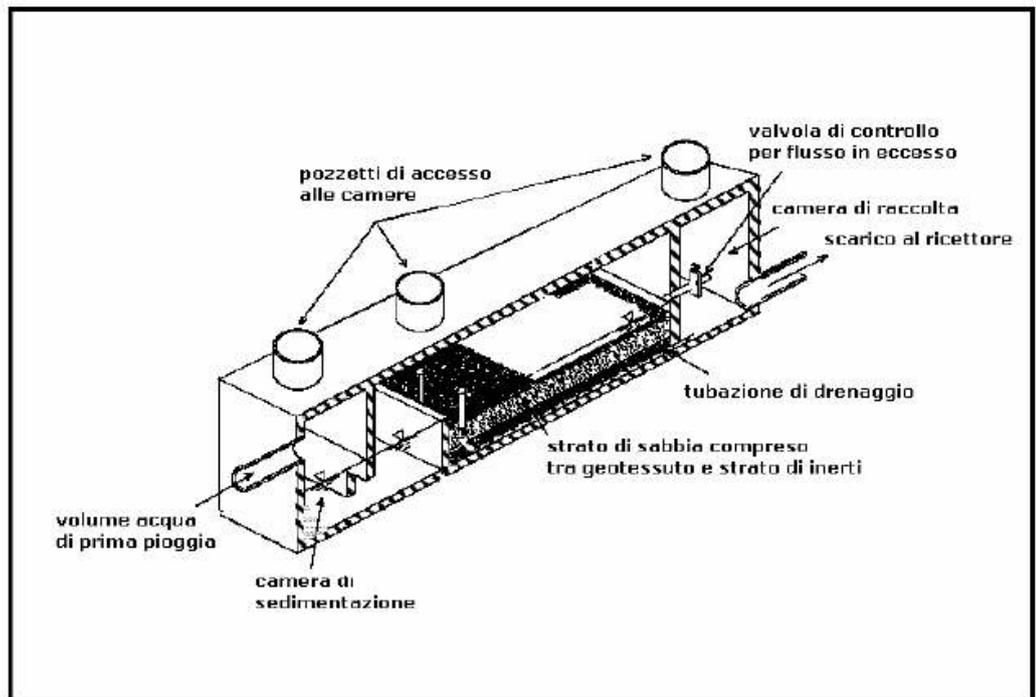


Figura 15: Schema di filtro a sabbia interrato installato fuori linea

L'installazione dei filtri a sabbia *in superficie* viene eseguita esclusivamente con configurazione *fuori linea* e opera sul solo deflusso di prima pioggia.

Lo schema prevede una camera *by-pass* con funzione di protezione del sistema dai deflussi troppo grandi, una camera di sedimentazione per il pre-trattamento e una camera di filtrazione costituita da un letto di sabbia. Una volta filtrato, il deflusso è raccolto da un sistema di drenaggio (realizzato con ghiaia e tubazioni) e convogliato allo scarico.

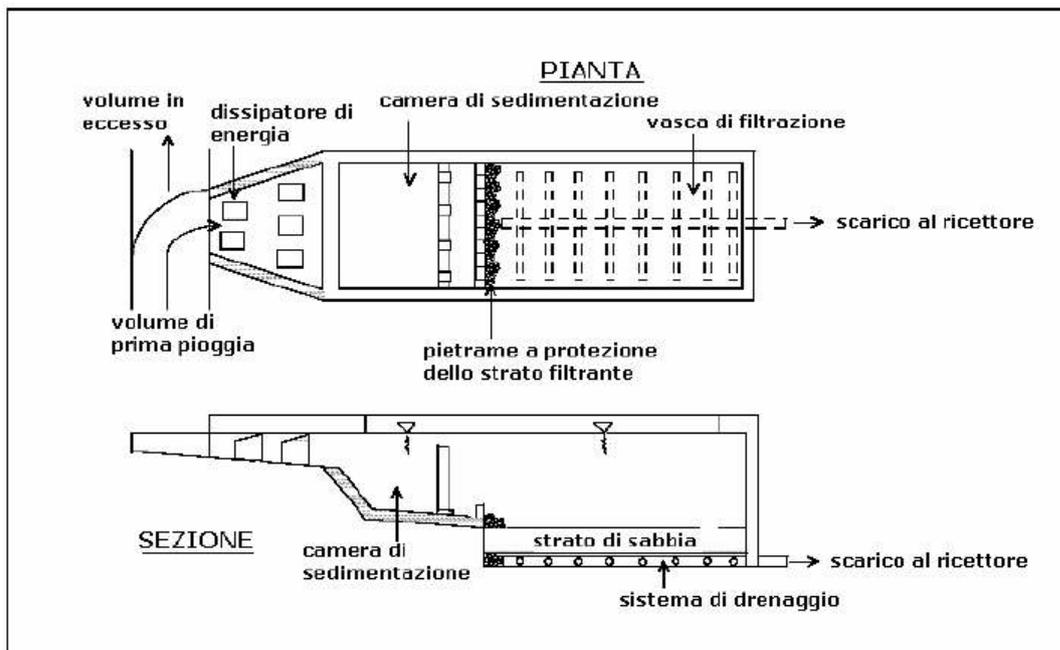


Figura 16: Schema di un filtro a sabbia in superficie

La manutenzione dei filtri a sabbia deve essere accurata e regolare: è necessario un controllo dell'impianto a seguito di ciascun evento meteorico consistente e, comunque, ogni tre mesi al fine di verificare la capacità idraulica del mezzo filtrante. Le operazioni di manutenzione ordinaria prevedono la rimozione dello strato di materiale che si deposita sullo strato superficiale del letto; si ricorre invece alla manutenzione straordinaria quando il letto risulta completamente intasato, quindi si procede con la sostituzione del mezzo filtrante e l'oneroso smaltimento del materiale intasato, che viene classificato come rifiuto tossico.

È quindi facilmente intuibile come i limiti di questo sistema di controllo siano gli elevati costi di realizzazione, la facilità di intasamento superficiale del mezzo filtrante e la necessità di frequente e accurata manutenzione.

Sistemi di filtrazione e biofiltrazione

L'erosione del suolo provocata dall'asporto di vegetazione e dal disfacimento del terreno causa cambiamenti alle caratteristiche del deflusso delle precipitazioni. Lo scopo dei sistemi

di filtrazione e biofiltrazione è quello di controllare il deflusso nei terrapieni contigui alla sede stradale o nella zona dello spartitraffico.

Essi sono realizzati con filtri a strisce vegetali e canali erbosi: i primi trovano impiego nelle superfici poco estese lungo le autostrade, ai lati di aree a parcheggio o di caselli a pedaggio.

In particolare, il *Washington State Department of Transportation* suggerisce di utilizzare il sistema di filtro a strisce vegetali per il trattamento delle acque meteoriche provenienti da strade con al massimo 2 corsie per senso di marcia e con un traffico medio giornaliero che non superi i 30.000 veicoli. Tale sistema risulta facilmente intasabile; pertanto, necessita di una manutenzione frequente della copertura vegetale tagliando o, comunque, evitando la crescita di piante parassite.

I filtri a strisce sono aree lievemente in pendenza e densamente vegetate in grado di filtrare lentamente e infiltrare nel sottosuolo i flussi delle precipitazioni.

I meccanismi di rimozione degli inquinanti includono la sedimentazione, filtrazione, assorbimento, infiltrazione, attività di sostanze microbiche.

Le strisce filtranti possono essere corredate di alberi, cespugli e vegetazione autoctona per aggiungere valore estetico ai benefici sulla qualità dell'acqua.

La vita utile del filtro a strisce vegetali è connessa ai carichi inquinanti presenti nelle acque di dilavamento e alla manutenzione e può raggiungere 7-10 anni.

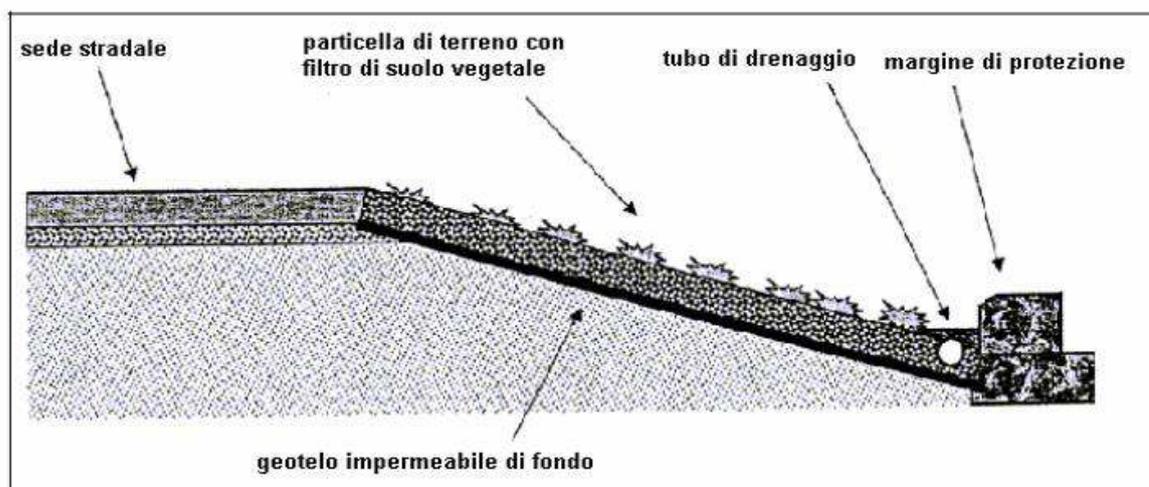


Figura 17: Schema del sistema con filtri a strisce vegetali

Perciò la funzione dei canali erbosi è duplice: da un lato, allontanare e trasportare le acque meteoriche, dall'altro controllare qualitativamente il deflusso.

Il sistema *grass channel* è realizzato mediante un canale poco profondo a sezione trapezia, con sponde inclinate 3:1, ricoperto da fitta vegetazione. La sua azione di abbattimento degli inquinanti attraverso filtrazione lungo la copertura vegetale e infiltrazione nel suolo può essere utilizzata solo come pre-trattamento ad altri sistemi di trattamento delle acque, come i bacini di detenzione e le strisce con vegetazione.

I canali erbosi arrivano fino a una lunghezza di 60 m e hanno larghezza variabile da 0,6 a 3 m. Il loro dimensionamento è calcolato per filtrare, con un battente di 10-15 cm, la pioggia correlata a eventi con tempo di ritorno 6 mesi e per raccogliere deflussi connessi a eventi con tempo di ritorno 10 anni. Si noti come questa soluzione preveda un dimensionamento basato sul tempo e non sul volume di invaso.

Le attività di manutenzione consistono in controlli periodici, tagli dell'erba (mantenendo l'altezza dello stelo almeno pari al livello del pelo libero della corrente), applicazione di fertilizzanti, sistemazione delle aree di dilavamento e nel rinfoltire le zone prive di vegetazione.

Il sistema *dry swale* (depressione artificiale secca) affida il controllo qualitativo all'infiltrazione nel suolo, perciò è necessario che quest'ultimo sia caratterizzato da un'elevata permeabilità al fine di garantire ragionevoli tempi di infiltrazione dei volumi immagazzinati (circa un giorno).

Il sistema *wet swale* (depressione artificiale umida) tratta le acque mediante processi di sedimentazione e assorbimento vegetale. In tale sistema permane sempre un certo livello d'acqua per avere il terreno sul fondo del canale in condizione satura e garantire lo sviluppo delle piante acquatiche.

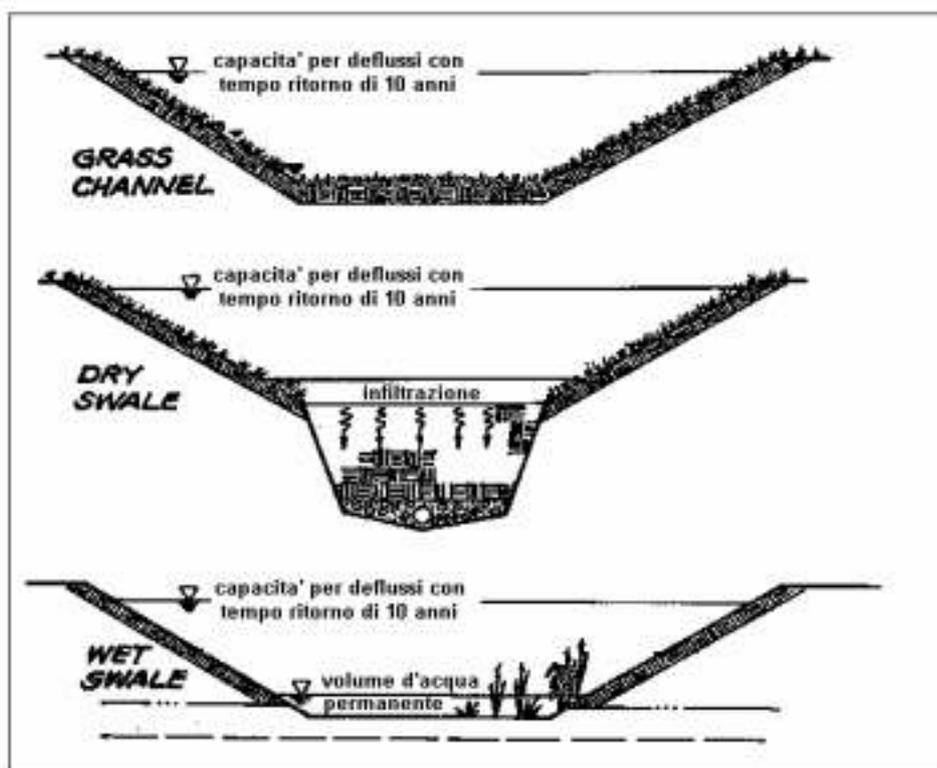


Figura 18: Sezioni dei sistemi “grass channel”, “dry swale” e “wet swale”

I tre sistemi di canali possono servire piccole aree impermeabili, al massimo 2 ha. Sovente, la scelta è influenzata dalla permeabilità dell’area in esame: “grass channel” e “dry swale” richiedono un suolo ad alta permeabilità con capacità di infiltrazione > 7 mm/h; “wet swale”, al contrario, necessita di un suolo poco permeabile.

Sistemi di infiltrazione

I sistemi di infiltrazione nel suolo si dividono in due categorie:

- trincee drenanti;
- bacini di infiltrazione.

Essi svolgono azione di controllo ambientale e idraulico e risultano efficaci in terreni a elevata permeabilità e con falda lontana dal piano campagna.

Infatti l’infiltrazione è quel processo per cui l’acqua penetra nel sottosuolo e, se correttamente gestita, può riprodurre l’originale composizione dell’acqua prima del dilavamento sulle superfici impermeabili. In questo modo si riducono i carichi idraulici al corpo ricettore e si ricaricano gli acquiferi. La manutenzione è più onerosa rispetto alle altre soluzioni a causa della necessità di frequenti ispezioni.

Con l'infiltrazione si ottiene, quindi, il controllo della quantità e della qualità dell'acqua di ruscellamento.

Le *trincee drenanti* sono trincee rivestite con uno strato di geotessile e riempite con un aggregato inerte. La loro struttura prevede uno strato superficiale, un filtro di geotessuto, una struttura serbatoio, uno strato di sabbia e un filtro in geotessile laterale.

Lo strato superficiale, dello spessore di 150-300 mm, è costituito da pietrisco di pezzatura 20-30 mm e ha il compito di trattenere i sedimenti più grossolani. La struttura serbatoio è costituita da ghiaia di pezzatura 40-75 mm. Lo strato di sabbia, di spessore 150-300 mm, ha lo scopo di trattenere i metalli pesanti: in particolare, zinco e piombo. Il geotessile garantisce un effetto di filtrazione e previene l'intasamento della trincea.

La manutenzione ordinaria consiste nel rimuovere i materiali grossolani, i detriti e la sporcizia dallo strato superficiale.

Qualora si intasino lo strato drenante o quello sabbioso, lo strato superficiale e il geotessile vengono rimossi per permettere la sostituzione del materiale intasato con quello nuovo. Questa operazione prevede costi elevati.



Figura 19: Trincea drenante

I *bacini di infiltrazione* sono invasi artificiali profondi 0,3-0,6 m che immagazzinano temporaneamente le acque meteoriche.

Essi trovano impiego per il drenaggio di aree fino a 12 ha di estensione e possono prevedere un inserimento “in linea” o “fuori linea”.

Nel caso in cui il carico di traffico risultasse elevato e, quindi, le acque di dilavamento fossero cariche di inquinanti, sarebbe necessario adottare un sistema di pre-trattamento composto da una vasca di prima pioggia e un impianto separatore di oli.

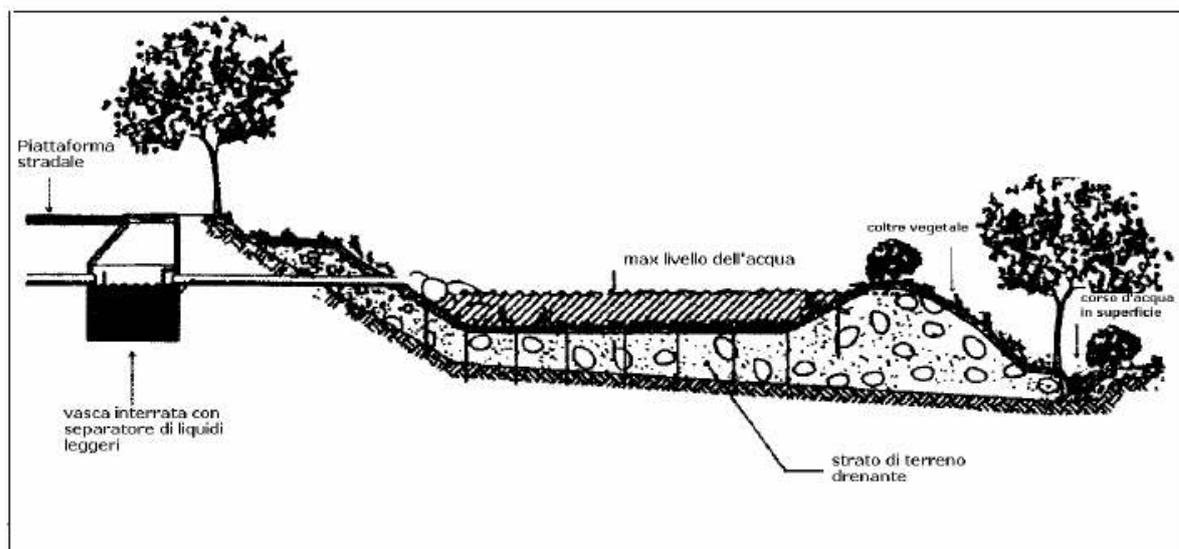


Figura 20: Bacino di infiltrazione combinato con impianto disoleatore

I bacini di infiltrazione non sono progettati per contenere permanentemente acqua, in quanto lo scopo principale è quello di trasformare un flusso d'acqua da superficiale ad acquatico e rimuovere gli inquinanti attraverso meccanismi di filtrazione, assorbimento e conversione biologica durante il percolamento dell'acqua attraverso il suolo.

Solitamente si prevede lo svuotamento dei bacini in 72 ore, tempo necessario per prepararli a ricevere un nuovo volume d'acqua e a evitare il proliferare di zanzare e odori sgradevoli.

I bacini di infiltrazione vengono realizzati su terreni a elevata permeabilità, almeno 13 mm/h e sono dimensionati per infiltrare piogge con tempo di ritorno 10 anni entro 48-72 ore.

Gli interventi di manutenzione devono essere effettuati frequentemente per evitare che si intasino gli strati superiori di terreno a causa della sedimentazione del particolato.

Sistemi di affinamento: fitodepurazione e bacini di detenzione

I sistemi di fitodepurazione utilizzano le macrofite, particolari piante acquatiche capaci di biodepurare le acque di dilavamento raccolte nei bacini. Questi sistemi possono svolgere sia il ruolo di trattamenti secondari, sia quello di trattamenti terziari a valle di impianti di depurazione convenzionali.

Nello specifico, è l'apparato radicale e rizomatoso delle piante (le quali possono essere emergenti, sommerse o galleggianti) che sviluppa i meccanismi biologici di rimozione degli inquinanti. Ogni essenza esercita una diversa capacità di assorbimento nei diversi inquinanti. Nei capitolo 4 si tratteranno le caratteristiche degli impianti di fitodepurazione in modo più approfondito.

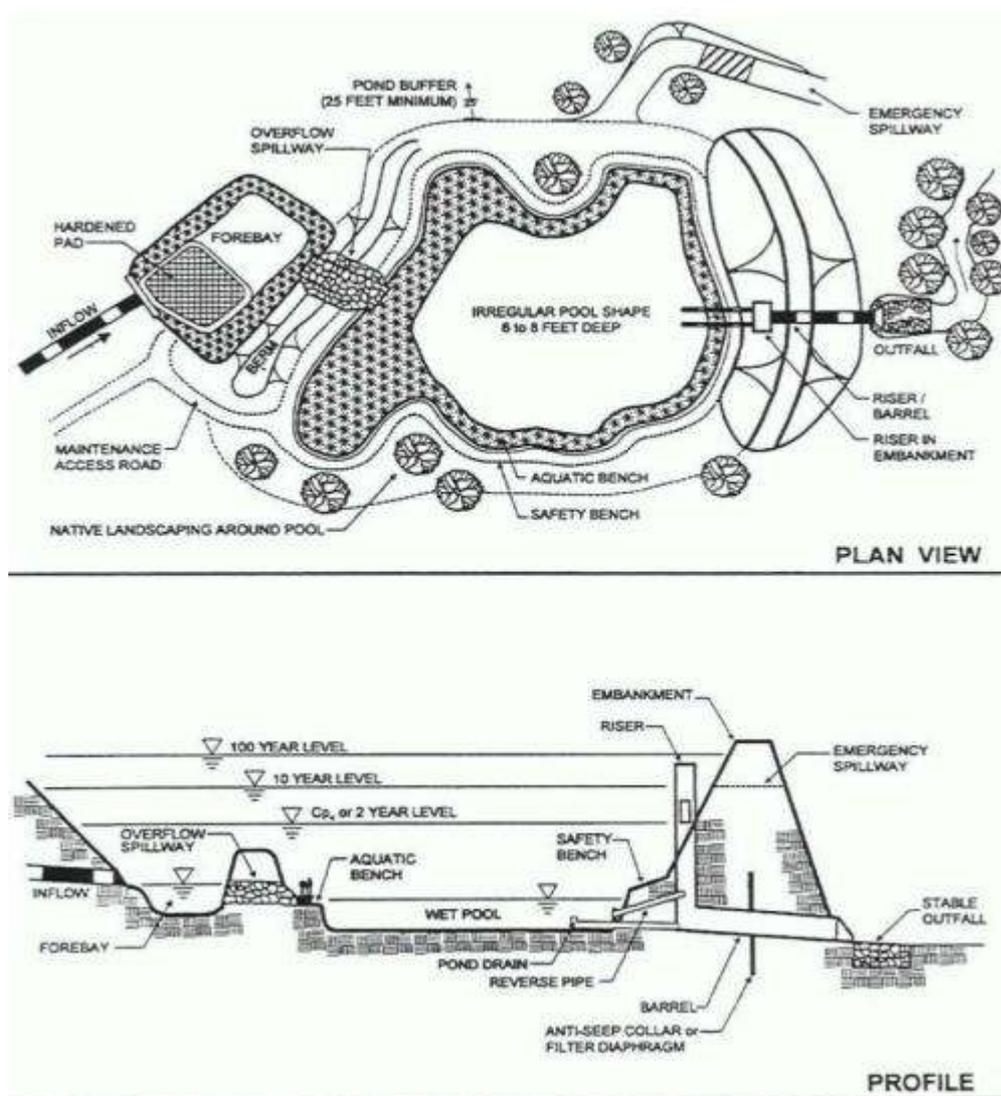


Figura 21: Schema in pianta e in sezione di un impianto di fitodepurazione

I bacini di detenzione o *wet lands* abbattano gli inquinanti presenti nelle acque attraverso meccanismi di sedimentazione, filtrazione e assorbimento, degradazione di inquinanti aerobica e anaerobica. I bacini sono colonizzati da una grande varietà di organismi viventi (batteri, alghe, zooplancton, piante acquatiche) che assicurano una buona efficacia del trattamento.

Il sistema è costituito da vasche interrate, bacini artificiali o avvallamenti realizzati con terreno filtrante precostituito e inerbito con una ricca vegetazione; al di sotto del terreno filtrante un sistema di drenaggio convoglia le acque filtrate al recapito finale.

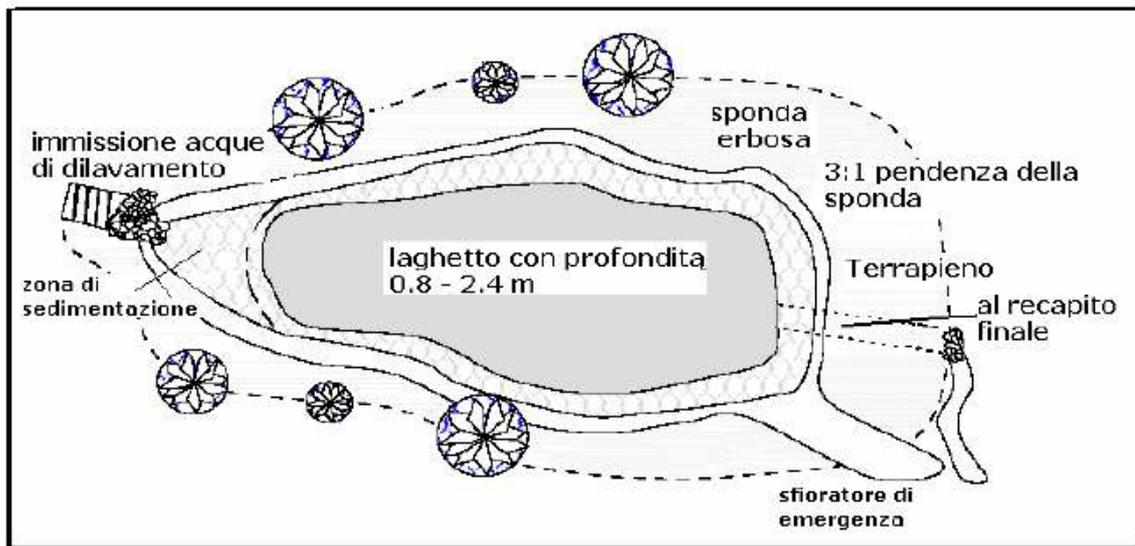


Figura 22: Schema di bacino di detenzione

Tra i vantaggi di questi sistemi vi è la capacità di servire aree molto estese (fino a 20 ha) e di invasare volumi di deflusso connessi a eventi meteorici di durata 48-72 ore e tempo di ritorno 10 anni.

Tali sistemi attuano un controllo sia idraulico quantitativo (invasano provvisoriamente i volumi idrici connessi al dilavamento superficiale e li restituiscono al ricettore finale con una portata ridotta), sia ambientale qualitativo (i processi di sedimentazione e di infiltrazione abbattano i solidi sedimentabili, non sedimentabili e i metalli pesanti, mentre processi chimici e biologici riducono i nutrienti e le sostanze solubili).

L'efficienza di abbattimento di un bacino è strettamente correlata al tempo di permanenza del flusso nei letti di trattamento. Le attività di manutenzione prevedono che i detriti siano rimossi dal fondo del bacino almeno due volte l'anno.



Figura 23: Bacino di detenzione in Pennsylvania



Figura 24: Bacino artificiale con funzione di lagunaggio

Risulta quindi evidente l'importanza degli interventi di mitigazione atti a ridurre al minimo l'impatto negativo prodotto dal dilavamento delle strade urbane ed extraurbane e delle loro aree di pertinenza: infatti, solo attraverso le infrastrutture idrauliche e i manufatti sono garantite la difesa idraulica del territorio e la tutela dell'ambiente e delle risorse idriche. La scelta del sistema di controllo più idoneo a una specifica realtà è il risultato di un percorso che vede due fasi principali:

- a. analisi obiettiva sull'opportunità di intervento, localizzazione dell'opera, integrazione nel territorio, efficienza nell'abbattimento del carico inquinante e sugli aspetti gestionali;
- b. analisi multi-obiettivo che entri nel dettaglio della valutazione dei costi-benefici, dell'impatto paesaggistico-ambientale e del rischio di sversamenti accidentali di liquidi inquinanti.

Al termine delle fasi di progettazione e realizzazione è fondamentale perseguire una costante politica di ispezione e manutenzione per garantire nel tempo una buona efficienza nella rimozione degli inquinanti.

Tra le politiche di riduzione degli inquinanti è bene ricordare che nel Libro Bianco dei Trasporti sono indicati dieci obiettivi per sviluppare un sistema dei trasporti competitivo ed efficiente sul piano delle risorse per ridurre del 60% le emissioni di gas serra:

Mettere a punto e utilizzare carburanti e sistemi di propulsione innovativi e sostenibili

- 1) Dimezzare entro il 2030 nei trasporti urbani l'uso delle autovetture "alimentate con carburanti tradizionali" ed eliminarlo del tutto entro il 2050; conseguire nelle principali città un sistema di logistica urbana a zero emissioni di CO₂ entro il 2030 (ciò permetterebbe di ridurre in modo sostanziale altri tipi di emissioni nocive);
- 2) Nel settore dell'aviazione utilizzare entro il 2050 il 40% di carburanti a basso tenore di carbonio; sempre entro il 2050, ridurre nell'Unione Europea del 40% (e, se praticabile, del 50%) le emissioni di CO₂ provocate dagli oli combustibili utilizzati nel trasporto marittimo.

Ottimizzare l'efficacia delle catene logistiche multimodali, incrementando tra l'altro l'uso di modi di trasporto più efficienti sotto il profilo energetico

- 3) Sulle percorrenze superiori a 300 km il 30% del trasporto di merci su strada dovrebbe essere trasferito verso altri modi, quali la ferrovia o le vie navigabili, entro il 2030. Nel 2050 questa percentuale dovrebbe passare al 50% grazie a corridoi merci efficienti ed ecologici. Per conseguire questo obiettivo dovranno essere messe a punto infrastrutture adeguate.
- 4) Completare entro il 2050 la rete ferroviaria europea ad alta velocità. Triplicare entro il 2030 la rete ferroviaria ad alta velocità esistente e mantenere in tutti gli Stati membri

una fitta rete ferroviaria. Entro il 2050 la maggior parte del trasporto di passeggeri sulle medie distanze dovrebbe avvenire per ferrovia.

- 5) Entro il 2030 dovrebbe essere pienamente operativa in tutta l'Unione europea una "rete essenziale" TEN-T multimodale e nel 2050 una rete di qualità e capacità elevate con una serie di servizi d'informazione connessi.
- 6) Collegare entro il 2050 tutti i principali aeroporti della rete alla rete ferroviaria, di preferenza quella ad alta velocità; garantire che tutti i principali porti marittimi siano sufficientemente collegati al sistema di trasporto merci per ferrovia e, laddove possibile, alle vie navigabili interne.

Migliorare l'efficienza dei trasporti e dell'uso delle infrastrutture mediante sistemi d'informazione e incentivi di mercato

- 7) Rendere operativa in Europa entro il 2020 l'infrastruttura modernizzata per la gestione del traffico aereo (SESAR) e portare a termine lo spazio aereo comune europeo. Applicare sistemi equivalenti di gestione del traffico via terra e marittimo- ERTMS, ITS, SSN e RIS- nonché il sistema globale di navigazione satellitare europeo (Galileo).
- 8) Definire entro il 2020 un quadro per un sistema europeo di informazione, gestione e pagamento nel settore dei trasporti multimodali.
- 9) Avvicinarsi entro il 2050 all'obiettivo "zero vittime" nel trasporto su strada. Conformemente a tale obiettivo, il numero di vittime dovrebbe essere dimezzato entro il 2020 e l'Unione europea dovrebbe imporsi come leader mondiale per quanto riguarda la sicurezza in tutti i modi di trasporto.
- 10) Procedere verso la piena applicazione dei principi "chi utilizza paga" e "chi inquina paga", facendo in modo che il settore privato si impegni per eliminare distorsioni (tra cui sussidi dannosi), generare entrate e garantire i finanziamenti per investimenti futuri nel settore dei trasporti.

1.3 L'impatto ambientale in campo aeroportuale

Il trasporto delle persone e delle merci è uno dei principali indicatori dello sviluppo umano. All'interno del settore trasportistico la ricerca si è sempre orientata verso l'implementazione

della sicurezza, della capacità, della velocità e dell'economia, cercando di incrementare in modo continuo e costante ognuno di questi parametri senza andare a discapito degli altri.

Nei Paesi più sviluppati, dove si hanno i maggiori volumi di mobilità e scambi in rapporto alla popolazione, ci si è posti il dubbio riguardo la volontà di raggiungere tale obiettivo in modo indiscriminato; tale dubbio è stato poi ulteriormente alimentato dai risvolti negativi del progresso, tra i quali i fenomeni di degrado ambientale.

Così è nata l'idea che uno sviluppo dei trasporti sia inutile se non accompagnato da un miglioramento della qualità ambientale.

Per affrontare il problema ambientale ci si basa su due principi cardine:

- prima di porre in atto qualsiasi azione, si cerca di prevedere e comprendere le conseguenze ambientali ecologiche e socio-economiche che ne derivano;
- la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) si somma oggi all'approccio di tipo interdisciplinare.

Il programma di azione in materia ambientale perseguito dalla Comunità Economica Europea (CEE) risale al 1973, poi aggiornato nel 1977, nel 1983 e ha visto la pubblicazione della Direttiva sulla G.U. il 27 Giugno 1985.

Fin dal 1973 la politica della CEE in ambito di tutela ambientale si fonda su due principi:

- Carattere preventivo dell'azione
- Tutti i processi di programmazione e decisione devono essere sottoposti alla procedura VIA.

Tra i progetti a cui si applica la Direttiva vi sono anche gli aeroporti con lunghezza di pista \geq 2100 m (in Olanda $L > 1800$ m).

Gli scopi della VIA sono volti a individuare, descrivere e determinare gli effetti di tali progetti sul genere umano, sulla flora e la fauna, sul suolo, acqua, aria, fattori climatici, paesaggio, beni materiali e patrimonio culturale.

A causa dall'incremento dell'attività aeronautica e dell'arrivo sul mercato dei grandi aerei jet avvenuto alla fine degli anni '60, al giorno d'oggi la scelta della localizzazione di un'infrastruttura aeroportuale non può prescindere da una riflessione sui conseguenti problemi di impatto ambientale.

A tal fine si devono considerare sia gli aspetti relativi agli effetti temporanei che quelli inerenti gli effetti permanenti.

I primi sono legati al processo di costruzione dell'infrastruttura (depositi, erosioni, sollevamento di polvere, ecc.), gli altri sono più complessi e non immediati. Infatti, si deve

tener conto delle conseguenze che un aeroporto provoca sull'ambiente sociale (potenziali smembramenti di comunità, espropri di vaste aree, modifiche alla viabilità esistente, conseguenze sul traffico aereo, ecc.) e sull'ambiente naturale (fauna, flora, aree turistiche, ricreative, storiche, archeologiche).

In particolare, i fattori da considerare sono i potenziali disturbi o alterazioni dell'equilibrio ecologico, le conseguenze dell'inquinamento acustico, dell'aria, dei corsi d'acqua, del mare e di falde acquifere sulle condizioni di fruizione dell'ambiente naturale circostante da parte dell'uomo, della fauna e della flora.

Nello studio inerente *l'impatto sull'utilizzazione del territorio* si devono considerare le vaste aree impegnate dall'inserimento di un'infrastruttura aeroportuale, le decine di migliaia di persone impegnate con le attività connesse con il trasporto aereo, le ricadute sull'economia locale e sulle attività commerciali legate allo sviluppo, gestione e manutenzione dell'aeroporto.

Sebbene le emissioni degli aeromobili rappresentino solamente l'1% della quantità totale di sostanze inquinanti presenti in un'area metropolitana, è bene considerare la gravità dell'*inquinamento dell'aria* provocato dal traffico aereo.

Le sostanze inquinanti possono essere raggruppate in quattro classi:

- 1) Particella in sospensione nell'aria avente dimensioni $< 500 \mu$ (massima concentrazione annua ammissibile pari a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
- 2) Monossido di carbonio (CO) proveniente da processi di combustione incompleti particolarmente accentuati durante le operazioni di rullaggio;
- 3) Ozono (O_3) e altri agenti ossidanti, prodotti prevalentemente al decollo;
- 4) Biossido di zolfo (SO_2) presente in minima parte nei gas di scarico degli aerei, ma particolarmente irritante e dannoso per il sistema respiratorio.

Vi sono poi altre sorgenti di inquinamento in ambito aeroportuale: il sistema di sfogo dei serbatoi del combustibile degli aerei, i motori degli autoveicoli dei passeggeri, degli addetti e dei visitatori (da cui deriva circa il 25 % degli agenti inquinanti), i motori degli automezzi di servizio all'aeroporto e le centrali di riscaldamento degli edifici.

Nell'ambito del perseguimento di una politica di tutela ambientale è possibile agire sui seguenti elementi:

- Modificare i motori degli aeromobili (azione con orizzonte temporale di lungo termine);

- Variare le procedure operative a terra (ad esempio, spegnere i motori sui piazzali, ridurre il numero di motori in moto durante le operazioni di rullaggio elevandone il numero di giri, eliminare il problema delle esalazioni di combustibile);
- Apportare modifiche alla progettazione e costruzione delle infrastrutture dell'aeroporto (ad esempio, separando le zone sorgenti di inquinamento e localizzandole sottovento, prevedendo zone verdi polmone tra l'aeroporto e le zone abitate circostanti, ponendo particolare attenzione verso la progettazione degli accessi all'aeroporto e delle zone di scambio).

L'*inquinamento delle acque*, tema affrontato in questa tesi, può essere trattato da diversi punti di vista: considerando le cause che lo originano, si può distinguere tra cause dirette (legate alla costruzione e gestione dell'aeroporto) e indirette (derivate da attività indotte dalla presenza dell'aeroporto). Analizzando le prime, emerge come l'inquinamento idrico legato all'infrastruttura aeroportuale sia dovuto a:

- Rifiuti sanitari (utilizzo dei servizi igienici, preparazione dei cibi, lavaggio stoviglie);
- Acque piovane di scorrimento sulle superfici del sedime aeroportuale, dovuto a prodotti chimici impiegati nei diserbanti e nei sali disgelanti, perdite di carburante e oli su piazzali e piste, detergenti utilizzati nelle operazioni di pulizia, prodotti chimici antincendio (schiume) utilizzati in emergenza. Qualora le acque non fossero opportunamente raccolte e trattate, le cause elencate sopra potrebbero provocare seri danni ambientali.
- Operazioni di rifornimento carburante, lavaggio, grossa revisione, manutenzione degli aeromobili, durante cui si fa uso di prodotti chimici altamente tossici.
- Rifiuti industriali della zona tecnica dell'aeroporto.

Inoltre, all'interno dell'insieme di cause dirette che provocano inquinamento delle acque, si può ulteriormente distinguere tra le cause legate ad operazioni land-side e quelle connesse a operazioni air-side. Tra le prime vi sono, ad esempio, l'utilizzo dei servizi igienici e il consumo di acqua per attività commerciali all'interno del terminal.

Questa tesi si occuperà invece dello studio di tutte le cause di inquinamento idrico correlate alle operazioni air-side.

Al fine di ridurre l'inquinamento delle acque è necessario:

- a. Raccogliere, separare e trattare opportunamente tutte le acque e i rifiuti prodotti dalle attività che si svolgono nell'aeroporto;

b. Prevenire l'inquinamento delle acque attraverso le seguenti misure:

- protezione di scarpate, canali e drenaggi superficiali dall'erosione provocata dal ruscellamento delle acque;
- realizzazione di opere di intercettazione (impianti di separazione grassi) affinché combustibili, grassi, oli, schiume antincendio non possano defluire nel sistema di drenaggio superficiale delle acque meteoriche;
- impiego di detergenti a basso contenuto di fosfati per il lavaggio degli aeromobili;
- limitazione della quantità e del tipo di insetticidi e diserbanti.

L'impatto idrologico ed ecologico si verifica soprattutto nel momento di nuova costruzione o ampliamento di un'infrastruttura aeroportuale e può provocare i seguenti problemi:

- modifica dei percorsi di ruscellamento delle acque superficiali per effetto delle operazioni di scavo e riporto;
- inquinamento di falde per intrusione di acque salate (quando l'infrastruttura aeroportuale è localizzata in zona costiera);
- abbassamento di falde;
- incremento dell'erosione da parte delle acque piovane a causa dell'incremento della velocità di ruscellamento, dovuta alla notevole estensione di aree pavimentate e, quindi, impermeabili.

Le alterazioni dell'equilibrio ecologico si possono manifestare sul lungo periodo, circa 10-20 anni dopo la costruzione dell'aeroporto:

- riduzione del potere nutritivo dei fondali dei corsi d'acqua e del mare dovuta a fenomeni di sedimentazione;
- distruzione di particolari habitat e fonti di nutrimento per specie volatili
- creazione di barriere e corridoi che impediscono o accrescono lo spostamento delle specie terrestri
- danneggiamento di alcune specie di piante o arresto della maturazione delle coltivazioni.

L'impatto ambientale cui si attribuisce maggiore importanza, perché è immediatamente avvertibile, è sicuramente quello del *rumore*. Il rumore degli aeroplani, in particolare di quelli a reazione, provoca negli esseri umani che vivono in prossimità degli aeroporti una particolare sensazione di disturbo che si trasforma addirittura in sofferenza psichica nelle ore notturne o nei periodi dedicati al riposo.

Dopo il 1960, a seguito dell'introduzione degli aerei commerciali turbogetto e della tendenza ad aumentare sempre più la potenza degli aeromobili, il problema dell'inquinamento da rumore prodotto da un'infrastruttura aeroportuale ha richiesto un'analisi attenta e seria. Inoltre, l'incremento del traffico aereo e la tendenza delle amministrazioni locali a urbanizzare il territorio limitrofo al sedime aeroportuale ha scatenato il malcontento dei cittadini e la nascita di comitati contro gli aeroporti.

La misura del rumore aeronautico può essere eseguita in rapporto a tre principali finalità:

- a. lo studio e la progettazione delle caratteristiche aerodinamiche dei velivoli e dei loro sistemi di propulsione, insieme alla certificazione acustica per i singoli tipi di aeromobili;
- b. la verifica delle condizioni di disturbo in corrispondenza degli insediamenti abitativi;
- c. la zonizzazione delle aree che si estendono attorno all'aeroporto in base all'utilizzazione del territorio.

Al fine di minimizzare l'inquinamento acustico si può agire secondo due metodologie per le quali l'una non esclude l'altra: ridurre la fonte del rumore e/o proteggere il potenziale ricettore.

È possibile ottenere una riduzione del rumore grazie a:

1. aeromobili più silenziosi (provvedimento più efficace e razionale);
2. procedure operative che riducono i livelli di pressione acustica a cui sono soggette le aree intorno all'aeroporto.

Si può ridurre il disturbo recepito dal ricettore attraverso:

1. una corretta e lungimirante pianificazione urbanistica del territorio;
2. l'installazione di dispositivi per la protezione dal rumore (ad esempio, barriere acustiche).

1.3.1 Aeroporto e sviluppo sostenibile

Nel 1987 lo sviluppo sostenibile è stato definito dalla Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo come *“lo sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare i loro propri bisogni”*.

La costante crescita della domanda e dell'offerta di trasporto aereo a livello mondiale ha prodotto effetti anche a livello locale con lo sviluppo delle attività aeroportuali. Oggi l'aeroporto non è più semplicemente l'area su cui convergono gli aeroplani per le loro

operazioni, ma una struttura intermodale “a valore aggiunto” dove i passeggeri e le merci passano dal trasporto di superficie a quello aereo e viceversa.

Al processo di trasformazione degli aeroporti da semplici strutture “sociali” a imprese dinamiche “*business oriented*”, si contrappone oggi l’aumentata sensibilità verso il loro impatto sull’ambiente, il quale costituisce un serio vincolo ai piani di sviluppo aeroportuali.

L’ICAO (*International Civil Aviation Organization*), in occasione della “Convenzione di Chicago”, ha emanato l’Annesso 16 con il quale ha sancito gli *standard* di riferimento internazionali per limitare l’impatto ambientale dei velivoli.

Sebbene da parte dei costruttori di aeroplani e motori e delle compagnie aeree vi sia stato un forte impegno sul rispetto degli standard ICAO che ha portato all’acquisto di velivoli moderni dotati di motori più silenziosi, meno inquinanti e dai consumi più contenuti, l’aumento del traffico aereo ha di fatto ridotto la portata di tali miglioramenti tecnologici.

Dal momento che gli aeroplani operano tra aeroporti, lo sviluppo “globale” del trasporto aereo assume una connotazione “locale” che influenza, in positivo e negativo, i piani di sviluppo aeroportuali. Oggi tali piani, basati su prospettive di forte crescita, subiscono ritardi, limitazioni e cancellazioni, a causa dell’opposizione di cittadini e forze politiche, motivata dalle preoccupazioni per l’impatto ambientale.

Vi è quindi l’esigenza di limitare in qualche modo la crescita dell’aviazione in generale e, in particolare, lo sviluppo degli aeroporti, nell’ottica di uno “sviluppo sostenibile”.

A livello globale, la crescita del trasporto aereo è strettamente correlata alla crescita del PIL. Negli ultimi anni, nell’Unione Europea, la domanda e l’offerta di trasporto aereo e, quindi, i volumi di traffico, sono aumentate grazie alla *deregulation* del trasporto aereo all’interno dell’Unione stessa, che ha provocato un incremento dell’offerta di trasporto e una riduzione notevole delle tariffe.

Oggi gli aeroporti operano come soggetti economici *business-oriented*, quindi hanno interesse ad incrementare il volume d’affari, ovvero il traffico di velivoli, passeggeri e merci; l’aumento del traffico è giustificato dall’incremento della domanda di trasporto, sia per affari che per turismo.

Tale aumento, se da un lato soddisfa la domanda e produce ricchezza, dall’altro provoca effetti negativi sull’ambiente e sui cittadini che risiedono nelle vicinanze degli aeroporti.

Questi ultimi, in particolare, non hanno alcuna forma di controllo sull’output degli aeroporti e spesso non sono nemmeno coinvolti nella loro catena del valore (ad esempio perché non lavorano in aeroporto) e ne subiscono, in sostanza, solo gli effetti negativi.

È quindi necessario studiare a fondo il *trade-off* tra sviluppo economico ed impatto ambientale, considerando che le operazioni aeroportuali avranno sempre un minimo impatto sull'ambiente che può essere reso accettabile attraverso l'applicazione di una serie di misure tecniche e politiche che permettono uno sviluppo sostenibile dell'aeroporto e dell'aviazione.

Al fine di ridurre l'inquinamento causato dalla presenza di un'infrastruttura aeroportuale è indispensabile una collaborazione tra organismi politici che operino su vari livelli: mondiale, regionale e nazionale.

A livello mondiale, l'ICAO ha emanato norme di riferimento (contenute nell'Annesso 16) con le quali si stabiliscono limiti sempre più restrittivi in materia di rumore ed emissioni gassose dei motori. È stato costituito il Comitato per la Protezione Ambientale dell'Aviazione (CAEP), che rappresenta i governi di 18 Paesi e a cui partecipano 10 membri osservatori, tra cui la Commissione Europea, gruppi ambientalisti, l'AIA (Associazione delle Industrie Aerospaziali), la IATA (*International Air Transport Association*) in rappresentanza delle compagnie aeree, l'ACI (*Airport Council International*) in rappresentanza degli aeroporti.

Secondo i principi del CAEP, ogni standard sul rumore deve portare benefici all'ambiente, non intaccare la sicurezza del volo, essere tecnicamente fattibile ed economicamente ragionevole.

A livello globale, le misure proposte dal CAEP sono mirate a ridurre il rumore alla fonte, introdurre una certificazione dei velivoli in base al loro livello di emissioni rumorose (Stage 2, Stage 3, Stage 4), adottare restrizioni operative per gli aeroplani più rumorosi (ad esempio, il divieto di operazioni notturne) e disincentivare gradualmente dall'uso dei velivoli più vecchi e rumorosi attraverso il principio del "*polluter pays*" (chi inquina paga).

A livello locale, le strategie per la riduzione del rumore includono procedure operative come specifici sentieri di salita e atterraggio, variazione dell'uso delle piste a seconda dei momenti della giornata, adozione di misure per ridurre la diffusione del rumore (terrapieni e barriere fonoassorbenti in specifiche zone aeroportuali), una corretta pianificazione urbana e territoriale delle aree che circondano gli aeroporti.

Quest'ultima misura rappresenta un elemento di criticità poiché non sempre le amministrazioni locali pianificano in modo efficace lo sviluppo urbanistico del territorio circostante l'aeroporto: ne consegue che, aeroporti sorti in aree periferiche scarsamente popolate o rurali si trovano oggi circondati da abitazioni, con conseguente esposizione di una porzione sempre maggiore di cittadini al rumore degli aeroplani e limitazioni all'espansione

dell'infrastruttura. È il caso degli aeroporti di Milano-Malpensa, Verona, Napoli-Capodichino e, non da ultimo, il Marconi di Bologna.

Per indirizzare lo sviluppo dell'aviazione e degli aeroporti in un sentiero sostenibile è necessaria, pertanto, un'azione integrata e coordinata a diversi livelli per raggiungere gli obiettivi nel lungo, medio e breve periodo:

- a livello globale, l'ICAO ha la responsabilità di identificare le aree che hanno il maggior impatto sull'ambiente e di stabilire degli *standard* di riferimento a cui l'industria deve conformarsi;
- a livello regionale, alle istituzioni (come l'Unione Europea) spetta il compito di implementare le normative ICAO e di adottare misure coercitive nei confronti di coloro che operano negli Stati membri, quali l'imposizione di tasse anti-rumore;
- a livello nazionale, la politica dei trasporti deve tener conto delle direttive sovra-nazionali (Unione Europea) e della realtà ecologico-ambientale del territorio;
- a livello locale, è importante pianificare adeguatamente dal punto di vista urbanistico e del territorio, pur mantenendo un'armonia con l'esistenza e il possibile sviluppo degli aeroporti esistenti, evitando la costruzione di immobili ad uso residenziale nelle vicinanze dell'aeroporto e lungo i sentieri di decollo ed atterraggio dei velivoli.

1.4 La Normativa in materia di tutela delle acque

Come evidenziato nel paragrafo 1, l'acqua è una risorsa essenziale per l'umanità perché non solo genera e sostiene la prosperità economica e sociale, ma rappresenta anche un elemento centrale degli ecosistemi naturali e della regolazione del clima.

È quindi evidente come negli anni sia emersa la necessità di una normativa di tutela delle acque che ponga limiti restrittivi sull'inquinamento delle stesse e che fissi obiettivi a breve e lungo termine per un miglioramento delle loro condizioni.

A livello europeo la normativa di riferimento è la direttiva quadro sulle acque dell'Unione europea (adottata nel 2000), mentre in ambito nazionale il D. Lgs. 152/2006 (Testo Unico

Ambientale) affronta nella parte terza la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche.

1.4.1 Normativa europea

La direttiva quadro sulle acque dell'Unione Europea introduce il concetto di bacino idrografico (mirato alla tutela delle risorse idriche sulla base di formazioni geografiche naturali), stabilisce scadenze precise e fissa il 2015 come termine ultimo entro il quale tutte le acque europee dovranno raggiungere determinati *standard* di qualità.

Vi sono poi altre norme europee più specifiche che la completano:

- la direttiva sugli standard di qualità ambientale (2008);
- la direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino (2008);
- la direttiva sulle alluvioni (2007);
- la direttiva sulle acque sotterranee (2006);
- la direttiva sulle acque di balneazione (2006);
- la direttiva sull'acqua potabile (1998);
- la direttiva sulle acque reflue urbane (1991);
- la direttiva nitrati (1991).

La norma si basa su alcuni principi:

1) In Europa l'acqua è sotto pressione.

La richiesta di acqua è elevata perché i suoi usi avvengono in ambiti diversificati: in agricoltura, nella pesca commerciale, per la produzione di energia, nell'industria manifatturiera, nei trasporti e nel turismo. L'acqua è inoltre un elemento centrale degli ecosistemi naturali e della regolazione del clima.

Tuttavia, la disponibilità delle risorse idriche è particolarmente vulnerabile ai cambiamenti climatici. Gli scienziati temono un incremento del rischio sia di siccità sia di alluvioni nei prossimi decenni. La domanda complessiva di acqua è in aumento e mette sotto pressione le scorte disponibili. La qualità delle risorse idriche, al contempo, è minacciata dall'inquinamento, dall'estrazione eccessiva e dai cambiamenti idromorfologici dovuti alle attività industriali, all'agricoltura, allo sviluppo urbano, alle misure per la difesa dalle alluvioni, alla produzione di elettricità, alla navigazione, alle attività ricreative, allo scarico di acque reflue e ad altro ancora.

2) *È necessaria un'azione dell'UE perché i bacini idrografici e l'inquinamento attraversano le frontiere.*

I fiumi non si fermano alle frontiere nazionali, ma scorrono attraverso vari paesi prima di raggiungere il mare.

Un bacino idrografico (o imbrifero) copre l'intero sistema fluviale, dalle sorgenti dei piccoli affluenti fino all'estuario, comprese le acque sotterranee. L'UE e gli Stati membri hanno suddiviso i bacini idrografici e le relative zone costiere in 110 distretti fluviali, 40 dei quali sono internazionali e attraversano confini, coprendo il 60% circa del territorio europeo.

La gestione integrata dei bacini idrografici prevede un approccio olistico alla protezione dell'intero corpo idrico, dalla sorgente agli affluenti, fino alla foce. Quello basato sui bacini idrografici è il miglior approccio alla gestione delle acque.

3) *Le acque devono raggiungere un buono stato ecologico e chimico per tutelare la salute umana, le risorse idriche, gli ecosistemi naturali e la biodiversità.*

Per definire lo stato ecologico si tiene conto dell'abbondanza di flora acquatica e fauna ittica, della disponibilità di nutrienti e di aspetti quali la salinità, la temperatura e l'inquinamento dovuto ad agenti chimici. La definizione comprende inoltre alcuni caratteri morfologici, come quantità, portata idrica, profondità dell'acqua e strutture degli alvei fluviali. Lo schema di classificazione della direttiva quadro sulle acque relativo allo stato ecologico delle acque superficiali comprende cinque categorie: elevato, buono, sufficiente, scarso e cattivo. Per «stato elevato» si intende una pressione antropica nulla o molto ridotta, per «buono stato» si intende una leggera deviazione da tale condizione, «stato sufficiente» sta a indicare una deviazione moderata, e via dicendo. L'UE conta attualmente più di 100000 corpi idrici superficiali: l'80% è costituito da fiumi, il 15% da laghi e il 5% da acque costiere e di transizione. Uno stesso fiume può consistere di diversi corpi idrici, dal momento che lo stato dell'acqua può cambiare.

Per definire un buono stato chimico, sono stati fissati *standard* di qualità ambientale per 45 inquinanti chimici nuovi e otto già regolamentati che destano particolare preoccupazione a livello europeo. In questo senso, la direttiva quadro sulle acque è completata da altre norme dell'UE come il regolamento REACH sulle sostanze chimiche, la direttiva sulle emissioni industriali e i regolamenti in materia di pesticidi. Le regole per le acque sotterranee sono leggermente diverse e mirano ad assicurare un buono stato chimico e quantitativo. Gli Stati

membri devono utilizzare dati geologici per identificare i diversi volumi di acqua nelle falde e limitare l'estrazione a una parte del ravvenamento annuo. Le acque sotterranee non devono presentare alcun livello di inquinamento: ogni forma di contaminazione deve essere rilevata e bloccata.

4) Il coinvolgimento dei cittadini è essenziale.

Ai sensi della direttiva quadro sulle acque, gli Stati membri sono tenuti a organizzare ampie consultazioni con i cittadini e le parti interessate per individuare i problemi, le soluzioni e i relativi costi da inserire nei piani di gestione dei bacini idrografici. Tale processo richiede una consultazione a largo raggio, della durata di almeno sei mesi, sui progetti di piani di gestione dei bacini idrografici nel 2015 e ogni sei anni in occasione del loro aggiornamento.

I cittadini europei devono rivestire un ruolo chiave nell'attuazione della direttiva quadro sulle acque e aiutare i governi a trovare un equilibrio tra le questioni sociali, ambientali ed economiche di cui tenere conto.

5) Alcuni progressi sono stati compiuti, ma c'è ancora molto da fare.

La direttiva è attuata tramite cicli ricorrenti della durata di sei anni ciascuno, il primo dei quali copre il periodo 2009-2015. Dopo la sua entrata in vigore, gli Stati membri hanno dovuto provvedere alla definizione geografica dei propri distretti idrografici e a identificare le autorità responsabili per la gestione delle acque (2003). Il passo successivo è consistito nella realizzazione di un'analisi congiunta economica e ambientale (2004). Entro il 2006, gli Stati membri hanno dovuto varare reti nazionali di monitoraggio idrico. Il 2009 rappresentava il termine ultimo per elaborare i piani di gestione dei bacini idrografici e i programmi contenenti misure atte a raggiungere gli obiettivi della direttiva, mentre il 2010 era il termine stabilito per l'adozione delle politiche di tariffazione dei servizi idrici. Nel 2012, la Commissione ha pubblicato la terza relazione sull'attuazione della direttiva, da cui emerge che il 43% delle acque di superficie presentava un buono stato ecologico nel 2009 e che, grazie alle misure previste dagli Stati membri, tale percentuale dovrebbe salire al 53% entro il 2015. Pertanto, se non saranno attuate ulteriori misure, al termine dell'anno corrente il 47% delle acque non centerà l'obiettivo del buono stato. Il piano per la salvaguardia delle risorse idriche europee mira a eliminare gli ostacoli al progresso in questo campo, concentrando la sua attenzione su migliore attuazione, maggiore integrazione degli obiettivi delle politiche europee ed eliminazione delle rimanenti lacune a livello normativo. Pertanto, il piano tratta temi

fondamentali quali l'uso del suolo, l'inquinamento, l'efficienza e la resilienza delle acque e l'ottimizzazione della *governance*.

6) *L'unico modo per raggiungere la sostenibilità idrica è integrare la gestione dell'acqua tra i vari settori.*

È necessario integrare una corretta gestione delle risorse idriche tra i settori dell'agricoltura, dell'utilizzo e sviluppo del territorio, della produzione di energia, della navigazione sulle idrovie interne, dell'industria manifatturiera, del turismo, ecc.

7) *I cambiamenti climatici sono sfidanti per il futuro.*

Nei prossimi decenni il cambiamento climatico rappresenterà una sfida significativa per la gestione delle risorse idriche in tutta l'UE, in quanto comporterà:

- Minori precipitazioni e un aumento delle temperature estive, soprattutto nelle zone meridionali e orientali, accentuando lo stress su risorse già scarse di per sé. Il piano per la salvaguardia delle risorse idriche europee propone una serie di misure di efficienza idrica, tra cui il calcolo del flusso ecologico (ovvero il volume di acqua di cui gli ecosistemi necessitano per prosperare), la realizzazione della contabilità delle risorse idriche per l'allocazione efficiente dell'acqua, il riutilizzo delle acque per l'irrigazione o per uso industriale, la misurazione e la tariffazione del consumo di acqua e criteri di progettazione ecocompatibile per i prodotti che comportano consumo di acqua.
- Piogge più intense e un maggior rischio di alluvioni, soprattutto nelle zone settentrionali. La frequenza delle alluvioni è in continuo aumento, dall'Europa orientale al Regno Unito e all'Irlanda. Secondo le compagnie di assicurazione, la frequenza delle alluvioni in Germania e in Europa centrale è raddoppiata dal 1980. Nel periodo 1989-2008, le alluvioni sono state responsabili del 40% del totale dei danni economici in Europa. La direttiva sulle alluvioni del 2007 adotta un approccio proattivo, chiedendo agli Stati membri di elaborare piani di gestione del rischio di alluvioni entro il 2015, da coordinare con il prossimo ciclo di piani di gestione dei bacini idrografici (2016-2021). Il piano per la salvaguardia delle risorse idriche europee promuove le infrastrutture verdi, quali il ripristino delle pianure alluvionali, come metodo naturale al fine di ridurre il rischio di alluvioni.

1.4.2 Normativa italiana

Il Testo Unico Ambientale è stato recepito nel decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 ed è formato da 318 articoli, da 45 allegati e da una decina di appendici.

Esso è suddiviso in sei parti: in particolare, nella parte terza (artt. 53-176) sono contenute le norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di distretti idrografici, di tutela delle acque dall'inquinamento, di tutela dei corpi idrici e disciplina degli scarichi, di gestione delle risorse idriche, del relativo sistema sanzionatorio e dei connessi compiti di vigilanza assegnati agli organi di controllo.

Tra le novità introdotte dal D. Lgs. 152/2006 rispetto all'abrogato D. Lgs. 152/1999 vi è la definizione di scarico, inteso come una *“qualsiasi immissione di acque reflue in acque superficiali, sul suolo e in rete fognaria, indipendentemente dalla loro natura inquinante, anche sottoposte a preventivo trattamento di depurazione”*.

Nel nuovo Testo Unico sono rimasti invariati i limiti allo scarico in acque superficiali e in fognatura definiti dal vecchio D. Lgs. 152/1999, per i quali si veda l'Allegato 1.

2.LE INFRASTRUTTURE AEROPORTUALI

2.1 Generalità sul trasporto aereo

Nell'ambito del sistema intermodale dei trasporti, lo scalo aeroportuale non costituisce mai un nodo di origine o un nodo di destinazione, poiché rappresenta il nodo di transito in cui avviene il cambio del mezzo di trasporto da parte degli utenti (generalmente, dal mezzo stradale o ferroviario a quello aereo o viceversa).

Al fine di favorire lo scambio intermodale, l'aeroporto deve fornire diversi servizi che si possono suddividere in tre tipologie:

- *servizi operativi essenziali*: costruzione e manutenzione di piste di volo, vie di rullaggio, raccordi, piazzali, viabilità, impianti, fabbricati, aerostazioni; assistenza al traffico aereo (servizi metereologici, telecomunicazioni, radio-navigazione, informazioni aeronautiche, controllo del traffico aereo in rotta, in avvicinamento e nelle zone di traffico aeroportuale); servizi di sicurezza (security), antincendio, sanitari, ecc.
- *servizi di assistenza a terra (o handling) ad aerei, passeggeri e merci*: sbarco passeggeri, scarico bagagli e merce, pulizia, rifornimento carburante, rifornimento di acqua alle toilettes, ispezione tecnica al velivolo, imbaco passeggeri, carico dei bagagli e merci in partenza, ecc.
- *servizi commerciali*: comprende tutte le attività che non hanno stretta correlazione con il volo, ma sono volte a garantire benessere al passeggero e utile al gestore (parcheggi auto, rent car, ristoranti, supermarket, sale conferenza, hotel aeroportuali, ecc).

Con il termine *trasporto* si definisce “ogni attività che ha per scopo il trasferimento di merci o passeggeri, in cui il livello di servizio percepito è componente fondamentale del valore aggiunto”.

In particolare, il trasporto aereo è suddiviso in due categorie: aviazione commerciale e aviazione generale. La prima comprende il traffico effettuato per trasportare persone o cose dietro corrispettivo, quindi include il trasporto aereo di linea charter e taxi. All'interno dell'aviazione commerciale è possibile considerare un'ulteriore suddivisione fra servizi aerei di linea e non di linea. I primi sono i servizi di trasporto aereo effettuati dietro remunerazione,

accessibili al pubblico ed operati in base ad un orario pubblicato con caratteristiche di regolarità e di frequenza tali da costituire un'evidente serie sistematica di voli. I servizi aerei non di linea sono voli effettuati per il trasporto passeggeri o merce in base a un contratto di noleggio stipulato da uno o più contraenti per l'intera capacità dell'aeromobile; se il numero di posti è superiore a 12 si parla di volo charter, in caso contrario di aerotaxi. L'aviazione generale o trasporto aereo non commerciale fa riferimento alle attività degli aeroclub, delle scuole di volo, dei piccoli aerei privati, i servizi di volo aerei pubblicitari, aerofotografici e di rilevazione, spargimenti di sostanze, trasporti di merci esterni al mezzo, ecc.

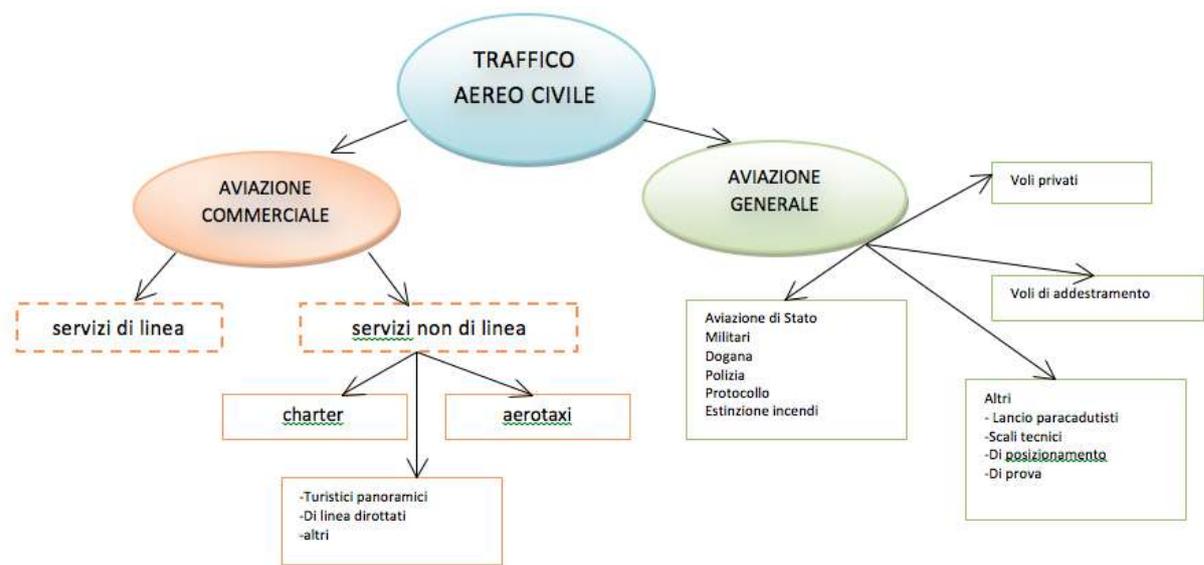


Figura 25: Composizione del traffico aereo civile

2.2 Trasporto aereo: aspetti normativi

2.2.1 Il trasporto aereo nel quadro di riferimento internazionale

All'interno del *quadro di riferimento internazionale*, la normativa del trasporto aereo si fonda sulla Convenzione per l'aviazione civile internazionale (*convention on International Civil Aviation*, o più semplicemente *Chicago Convention*) che fu adottata dalla Conferenza di Chicago del 7 dicembre 1944.

Scopo della Convenzione di Chicago fu di fissare i principi e le regole in materia di navigazione aerea e di trasporto aereo internazionale e di tracciare la struttura e i compiti dell'I.C.A.O. (*International Civil Aviation Organization*), un'agenzia specializzata delle

Nazioni Unite (ma da cui è autonoma, infatti possono far parte dell'ICAO anche Stati che non sono membri dell'ONU) incaricata di regolamentare gli aspetti tecnici di tutti i settori dell'aviazione civile.

L'ICAO è stata fondata nel 1947 dopo la ratifica della Convenzione di Chicago da parte dei 52 Paesi aderenti. Attualmente i Paesi membri sono 190.

Successivamente in ambito internazionale sono state istituite due associazioni di settore: la I.A.T.A. (*International Air Transport Association*) per i vettori aerei e l'A.C.I. (*Airports Council International*) per i gestori aeroportuali.

In seguito a quanto stabilito nella Convenzione di Chicago, l'ICAO ha come funzioni ed obiettivi di elaborare principi e tecniche della navigazione aerea internazionale e di promuovere la pianificazione e lo sviluppo del trasporto aereo internazionale allo scopo di:

- assicurare lo sviluppo ordinato e sicuro dell'aviazione civile internazionale in tutto il mondo;
- incoraggiare le tecniche di costruzione ed esercizio degli aeromobili a fini pacifici;
- favorire lo sviluppo delle vie aeree, degli aeroporti e delle installazioni e servizi di navigazione aerea per l'aviazione civile internazionale;
- rispondere ai bisogni dei popoli in materia di trasporto aereo sicuro, regolare, efficace ed economico;
- prevenire i disagi economici che derivano da una concorrenza indesiderabile;
- assicurare il rispetto integrale dei diritti degli Stati contraenti;
- favorire la creazione di compagnie di trasporto aereo internazionale;
- evitare la discriminazione tra gli Stati;
- promuovere la sicurezza del volo nella navigazione aerea internazionale;
- incrementare in generale lo sviluppo dell'aeronautica civile in tutti i suoi aspetti.

L'ICAO ha emanato 18 Allegati tecnici (o Annessi) con lo scopo di regolare in modo organico l'esercizio del trasporto aereo internazionale, in tutta la sua complessità tecnica e operativa, garantendone soprattutto la sicurezza.

Un Annesso ICAO è costituito da due parti:

- a. *Standard* (Norme): direttive aventi lo scopo di stabilire caratteristiche fisiche, configurazioni, materiali, prestazioni, personale o procedure. L'applicazione uniforme di queste direttive è riconosciuta necessaria per la sicurezza o la regolarità dell'esercizio delle attività di volo in campo internazionale e, in conformità a queste

direttive, gli Stati aderenti sono tenuti a operare, come previsto nella Convenzione di Chicago.

- b. *Recommendend Practice* (Pratiche Raccomandate): direttive aventi lo scopo di stabilire le caratteristiche fisiche, configurazioni, materiali, prestazioni, personale o procedure. L'applicazione uniforme di queste direttive è riconosciuta desiderabile per la sicurezza o la regolarità dell'esercizio delle attività di volo in campo internazionale e, in conformità a queste direttive, gli Stati aderenti sono tenuti a operare, come previsto nella Convenzione di Chicago.

Nella Tabella 4 si riportano i 18 Allegati tecnici e i relativi temi:

ALLEGATO	TITOLO
Annex 1	Personnel Licensing (Licenze del personale)
Annex 2	Rules of the Air (Regole dell'aria)
Annex 3	Meteorological Service for International Air Navigation (Servizi di meteorologia per la navigazione aerea internazionale)
Annex 4	Aeronautical Charts (Carte aeronautiche)
Annex 5	Units of Measurement to be Used in Air and Ground Operations (Unità di misura usate per le operazioni in volo e a terra)
Annex 6	Operation of Aircraft (Esercizio degli aeromobili)
Annex 7	Aircraft Nationality and Registration Marks (Marche di nazionalità e di immatricolazione)
Annex 8	Airworthiness of Aircraft (Navigabilità degli aeromobili)
Annex 9	Facilitation (Attrezzature)

Annex 10	Aeronautical Telecommunications (Telecomunicazioni aeronautiche)
Annex 11	Air Traffic Control Service, Flight Information Service, Alerting Service (Servizi del traffico aereo)
Annex 12	Search and Rescue (Ricerca e salvataggio)
Annex 13	Aircraft Accident and Incident Investigation (Investigazione sugli incidenti aerei)
Annex 14	Aerodromes (Aerodromi)
Annex 15	Aeronautical Information Services (Servizi di informazioni aeronautiche)
Annex 16	Environmental Protection (Protezione dell'ambiente)
Annex 17	Security, Safeguarding International Civil Aviation against Acts Unlawful Interference (Sicurezza, salvaguardia dell'aviazione civile internazionale da azioni di interferenza illecita)
Annex 18	The Safe Transport of Dangerous Goods by Air (Sicurezza del trasporto aereo di merci pericolose)

Tabella 4: Annessi ICAO e relativi contenuti

Ai fini di questa tesi, gli annessi oggetti di consultazione sono il 14 “*Aerodromes*” e il 16 “*Environmental Protection*”.

Inoltre l'ICAO provvede alla pubblicazione di procedure per i servizi di navigazione, manuali tecnici, piani di navigazione aerea, circolari su argomenti tecnici specifici.

La IATA, organizzazione di tipo privatistico, è l'Associazione per il trasporto Aereo Internazionale e fu fondata nell'aprile del 1945 a L'Avana, Cuba.

La IATA svolge il ruolo di coordinazione degli associati, cura la gestione comune di alcuni servizi per le imprese e rappresenta un punto di riferimento per le attività aeronautiche in materia di tariffe e di coordinamento degli orari stagionali. Inoltre, è impegnata nell'ambito della sicurezza, della economia e della regolarità del trasporto aereo e coopera con l'ICAO.

Essa gestisce la “*clearing house*” di Ginevra che contabilizza la compensazione tra debiti e crediti insorgenti dai rapporti commerciali tra le compagnie aeree associate.

La IATA svolge un ruolo importante con le conferenze di traffico nelle quali si formulano accordi sugli orari stagionali delle compagnie aeree e adotta delle risoluzioni cui si uniformano le compagnie aeree.

Tra le pubblicazioni dell'Associazione vi sono i regolamenti e i manuali (ad esempio, l'*Airport Handling Manual*) ed elaborati tecnici sulla progettazione di aeroporti e terminali (*Airport Terminals Reference Manual*), per la programmazione degli orari (*Scheduling Procedure Guide*) e per la codifica e decodifica delle sigle dei vettori aerei, degli aeromobili e degli aeroporti (*Airline Coding Directory*).

L'A.C.I. (*Airport Council International*) è l'associazione formata dalle imprese impegnate nella gestione delle infrastrutture e dei servizi di assistenza aeroportuale che ha il compito di sviluppare una politica congiunta all'interno del proprio campo di attività.

Essa ha una struttura organizzativa articolata in comitati permanenti che operano in settori specifici: economico, ambientale, facilitazioni, sicurezza antiterrorismo/security e sicurezza operativa/safety.

La F.A.A. (*Federal Aviation Administration*) è l'agenzia del trasporto aereo americana e, poiché interessa il più grande mercato del mondo, esercita una grande influenza a livello globale in termini di manuali e *best practises*. Negli USA regola e sovrintende ogni aspetto riguardante l'aviazione civile, compresa la certificazione dei nuovi aeromobili.

2.2.2 Il trasporto aereo nel quadro di riferimento europeo

Nel paragrafo precedente è emerso come l'ICAO svolga il ruolo principale di regolamentazione tecnica all'interno del contesto mondiale.

A livello europeo intervengono quattro soggetti: l'U.E. (Unione Europea), l'E.C.A.C. (*European Civil Aviation Conference*), l'E.A.S.A. (*European Aviation Safety Agency*) e la A.E.A. (*Association of European Airlines*).

Il fine dell'UE è la creazione dell'unione economica e monetaria e lo sviluppo della cooperazione tra i Governi degli Stati membri.

In particolare, l'incidenza delle istituzioni comunitarie sull'aviazione civile è aumentata negli anni e attualmente vincola le autorità nazionali e caratterizza lo scenario in cui devono operare e confrontarsi le imprese di trasporto aereo e quelle dei servizi ad esso collegati.

Le norme comunitarie comprendono regolamenti e direttive: i primi, di diretta applicazione, prevalgono sia sul diritto interno dello Stato, sia sulla pubblica amministrazione che sugli organi giurisdizionali.

Al contrario, le direttive obbligano i singoli Stati ad adottare formalmente le disposizioni legislative interne mirate al recepimento delle stesse.

Le direttive affrontano tematiche quali le emissioni sonore degli aeromobili, le apparecchiature di gestione del traffico aereo, le inchieste sugli incidenti aerei, l'accesso al mercato dei servizi di assistenza aeroportuali (*handling*).

L'E.C.A.C. (*European Civil Aviation Conference*) svolge attività e promuove raccomandazioni in linea con l'operato dell'ICAO. Nell'Annesso 16 ICAO è sancito il ruolo fondamentale dell'ECAC nella protezione dell'ambiente dall'inquinamento e dall'impatto negativo sul territorio prodotti dall'attività aeronautica. L'ECAC ha funzione consultiva. Ai singoli stati spetta il compito di approvare.

L'E.A.S.A. (*European Aviation Safety Agency*) è l'ente controllore predisposto per l'emanazione e l'adozione di tutta la normativa per la sicurezza, compresa quella per la navigazione aerea e gli aeroporti. Ogni Stato, sostenuto dall'EASA, deve seguire una procedura per la produzione di normativa che assicuri la partecipazione di tutti i soggetti interessati e la trasparenza delle decisioni adottate, al fine di mantenere un elevato livello di sicurezza nell'aviazione civile in Europa e uniformare i regolamenti dei Paesi europei.

L'A.E.A. (*Association of European Airlines*), fondata nel 1952 dai presidenti delle maggiori compagnie aeree del tempo (Air France, KLM, Sabena Airlines e Swissair), favorisce lo sviluppo sostenibile dell'industria aeronautica in un sistema globale in stretta collaborazione

con la UE, mantenendo un ruolo da regolatore nei processi decisionali. Inoltre l'AEA è promotrice degli interessi dei suoi associati e controlla il mercato in ambito internazionale.

L'EUROCONTROL ha il compito di garantire un elevato livello di sicurezza nella gestione del traffico aereo. È un ente europeo che svolge attività di ricerca nel campo della tecnologia aeronautica applicata a nuovi sistemi di controllo, della gestione del traffico aereo al fine di aumentare l'efficienza (cioè diminuire i costi mantenendo alti livelli di sicurezza).

2.2.3 Il trasporto aereo nel quadro di riferimento nazionale

Ogni Stato contraente della Convenzione di Chicago deve organizzare il proprio sistema di aviazione civile attraverso leggi interne per conformarsi alla normativa ICAO e rendere armonico il funzionamento tra le componenti del sistema.

La legge n.213 del 13 maggio 1983 e il D.P.R. n.461 del 14 luglio 1985 hanno creato le condizioni giuridiche per il recepimento degli allegati tecnici ICAO, ma le specifiche disposizioni tecniche attuative (decreti del Ministro dei trasporti e della navigazione) sono state emanate solo in minima parte, pertanto il recepimento è stato avviato ma non completato.

In Italia, il vertice della gerarchia amministrativa, competente per l'attività dell'Aviazione Civile in Italia, è costituito dal Ministero dei Trasporti e della Navigazione che esercita la sua autorità tramite il Dipartimento dell'Aviazione Civile e l'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC).

Le altre fonti normative interne che regolano la navigazione aerea in Italia sono:

- il Codice della navigazione, che regola sia la navigazione aerea che quella marittima e contiene sanzioni penali e disciplinari;
- il Regolamento della navigazione aerea;
- le Ordinanze dei Direttori di Aeroporto;
- i Notam (*Notice to Aimen*), che hanno la duplice funzione di avvisi informativi e di vere e proprie norme.

Nel 1997 è stato istituito l'E.N.A.C. (Ente Nazionale per l'aviazione Civile), l'ente italiano che disciplina la materia aeroportuale. I suoi compiti principali sono:

- regolamentazione tecnica ed attività ispettiva, sanzionatoria, di certificazione, di autorizzazione, di coordinamento e di controllo;

- razionalizzazione e modifiche delle procedure attinenti ai servizi aeroportuali, secondo la normativa vigente ed in relazione ai compiti di garanzia, di indirizzo e di programmazione;
- attività di coordinamento con l'E.N.A.V. (Ente Nazionale di Assistenza al Volo) e con l'Aeronautica Militare;
- rapporti con enti, società ed organismi nazionali e internazionali che operano nel settore dell'aviazione civile;
- definizione e controllo dei parametri di qualità dei servizi aeroportuali e del trasporto aereo;
- regolamentazione, esame e valutazione dei piani regolatori aeroportuali, dei programmi di intervento e dei piani di investimento aeroportuali.

Nel 2002 l'ENAC ha emanato la prima edizione del "Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti", il quale prevede l'obbligo della certificazione per quegli aeroporti in cui viene svolta attività di trasporto pubblico con velivoli aventi configurazione dei posti di 10 o più passeggeri, oppure una Massa Massima al Decollo superiore a 5700 Kg.

Il rilascio del Certificato dell'Aeroporto attesta la conformità ai requisiti del Regolamento ENAC:

- a. delle caratteristiche fisiche dell'aeroporto, delle infrastrutture, degli impianti, dei sistemi e delle aree ad esso limitrofe (certificazione delle infrastrutture);
- b. dell'organizzazione aziendale ed operativa del gestore, delle sue dotazioni tecnologiche, ai mezzi, al personale, alle procedure di gestione e di tutti gli altri elementi atti a garantire l'impiego delle infrastrutture in condizioni di sicurezza, nonché del Manuale d'Aeroporto (certificazione del gestore).

Il Certificato viene rilasciato al gestore aeroportuale, organizzazione con personalità giuridica propria, poiché, in virtù del rapporto di concessione di gestione con ENAC, esso è responsabile della conduzione e operatività dell'aeroporto nel rispetto dei requisiti previsti dal Regolamento; il gestore assume le attribuzioni e gli obblighi relativi al mantenimento del certificato stesso con ENAC.

La prima edizione (30/09/2002) del Regolamento per la Costruzione e l'esercizio degli aeroporti definisce gli standard di sicurezza da applicare per le infrastrutture aeroportuali, con alcune differenze rispetto a quelli previsti dall'ICAO; un successivo processo di revisione ha portato alla seconda edizione del Regolamento (21/10/2003), più conforme all'Annesso 14. Il

contenuto di questa tesi si basa sull'ultima edizione del Regolamento e sugli emendamenti successivi.

L'E.N.A.V. (Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo) svolge numerose funzioni:

- fornisce servizi di assistenza al volo agli aeromobili negli spazi aerei italiani;
- si occupa dell'organizzazione e dell'erogazione dei servizi di traffico aereo (controllo della circolazione aerea, informazione al volo, servizi consultivi e di allarme), meteorologia aeroportuale, informazione aeronautica, telecomunicazioni aeronautiche, radio-navigazione e radio-diffusione;
- cura lo studio e la ricerca sui sistemi di navigazione, il potenziamento degli impianti di assistenza al volo;
- provvede alla formazione e all'addestramento di personale;
- produce la cartografia;
- si occupa del controllo in volo delle procedure operative e delle radio-misure.

L'A.N.S.V. (Agenzia Nazionale per la Sicurezza del Volo) è l'autorità investigativa per la sicurezza dell'aviazione civile dello Stato italiano ed è posta in posizione di terzietà rispetto al sistema dell'aviazione civile. Essa svolge le inchieste di sicurezza relative agli incidenti e agli inconvenienti occorsi ad aeromobili dell'aviazione civile con l'obiettivo di identificare le cause degli eventi, al fine di evitarne il ripetersi. Le inchieste di sicurezza hanno quindi unicamente finalità di prevenzione.

Inoltre l'ANSV svolge attività di studio e di indagine per assicurare il miglioramento della sicurezza del volo.

2.3 Le caratteristiche dell'infrastruttura aeroportuale

Il ruolo di nodo di interscambio tra i modi di trasporto aereo e terrestre o, più raramente, aereo-terrestre-marittimo che ricopre un'infrastruttura aeroportuale richiede che quest'ultima presenti una configurazione in grado di rispondere alle sollecitazioni indotte dai singoli modi di trasporto, ma che al tempo stesso garantisca sicurezza e un elevato grado di qualità del servizio offerto.

L'aeroporto è convenzionalmente suddiviso in due aree:

- *il sistema lato terra (land-side)*, che comprende tutte le infrastrutture a servizio dell'operatività degli aeromobili (aerostazioni passeggeri e merci, servizi tecnici, aree manutenzione a/m, ecc.), le zone di sosta dei veicoli (autovetture, veicoli commerciali, bus, stazioni ferroviarie) e la relativa viabilità di accesso;
- *il sistema lato aria (air-side)*, che racchiude tutte le infrastrutture di movimento degli aeromobili a terra (area di traffico), le piste di volo e le superfici di avvicinamento e decollo (sono escluse le aerovie).

Il gate è il confine tra queste due aree.

La capacità del land-side è data dal numero di operazioni di decollo e atterraggio compiute dagli aeromobili, mentre quella dell'air-side è definita dal numero di passeggeri serviti in un'unità di tempo.

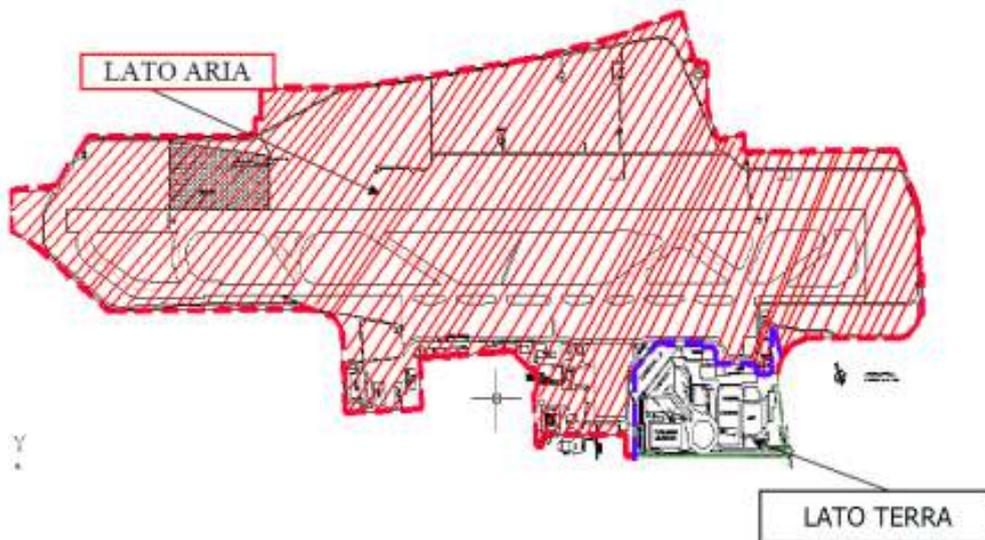


Figura 26: *Suddivisione land-side e air-side dell'Aeroporto G. Marconi di Bologna*

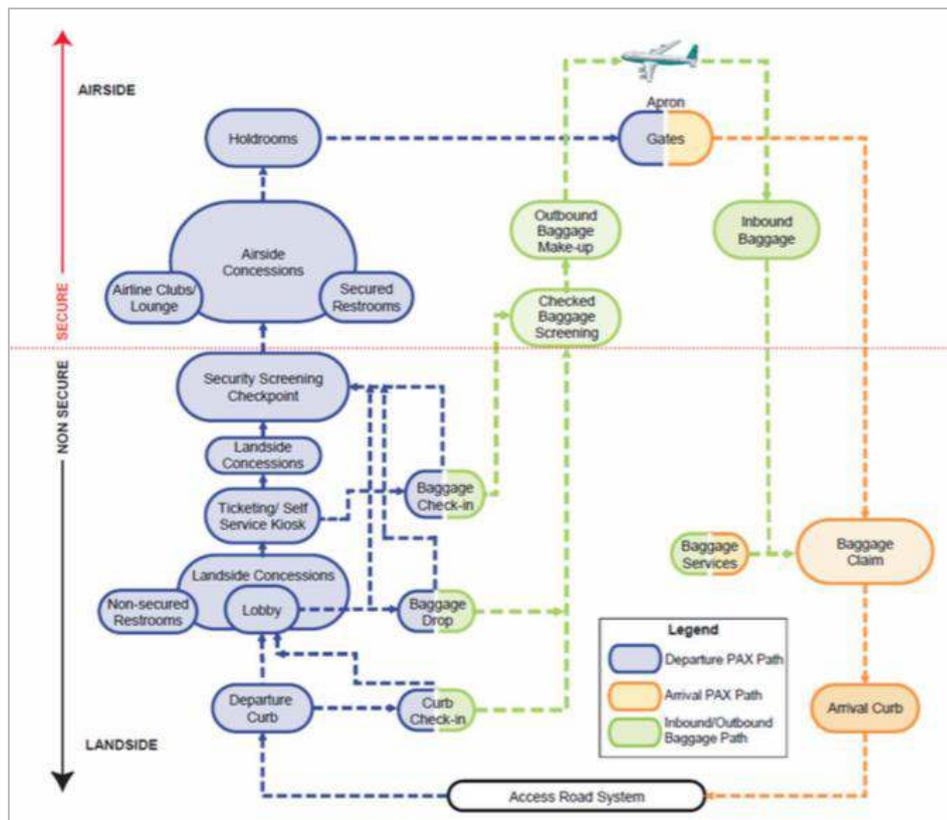


Figura 27: Schema compositivo di un'infrastruttura aeroportuale

2.3.1 Classificazione degli aeroporti

Con il termine *aerodromo* si intende una superficie, su terra o su acqua, destinata alle operazioni di partenza e arrivo degli aeromobili, mentre con il vocabolo *aeroporto* si includono, oltre alla superficie, gli impianti e i servizi connessi. In verità questa distinzione terminologica è poco rispettata e ritenuta non importante, infatti sovente i due termini coincidono nell'uso internazionale.

L'ICAO definisce l'aeroporto o aerodromo come "l'area definita su terra o su acqua (comprendente tutti gli edifici, le installazioni e gli impianti), destinata ad essere impiegata, in tutto o in parte, per l'arrivo, la partenza e il movimento al suolo degli aeromobili".

Le classifiche in base alle quali vengono suddivisi gli aeroporti sono diverse:

- classifica prevista dal Regolamento per la Navigazione Aerea
- classifica tecnica
- classifica in base alla proprietà
- classifica demaniale

- classifica funzionale
- classifica antincendio
- classifica doganale e sanitaria
- classifica in funzione della capacità portante delle pavimentazioni.

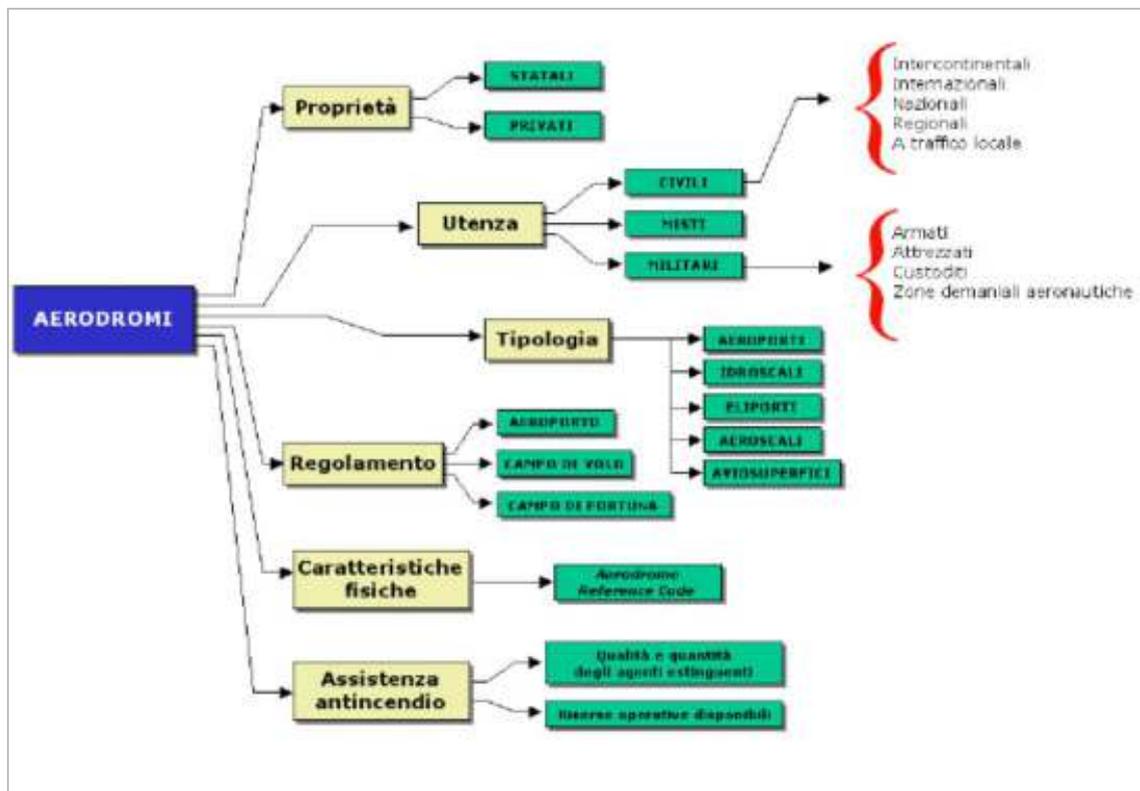


Figura 28: Sistemi di classificazione degli aeroporti

La classifica prevista dal Regolamento per la Navigazione Aerea è riportata nell'art. 6 e definisce:

- aeroporto: ogni località sia terrestre che acquea, destinata, anche in via temporanea, alla partenza, all'approdo ed allo stazionamento degli aeromobili (agli effetti del Regolamento, sono considerati aeroporti anche gli aeroscali per l'atterraggio dei dirigibili e gli idroscali per l'ammarramento degli idrovolanti);
- campo di volo: località istituita dallo Stato destinata al volo degli alianti, per la quale valgono, in quanto applicabili, le norme previste dagli aeroporti privati;
- campo di fortuna: località indicata dal Ministero competente, utilizzata dagli aeromobili soltanto in occasione di una forzata discesa (sui campi di fortuna a tal fine designati dallo stesso Ministero possono operare gli aeromobili da turismo).

La *classifica tecnica* considera gli aeroporti secondo il tipo di aeromobili cui sono destinati:

- aeroporti: aerodromi basati su terra e destinati ad aeroplani o elicotteri;
- aeroscali: aree destinate alle manovre di atterraggio e decollo dei dirigibili;
- idroscafi: aerodromi ubicati sul mare o altri specchi d'acqua, utilizzabili da idrovolanti o aeromobili anfibi;
- eliporti: aree situate presso un aerodromo o anche su edifici, destinate all'involo e all'approdo di elicotteri;
- aviosuperfici ed elisuperfici: aree di terreno non classificate come aeroporti o eliporti, oppure specchi d'acqua non classificati come idroscafi, idonei a consentire le operazioni di determinati tipi di aeromobili condotti da piloti in possesso di specifiche abilitazioni.

La *classifica in base alla proprietà* degli aeroporti e delle aree aeroportuali comprende:

- aeroporti statali: di proprietà e gestiti dallo Stato;
- aeroporti privati: di proprietà privata e gestiti da privati a scopo turistico, di addestramento, oppure per collaudo e prove di aerei. Devono essere autorizzati dal Ministero competente prima della loro istituzione.

La *classifica demaniale* suddivide gli aeroporti in base al tipo di utenti che li utilizzano:

- aeroporti militari;
- aeroporti civili;
- aeroporti misti, cioè quelli nei quali è ammesso il traffico sia militare, sia civile.

Gli aeroporti militari presentano una configurazione con piste di volo e impianti di supporto a terra tali per cui l'aeroporto possa espletare le proprie funzioni sia in tempo di pace, sia di guerra.

Essi si distinguono in armati (sono sedi permanenti di reparti o scuole di volo e sono dotati di mezzi aerei, di impianti e di personale), attrezzati (sono dotati di tutti i servizi necessari per l'attività di volo, quali assistenza, telecomunicazioni, sanità, antincendio; a differenza degli aeroporti armati, non sono sedi permanenti di reparti o di scuole), custoditi (sono aeroporti di possibile utilizzazione nel futuro, già dotati di installazioni e di servizi aeroportuali e perciò necessitano di continua sorveglianza) e zone demaniali aeronautiche (sono particolari zone di terreno adatte per l'eventuale trasformazione di campi di volo).

Gli aeroporti civili, dal momento che vengono impiegati per il traffico aereo civile, non solo devono essere dotati di tutti i mezzi prescritti per il volo ma anche, a seconda della loro importanza (ovvero la classe dell'aeroporto civile), dei servizi necessari al traffico aereo civile.

Si dividono in aeroporti locali (adibiti allo scalo di linee aeree regionali o di voli di tipo turistico, o sportivo o per lavoro, con apparecchi privati o di noleggio), aeroporti nazionali (servono le linee aeree del solo traffico nazionale), aeroporti internazionali (servono le linee aeree che collegano tra loro gli stati di uno stesso continente) e aeroporti intercontinentali (dove atterrano e decollano aeromobili che compiono voli transoceanici o transcontinentali).

Aeroporti aperti al traffico commerciale	Aeroporti aperti al traffico privato	Aeroporti privati aperti al traffico commerciale
<ol style="list-style-type: none"> 1. Albenga 2. Alghero 3. Ancona 4. Bari 5. Bergamo 6. Biella 7. Bologna 8. Bolzano 9. Brescia 10. Brindisi 11. Cagliari 12. Catania 13. Como Idroscalo 14. Crotone 15. Cuneo 16. Firenze 17. Foggia 18. Forlì 19. Genova 20. Grosseto 21. Lamezia Terme 22. Lampedusa 23. Milano Linate 24. Milano Malpensa 25. Napoli 26. Olbia 27. Palermo 28. Pantelleria 29. Parma 30. Perugia 31. Pescara 32. Pisa 33. Reggio Calabria 34. Rimini 35. Roma Ciampino 36. Roma Fiumicino 37. Salerno 38. Siena 39. Taranto 40. Torino 41. Trapani 42. Treviso 43. Trieste 44. Venezia 45. Verona 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alessandria 2. Alzate Brianza 3. Aquino 4. Arezzo-Molin Bianco 5. Asiago 6. Belluno 7. Calcinatè del Pesce 8. Capua 9. Carpi Budrione 10. Casale Monferrato 11. Cervia 12. Cremona 13. Fano 14. Ferrara San Luca 15. Ferrara Aguscello 16. Foligno 17. Frosinone 18. Grazzanise 19. Guidonia 20. L'Aquila 21. Latina 22. Legnago 23. Lucca-Iassignano 24. Lugo di Romagna 25. Mantova 26. Massa-Cinquale 27. Milano-Bresso 28. Modena 29. Novi Ligure 30. Oristano-Fenosu 31. Palermo-Boccadifalco 32. Pavullo 33. Piacenza S. Damiano 34. Ravenna 35. Reggio Emilia 36. Rieti 37. Roma-Urbe 38. Sarzana 39. Thiene 40. Torino-Aeritalia 41. Trento 42. Udine-Campoformido 43. Valbrembo 44. Varese 45. Venezia-Lido 46. Vercelli 47. Vergiate 48. Verona-Boscomantico 49. Vicenza 50. Voghera Rivanazzano 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aosta 2. Marina di Campo 3. Tortoli
		Aeroporti civili aperti al traffico commerciale non operativi
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Gorizia 2. Padova 3. Comiso
		Aeroporti in corso di pianificazione e/o realizzazione
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Viterbo
Aeroporti militari (Main Operating Base)	Aeroporti militari (Main Operating Base) aperti al traffico civile promiscuo	Aeroporti militari aperti al traffico civile compatibile
<ol style="list-style-type: none"> 1. Amendola 2. Aviano 3. Cameri 4. Decimomannu 5. Galatina 6. Ghedi 7. Gioia del Colle 8. Istrana 9. Pratica di Mare 10. Rivolto 11. Sigonella 	<p>Grosseto Pisa Viterbo</p>	<p>Frosinone Grazzanise Guidonia Latina Sarzana Luni</p>
		Aeroporti militari (Deployment Operating Base) aperti al traffico civile
		<p>Cervia Piacenza S. Damiano Pantelleria Trapani Birgi</p>

Figura 29: Suddivisione degli aeroporti italiani in base alla classifica demaniale [dato 2011, fonte: ENAC]

La *classifica funzionale* considera le caratteristiche fisiche degli aeroporti e ha lo scopo di individuare quali classi di aeromobili possono operare (decollo, atterraggio, manovre runway-taxiway-piazzali) con sicurezza all'interno di un'infrastruttura aeroportuale, in funzione delle caratteristiche fisiche di quest'ultima.

Questa classifica permette al pilota, durante la pianificazione del suo volo, di scegliere facilmente un aerodromo di destinazione con caratteristiche fisiche che soddisfino le esigenze del suo aeromobile: una pista con una determinata lunghezza e larghezza e delle vie di uscita rapida che abbiano larghezza tale da evitare che l'aereo rimanga "intrappolato" in pista.

In particolare, l'ICAO ha implementato un Codice di riferimento dell'Aeroporto (*Aerodrome Reference Code*, riportato nell'Annesso 14) formato da due parti:

- parte numerica (*Code Number*): individua la lunghezza della pista di riferimento o lunghezza di campo caratteristica (*reference field length*), cioè la minima lunghezza necessaria per il decollo dell'aereo critico, al peso massimo, in condizioni di Atmosfera Standard, in aria calma e con una pendenza di pista nulla. Quindi il simbolo numerico si riferisce alla necessità dell'aereo di progetto durante le fasi di decollo e atterraggio e serve a stabilire le caratteristiche della pista di volo e delle superfici di delimitazione degli ostacoli.

- parte letterale (*Code Letter*): individua l'apertura alare e la larghezza massima del carrello principale dell'aereo critico, scegliendo tra i due dati quello che richiede caratteristiche superiori di pista. Perciò il simbolo alfabetico si riferisce alle esigenze di manovra dell'aereo di progetto nelle fasi di rullaggio al suolo e parcheggio e serve a individuare i più adatti standard costruttivi delle infrastrutture aeroportuali, ad esclusione delle piste di volo.

PRIMO ELEMENTO DEL CODICE		SECONDO ELEMENTO DEL CODICE		
CODE NUMBER	LUNGHEZZA DELLA PISTA DI RIFERIMENTO DELL'AEREO [m]	CODE LETTER	APERTURA ALARE [m]	LARGHEZZA MASSIMA DEL CARRELLO PRINCIPALE [m]
1	< 800	A	< 15	< 4.5
2	≥ 800 e < 1200	B	≥ 15 e < 24	≥ 4,5 e < 6
3	≥ 1200 e < 1800	C	≥ 24 e < 36	≥ 6 e < 9
4	≥ 1800	D	≥ 36 e < 52	≥ 9 e < 14
		E	≥ 52 e < 65	≥ 9 e < 14
		F	≥ 65	≥ 14 e < 16

Tabella 5: Criteri della classifica funzionale ICAO basata sulle caratteristiche dell'aeromobile di progetto

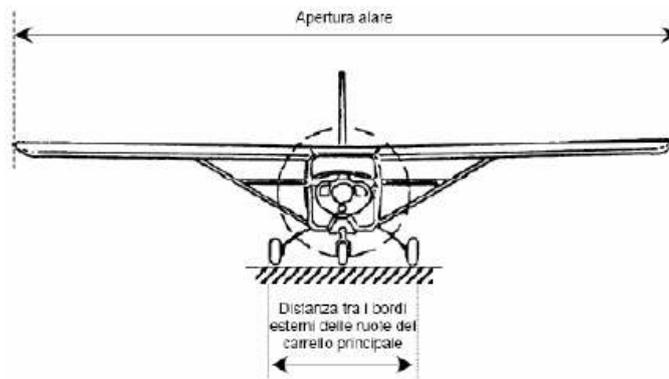


Figura 30: Apertura alare e distanza tra i bordi esterni delle ruote del carrello principale di un velivolo

La *classifica antincendio* ICAO suddivide gli aeroporti in dieci categorie in funzione delle dimensioni massime degli aerei che in essi operano con frequenza stabilita (lunghezza totale e larghezza della fusoliera).

Per ogni categoria è prescritta la potenzialità estinguente minima da assicurare, espressa in termini di quantità e qualità di agenti estinguenti e veicoli antincendio operativamente disponibili. Inoltre ad ogni categoria sono associati i tipi di aeromobili espressi in termini di larghezza della fusoliera che possono operare con frequenza stabilita. Ne consegue che se un aeroporto di una data categoria, per qualsiasi ragione, si trovasse in condizioni di non poter disporre delle minime quantità di agenti estinguenti o veicoli previsti per quella categoria, dovrà essere declassato alla categoria corrispondente all'equipaggiamento rimasto agibile; potrà quindi accogliere soltanto gli aerei previsti da tale nuova categoria. Potrà tuttavia continuare ad accogliere gli aerei corrispondenti alla precedente categoria nel caso in cui il numero delle operazioni da essi effettuate nei tre mesi più trafficati dell'anno sia minore di 700.

Nella Tabella 6 si riportano le categorie aeroportuali secondo la classifica antincendio.

CATEGORIA AEROPORTUALE	Lunghezza totale dell'aereo	Massima larghezza di fusoliera
1	Da 0 a meno di 9 m	2 m
2	Da 9 a meno di 12 m	2 m
3	Da 12 a meno di 18 m	3 m
4	Da 18 a meno di 24 m	4 m
5	Da 24 a meno di 28 m	4 m
6	Da 28 a meno di 39 m	5 m

7	Da 39 a meno di 49 m	5 m
8	Da 49 a meno di 61 m	7 m
9	Da 61 a meno di 76 m	7 m
10	Da 76 a meno di 90 m	8 m

Tabella 6: Categorie aeroportuali dal punto di vista antincendio

Nella Tabella 7 sono riportate le minime quantità di agenti estinguenti da assicurare per ciascuna categoria. In aeroporto devono essere presenti sia gli agenti principali (che producono un controllo permanente d'incendio), sia i secondari (che hanno la capacità di sopprimere rapidamente l'incendio, ma offrono un controllo "transitorio").

CATEGORIA AERODROMO	Schiuma rispondente al rendimento di livello A		Schiuma rispondente al rendimento di livello B		Agenti complementari		
	Acqua [l]	Rateo di scarico soluzione schiumogena/minuto [l]	Acqua [l]	Rateo di scarico soluzione schiumogena/minuto [l]	Polvere chimica secca [kg]	Hal ons [kg]	CO ₂ [kg]
1	350	350	230	230	45	45	90
2	1000	800	670	550	90	90	180
3	1800	1300	1200	900	135	135	270
4	3600	2600	2400	1800	135	135	270
5	8100	4500	5400	3000	180	180	360
6	11800	6000	7900	4000	225	225	450
7	18200	7900	12100	5300	225	225	450
8	27300	10800	18200	7200	450	450	900
9	36400	13500	24300	9000	450	450	900
10	48200	16600	32300	11200	450	450	900

Tabella 7: Quantitativi minimi disponibili di agenti estinguenti

Nella Tabella 8 è riportato il numero minimo di veicoli antincendio da provvedersi per ogni categoria:

CATEGORIA AEROPORTUALE	Veicoli di soccorso e lotta antincendio
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	2
7	2
8	3
9	3
10	3

Tabella 8: Numero minimo di veicoli antincendio da provvedersi in corrispondenza di ogni categoria aeroportuale

La *classifica doganale e sanitaria*, secondo l'art. 36 del Regolamento per la Navigazione Aerea), divide gli aeroporti in doganali/ non doganali e autorizzati/sanitari.

Gli aeroporti doganali sono “quegli aeroporti in cui si svolge traffico merci e/o persona da e per l'estero per cui è prescritto l'espletamento dei controlli e delle formalità doganali”; oltre alle sedi di servizi doganali permanenti, possono esservi ulteriori scali in cui tale servizio è effettuato a richiesta, nell'eventualità di atterraggio di velivoli con merci a bordo.

Dal punto di vista sanitario si definiscono aeroporti autorizzati (ad ammettere provenienze da paesi esteri, sempre che questi non risultino oggetto di ordinanze di sanità emanate dal Ministero della Sanità) e gli aeroporti sanitari cioè abilitati a compiere tutte le operazioni di carattere igienico profilattico previste per qualsiasi provenienza, in grado di accogliere traffico anche da zone soggette a particolari epidemie.

La *classifica in funzione della capacità portante delle pavimentazioni* prende il nome di sistema ACN/PCN ed è stata introdotta dall'ICAO nel 1983 per evitare che aerei troppo pesanti danneggino le pavimentazioni di pista e piazzali progettate per volumi di traffico minori rispetto l'attualità.

L'ACN, *Aircraft Classification Number*, è un numero che esprime l'effetto relativo di un aereo su una pavimentazione poggiante su un terreno di sottofondo caratterizzato da una specifica capacità portante. Ogni aereo è caratterizzato da un valore ACN in funzione del suo peso massimo al decollo.

Il PCN, *Pavement Classification Number*, è un numero che esprime la capacità portante di una pavimentazione, espressa in termini di carico per ruota da essa sopportato (con una predefinita pressione di gonfiaggio) senza limitazione alcuna.

Una pavimentazione con uno specificato PCN può accettare senza limitazioni il traffico di aeromobili il cui valore di ACN è inferiore o uguale al PCN. Possono essere ammesse eccezioni solo previa autorizzazione. I criteri per il calcolo dei valori ACN degli aeromobili sono precisati dall'ICAO, mentre quelli per il calcolo del PCN possono essere scelti dal gestore dell'infrastruttura.

2.3.2 Gli elementi dell'infrastruttura aeroportuale

A seconda delle operazioni che vi avvengono, ogni aeroporto è stato suddiviso nelle seguenti aree:

- Area di Atterraggio
- Area di Manovra
- Area di Movimento

L'*Area di Atterraggio (Landing Area)* è definita dall'ICAO come “quella parte dell'Area di Movimento destinata all'atterraggio o al decollo degli aeromobili”.

Non è corretto associare quest'area alla pista di decollo in quanto uno stesso aeroporto potrebbe essere dotato di più piste, ma anche di altre aree di decollo destinate agli elicotteri o agli aeromobili VTOL (Vertical Take-Off and Landing, cioè aeromobili a decollo e atterraggio verticale).

L'*Area di Manovra (Maneuvering Area)* è definita come “quella parte di un aerodromo che deve essere usata per il decollo, l'atterraggio e per il rullaggio degli aeromobili, escludendo i piazzali”.

Pertanto, fanno parte dell'Area di Manovra le Piste e le altre Aree di Atterraggio (ad esempio i campi erbosi e le aree di atterraggio per gli elicotteri), nonché tutte le vie di circolazione che conducono a tali aree.

Non fanno invece parte di tale area la zona manutenzione, gli hangars, i piazzali di parcheggio.

L'*Area di Movimento (Movement Area)* è “quella parte di un aerodromo che deve essere usata per il decollo, l'atterraggio e per il rullaggio degli aeromobili, comprendente l'Area di Manovra e i piazzali”.

Perciò essa include tutte le aree, pavimentate e non, su cui un aeromobile può transitare (aree di atterraggio, taxiway, piazzali di parcheggio, piazzole di prova motore e piazzali della zona manutenzione).

All'interno delle aree di Atterraggio, Manovra e Movimento vi sono alcuni elementi:

- Pista di volo (*Runway*)
- Banchine di pista (*Runway Shoulders*)
- Area di arresto (*Stopway-SWY*)
- Area libera da ostacoli (*Clearway- CWY*)
- Striscia di sicurezza della pista (*Runway Strip*)
- Area di sicurezza di fine pista (*RESA- Runway End Safety Area*)
- Via di rullaggio e di circolazione (*Taxiway*)
- Raccordo di uscita rapida (*Rapid Exit Taxiway*)
- Piazzali di attesa (*Apron*) e di sosta (*Stand*)
- Piazzole de-icing
- Aerostazione

La pista e l'aerostazione sono i due elementi che caratterizzano l'importanza dell'aeroporto.

Pista di volo

La Pista di volo è la zona destinata all'involo e all'atterraggio degli aerei ed è definita come quella striscia di terreno, generalmente pavimentata, destinata ad accogliere gli aerei in fase di atterraggio o di decollo ed in grado di sopportare le sollecitazioni trasmesse dai pneumatici dei carrelli.

In base al tipo di operazioni che sono destinate a ospitare, le piste vengono normalmente suddivise in due categorie: piste strumentali e piste non strumentali.

Le prime possono essere utilizzate anche in caso di avverse condizioni metereologiche, tali per cui è necessario far ricorso a strumenti quali radioassistenze e altri ausili al fine di condurre l'avvicinamento alla pista stessa.

Le piste non strumentali prevedono procedure di avvicinamento a vista.

Le piste strumentali sono ulteriormente suddivise in piste di precisione (servite da apparati in grado di guidare l'aeromobile non solo sul piano orizzontale e consentire l'allineamento con la pista, ma anche sul piano verticale, ovvero di percorrere il sentiero di discesa) e non di precisione (piste strumentate dotate di aiuti visivi e non visivi in grado di fornire una guida direzionale, idonei all'avvicinamento diretto).

Inoltre le piste strumentali di precisione si suddividono secondo l'accuratezza che gli apparati sono in grado di garantire, ovvero fino a quale posizione possono guidare un aeromobile in sicurezza:

- Piste per avvicinamenti di I categoria
- Piste per avvicinamenti di II categoria
- Piste per avvicinamenti di III categoria

La I categoria comprende le piste strumentali dotate di ILS (*Instrument Landing System*, strumento che consente al pilota di portare l'aereo in pista, sia in perfetto allineamento con essa, sia lungo un sentiero di planata ideale, entro ampi limiti di sicurezza anche quando le condizioni metereologiche presentano valori bassissimi di visibilità) e/o MLS (*Microwave Landing System*, sistema di atterraggio aeronautico a microonde) e di aiuti visivi, destinate a operazioni con altezza di decisione (DH, *Decision Height*) non inferiore a 60 m (200 ft) e una RVR (*Runway Visual Range*) non inferiore a 550 m.

La II categoria include le piste strumentali dotate di ILS e/o MLS e di aiuti visivi, destinate a operazioni con altezza di decisione (DH) inferiore a 60 m (200 ft) ma non inferiore a 30 m (100 ft) e una RVR non inferiore a 300 m.

La III categoria comprende le piste strumentali dotate di ILS e/o MLS che coprono anche tutta la lunghezza della pista ed è suddivisa in tre sottocategorie:

- Categoria III A: operazioni con altezza di decisione (DH) inferiore a 30 m (100 ft), o nessuna DH e RVR non inferiore a 200 m.
- Categoria III B: operazioni con altezza di decisione (DH) inferiore a 15 m (50 ft), o nessuna DH e RVR inferiore a 200 m ma non inferiore a 50 m.
- Categoria III C: operazioni con nessuna altezza di decisione (DH) e nessuna limitazione di RVR.

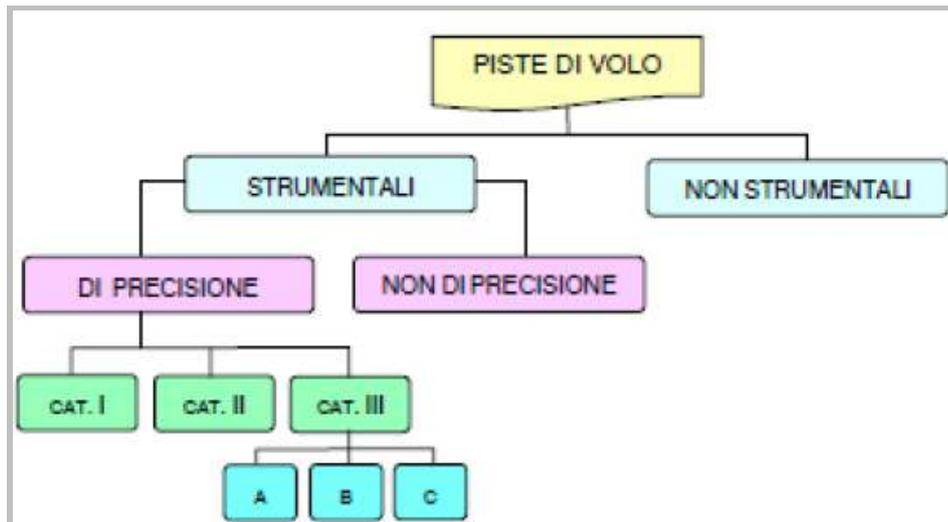


Figura 31: Classificazione delle piste aeroportuali

Ogni pista di volo è individuata attraverso una coppia di numeri (formati da due cifre ciascuno), uno per ogni direzione di pista. Tali numeri corrispondono all'angolo, misurato in senso orario ed espresso in decine, compreso tra il nord magnetico e la direzione considerata (azimut magnetico).

Ad esempio, nel caso dell'Aeroporto G. Marconi di Bologna, si ha una sola pista denominata 12-30, dove la coppia di numeri è ricavata nel seguente modo: gli azimut magnetici delle due direzioni opposte della pista sono pari a 123° e 303° (dato dalla somma di 123° e di un angolo piatto), perciò dividendoli per dieci in modo da esprimerli in decine si ottiene 12 e 30.

In testata 12 (lato Modena) è installato un sistema ILS di categoria III B mentre in testata 30 (lato Bologna-città) un sistema ILS di categoria I.



Figura 32: Pista dell'Aeroporto G. Marconi di Bologna

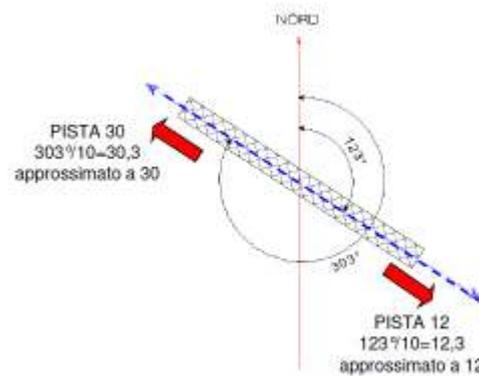


Figura 33: Configurazione 12-30 della pista dell'Aeroporto Marconi

Le caratteristiche geometriche e plano-altimetriche di una pista di volo dipendono dalla classificazione ICAO dell'aeroporto entro cui si trova la pista.

Vi sono tabelle ICAO che forniscono, in base alla classificazione dell'aeroporto code number-code letter, le caratteristiche della pista:

- Larghezza minima [m]

- Distanza fra assi di piste parallele per uso simultaneo [m]
- Massima pendenza longitudinale media [%]
- Pendenza trasversale [%]

In particolare, al fine di favorire il drenaggio dell'acqua, la pista deve avere una configurazione "a schiena d'asino", cioè una doppia pendenza trasversale (per piste di nuova costruzione è ammessa un'unica pendenza trasversale purchè sia nella direzione del flusso del vento più frequentemente associato con l'evento di pioggia).

Banchine di pista

Le Banchine di pista sono banchine simmetriche che vengono realizzate a lato della pista per evitare che, in condizioni di forte vento trasversale (in cui gli aerei possono deviare dall'asse della pista), i motori degli aeromobili montati sulle ali possano risultare al di fuori del bordo della pista, introducendo polveri e detriti nelle turbine degli stessi.

Le banchine sono presenti solo nelle piste di codice ICAO D, E, F perché il fenomeno che si vuole evitare si potrebbe verificare solo per gli aerei di dimensioni maggiori.

Queste strisce laterali sono sempre larghe 7.5 m ognuna e devono avere le stesse caratteristiche di portanza e resistenza all'usura pari a quelle della pista associata, proprio perché in caso di forte vento trasversale devono sostenere gli aeromobili.

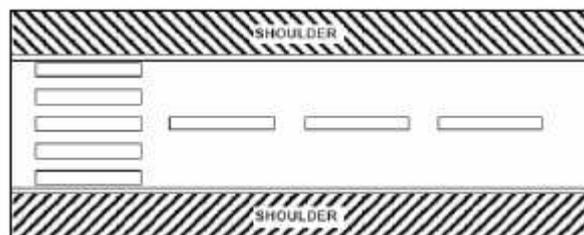


Figura 34: Banchine di pista

Area di arresto

L'Area di arresto è definita come "una superficie rettangolare sul suolo, posta alla fine della pista disponibile per il decollo, preparata per consentire l'arresto di un aeromobile in caso di decollo interrotto". Quindi la stopway serve nel caso in cui si verifichi qualche avaria durante il decollo tale per cui il pilota sia obbligato a interromperlo.

Essa necessita di caratteristiche di portanza e resistenza all'usura inferiori rispetto a quelle della pista associata, ma deve averne la stessa larghezza e deve consentire il passaggio senza

impedimenti ai mezzi di soccorso e antincendio. Se il decollo è consentito in entrambe le direzioni l'area di arresto è presente a entrambe le estremità della pista.



Figura 35: Area di arresto

Area libera da ostacoli

L'Area libera da ostacoli è “un'area rettangolare definita, sul terreno o sull'acqua, sotto il controllo dell'appropriata autorità, scelta o preparata in modo da costituire un'area al di sopra della quale un aeromobile può effettuare una parte della sua salita iniziale fino a una specifica altezza”.

La clearway ha inizio immediatamente dopo la fine della pista disponibile per il decollo ed il terreno e, sebbene possa essere leggermente sconnesso e contenere canali di irrigazione, deve essere spianato e libero dagli ostacoli per consentire il completamento della fase di involo in piena sicurezza.

La clearway viene considerata dai piloti per la valutazione della distanza totale utile per completare le due fasi del decollo.

Può essere esterna ai confini dell'aeroporto, purchè sia sotto il controllo dell'ente gestore.

Se il decollo è consentito in entrambe le direzioni, quest'area è presente in entrambe le estremità della pista.

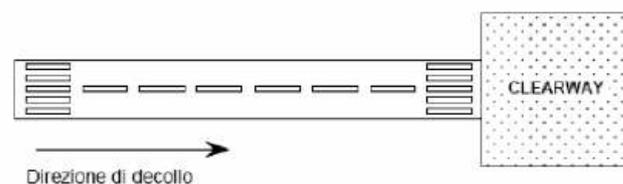


Figura 36: Area libera da ostacoli

Striscia di sicurezza della pista

La Striscia di sicurezza della pista è “un'area definita che include la pista e, se prevista, la stopway, e serve a ridurre il rischio di danneggiamento nel caso in cui un aeromobile esca

lateralmente dalla pista stessa, nonché per proteggere gli aeromobili che la dovessero sorvolare nelle fasi di decollo e atterraggio”.

La sua lunghezza oltre i fine pista e relative zone di arresto varia in base al fatto che la pista sia operativa o meno in presenza di avverse condizioni metereologiche; per le piste strumentali, il valore non varia in base al codice ICAO.

La sua larghezza varia in base al fatto che la pista sia di precisione o di non precisione.

La Runway strip deve essere priva di ostacoli e al suo interno non sono ammesse colture agricole che costituiscano un ambiente favorevole allo stazionamento di uccelli o pericolo di incendio, o che possano ostacolare l'uso degli aiuti visivi.

Essa deve avere caratteristiche tali da consentire l'intervento dei veicoli dei servizi di emergenza.

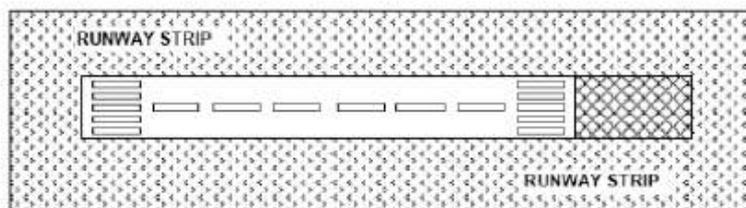


Figura 37: Striscia di sicurezza della pista

Area di sicurezza di fine pista

L'Area di sicurezza di fine pista è “un'area simmetrica arispetto all'asse centrale della pista, adiacente alla fine della striscia avente lo scopo principale di ridurre il rischio di danneggiamento ad un aeromobile che tochi prima dell'inizio della pista o che esca dalla pista in fase di decollo”.

È simmetrica rispetto all'asse centrale della pista, adiacente alla fine della Runway strip, di larghezza almeno doppia rispetto a quella della pista.

Deve essere presente alla fine di entrambe le estremità della pista di volo.

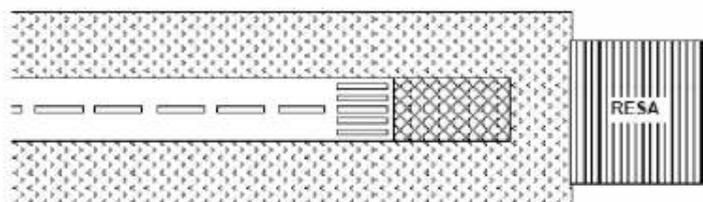


Figura 38: Area di sicurezza di fine pista

Si possono quindi definire le distanze disponibili per il decollo, rappresentate in Figura 39:

- LDA (Landing Distance Available), lunghezza di pista dichiarata disponibile e idonea per la corsa al suolo di un velivolo in atterraggio;
- TORA (Take-Off Run Available), corsa disponibile per aereo a decollo normale;
- TODA (Take-Off Distance Available), formata dalla TORA più la clearway;
- ASDA (Accelerate Stop Distance Available), data dalla TORA più la stopway.

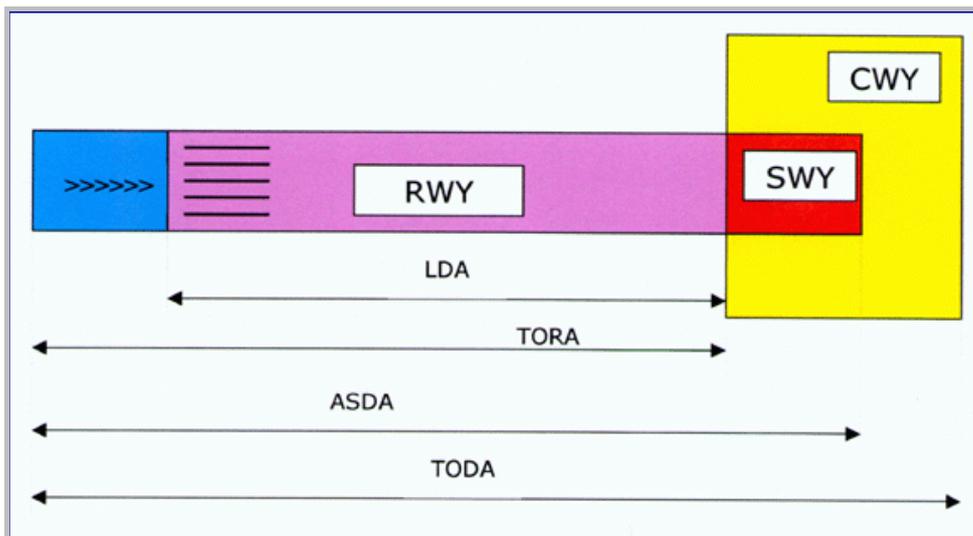


Figura 39: Rappresentazione di LDA, TORA, TODA e ASDA

Via di rullaggio

La Via di rullaggio è “un percorso determinato su di un aerodromo terrestre, adibito al rullaggio degli aeromobili e che intende garantire un collegamento tra due parti dell’aerodromo stesso, includendo il corridoio di rullaggio per la zona di stazionamento dell’aeromobile, la via di rullaggio del piazzale e il raccordo di uscita rapida”.

La Taxiway è necessaria per assicurare il movimento ordinato e in sicurezza (25-35 km/h) degli aeromobili a terra o quando devono seguire un determinato percorso senza entrare in aree o superfici protette. Inoltre permettono l’inversione di marcia dei velivoli nel caso in cui una pista di volo non la consenta, ma i cambi di direzione devono essere limitati allo stretto indispensabile e le curve devono risultare compatibili con le manovre dell’aereo critico. Allora occorre prevedere degli allargamenti della zona interna della curva delle vie di rullaggio; l’entità dell’allargamento dipende dall’interasse e dalla traiettoria dell’aereo e dal raggio dell’asse della via.

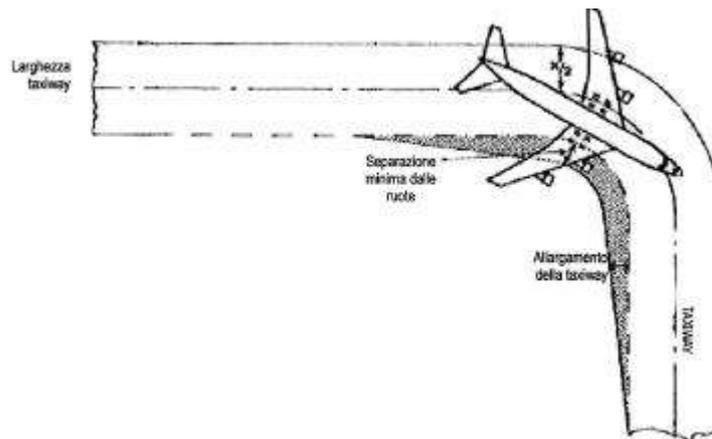


Figura 40: Allargamento della via di rullaggio

Esistono tabelle che, in base al codice ICAO dell'aeroporto, forniscono:

- Franco fra ruota esterna e bordino pista con ruotino che regge l'asse [m];
- Larghezza pista della via di rullaggio in rettilineo [m];
- Distanza tra pista di rullaggio e pista di volo [m];
- Distanza fra assi di piste di rullaggio [m].

Inoltre, in base al codice ICAO dell'aeroporto, vengono forniti i valori di pendenza longitudinale e trasversale della taxiway.

Raccordo di uscita rapida

Il Raccordo di uscita rapida è una via di rullaggio collegata con la pista tramite un angolo acuto (compreso tra 25° e 45° con valore preferibilmente di 30°) che consente agli aeromobili in atterraggio di uscire a una velocità maggiore di quella ottenibile su altre vie di rullaggio di uscita e perciò di ridurre al minimo il tempo di occupazione della pista.

In base al codice ICAO dell'aeroporto, le tabelle forniscono i valori del raggio di curvatura minimo della virata in uscita dalla pista di volo e la velocità massima di uscita dalla pista di volo in condizioni bagnate.



Figura 41: Pista di volo e via di rullaggio dell'Aeroporto G. Marconi di Bologna

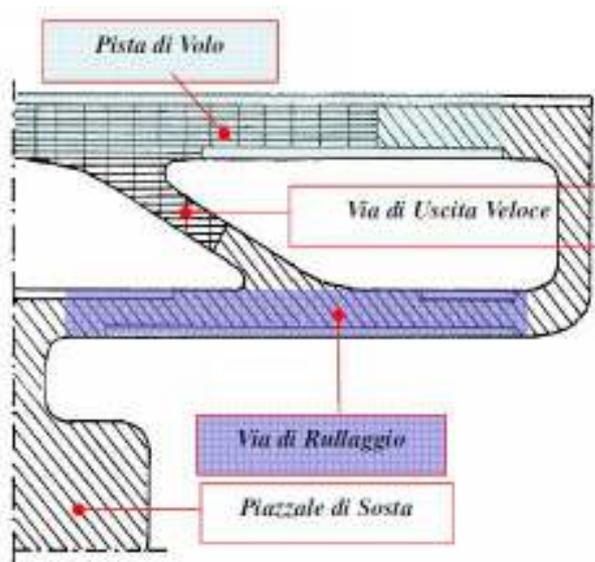


Figura 42: Schema di configurazione tipo in air-side

Piazzali di attesa e di sosta

I Piazzali di attesa e di sosta sono aree destinate ad accogliere gli aeromobili per l'imbarco e lo sbarco dei passeggeri, il carico e lo scarico della posta e delle merci, nonché per il rifornimento di carburante, il parcheggio o la manutenzione.

In particolare, le dimensioni dei piazzali sono rapportate al numero e al tipo di velivoli che li frequentano, in modo da facilitare il più possibile le manovre. Tra un aeromobile ed un altro, o un manufatto, vi è l'obbligo di rispettare opportune distanze minime di sicurezza.

Le pendenze di un piazzale non devono eccedere l'1% in qualsiasi direzione. Per ragioni di sicurezza, i piazzali non devono presentare pendenza negativa verso l'aerostazione; quando ciò non è possibile si devono adottare accorgimenti per raccogliere le eventuali perdite di carburante.



Figura 43: Piazzali di sosta degli aeromobili dell'Aeroporto Marconi

Piazzole de-icing

Le Piazzole de-icing sono piazzole di parcheggio ubicate lungo le taxiway che portano alla pista di volo e consentono di effettuare trattamenti sugli aeromobili al fine di rimuovere il ghiaccio (o prevenire la sua formazione) sulla fusoliera e sulle ali prima che esso decolli.

È necessario che le piazzole de-icing siano dotate di opportuni sistemi di drenaggio per la raccolta e lo smaltimento dei fluidi de/anti-icing, in modo da non contaminare i luoghi, le acque superficiali e quelle di falda.

L'Aeroporto Marconi non dispone di una piazzola de-icing, ma nell'area Est è previsto un intervento per la realizzazione di una piazzola dedicata allo svolgimento delle operazioni di de-icing per gli aeromobili in partenza. Ad oggi le operazioni di de-icing vengono eseguite nelle piazzole di sosta degli aeromobili.

La piazzola dedicata al de-icing sorgerà nelle vicinanze della testata 30, in modo da far trascorrere il minor tempo possibile tra il trattamento de-icing e il posizionamento dell'aeromobile in testata pista, evitando così che si formi nuovamente uno strato di ghiaccio sul velivolo.

Il nuovo sistema di drenaggio delle acque e di protezione dei ricettori dai liquidi impiegati nel trattamento è già stato progettato e ha previsto la realizzazione di due invasi di laminazione per un volume complessivo di 1.500 m³ per una superficie di raccolta complessiva di circa 28.000 m².

Aerostazione

L'Aerostazione deve avere una configurazione tale per cui possa avvenire una facile e rapida circolazione interna, sia per i passeggeri, sia per i bagagli. I loro percorsi devono essere ben distinti e ad essi devono affiancarsi tutti i servizi di controllo e di dogana.

Gli ambienti dell'aerostazione si possono suddividere in tre grandi categorie:

- per passeggeri, merci e posta;
- per il personale dell'aeroporto (navigante e non navigante);
- per le installazioni elettriche e radioelettriche di segnalazione (che hanno sede nella torre di controllo).
-



Figura 44: Aerostazione dell'Aeroporto Marconi

Come scritto in precedenza, le operazioni aeroportuali e le strutture necessarie al loro svolgimento si suddividono in due zone, air-side e land-side.

Il *Terminal* è il collegamento tra queste aree e consente ai passeggeri il transito dal sistema aeroportuale terrestre a quello aeronautico e viceversa.

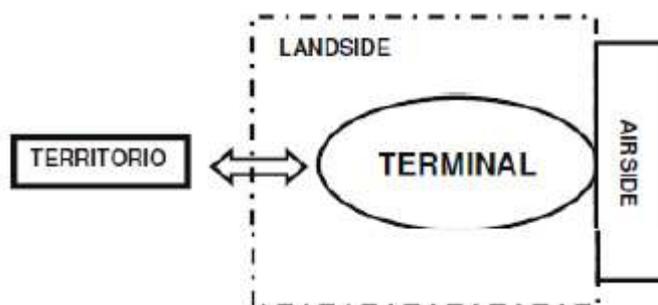


Figura 45: Il terminal funge da collegamento tra land-side e air-side

Il terminal aeroportuale può assumere diverse configurazioni in base al flusso dei passeggeri che vi transitano: terminal semplice, lineare, curvilineo, di banchina (con moli a dito), satellite e a navetta/transporter.

Le configurazioni più semplici sono adatte per aeroporti con minor traffico, quelle più complesse sono in grado di ospitare un elevato numero di voli, quindi offrono percorsi facilitati per i passeggeri e razionalizzano gli spazi di sosta per gli aeromobili sui piazzali.

Solitamente i grandi aeroporti ospitano più terminal con diverse configurazioni.

L'aeroporto Marconi di Bologna è stato costruito con una configurazione lineare, ma l'incremento di traffico degli ultimi anni ha richiesto una revisione della configurazione: attualmente vi sono navette che trasportano i passeggeri dal terminal agli aeromobili e sono in costruzione i *finger*, passerelle che permettono di entrare negli aerei senza mai uscire all'esterno e di gestire più voli contemporaneamente, con un incremento dello spazio a disposizione degli aeromobili.

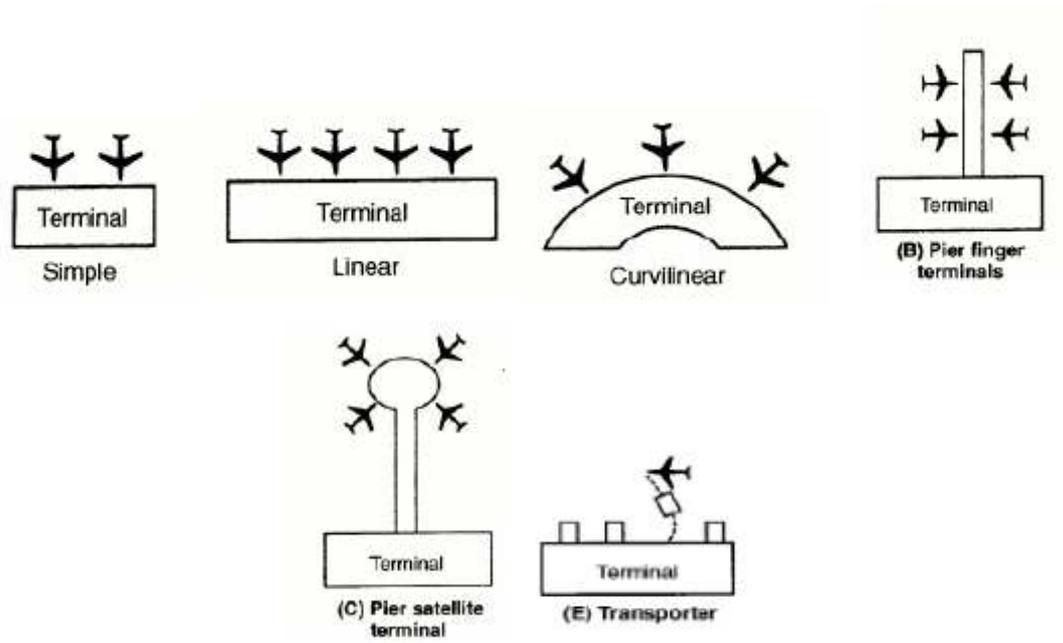


Figura 46: Configurazioni tipo del terminal aeroportuale



Figura 47: Franz Josef Strauss International Airport di Monaco di Baviera, terminal lineare



Figura 48: Aeroporto di Parigi-Charles de Gaulle, terminal curvilineo



Figura 49: Aeroporto Internazionale di San Francisco, terminal a moli



Figura 50: Aeroporto di Londra-Heathrow, configurazione a satellite del Terminal 5

2.3.3 I drenaggi aeroportuali

In fase di progettazione di un aeroporto si deve prestare particolare attenzione al drenaggio delle acque. Infatti vi sono aree di grande estensione (diversi ettari) dalle quali devono essere allontanate le acque piovane che potrebbero rallentare e creare situazioni di pericolo per le operazioni aeroportuali.

Scopo del sistema di drenaggio è di raccogliere e rimuovere l'acqua di superficie convogliandola nei sistemi di drenaggio che provvederanno ad allontanarla tramite una rete di collettamento opportunamente studiata e dimensionata.

Al fine di scongiurare pericolosi fenomeni di acquaplaning, le acque superficiali non devono ristagnare sulle aree pavimentate dove transitano gli aeromobili.

Le acque sotterranee o profonde potrebbero invece provocare la saturazione dei terreni al di sotto della pavimentazione e, nel caso di tratti in pendenza, erosione delle scarpate. Inoltre le acque profonde potrebbero interessare direttamente gli strati che compongono la pavimentazione riducendone la portanza.

Il sistema di collettamento che raccoglie le acque e le scarica nei corsi d'acqua naturali è costituito da una serie di collettori e pozzetti. Gli elementi che incidono sulla scelta del tipo di drenaggio e sul dimensionamento degli elementi che lo compongono sono le condizioni meteorologiche del sito su cui si sviluppa l'aeroporto, l'intensità di pioggia e la probabilità che si possano verificare eventi eccezionali quali tempeste e alluvioni. In base a questi dati si calcola la quantità di acqua che il sistema di drenaggio deve smaltire.

Un ruolo importante nella previsione delle piogge è rappresentato dal rapporto intensità/durata. Intensità e durata determinano l'ammontare delle precipitazioni in un dato temporale.

In particolare, si è soliti distinguere tra temporali estesi e temporali locali: i primi sono caratterizzati da precipitazioni a bassa intensità e di lunga durata, gli altri da elevate intensità e brevi durate. Per la progettazione dei drenaggi aeroportuali si considerano i temporali estesi. Seguendo le osservazioni degli uffici meteorologici è possibile studiare l'andamento delle piogge, in particolare si può costruire la *curva intensità- durata*, dove in ascissa è riportata la durata in minuti (o ore) della precipitazione e in ordinata l'intensità di pioggia in mm/ora.

Come si vede dalla Figura 51 le intensità maggiori si verificano nei primi minuti; dopo alcune ore l'intensità tende a un valore costante e piuttosto basso.

Le curve intensità- durata presentano un andamento iperbolico e sono espresse in equazioni del tipo:

$$I=a \cdot t^n$$

Dove a e n sono ricavati in modo da ottenere il minimo scarto quadratico medio rispetto ai dati degli annali pluviometrici.

Da analisi statistiche effettuate dal USACE (*USA Corp of Engineering*) è risultato che il *valore caratteristico* che identifica un certo tipo di precipitazione è la durata di un'ora.

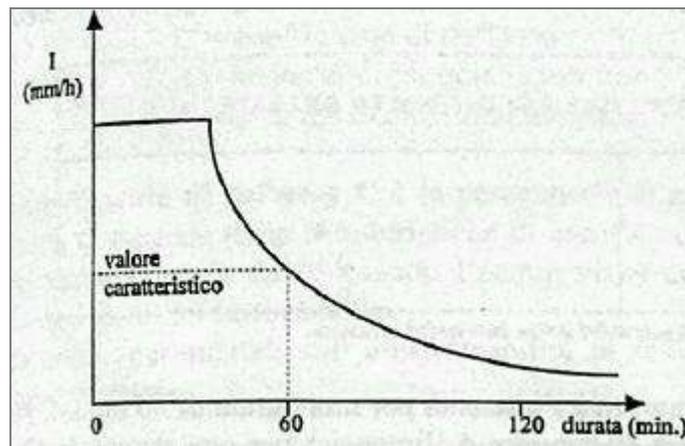


Figura 51: Esempio di curva intensità-durata di precipitazione

Un altro parametro molto importante ai fini del dimensionamento di un sistema di drenaggio aeroportuale è il *tempo di ritorno*, cioè il tempo o intervallo di anni entro il quale una certa altezza di pioggia di data durata sarà uguagliata o superata almeno una volta.

Per ogni valore del tempo di ritorno si ottengono curve intensità-durata diverse, ma con andamento simile fra loro. Ad esempio per costruire la curva con tempo di ritorno pari a 10 anni, si utilizzeranno le osservazioni raccolte nell'arco di 10 anni; la curva con tempo di ritorno di 50 anni è costruita con i dati rilevati in 50 anni, perciò sarà più alta rispetto a quella con tempo di ritorno di 10 anni. Perciò, a parità di durata (ad esempio, un'ora), per tempi di ritorno maggiori si avranno valori di intensità di pioggia sempre maggiori.

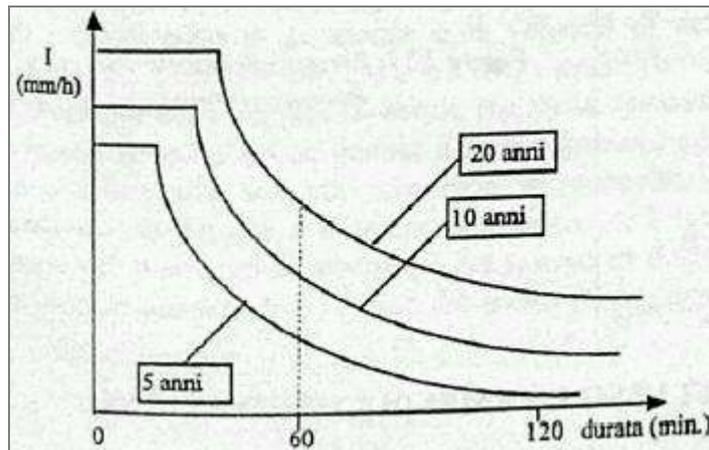


Figura 52: Esempio di curve intensità-durata per diversi valori del tempo di ritorno

Nei progetti aeroportuali, data l'importanza dell'opera da costruire, si giudica opportuno considerare eventi con tempi di ritorno piuttosto lunghi (fino a 250 anni).

Per un dato tempo di ritorno sono disponibili carte isopluviali per le diverse durate (30 minuti, 60 minuti, 120 minuti, ecc.) in base alle quali si possono costruire le curve intensità-durata. È poi necessario riportare tutto al valore della durata di precipitazione voluta.

Una volta definiti:

- l'intensità massima della pioggia (mm/ora)
- la durata della pioggia intensa (minuti o ore)
- il tempo di ritorno (anni)

si procede con il calcolo della portata massima, ovvero della quantità di acqua che deve essere allontanata dalle pavimentazioni delle piste di volo, delle vie di rullaggio e dai piazzali di sosta e manovra degli aeromobili.

Essa è pari a:

$$Q = CIA$$

Dove

Q= portata d'acqua (m³/sec)

C=coefficiente di deflusso

I=intensità di pioggia (mm/ora)

A=area del bacino di alimentazione (ettari)

Il *coefficiente di deflusso C* esprime la percentuale di pioggia su una data area che fluisce come acqua libera e dipende dalle caratteristiche di assorbimento della superficie sulla quale

scorre l'acqua. Esso varia da 0 (quando l'acqua viene completamente assorbita o ristagna) a 1 (quando l'acqua viene del tutto smaltita).

Sono stati eseguiti studi sull'impermeabilità delle superfici aeroportuali e sono stati ricavati i seguenti valori:

TIPO DI SUPERFICIE	C
Tutte le superfici	0,70-0,95
Pavimentazioni bituminose	0,80-0,95
Pavimentazioni in calcestruzzo	0,70-0,90
Terreni impermeabili	0,35-0,70
Terreni permeabili	0,15-0,40
Terreno inerbito	0,20

Tabella 9: Valori del coefficiente di deflusso C per diverse superfici

Nel caso in cui l'area di drenaggio esaminata fosse costituita da più superfici con differenti coefficienti di deflusso, C può essere calcolato come media pesata delle rispettive aree.

Il *bacino di alimentazione di area A* è la parte di superficie che interessa direttamente il drenaggio.

Poiché l'aeroporto presenta diverse superfici di alimentazione che concorrono verso differenti direzioni, si costruisce una *rete di drenaggi*, cioè una serie di canali che convergono verso un unico punto di minima quota dove poter scaricare l'acqua.

Tale rete è realizzata con collettori principali, secondari e terziari tutti in pendenza e con un coefficiente di scabrezza che varia a seconda del materiale con cui sono costruiti i canali, da cui dipende la velocità di scorrimento dell'acqua.

Per il calcolo della portata di acqua risulta essenziale il *tempo di corrivazione T_c*, ovvero il tempo che impiega una goccia di acqua ad arrivare dal punto più lontano del bacino di alimentazione alla sezione terminale di progetto.

Esso è dato dalla somma di *Tr* e *Td*, rispettivamente *tempo di ruscellamento* (tempo impiegato dall'acqua a percorrere il terreno naturale prima di arrivare nell'elemento di raccolta) e *tempo di deflusso* (tempo che impiega l'acqua a percorrere le condutture o i canali dal punto di imbocco alla sezione terminale).

Nelle infrastrutture aeroportuali le piogge intense si considerano di durata almeno pari al tempo di corrivazione.

Le opere di drenaggio aeroportuali si distinguono in:

- elementi di intercettazione delle acque (pozzetti, cunette, canali);
- elementi di trasporto (tubazioni, cunette);
- elementi di attraversamento (tombini, ponticelli);
- dreni sotterranei (tubi forati, materiali porosi).

Il drenaggio delle acque meteoriche dalle piattaforme pavimentate è assicurato dalla conformazione a falde delle superfici che permettono all'acqua di defluire trasversalmente.

In Italia si posiziona il fognolo bordo-pista ai lati della pista, oltre la *shoulder*. Esso è costituito da elementi prefabbricati in calcestruzzo e all'interno corre un tubo, è largo 60-70 cm e forma una fessura longitudinale di larghezza 3-4 cm continua lungo tutto il bordo pista.

Lungo il fognolo si dispongono dei pozzetti a intervalli regolari, in modo sfalsato lungo il bordo destro e sinistro.



Figura 53: Fognolo e pozzetto a bordo pista

Da ogni pozzetto diparte un tubo che confluisce in un collettore posto ai limiti della *strip*. Oltre la *strip* inizia, di solito, il terreno naturale che può avere pendenza concorde o discorde con quella della *strip*: nel primo caso l'acqua continua a defluire seguendo il suo moto naturale, nel secondo caso viene generalmente costruito un collettore in corrispondenza del compluvio con dei pozzetti con grata che permettono di convogliare l'acqua nei collettori principali. I pozzetti, oltre all'acqua proveniente dal terreno naturale, raccolgono anche quella che scorre sulla *strip*; tale funzione può risultare molto importante nei casi in cui manca il fognolo bordo-pista.

I pozzetti al bordo della *strip* vengono dimensionati in modo da sopportare il peso dell'aereo di progetto nel caso in cui quest'ultimo esca fuori dalla pista. Nelle stesse condizioni di carico è verificata la grata metallica. Quest'ultima è dotata di feritoie per il passaggio dell'acqua e si appoggia in maniera continua sul bordo del pozzetto.



Figura 54: Pozzetti con grata



Figura 55: Pozzetti con grata

Nei pozzetti arrivano dei tubi longitudinali e/o si dipartono tubi trasversali per il trasporto dell'acqua nei collettori principali. I tubi che entrano nei pozzetti sono sempre superiori al fondo, per permettere la decantazione dei materiali solidi e la pulizia del pozzetto che viene effettuata rimuovendo la grata di copertura. L'altezza del tubo dal fondo è stabilita in funzione della natura del terreno e dalla presenza di fogliame o arbusti lungo il tracciato percorso dall'acqua.

La dimensione delle feritoie della grata è definita dalla portata d'acqua che entra nel pozzetto: una dimensione insufficiente può provocare l'accumulo di acqua nell'intorno della grata che può invadere la *strip* e creare pericolo per gli aerei in svio. L'acciaio con cui sono formate le grate è acciaio zincato, capace di resistere alla corrosione.

I pozzetti sono costituiti da elementi prefabbricati in calcestruzzo lunghi 3-4 m nel caso di bordo-strip, o di 1 m nel caso di bordo-pista e alti circa 2 m.

Al bordo della pista nelle sezioni di trincea sono previste le cunette, il cui principio di funzionamento è quello di un canale aperto. La loro sezione è in genere triangolare.

2.3.4 Le sovrastrutture aeroportuali

In campo stradale e aeroportuale, per "sovrastruttura" si intende il complesso più superficiale di strati legati e sovrapposti, con funzione strutturale, poggianti su di una fondazione; per "pavimentazione" (dal latino "*pavimentum*") si intende l'intero insieme di strati che, partendo dal sottofondo, raggiunge la superficie di rotolamento.

Le pavimentazioni aeroportuali devono assolvere a quattro compiti principali:

- garantire una struttura stabile nel tempo e poco deformabile, capace di sopportare i carichi ripetuti applicati dai carrelli degli aeromobili;
- assicurare che la circolazione degli aeromobili avvenga in modo sicuro, con riferimento ai problemi di aderenza pneumatico-pavimentazione in presenza di agenti contaminanti (acqua, fango, neve, ghiaccio, depositi di gomma, ecc.), soprattutto in fase di frenatura e accelerazione;
- escludere vibrazioni dannose e fenomeni di risonanza attraverso una superficie regolare, anche in modo tale da fornire il massimo comfort ai passeggeri;
- offrire un'ottima durabilità, in modo da ridurre gli interventi di manutenzione ordinaria, quindi i disagi al traffico e i costi.

Data l'estensione delle superfici air-side, le sovrastrutture costituiscono un investimento economico importante nella costruzione di un aeroporto ed errori nella progettazione o nella realizzazione che portino a una fine prematura o a interventi di riparazione non previsti possono avere pesanti ripercussioni sulla gestione funzionale e finanziaria dell'aeroporto.

Le pavimentazioni aeroportuali si distinguono in due macro categorie:

- pavimentazioni rigide;
- pavimentazioni flessibili.

Le *pavimentazioni rigide* sono costituite da una lastra in calcestruzzo posata su uno o più strati di fondazione in stabilizzato granulometrico o direttamente poggiate sul terreno di sottofondo. Di solito tra fondazione e lastre si inserisce uno strato in misto cementato.

Ne esistono di differenti tipologie: lastre non armate, lastre armate, pavimentazioni ad armatura continua e lastre precomprese.



Figura 56: Schematizzazione della pavimentazione rigida

Tra i vantaggi di questa tipologia di pavimentazione vi sono:

- elevata vita utile
- manutenzione poco frequente
- regolarità superficiale
- poca sensibilità alle variazioni termiche
- scarsa aggressione da agenti chimici e tollerabilità a quelli a base di petrolio.

Mentre gli svantaggi sono:

- costo elevato
- interventi difficoltosi e poco pratici
- chiusura al traffico per molti giorni
- scarsa tolleranza ai cedimenti differenziali

- presenza di giunti (punti delicati)
- impossibilità di interventi di rinforzo.

In ragione delle loro caratteristiche, queste pavimentazioni vengono impiegate nelle zone critiche: piazzali, piste di rullaggio, vie di circolazione, area di attesa e testate della pista (primi 300 m), cioè quelle aree dove la portanza alare è nulla e il carico del velivolo viene completamente trasmesso alla pavimentazione.

Le *pavimentazioni flessibili* sono realizzate da diversi strati: manto in conglomerato bituminoso composto a sua volta da due strati (usura e collegamento o binder), base in conglomerato bituminoso, misto bitumato o misto granulare, fondazione generalmente in misto granulare e sottofondo costituito dal terreno naturale o dallo strato più superficiale del terreno del rilevato opportunamente sagomato e costipato.



Figura 57: Schematizzazione della pavimentazione flessibile

Tra i vantaggi di queste pavimentazioni vi sono:

- costo contenuto
- interventi facili e rapidi per ripristini e riparazioni
- apertura al traffico dopo poche ore
- tolleranza a cedimenti differenziali del sottofondo alcuni millimetri
- assenza di giunti
- possibilità di rinforzarle con geosintetici aumentando la capacità portante.

Invece gli svantaggi sono:

- vita utile limitata
- manutenzione frequente
- tendenza all'ormaiamento

- sensibilità del conglomerato bituminoso alle variazioni termiche
- aggressione da agenti chimici e prodotti a base di petrolio.

Le condizioni di sollecitazione delle pavimentazioni aeroportuali differiscono molto da quelle delle sovrastrutture stradali a causa delle sostanziali differenze tra il traffico aeroportuale e quello stradale:

- i carichi totali sui carrelli di atterraggio e le pressioni di gonfiaggio dei pneumatici hanno valori molto variabili rispetto a quelli stradali e possono essere di entità molto elevata;
- il numero delle ripetizioni delle sollecitazioni su una pavimentazione aeroportuale è generalmente molto inferiore rispetto a quello che si registra su strada;
- le velocità di percorrenza degli aeromobili variano in un campo più ampio rispetto a quelle dei veicoli stradali.

Nella scelta del tipo di pavimentazione si deve tener conto sia di aspetti funzionali sia strutturali.

I primi sono causati principalmente dalle perdite di carburante da parte degli aeromobili. Il cherosene e gli oli lubrificanti leggeri sono sostanze solventi per il bitume e pertanto nelle zone soggette a perdite di carburante, bisogna adottare pavimentazioni in calcestruzzo o trattamenti superficiali anti-cherosene. Le zone soggette a perdite di carburante sono quelle in cui l'aereo fa rifornimento, dove viene effettuata la pulizia dei serbatoi, dove si fa uso di solventi per la pulizia dei motori e dei servomeccanismi idraulici, dove si fa rifornimento di olio lubrificante, dove si spengono i motori, ecc.

Gli aspetti strutturali sono legati alle modalità di applicazione delle sollecitazioni da parte degli aeromobili e comportano che ogni tipo di pavimentazione sia dimensionata in modo indipendente dalle altre, in funzione dei carichi e del numero di ripetizioni che dovrà sopportare. Inoltre occorre distinguere quali zone sono prevalentemente sollecitate da sforzi verticali e quali anche da sforzi tangenziali (aree di manovra) e gli effetti di fatica prodotti dalla ripetizione dei carichi.

Esistono metodi di dimensionamento delle sovrastrutture aeroportuali differenti per pavimentazioni rigide e flessibili, tutti basati sul carico su ruota singola equivalente (CRSE). Per determinare quest'ultimo si può ricorrere a diverse metodologie che variano in base al

tipo di pavimentazione (rigida o flessibile), allo spessore della pavimentazione e alla disposizione delle ruote del carrello.

Dal punto di vista operativo è importante che gli aeromobili sviluppino un'adeguata azione frenante durante le operazioni di atterraggio o di decollo abortito, ma anche che vi sia buona aderenza trasversale in caso di vento al traverso, di spinta asimmetrica dei motori o di altre disfunzioni tecniche al fine di assicurare il controllo direzionale dell'aeromobile.

L'aderenza pneumatico-pavimentazione dipende da numerosi fattori: il peso dell'aereo, la sua velocità, il meccanismo di frenata, lo stato, il tipo e la pressione di gonfiaggio dei pneumatici, le caratteristiche dei carrelli di atterraggio e, non da ultimi, le caratteristiche della superficie della pavimentazione e dalle condizioni di "contaminazione" in cui può riversare.

Una pista si dice "contaminata" quando la superficie della sua pavimentazione è ricoperta da acqua, fango, nevischio, neve, ghiaccio, depositi di gomma, ecc.

Questi elementi interagiscono con le caratteristiche superficiali della pavimentazione causando un aumento della resistenza all'avanzamento dell'aeromobile e una diminuzione dell'aderenza disponibile nell'area di contatto tra pneumatico e superficie della pista in fase di atterraggio (provocando così un deficit nell'azione frenante sviluppabile e un incremento della distanza di atterraggio, oltre a una riduzione della capacità di controllo direzionale) e in decollo (aumento della distanza accelerazione-arresto, della distanza di decollo per effetto dell'aumentata resistenza all'avanzamento, riduzione della componente trasversale ammissibile del vento da 20 a 10-15 nodi, pericolo di spruzzi che possono venire assorbiti dai motori).



Figura 58: La presenza di neve e ghiaccio sulla pista può provocare lo svio degli aeromobili



Figura 59: Le zone della pista dove avviene la toccata degli aeromobili sono più scure a causa della contaminazione della gomma dei pneumatici

L'aderenza tra pneumatico e pavimentazione è un fenomeno complesso scindibile in due parti: un fenomeno di adesione e un fenomeno di isteresi della gomma.

Quando il pneumatico entra in contatto con la superficie della pavimentazione, le molecole della gomma si saldano temporaneamente con quelle del materiale con cui si trovano a contatto: per rendere possibile lo spostamento relativo è necessario rompere questi legami. Questo fenomeno prende il nome di “adesione molecolare”.

Affinchè avvenga questo fenomeno deve esserci contatto tra le due superfici, perciò è molto importante rimuovere qualsiasi agente contaminante presente sulla pista.

L'isteresi invece è quella forza ritardatrice che nasce quando il pneumatico, per superare un'asperità, si deforma e assorbe energia sotto forma di lavoro di deformazione che viene poi trasformato in calore.

Al fine di garantire elevati valori di aderenza anche ad alta velocità in condizioni di pista bagnata è necessario che la superficie della pavimentazione sia caratterizzata da una buona microtessitura ed elevata macrotessitura.

L'aderenza di un pneumatico su una superficie asciutta, non dipendendo dalla presenza di veli di acqua interposti fra le due superfici, è sempre maggiore dell'aderenza in condizione bagnata. Per la sua misura si ricorre a metodi diretti (attraverso la valutazione del coefficiente di aderenza sulla superficie della pavimentazione. Affinché queste misure siano significative devono essere eseguite ad alta velocità) o indiretti (attraverso una misura geometrica della tessitura superficiale).

Periodicamente si devono misurare le caratteristiche di aderenza di una pista per diverse ragioni:

- a) determinare inizialmente e, per piste di classe 3 e 4, verificare periodicamente il valore di “calibrazione” assegnato alla pista. La normativa ICAO prescrive tale valore che è rappresentativo delle caratteristiche di aderenza della parte centrale della pista non contaminata da depositi di gomma ed è misurato con uno strumento dotato di un sistema di auto-innaffiamento per la bagnatura artificiale della pavimentazione;
- b) accertare periodicamente la scivolosità della pavimentazione bagnata;
- c) determinare l’influenza sull’aderenza di condizioni di cattivo drenaggio dell’acqua superficiale (pendenza trasversale insufficiente, depressioni localizzate, ecc.) in modo da localizzare le zone in cui potrebbero verificarsi problemi di acquaplaning;
- d) determinare la scivolosità della pavimentazione in presenza di neve secca oppure bagnata o in presenza di gelo;
- e) per le zone di soglia è essenziale monitorare l’estensione e l’entità delle aree interessate da accumuli di gomma dovuti allo strisciamento delle ruote dei carrelli principali degli aerei al momento della toccata in atterraggio (fase di *touch down*).

La misura del coefficiente di aderenza all’Aeroporto G. Marconi di Bologna viene effettuata mediante *friction test*, come descritto nel capitolo 3 di questa tesi.

2.4 L'Aeroporto G. Marconi di Bologna

2.4.1 Generalità

L'Aeroporto Guglielmo Marconi di Bologna è il settimo aeroporto italiano per numero di passeggeri annui (6.580.481 nell'anno 2014, 3.864.912 da gennaio a luglio 2015, fonte Assaeroporti), con una pista in grado di accogliere voli con un raggio fino a cinquemila miglia nautiche e con una dotazione tecnologica all'avanguardia per sicurezza e tutela ambientale.

La posizione strategica in cui sorge il Marconi ha permesso allo scalo di incrementare il suo bacino traffico, sviluppando un ruolo sempre più centrale nei collegamenti *point to point* nel contesto nazionale ed Europeo. Infatti la città di Bologna, collocata nell'Italia centro-settentrionale, è un nodo strategico della rete di traffico che si sviluppa tra il Nord e il Sud del Paese, poiché sorge sulle principali direttrici di collegamento stradali e ferroviarie; ciò ha permesso lo sviluppo della città dal punto di vista socio-culturale ed economico.

Inoltre, grazie all'arrivo della compagnia low-cost Ryanair nello scalo nel 2008, è aumentato il bacino turistico che ogni anno visita la città.

Per i motivi sopra elencati la *catchment area* di Bologna vede un'espansione in costante aumento.

Dal 14 luglio 2015 l'Aeroporto G. Marconi è quotato in borsa.



Figura 60: Le principali infrastrutture della città di Bologna (Aeroporto Marconi, sistema autostradale e ferrovia)



Figura 61: Foto aerea dell'Aeroporto G. Marconi

Dati del mese					Progressivi da Gennaio al mese richiesto										
Totale	Movimenti	Passeggeri	Cargo	Totale	Movimenti	Passeggeri	Cargo	Totale	Movimenti						
PASSEGGIERI															
GENNAIO - LUGLIO 2015 (SU BASE 2014) - DATI AGGIORNATI A SETTEMBRE 2015															
N.	Aeroporto	Nazionali	%	Internazionali	%	di cui UE (inclusa Svizzera)	%	Transiti diretti	%	Totale Commerciale	%	Altre operazioni e altri	%	TOTALE	%
1	Alghero	645.226	14,2	352.026	-4,6	401.189	27,6	402	-77,2	957.852	7,2	506	-49,7	958.358	7,1
2	Ancona	110.876	30,8	186.765	25,4	146.868	1,6	83	-84,8	297.724	27,1	3.086	-28,5	300.790	26,1
3	Bari	1.502.862	3,6	732.037	22,3	667.068	19,2	9.417	147,1	2.244.116	9,3	2.759	68,6	2.246.875	9,3
4	Bergamo	1.845.312	22,8	4.075.956	29,9	3.602.433	33,6	4.730	30,4	5.926.008	27,6	1.161	23	5.927.169	27,6
5	Bologna	976.260	-3,1	2.871.173	4,9	3.391.026	4,7	13.794	-42,6	3.860.217	3,5	4.636	-1	3.864.853	3,5
6	Bolzano	26.738	-23,8	0	-100	0	-100	0	n/a	26.736	-24,4	5.467	32,5	32.205	-19,1
7	Brescia	0	-100	2.794	-61,8	0	-100	4	-94,6	2.798	-71,2	2.831	41,1	5.629	-62
8	Brindisi	1.046.898	1,9	247.831	16	161.622	10,8	3.407	93,6	1.298.016	4,4	1.881	2,7	1.299.897	4,4
9	Cagliari	1.036.873	2,8	406.674	0,7	327.872	-16,1	953	-65,9	2.047.500	2,3	2.897	-11,2	2.050.397	2,3
10	Catania	2.846.938	-5,9	1.191.251	7,3	1.101.711	18,4	5.996	-36,3	4.034.196	-2,5	2.186	1,8	4.036.372	-2,5

Tabella 10: I primi dieci aeroporti italiani per numero di passeggeri [dati gennaio-luglio 2015, Fonte: Assaeroporti]

Il Gestore Aeroportuale è la Società Aeroporto G. Marconi di Bologna S.p.A. (SAB) che, riveste tale ruolo in base alla convenzione stipulata con ENAC il 12/07/2004 e alla ratifica della Concessione totale del 12/07/2004 approvata con Decreto Ministeriale N°7 del 15/07/2006 registrato alla Corte dei Conti il 29/03/2006.

Il Gestore Aeroportuale è il soggetto cui è affidato, sotto vigilanza dell'ENAC, insieme ad altre attività o in via esclusiva, il compito di amministrare e di gestire le infrastrutture aeroportuali e di coordinare e controllare le attività dei vari operatori presenti in aeroporto.

In particolare, le funzioni del Gestore sono: Capituono Security, Clearance, Coordinamento Operativo di Scalo (COS), Direzione Business Non Aviation, Direzione Sviluppo Traffico,

Follow-Me (F-ME), Information Communication Technology (ICT), Pronto Soccorso Sanitario Aeroportuale gestito da Croce Rossa Italiana (PSSA), Responsabile Operazioni Aeroportuali (ROA), Safety Supervisor (SAF), Security SAB, Supervisione Tecnica e Controllo Dati, Supervisore Terminal.

All'interno dell'aeroporto operano anche altre figure come i Prestatori di Servizi di Assistenza a Terra a Terzi, i Vettori, Operatori Aerei o Esercenti, i Prestatori di Servizi di Assistenza a Terra in Autoassistenza o Autoproduzione, i Subconcessionari e altri soggetti non aeroportuali (ad esempio, i passeggeri, i visitatori e i clienti).

Per perseguire le attività di ricerca necessarie per la stesura di questa tesi è stata implementata un'attività di collaborazione con SAB e con i Prestatori di Servizi di Assistenza a Terra a Terzi.

Questi ultimi, di seguito denominati Handlers, forniscono diverse categorie di servizi:

- assistenza amministrativa e supervisione
- assistenza passeggeri
- assistenza bagagli
- assistenza merci e posta
- assistenza operazioni in pista
- assistenza pulizia aeromobile e servizi di scalo (climatizzazione, sghiacciamento, ecc.)
- assistenza carburante e olio
- assistenza manutenzione dell'aereo
- assistenza operazioni aeree e gestione degli equipaggi
- assistenza trasporto a terra
- assistenza ristorazione "catering".

Per l'analisi dell'inquinamento idrico provocato dalle operazioni airside si è operato insieme a Marconi Handling, uno dei tre handler presenti al Marconi (gli altri sono Aviapartner e Aviation Services), il quale ha fornito preziose informazioni in merito allo svolgimento di alcune attività (svuotamento dei bottini di bordo, operazione di de-icing degli aeromobili nella stagione invernale, assistenza carburante e olio).

2.4.2 Air-side e superfici operative

Le infrastrutture e le installazioni dell'Aeroporto di Bologna sono conformi alle prescrizioni del "Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti" edizione 2 del 21/10/2003

emanato dall'ENAC, e successive modifiche, e dell'annesso 14 dell'ICAO volume 1 – *Aerodrome design and operation* – quinta edizione luglio 2009.

Il Marconi di Bologna si estende su un sedime di 2.450.000 mq ed è dotato di un'unica pista di volo, RWY 12/30, di codice numerico 4, avente dimensioni di 2803 m di lunghezza per 45 m di larghezza.

La RWY 12 è orientata in direzione NW-SE a 115° mentre la RWY 30 è orientata, in direzione opposta, a 295° rispetto al nord magnetico.



Figura 62: Testata pista 12 e testata pista 30 dell'Aeroporto Marconi

La pista di volo è contenuta all'interno di una zona di sicurezza (*runway strip*) di dimensioni 2.923 x 300 metri. La capacità dichiarata della pista di volo, in condizioni di normalità (regolari condizioni metereologiche, Radar e Radioassistenze efficienti, ecc.) è di 24 movimenti/ora (su pista 12) di cui 12 movimenti ogni 30 minuti; in caso di utilizzo della pista 30, il limite è di 12 movimenti/ora di cui 3 ogni 15 minuti.

Ad ogni estremità della pista di volo è presente un prolungamento di area rettangolare libero da ostacoli, la *clearway* (CWY), avente dimensioni 120 x 180 metri per la RWY 12 e 60 x 180 metri per la RWY 30.

Al termine della CWY, all'estremità della testata 12 è predisposta una zona di sicurezza, RESA, di dimensioni 90 x 90, mentre in direzione opposta essa assume le dimensioni di 120 x 90.

Lo scalo comprende 4 piazzali aeromobili, di cui tre utilizzati prevalentemente per l'Aviazione Commerciale (apron 1, apron 2 e apron 3) e uno utilizzato principalmente per l'Aviazione Generale (apron 4); sul lato est del sedime aeroportuale si trovano inoltre 2 piazzole di sosta per elicotteri (non ancora operative).



Figura 63: Piazzali di sosta aeromobili dell'Aeroporto Marconi

Le Aerostazioni/Terminal passeggeri aperte al pubblico presso lo scalo sono due:

- Aerostazione passeggeri principale, prevalentemente dedicata ai voli di Aviazione Commerciale (di linea e charter);
- Terminal Aviazione Generale (TAG), prevalentemente dedicato ai voli di Aviazione Generale, ai voli Taxi e ai voli ad uso proprio.

Longitudine e Latitudine dell'ARP	44°31'51"N- 11°17'49"E (formato WGS84)
Elevazione dell'Aeroporto	123 ft/ 37 m s.l.m.
Declinazione magnetica	VAR+1°29'E-(2005.0)/5'E
Temperatura di riferimento	29,7° C
Lunghezza massima di pista di riferimento disponibile	2.803 m
Larghezza massima corretta di pista di riferimento disponibile	$2.803/(1+(0,07 \times 37/300)+(29,7-15) \times 0,01+(0,10 \times 0,05))=2415$ m
Codice di pista	4D

Tabella 11: Dati principali dell'Aeroporto Marconi

Si veda l'Allegato 2 Superfici Operative.



Figura 64: Principali elementi costitutivi dell'Aeroporto Marconi

Pista

In tabella 12, 13 e 14 si riportano i dati relativi alla pista 12, invece nelle tabelle 15, 16 e 17 quelli relativi alla pista 30, tutti estrapolati dal Manuale dell'Aeroporto.

TIPO DI AVVICINAMENTO	Strumentale di precisione fino a CAT III B	
ORIENTAMENTO MAGNETICO	115°	
DIMENSIONI PISTA	2803x45 (9190x148)	
LARGHEZZA SHOULDER	7,50+7,50 (25x25)	
TIPO PAVIMENTAZIONE E PORTANZA PISTA	Conglomerato bituminoso PCN 71/F/A/X/T	PCN determinato con prove su piastra
COORDINATE SOGLIA	44°32'24.01" N 11°16'33.55" E	
ELEVAZIONE SOGLIA ELEVAZIONE FINE PISTA	120 FT 119 FT	
ELEVAZIONE MASSIMA ZONA TDZ	120 FT	
PENDENZA LONGITUDINALE COMPLESSIVA	0,05 %	Conforme al punto 3.3.1 Cap. 3 Regolamento
PENDENZE LONGITUDINALI LIVELLETTE	VARIABILI TRA 0,02 e 0,50 %	Conforme al punto 3.3.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA LONGITUDINALE PRIMO E ULTIMO QUARTO PISTA	< 0,8 %	Conforme al punto 3.3.3 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE PISTA	Variabile tra 1,00 e 1,50 % (superficie > 85% totale)	Conforme al punto 3.6.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE PISTA	Variabile tra 1,50 e 1,70 % (superficie < 15% totale)	Non conforme al punto 3.6.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE SHOULDER	< 2,5 %	Conforme al punto 3.7.3 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE CGA	< 2,5 % (superficie > 95% totale)	Conforme al punto 4.7.1 Cap. 3 Regolamento
	> 2,5 % (superficie < 5% totale)	Non conforme al punto 4.7.1 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE STRIP (OLTRE CGA)	< 5,0 % (superficie > 95% totale)	Conforme al punto 4.7.2 Cap. 3 Regolamento

Tabella 12: Caratteristiche pista 12

	> 5,0 % (superficie < 5% totale- zone terminali)	Non conforme al punto 4.7.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA LONGITUDINALE CGA	< 1,5 %	Conforme al punto 4.6.1 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONE STOPWAY	NON ESISTENTE	
DIMENSIONE CLEARWAY	120x180 (394x590)	Conforme ai punti 9.2 e 9.3 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONI RESA	90x90 (295x295)	Non conforme al punto 5.3 Cap. 3 Regolamento Conforme a Progetto approvato da ENAC
DIMENSIONE STRISCIA / STRIP	<u>2923x300 (9584x984)</u>	Conforme ai punti 4.2 e 4.3 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONE CGA	Larghezza (75+75)m primi 150m pista Larghezza (105+105)m dopo 300m pista Larghezza variabile tra 150 e 300m da inizio pista	Conforme al punto 4.4.1 Cap. 3 Regolamento
ZONA LIBERA DA OSTACOLI (OFZ)	SI	Conforme al punto 8.5 Cap. 4 Regolamento
AREA PROTEZIONE FUNZIONAMENTO RADIOALTIMETRO	300x120 (984x394)	Conforme al punto 4.8 Cap. 3 Regolamento
PORTANZA CGA E STRISCE DI SICUREZZA		Conforme al punto 4.5.2 Cap. 3 Regolamento.

12

Tabella 13: Caratteristiche pista 12

DESIGNAZIONE RWY	TORA	TODA	ASDA	LDA
12	2803	2923	2803	2493
INTERSECTION TAKE-OFF "B"	2400	2520	2400	---
INTERSECTION TAKE-OFF "C"	2100	2220	2100	---
INTERSECTION TAKE-OFF "D"	1900	2020	1900	---

Tabella 14: Caratteristiche pista 12

TIPO DI AVVICINAMENTO	Non strumentale	
ORIENTAMENTO MAGNETICO	295°	
DIMENSIONI PISTA	2803x45 (9190x148)	
LARGHEZZA SHOULDER	7,50+7,50 (25x25)	
TIPO PAVIMENTAZIONE E PORTANZA PISTA	Conglomerato bituminoso PCN 71/F/A/X/T	PCN determinato con prove su piastra
COORDINATE SOGLIA	44°31'52.97" N 11°17'59.79" E	
ELEVAZIONE SOGLIA	120 FT	
ELEVAZIONE FINE PISTA	123 FT	
ELEVAZIONE MASSIMA ZONA TDZ	120 FT	
PENDENZA LONGITUDINALE COMPLESSIVA	0,05 %	Conforme al punto 3.3.1 Cap. 3 Regolamento
PENDENZE LONGITUDINALI LIVELLETTE	VARIABILI TRA 0,01 e 0,50 %	Conforme al punto 3.3.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA LONGITUDINALE PRIMO E ULTIMO QUARTO	< 0,8 %	Conforme al punto 3.3.3 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE PISTA	Variabile tra 1,00 e 1,50 % (superficie > 85% totale)	Conforme al punto 3.6.2 Cap. 3 Regolamento
	Variabile tra 1,50 e 1,70 % (superficie < 15% totale)	Non conforme al punto 3.6.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE SHOULDER	< 2,5 %	Conforme al punto 3.7.3 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE CGA	< 2,5 % (superficie > 95% totale)	Conforme al punto 4.7.1 Cap. 3 Regolamento
	> 2,5% (superficie < 5% totale)	Non conforme al punto 34.7.1 Cap. 3 Regolamento

Tabella 15: Caratteristiche pista 30

PENDENZA LONGITUDINALE CGA	< 1,5 %	Conforme al punto 4.6.1 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONE STOPWAY	NON ESISTENTE	
DIMENSIONE CLEARWAY	60x180 (197x590)	Conforme ai punti 9.2 e 9.3 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONI RESA	120x90 (394x295)	Non conforme al punto 5.3 Cap. 3 Regolamento Conforme a Progetto approvato da ENAC
DIMENSIONE STRIP / STRISCIA	2923x300 (9584x984)	Conforme ai punti 4.2 e 4.3 Cap. 3 Regolamento
ZONA LIBERA DA OSTACOLI (OFZ)	NON APPLICABILE	
AREA PROTEZIONE FUNZIONAMENTO RADIOALTIMETRO	NON APPLICABILE	
PORTANZA CGA E STRISCE DI SICUREZZA	Conforme al punto 4.5.2 Cap. 3 Regolamento.	

Tabella 16: Caratteristiche pista 30

DESIGNAZIONE RWY	TORA	TODA	ASDA	LDA
30	2803	2863	2803	2442
INTESECTION TAKE OFF "J"	2630	2690	2630	---
INTESECTION TAKE OFF "H"	2395	2455	2395	---

Tabella 17: Caratteristiche pista 30

Come è possibile osservare dalle tabelle sopra riportate, la pista del Marconi è costituita da quattro tronchi omogenei di conglomerato. Gli strati di base e binder sono in prevalenza realizzati con bitume modificato (ed esclusione di due tratti di lunghezza 800 m circa).

Dopo la stesa dello strato di binder, si spruzza emulsione bituminosa mista a graniglia che forma una superficie di attacco uniforme per l'usura ed evita che il mezzo che esegue la stesura dell'ultimo strato si attacchi con le ruote (si evitano così distacchi di conglomerato che creerebbero problemi di irregolarità e, conseguentemente, di sicurezza).

In quasi tutti i tronchi lo strato di usura è realizzato con conglomerato bituminoso del tipo Splittmastix Asphalt (SMA) che, grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e alla elevata qualità dei materiali costituenti, consente di pervenire a prestazioni di livello superiore in termini di durabilità, stabilità e sicurezza. Lo SMA è un conglomerato chiuso, ad alto

contenuto di graniglie e legante, in grado di fornire rugosità superficiale, stabilità, resistenza alle deformazioni e all'ormaiamento.

Rispetto alle pavimentazioni rigide, richiede interventi di manutenzione più frequenti atti a ripristinare le caratteristiche di progetto della pavimenatzione (portanza, aderenza, ecc.).

La manutenzione su pista aeroportuale è suddivisa in tre tipologie:

- a) Manutenzione straordinaria
- b) Manutenzione ordinaria
- c) Manutenzione con fondi di ripristino sui beni che SAB ha in concessione

La *manutenzione strordinaria* è la tipologia di manutenzione più complessa e prevede diverse fasi:

1. Il gestore aeroportuale affida a uno studio di progettazione esterno l'elaborazione del progetto del "pacchetto pavimentazione", che comprende lo studio degli spessori e dei materiali che formano la pavimentazione;
2. Si predispone un campo prove (fase di prequalifica) al fine di verificare che i materiali e gli spessori che verranno stesi coincidano con quelli indicati nel pacchetto (fase 1). In caso di esito positivo della prova si procede con la fase 3, altrimenti si eseguono ulteriori prove;
3. È necessario accertarsi che gli impianti di produzione di conglomerato bituminoso aventi sede nelle vicinanze dell'aeroporto offrano la massima disponibilità per il periodo in cui è previsto l'intervento di manutenzione, in modo da limitare il più possibile la fase di chiusura della pista e non compromettere a lungo l'operatività dello scalo;
4. Viene redatto il cronoprogramma esecutivo orario, un documento in cui sono indicati i prodotti e materiali impiegati nell'intervento e la produttività (numero di mezzi impiegati e impianti ton/ora);
5. La fase di esecuzione lavori prevede:
 - il controllo dei mezzi che accedono nell'area sterile
 - il controllo della lavorazione (prima della stesa del conglomerato bituminoso, il direttore esecutivo incaricato preleva un campione di materiale e predispone le relative analisi nel laboratorio mobile)
 - la stesa degli strati e la loro compattazione mediante rullo

- a pavimentazione finita, l'esecuzione dei carotaggi (dopo qualche ora dal passaggio dei rulli) sui quali si eseguiranno le prove (verifica degli spessori, della macrotestitura, del modulo di rigidità, della rugosità, della portanza e dell'indice dei vuoti)
6. Verificati i valori delle prove vengono date l'agibilità tecnica e l'agibilità operativa. È ENAC l'ente incaricato di conferire tali agibilità, ma per farlo necessita dei risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui provini. Perciò, in attesa dell'agibilità di ENAC, il post holder Manutenzione e il post holder Movimento possono conferire l'agibilità assumendosene la responsabilità.

Nel caso in cui i risultati delle prove di laboratorio evidenzino difformità rispetto al progetto, si valuta la gravità delle irregolarità: in presenza di irregolarità non accettabili si richiede all'impresa esecutrice dei lavori di rifare la pavimentazione, per irregolarità accettabili l'impresa è tenuta al pagamento di una penale (di importo proporzionale alla difformità);

7. La fase finale prevede il collaudo della pavimentazione da parte di ENAC e la stesura di una relazione da parte del Direttore dei lavori in cui si attesta la conformità dell'opera al progetto e l'eventuale presenza di vizi.

Inoltre si calcolano gli indici ACN-PCN mediante prove eseguite a ± 3 m e ± 5 m a Nord e a Sud della *centerline*, con battute di 10 m.

La *manutenzione ordinaria* è pianificata annualmente e si distingue in due tipologie:

- manutenzione preventiva (si interviene prima che si verifichi il guasto);
- manutenzione a guasto avvenuto.

Questo tipo di manutenzione, rispetto a quella straordinaria, vede tipologie di intervento e fasi di verifica molto più semplici: essa infatti interessa solo lo strato di usura e l'unico controllo che viene eseguito è quello visivo, in particolare sulla complanarità dei giunti e sull'uniformità della stesa. I materiali impiegati devono avere caratteristiche corrispondenti a quelle riportate nell'elenco prezzi.

La *manutenzione con fondi di ripristino sui beni che SAB ha in concessione* si basa sull'*Airport Pavement Management System* (Airport PMS), un sistema che non solo è in grado di valutare le attuali condizioni della pavimentazione, ma prevede le sue future condizioni attraverso l'uso di un indicatore (PCI *Pavement Condition Index*, IRI, prove deflettometriche, ecc.). Questo tipo di manutenzione ha programmazione decennale.

Taxiway

La *taxiway* principale, denominata “T” (*Tango*), è larga 23 m e presenta una pavimentazione flessibile in conglomerato bituminoso.

Le *taxiway* di collegamento tra la *taxiway* principale “T” e la pista di volo sono 10 e sono denominate “A” (*Alfa*), “B” (*Bravo*), “C” (*Charlie*), “D” (*Delta*), “E” (*Echo*), “F” (*Foxtrot*), “G” (*Golf*), “H” (*Hotel*), “J” (*Juliet*), “K” (*Kilo*).

La *taxiway* “A” costituisce, in effetti, il prolungamento della *taxiway* “T” verso la testata 12.

Le *taxiway* “J” e “K” sono ricavate su una stessa superficie pavimentata.

Tutte le *taxiway* sono pavimentate con conglomerato bituminoso.

In Tabella 18 si riportano i dati relativi alla *taxiway* principale, mentre in Tabella 19, 20 e 21 sono visibili tutte le caratteristiche delle *taxiway* di collegamento alla *taxiway* principale.

LARGHEZZA TAXIWAY	23,00 M
LARGHEZZA SHOULDERS	TRA TWY “A” E “B” 11,50 M SU CIASCUN LATO (PER AEROMOBILI FINO A CODICE “F”)
	TRA TWY “B” E TWY “E” 7,50 M SU CIASCUN LATO (PER AEROMOBILI FINO A CODICE “F”)
	TRA TWY “E” E TWY “F” 3,50 M (PER AEROMOBILI FINO A CODICE “E”)
	TRA TWY “F” E “K” 7,50 M SU CIASCUN LATO (PER AEROMOBILI FINO A CODICE “F”)
STRIP DELLA TAXIWAY	-NEL TRATTO TRA TWY “TS” E RHP “K1” TRA 35 M E 42,5 M -NEL TRATTO TRA TWY “TV” E RHP “A” 35 M
PAVIMENTAZIONE	CONGLOMERATO BITUMINOSO
PORTANZA MINIMA	70/F/A/X/T STIMATO CON METODO FAA 150/5335-5
PENDENZA TRASVERSALE	CONFORME AL PUNTO 7.5 CAPITOLO 3 DEL RCEA

Tabella 18: Caratteristiche *taxiway* principale

TAXIWAY	DATI	MISURE	AEROMOBILI CONSENTITI
A	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m [simmetrica rispetto all'asse]	Fino a codice “E” ICAD
	LARGHEZZA SHOULDERS	10.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 50/F/B/X/T (stimato con prove di carico su piastra)	
B	LARGHEZZA TAXIWAY	26.50 m [11.50+15.00]	Fino a codice “E” ICAD
	LARGHEZZA SHOULDERS	10.50 e 12.00 m	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 70/F/B/X/T (stimato con prove di carico su piastra)	

Tabella 19: Caratteristiche *taxiway* di collegamento

C	LARGHEZZA TAXIWAY	24.80 m. (11.50+13.30)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	1.70 m. e 3.50 m	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 50/F/A/X/T	
D	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	3.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 46/F/A/X/T	
E	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	3.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 42/F/A/X/T	
F	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	3.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 52/F/B/X/T	

Tabella 20: Caratteristiche taxiway di collegamento

G	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "D" ICAO
	LARGHEZZA SHOULDERS	7,5 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 85/F/B/X/T (stimato con prove di carico su piastra)	
H	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	3.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 57/F/B/X/T	
J	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "F" ICAO
	LARGHEZZA SHOULDERS	7,50 m	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 60/F/A/X/T	
K	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "F" ICAO
	LARGHEZZA SHOULDERS	7,50 m	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 60/F/A/X/T	

Tabella 21: Caratteristiche taxiway di collegamento

Le taxiway che portano dalla taxiway principale “T” agli apron sono 10 e sono denominate: “TV” (Tango Victor), “TW” (Tango Whiskey), “TL” (Tango Lima), “TM” (Tango Mike), “TN” (Tango November), “TP” (Tango Papa), “U” (Uniform), “TQ” (Tango Quebec), “TR” (Tango Romeo), “TS” (Tango Sierra).

In Tabella 22 si riportano le relative caratteristiche.

TAXIWAY	DATI	LARGHEZZA TAXIWAY	AEROMOBILI CONSENTITI (CODICE ICAO)
TV	LARGHEZZA TAXIWAY	19.00 m	Fino a codice “B” (utilizzabile per codici “C” solo previa applicazione delle modalità operative previste dal RdS)
TW	LARGHEZZA TAXIWAY	44.00 m	Fino a codice “” F
TL	LARGHEZZA TAXIWAY	45.00 m	Fino a codice “E”
TM	LARGHEZZA TAXIWAY	38.00 m	Fino a codice “D”
TN	LARGHEZZA TAXIWAY	41.00 m	Fino a codice “D”
TP	LARGHEZZA TAXIWAY	38.00 m	Fino a codice “D”
TU	LARGHEZZA TAXIWAY	51.00 m	Fino a codice “E”
TQ	LARGHEZZA TAXIWAY	38.00 m	Fino a codice “D”
TR	LARGHEZZA TAXIWAY	38.00 m	Fino a codice “D”
TS	LARGHEZZA TAXIWAY	75.00 m	Fino a codice “F”

Tabella 22: Caratteristiche taxiway di collegamento con gli apron

In Figura 65 sono rappresentate tutte le taxiway: principale, di collegamento con la pista di volo e di collegamento con gli apron.



Figura 65: Taxiway principale (in verde), taxiway di collegamento con la pista (in rosso) e taxiway di collegamento con gli apron (in arancio)

Apron

Il parcheggio aeromobili è costituito da un'unica superficie pavimentata, collegata alla *taxiway* principale T tramite 10 *taxiway* denominate rispettivamente TV, TW, TL, TM, TN, TP, TU, TQ, TR, TS.

L'area di parcheggio è suddivisa in 3 *apron*, i primi due sono divisi dalla “*aircraft stand taxilane*” U (via di accesso alle piazzole), che collega la *taxiway* T, agli *stand* denominati 102 e 103, appartenenti all'Apron1.

Gli *stand* disponibili sono 34, denominati da 102 a 116 (Apron1), da 205 a 220 (Apron2) e da 301 a 307 (Apron3).

Sono presenti inoltre l'Apron 4 (con 5 *stand* denominati da 401 a 405), utilizzato dall'Aviazione Generale, e l'Apron 5, con gli *stand* 501 e 502 destinati alla sosta degli elicotteri (allo stato attuale tali piazzole non sono né agibili né operative).

Le caratteristiche costruttive del piazzale sono varie, si hanno sia pavimentazioni flessibili che rigide.

Per la determinazione delle caratteristiche portanti delle pavimentazioni, SAB (Società di gestione dell'Aeroporto di Bologna) ha attivato dal 2003 un'indagine stratigrafica e con prove di tipo deflettometrico HWD (*Heavy Weight Deflectometer*).

Tali indagini sono aggiornate periodicamente ogni 5 anni o a seguito di interventi infrastrutturali.

L'ultimo aggiornamento è stato effettuato nell'anno 2009.

Le portanze delle varie aree sono:

- area *stand* da 301 a 307: PCN 121/R/A/W/T;
- area *stand* da 205 a 208: PCN 70/R/B/X/T (procedura FAA 150/5335-5);
- area *stand* da 209 a 211: PCN 78/F/B/X/T;
- area *stand* da 212 a 216 : PCN 63 R/B/X/T;
- area *stand* da 217 a 219 : PCN 70/R/B/X/T (procedura FAA 150/5335-5);
- area *stand* da 102 a 107 : PCN 70/R/B/X/T (procedura FAA 150/5335-5);
- area *stand* da 108 a 114 : PCN 41 R/B/X/T;
- *stand* 115 e 116: PCN 70/R/B/X/T (procedura FAA 150/5335-5);
- *stand* da 401 a 405: PCN 70/R/B/X/T;
- *stand* 501 e 502: PCN 40/R/B/X/T.

2.4.3 Sostenibilità e Ambiente

Al fine di realizzare il Piano di Sviluppo Aeroportuale (Masterplan), documento che identifica quali interventi strutturali realizzare e le strategie da intraprendere per raggiungere l'obiettivo di 10 milioni di passeggeri entro il 2023, all'inizio del 2008 l'Aeroporto Marconi ha presentato il Piano Industriale 2008-2012, i cui obiettivi sono:

- Sviluppo del traffico nel rispetto della sostenibilità ambientale e con attenzione alla qualità del servizio;
- Produzione di ricchezza per il territorio e per il sistema imprese;
- Creazione di valore per gli azionisti.

Le politiche di crescita dello scalo prevedono l'ampliamento e la riqualificazione delle infrastrutture aeroportuali, il consolidamento del traffico business e l'aumento del traffico *low cost*, lo sviluppo del *business non aviation*, il miglioramento della qualità del servizio, dell'efficienza e della produttività.

Come espresso nel capitolo 1, è molto importante considerare l'impatto che l'infrastruttura provoca sul territorio circostante e sui residenti dei Comuni limitrofi: perciò l'espansione dello scalo deve avvenire bilanciando le crescenti esigenze di mobilità espresse dalla *catchment area* e la necessità di tutelare l'ambiente circostante e la qualità della vita della comunità locale.

Perciò è stata fondamentale la creazione di un percorso di confronto condiviso tra Aeroporto, Enti locali (Regione Emilia-Romagna, Provincia di Bologna, Comune di Bologna, Comune di Calderara di Reno) Istituzioni nazionali (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) che ha visto come obiettivo la redazione del Piano di Sviluppo Aeroportuale.

Inoltre, nel luglio 2008, è stato firmato l'Accordo Territoriale per il polo funzionale Aeroporto, definito ai sensi della LR 20/2000 e siglato con le Istituzioni locali (Regione Emilia Romagna, Provincia e Comune di Bologna, Comune di Calderara di Reno), documento che individua le politiche urbanistiche e territoriali improntate alla crescita dell'aeroporto, non solo dal punto di vista infrastrutturale, ma anche delle attività complementari al settore *aviation*.

Nel 2012 si è concluso il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) del Masterplan: all'approvazione da parte degli organi ministeriali preposti ha fatto seguito la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale del decreto di VIA (giugno 2013), nella quale sono

indicati quali interventi di miglioramento ambientale verranno messi in campo da SAB durante il potenziamento dell'infrastruttura aeroportuale.

Come sottolineato nel capitolo 1 di questa tesi, affinché uno scalo possa espandersi è necessario che si riduca al minimo l'impatto sul territorio e sui cittadini: a tal fine non è sufficiente perseguire un'attenta politica urbanistica e di pianificazione, ma deve essere portata avanti anche una attenta e continuativa attività di presidio degli aspetti ambientali significativi. Per tale ragione l'Aeroporto di Bologna è dotato, dal 2005, di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA), certificato ai sensi della normativa UNI EN ISO 14001.

Tale Sistema di Gestione prevede la misurazione degli impatti ambientali generati dalle attività aeroportuali ed aeronautiche (tra cui rumore, qualità delle acque, consumi energetici, rifiuti), utilizzando indicatori numerici in grado di quantificare l'entità degli impatti stessi. Inoltre, lo stesso SGA, include l'adozione di diverse procedure interne atte a garantire l'attuazione di adeguate azioni preventive e correttive in caso di potenziale o effettivo insorgere di impatti ambientali significativi.

Questo sistema è integrato con gli altri sistemi di Gestione della Qualità (SGQ, certificato ISO 9001) e della Salute e Sicurezza dei lavoratori (SGSSL, certificato OHSAS 18001), in un unico Sistema di Gestione Integrato che permette un migliore coordinamento delle attività e quindi una maggiore efficacia delle azioni svolte.

2.4.4 Il sistema di collettamento e Cava Olmi

L'Aeroporto G. Marconi si sviluppa su un'area che si estende per circa 245 ettari, di cui 105 impermeabili.



Figura 66: Area su cui si estende la superficie aeroportuale dell'Aeroporto Marconi

Il sistema di collettamento è di tipo separato: le acque reflue vengono interamente convogliate al sistema fognario comunale, mentre le acque meteoriche confluiscono in parte in acque superficiali e in parte in tre recapiti dai quali finiscono nel sistema fognario comunale.

Il Gestore Aeroportuale detiene due scarichi industriali: il lavaggio officina e l'uscita del sanificatore.

Rete di scarico acque "bianche": Acque reflue urbane derivanti da acque meteoriche di dilavamento delle aree esterne aeroportuali

La rete di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento delle aree esterne aeroportuali convoglia le stesse presso i tre punti di scarico, i quali permettono alle acque di immettersi in tre recapiti (Fosso Cava, scolo Canocchia, Fosso Fontana).

Gli scarichi regolarmente autorizzati per lo smaltimento in corpo idrico superficiale delle acque di dilavamento dei piazzali e della pista sono:

- Scarico A: situato a Nord-Est della pista, consente l'immissione nel recapito denominato Fosso Cava (di proprietà del Consorzio della Bonifica Renana), il quale ha una portata massima ammissibile allo scarico pari a 500 l/s;
- Scarico B: collocato a Sud-Est della pista, consente l'immissione nel tratto costituito da un ex alveo dello scolo Canocchia tombato, il quale appartiene alla Pubblica Fognatura della Frazione di Lippo- Comune di Calderara di Reno;

- Scarico C: situato a Nord-Est della pista (in prossimità di Cava Olmi), consente l'immissione nel recapito denominato Fosso Fontana (di proprietà del Consorzio della Bonifica Renana), il quale ha portata massima ammissibile allo scarico pari a $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

La Figura 67 rappresenta il sistema di drenaggio aeroportuale e i tre recapiti.

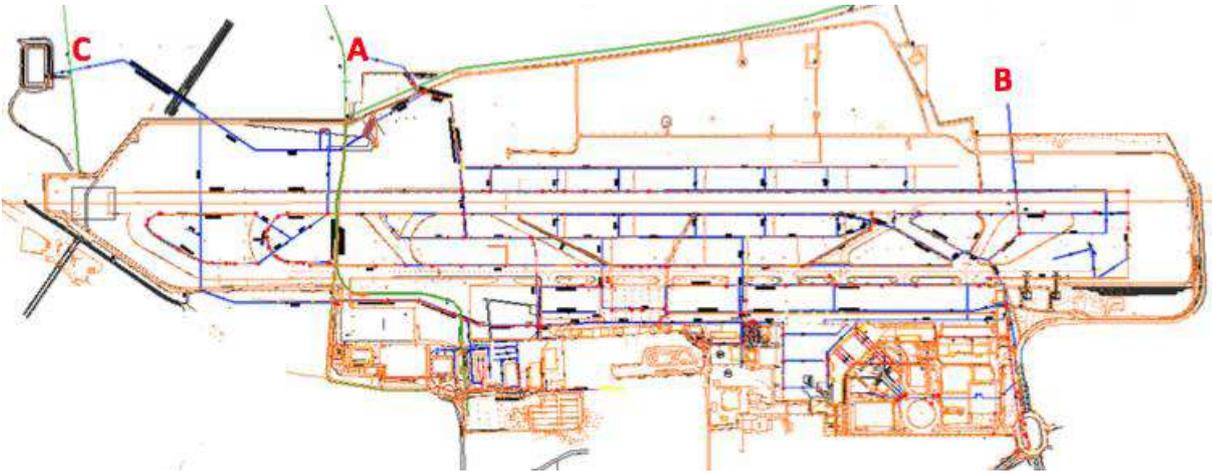


Figura 67: Rappresentazione schematica del sistema fognario aeroportuale. Le lettere indicano i tre recapiti



Figura 68: Rappresentazione schematica dei tre corpi idrici ricettori e di Cava Olmi

Le acque di dilavamento provenienti dalle aree di piazzale e dalle aree di pista nella zona fronte-terminal (meno recenti) si immettono nella fognatura del Comune di Calderara.

La restante parte delle acque di dilavamento (circa 4/5 del totale), proveniente dall'area che ha visto, nel 2004, l'allungamento della pista e dagli edifici in prossimità, confluisce nel Fosso

Cava e nel Fosso Fontana. Queste acque vengono raccolte da un tubo collettore che ha portata massima in entrata pari a $3 \text{ m}^3/\text{s}$ di cui i primi $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ finiscono nel Fosso Cava e gli altri $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ nel Fosso Fontana. In realtà la quasi totalità di queste acque va al Fosso Fontana, essendo il Fosso Cava in contropendenza. Prima di raggiungere il Fosso Fontana, le acque sono trattate con una batteria di disoleazione composta da 10 disoleatori e da un'ulteriore batteria di disoleazione di dimensioni minori (quest'ultima tratta solo le acque provenienti dalla zona di allungamento pista). Da entrambe le batterie di disoleatori escono dei collettori (di diametro $\phi 1.200$) che si congiungono nel punto evidenziato in Figura 70 e si immettono nel Fosso Fontana.

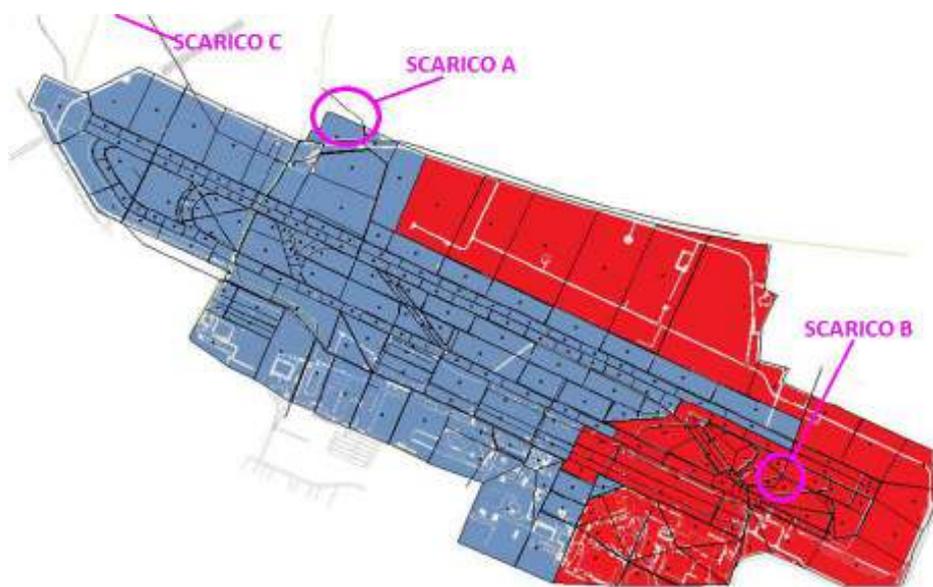


Figura 69: Aree contribuenti verso i recapiti principali (in blu verso Cava Olmi e il Fosso Cava, in rosso verso lo scolo Canocchia) e i tre punti di scarico

Comprese nella quota parte delle acque di dilavamento provenienti dalla zona di allungamento pista, le acque che derivano dalle aree impermeabilizzate convergono in uno scatolare di grandi dimensioni ($3.200 \times 2.700 \text{ cm}$), che a sua volta si allaccia a un altro scatolare di dimensioni tali da essere considerata una laminazione ($4.500 \times 3.000 \text{ cm}$). Poi si immettono in un collettore di diametro $\phi 1.400$.

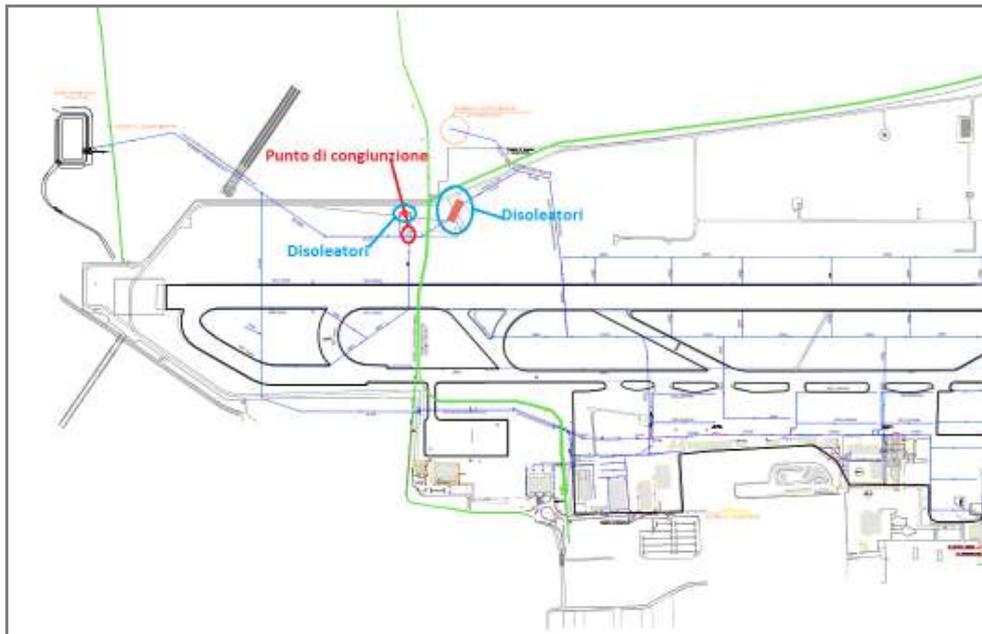


Figura 70: Schema della rete di collettamento dell'Aeroporto Marconi

Il primo rilievo disponibile del sistema fognario aeroportuale risale al 1992: nell'elaborato, opera del Geom. Scuderi, erano già stati censiti 108 pozzetti di ispezione. Gli elaborati progettuali sono poi stati aggiornati nel 2004 a seguito dell'allungamento della pista.

Inoltre nel 2004 si è proceduto con l'installazione di impianti di disoleazione per il trattamento delle acque di dilavamento e di pozzetti di ispezione e campionamento prima dell'immissione nel corpo idrico ricettore.

Le acque meteoriche che vengono convogliate al fosso Fontana si accumulano precedentemente in Cava Olmi, una vasca di laminazione ricavata da un'ex cava di ghiaia.

Quest'ultima presenta una forma tronco piramidale con base inferiore di 5.000 m² e superiore di circa 7.600 m² con un'altezza media di 3,7 m; perciò il volume di invaso risulta circa 23.000 m³ e consente di regolare l'afflusso delle acque al fosso.

È posta in collegamento con la rete di drenaggio da due collettori disposti in parallelo con diametri di 800 mm. In uscita dispone di quattro pompe che pescano dal bacino e scaricano nello scolo Fontana.

Vengono svolte analisi chimiche periodiche sulle acque di Cava Olmi, che con il tempo è diventata un luogo di interesse faunistico nel quale si è sviluppata una vegetazione tipica degli ambienti lacustri.



Figura 71: Dalla foto aerea di Cava Olmi si osservano la camera di ingresso (1) che collega la rete di scolo con la vasca, il collettore di ingresso (2), il collettore di uscita (3), la camera di pompaggio (4), la camera di uscita (5) e il Fosso Fontana (6)



Figura 72: Vasca di laminazione di Cava Olmi



Figura 73: Rigonfiamenti del telo di rivestimento della vasca



Figura 74: Rigonfiamenti del telo

Come è possibile osservare dalle foto (scattate in agosto 2015), la falda si trova molto vicina al piano campagna e spinge verso l'alto il telo di impermeabilizzazione della cava.

A fianco del lago artificiale la falda è riemersa in superficie e, per evitare che il bacino d'acqua straripi e inondi l'area, sono state posizionate due pompe che prelevano l'acqua e la convogliano in Cava Olmi. Dalla Figura 75 è possibile osservare la vicinanza di Cava Olmi all'aeroporto (sullo sfondo, un aeromobile sta effettuando l'atterraggio).

Da Cava Olmi l'acqua è poi pompata al Fosso Fontana.



Figura 75: Le pompe prelevano acqua e la inviano alla vasca di laminazione



Figura 76: Fosso Fontana



Figura 77: Il misuratore di livello collocato in prossimità del Fosso Fontana è utilizzato nella vasca di laminazione per stabilire la possibilità di sversamento all'interno dello scolo

Il Fosso Fontana ha origine poco a monte della Cava Olmi, prosegue superando Calderara di Reno e sfocia nel canale Dosolo.

Lo Scolo Canocchia è l'unico dei tre corpi idrici a svilupparsi nella parte inferiore del sedime aeroportuale: esso si immette in un collettore scatolare 300x300 mm, attraversa la *taxiway* e la pista, poi riemerge nella parte superiore dell'aeroporto. Riemerge e scorre verso sud-est in un canale in calcestruzzo, proseguendo lungo il confine aeroportuale. Presso la frazione di Lippo di Calderara è nuovamente tombato e ritorna in superficie in prossimità del fiume Reno.

Il Fosso Cava ha origine a sud dell'aeroporto, costeggia via della Salute e si immette in un collettore di 1.200 mm di diametro. Oltre l'aeroporto, torna in superficie e prosegue in direzione nord, superando la zona industriale di Predazzo, costeggiando poi Calderara di Reno e infine sfociando nel canale Dosolo.

Il ph Manutenzioni SAB ha la responsabilità di eseguire la pulizia, il controllo e la manutenzione della rete e degli impianti di trattamento delle acque di dilavamento.

I suoi compiti sono di:

- garantire la costante manutenzione dei sistemi di trattamento adottati e degli impianti di sollevamento;
- garantire la pulizia e la manutenzione adeguata dei pozzetti di ispezione e campionamento posti all'interno dell'area aeroportuale;
- garantire la possibilità di controllo dello scarico nel Fosso Cava anche nei momenti di inaccessibilità del pozzetto di ispezione;
- mantenere segnalato il punto di immissione della condotta di scarico nel Fosso Cava;
- garantire la periodica pulizia dell'area e del tratto di corpo idrico ricettore a valle dello scarico Fosso Cava, con asportazione periodica dell'eventuale vegetazione spontanea per almeno un tratto di 100 m, in modo da assicurare l'ottimale deflusso delle acque nel corpo idrico ricettore;
- garantire la verifica periodica e l'eventuale manutenzione del tratto del Fosso Fontana a valle dello scarico, asportandone periodicamente la vegetazione;
- provvedere alla pulizia della vasca di laminazione Cava Olmi (la pulizia dei fanghi di sedimentazione deve essere eseguita due volte l'anno per evitarne l'accumulo).

Rete di scarico acque "nere": Acque reflue assimilabili alle acque reflue domestiche

Le acque reflue degli stabilimenti di competenza del Gestore Aeroportuale sono considerate, per l'autorizzazione allo scarico, come assimilate alle domestiche.

Lo scarico in fognatura è costituito dai seguenti tipi di acque reflue:

- Acque reflue industriali assimilate alle domestiche, derivanti dal lavaggio dei mezzi di rampa;
- Acque reflue domestiche, derivanti dai servizi igienici compresi i reflui delle toilette degli aerei stabilizzati chimicamente (bottini di bordo).

La rete di acque nere comprende sei scarichi:

1. Raccoglie le acque reflue della struttura denominata Officina e dall'area dedicata al lavaggio mezzi situata nelle vicinanze del Varco Ovest dell'Aeroporto e si immette direttamente nella fognatura comunale situata in via dell'Aeroporto. Lo scarico è provvisto di sistema di disoleazione.
2. Raccoglie le acque provenienti dalla struttura denominata Rimessaggio Mezzi Rampa (RMR), con immissione in fognatura comunale localizzata all'interno del sedime aeroportuale.
3. Raccoglie le acque provenienti dalla struttura denominata Centro Servizi Rampa (CSR), con immissione in fognatura comunale localizzata all'interno del sedime aeroportuale.
4. Raccoglie le acque provenienti da tutti gli scarichi dei servizi civili, di tutte le pilette eventualmente presenti nelle aree coperte, delle acque generate dagli impianti di condizionamento e dall'impianto di trattamento e depurazione dei bottini di bordo.
5. Raccoglie le acque provenienti dalla struttura denominata Ex capannone Airone-UPS, con immissione in fognatura comunale localizzata in prossimità del sedime aeroportuale.
6. Raccoglie le acque provenienti dalla struttura denominata capannone TNT, con immissione in fognatura comunale localizzata in prossimità del sedime aeroportuale.

Il punto di collettamento con la fognatura comunale dello scarico (1) avviene in Via dell'Aeroporto, in prossimità del Varco Ovest; in prossimità della recinzione aeroportuale presso Via della salute per gli scarichi (2), (3), (5) e (6) e in prossimità dell'accesso aeroportuale in via del Triumvirato per lo scarico (4).

Numero identificativo disoleatore	Localizzazione
1	Piazzale parcheggio veicoli in prossimità fabbricato Ryanair
2	Piazzale aeromobili antistante alla caserma dei Vigili del Fuoco, in corrispondenza del TP
3	Piazzale aeromobili antistante all'hangar Cremonini, in corrispondenza del TN
4	Parcheggi aeromobili in corrispondenza del TM
5	Piazzale aeromobili Cargo in prossimità del piazzale II lotto
6	Piazzale TAG
7	Immissione in Fosso Cava
8	Immissione in Fosso Fontana
9	Vasca lavaggio mezzi officina SAB

Tabella 23: Censimento disoleatori dell'Aeroporto Marconi

Le acque che verranno raccolte dal sistema di drenaggio della piazzola de-icing di prossima realizzazione saranno così suddivise: le acque in uscita dal sistema di laminazione rientreranno in parte nella rete fognaria aeroportuale per poi essere inviate allo scolo Canocchia (per una portata massima di circa 24 l/s) e per la quota parte relativa al piatto de-icing (per una portata massima di circa 10 l/s) verso la rete fognaria nera del Comune di Bologna.

Il controllo della qualità delle acque prevederà una distinzione tra le condizioni di tempo secco, nelle quali il liquido de-icing è raccolto in un'apposita vasca che dovrà essere regolarmente svuotata, e tempo di pioggia, quando le acque saranno veicolate verso vasche di prima pioggia, che immetteranno poi le acque nel sistema fognario di Bologna.

Come descritto nel capitolo 4, l'Aeroporto Marconi ha aderito al progetto Watair nell'ambito del programma europeo Horizon 2020 presentando il progetto per la realizzazione di un impianto di fitodepurazione che tratterebbe anche le acque risultanti dai trattamenti di de-

icing. Tale impianto ottimizzerebbe e semplificherebbe la gestione del sistema, in modo da evitare una situazione differenziata tra tempo secco e tempo di pioggia.

Ai fini dell'ottenimento della certificazione Enac, le caditoie e i fognoli aeroportuali devono essere di categoria F900 (cioè appartenenti al gruppo 6 e aventi carico di rottura superiore a 900 kN). Tale categoria è richiesta nelle aree soggette a carichi per asse particolarmente elevati, come le aree aeroportuali.

All'interno della categoria F900 vengono realizzati chiusini, griglie e canalette di drenaggio.

In realtà, poiché le zone air-side dell'Aeroporto Marconi risalgono a periodi di costruzione diversi, anche le caditoie sono differenti, ma comunque sono tutte in possesso di regolare certificazione da parte di Enac (si veda l'Allegato 3).

Le caditoie hanno tutte forma rettangolare a eccezione di quelle presenti nella *runway strip*: qui le caditoie presentano, nella parte sotto il piano campagna, una forma trapezoidale con pendenza di circa 30-35%. Queste caratteristiche consentono, in caso di fuoriuscita dell'aereo dalla pista, che sia garantita la portanza necessaria all'aeromobile. Inoltre in quest'area non devono essere presenti gradini che comprometterebbero la regolarità della superficie e, di conseguenza, la sicurezza.

Si eseguono controlli periodici con l'obiettivo di assicurare il rispetto dei limiti determinati dalla legislazione nazionale e regionale di riferimento.

La normativa stabilisce valori limite di emissione, ovvero limiti di accettabilità di una sostanza inquinante contenuta in uno scarico, misurata in concentrazione, oppure in massa per unità di prodotto o materia prima lavorata, o in massa per unità di tempo. I valori limite di emissione si applicano di norma nel punto di fuoriuscita delle emissioni dell'impianto, senza tenere conto dell'eventuale diluizione; l'effetto di una stazione di depurazione di acque reflue può essere preso in considerazione nella determinazione dei valori limite di emissione dell'impianto, a condizione di garantire un livello equivalente di protezione dell'ambiente nel suo insieme e di non portare carichi inquinanti maggiori nell'ambiente.

I controlli analitici sono demandati a un laboratorio chimico esterno e certificato.

In merito agli scarichi in acque superficiali, il responsabile dell'area Sostenibilità e Ambiente preleva campioni con cadenza quadrimestrale (dopo precipitazioni significative) da Cava Olmi e affida a un laboratorio esterno la loro analisi. In questo modo si effettua un controllo sulla qualità delle acque di dilavamento delle aree esterne pavimentate e dei coperti degli edifici air-side che confluiscono nel Fosso Fontana.

Per le acque reflue viene eseguito un controllo annuale attraverso un campionamento dal pozzetto situato in prossimità di via Triumvirato e due campionamenti dallo scarico (1) per controllare il rispetto dei limiti imposti per l'assimilazione delle acque industriali assimilate alle domestiche.

I parametri principali che vengono analizzati sono COD (*Chemical Oxygen Demand*, che rappresenta la misura dell'ossigeno necessario ad ossidare chimicamente le sostanze presenti in un campione, per mezzo di un ossidante forte in ambiente acido a caldo), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*, che esprime la quantità di ossigeno necessaria per l'ossidazione biochimica delle sostanze contenute in un'acqua nelle condizioni in cui viene eseguito il saggio stesso), ph, cloruri, fosforo totale, NH₄, N-NO₃, N-NO₂, tensioattivi.

Al fine di consentire un regolare deflusso delle acque di scarico, evitare intasamenti che possano impattare negativamente sull'operatività aeroportuale e contribuire all'abbattimento del carico inquinante è importante provvedere alla periodica pulizia della rete di scolo delle acque nere e bianche e alla manutenzione ordinaria degli impianti di trattamento acque di prima pioggia.

In particolare, la pulizia della rete di smaltimento delle acque bianche e nere prevede l'immissione di acqua ad alta pressione e/o aspirazione dei liquami/fanghi presenti nella rete fognaria aeroportuale.

La manutenzione ordinaria degli impianti di trattamento acque di prima pioggia ha cadenza semestrale e include il controllo e analisi chimiche dei fanghi, delle sabbie, del liquido prelevato nelle vasche di sedimentazione e del campione prelevato presso il pozzetto finale. Le analisi sono eseguite sui seguenti parametri: fosforo totale, azoto nitrico, tensioattivi totali, cloruri, ph, solidi sospesi totali, oli minerali/idrocarburi, COD, tensioattivi cationici, azoto ammoniacale, tensioattivi anionici, grassi e oli minerali e vegetali, azoto nitroso, tensioattivi non anionici, analisi anioni cromatografia ionica e BOD₅. Inoltre è eseguita l'asportazione e lo smaltimento degli oli, dei fanghi, delle sabbie e degli idrocarburi in tutte le vasche di separazione e sedimentazione.

Dallo studio idraulico del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche dell'Aeroporto è risultato che la vasca di laminazione di Cava Olmi ha una capacità residua di circa 10.500 m³ e che solo i collettori a sud-ovest hanno una significativa capacità residua. Le criticità idrauliche maggiori sono localizzate nei collettori centrali e nella parte est, cioè nelle

aree più vecchie e che nel tempo hanno dovuto farsi carico dei diversi ampliamenti dell'Aeroporto.

Il sistema fognario attuale riesce a smaltire le portate con Tempo di Ritorno pari a 25 anni.

2.4.5 Il traffico aereo

I dati di traffico relativi all'anno 2014 mostrano un incremento pari al 6,2% del numero dei passeggeri, superando la quota dei 6,5 milioni (precisamente 6.580.481) e in percentuale superiore rispetto alla media degli aeroporti italiani (+4,5%) ed europei (+5,8%). Nel quinquennio 2009-2014 l'incremento medio annuo dei passeggeri del Marconi è stato del 6,6% (sia la media nazionale sia quella europea risultano inferiori, pari rispettivamente al 2,9% e del 3,3%).

In particolare, l'incremento di traffico è stato percentualmente più evidente nei passeggeri sui voli nazionali (1.747.576, pari a +7,2%), favoriti soprattutto dal potenziamento del traffico *low-cost* che ha compensato il calo della linea tradizionale.

Dal punto di vista numerico, l'aumento dei passeggeri è più rilevante sui voli internazionali (4.824.908, pari a +5,9%), grazie al consolidamento delle compagnie già operanti sullo scalo e all'attivazione di nuovi voli per Bristol, Manchester; Parigi Orly, Craiova e al potenziamento dei voli esistenti per Istanbul Sabiha Gokcen e Eindhoven.

Al contrario, il trend dei movimenti è risultato negativo: nel 2014 sono stati 65.058, registrando un calo del 0,5% rispetto al 2013.

Perciò l'aumento del traffico passeggeri e la diminuzione del numero di movimenti mostrano la volontà dell'Aeroporto di operare in un'ottica sempre più sostenibile perché volano meno aerei ma con un *load factor* (rapporto tra passeggeri trasportati e posti offerti, che consente di analizzare il grado di assorbimento della capacità di un aereo) più alto, riducendo le emissioni in atmosfera e il rumore.

GENNAIO-LUGLIO 2015			
	2015	2014	Variazione %
Passeggeri NAZIONALI	979.477	1.014.770	-3,5 %
Linea	208.010	372.179	-44,1 %
Low Cost	761.276	624.976	21,8 %
Charter	5.964	9.039	-34,0 %
Aviazione Generale			
Transiti	4.227	8.576	-50,7%
Passeggeri INTERNAZIONALI	2.880.740	2.751.545	4,7 %
Linea	1.368.399	1.372.644	-0,3 %
Low Cost	1.429.596	1.273.293	12,3 %
Charter	73.178	90.173	-18,8 %
Aviazione Generale			
Transiti	9.567	15.435	-38,0 %
TOTALE PASSEGGERI	3.860.217	3.766.315	2,5 %
Linea	1.576.409	1.744.823	-9,7 %
Low Cost	2.190.872	1.898.269	15,4 %
Charter	79.142	99.212	-20,2 %
Aviazione Generale			
Transiti	13.794	24.011	-42,6 %
TOTALE MOVIMENTI	34.276	35.523	-3.5 %
Movimenti di Linea	18.623	20.839	-10,6 %
Movimenti Low Cost	14.042	12.580	11,6 %
Movimenti Charter	1.611	2.104	-23,4 %
Aviazione Generale			
TOTALE MERCI	17.753.924	19.822.957	-10,4 %

Mercia via aerea	17.753.924	19.822.957	-10,4 %
Merci via superficie			
TOTALE POSTA	1.077	632	70,4 %

Tabella 24: Dati di traffico dell'Aeroporto Marconi (periodo gennaio-luglio 2015)

MOVIMENTI AEROMOBILI GENNAIO-LUGLIO 2015			
	2015	2014	Variazione %
NAZIONALI	7.450	8.560	-13,0 %
Linea	2.561	4.112	-37,7 %
Low Cost	4.644	4.061	14,4 %
Charter	245	387	-36,7 %
Aviazione Generale			
INTERNAZIONALI	26.826	26.963	-0,5 %
Linea	16.062	16.727	-4,0 %
Low Cost	9.398	8.519	10,3 %
Charter	1.366	1.717	-20,4 %
Aviazione Generale			
TOTALI	34.276	35.523	-3,5 %
Linea	18.623	20.839	-10,6 %
Low Cost	14.042	12.580	11,6 %
Charter	1.611	2.104	-23,4 %
Aviazione Generale			

Tabella 25: Movimenti aeromobili dell'Aeroporto Marconi (periodo gennaio-luglio 2015)

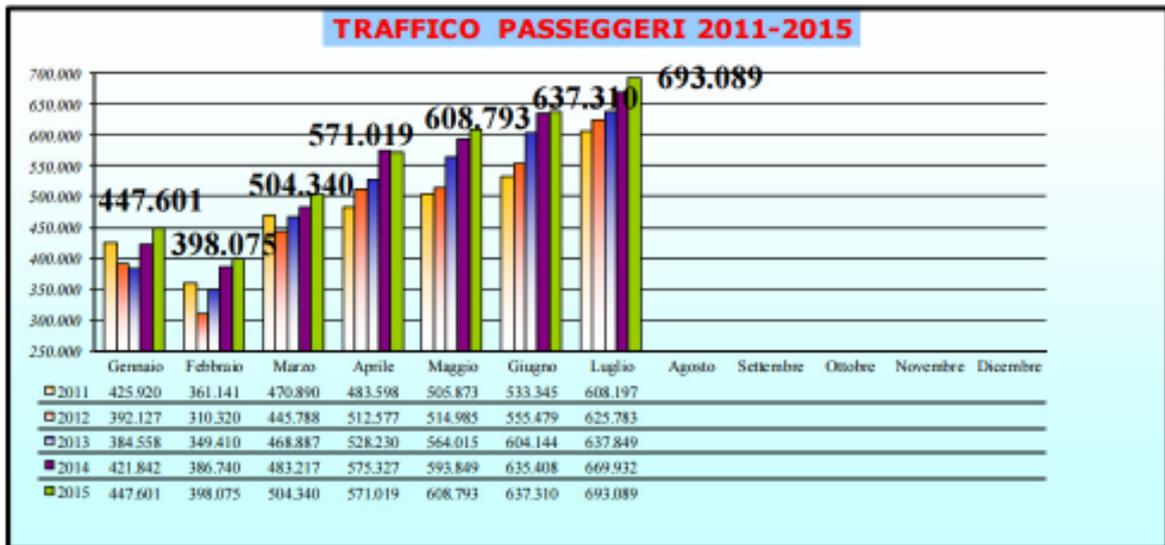


Figura 78: Dati di traffico dell'Aeroporto Marconi dal 2011 al 2015

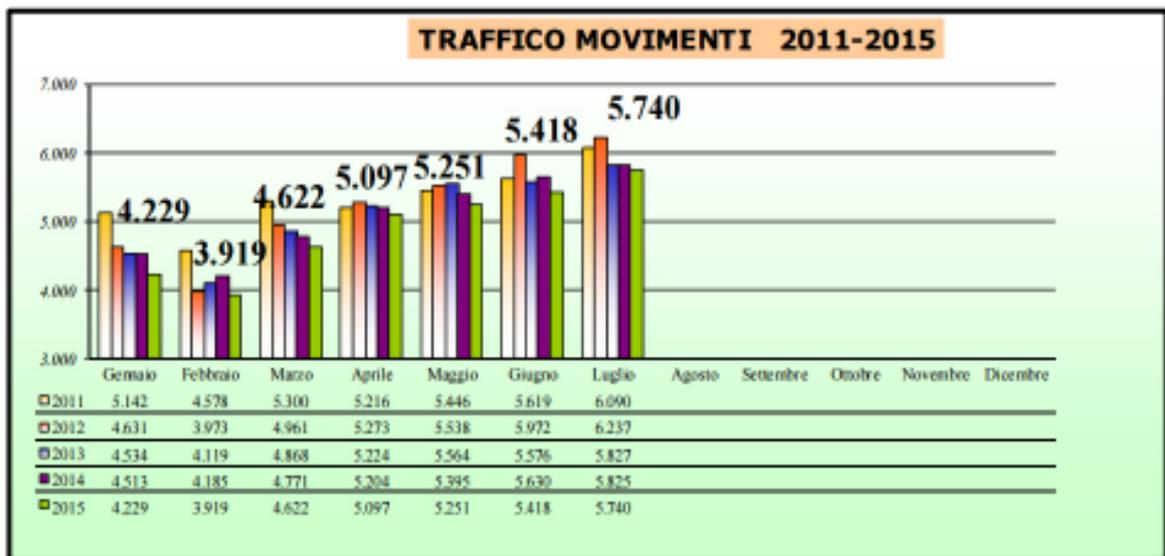


Figura 79: Dati di traffico dei movimenti dell'Aeroporto Marconi dal 2011 al 2015

3.AEROPORTO E IMPATTO AMBIENTALE:

INQUINAMENTO IDRICO

3.1 L'inquinamento delle acque provocato dalle attività air-side

Le attività aeroportuali che si svolgono in air-side hanno un impatto sul territorio circostante: non solo gli aeromobili sono fonte di inquinamento, ma anche tutte le operazioni che interessano i piazzali e che sono strettamente legate al traffico aereo (permettono agli aeromobili di decollare in orario e assicurano il rispetto delle procedure atte a garantire la *safety*).

Scopo di questa tesi è analizzare l'inquinamento idrico provocato dalle operazioni air-side al fine di cercare soluzioni per ridurre la quantità di inquinanti presenti nelle acque meteoriche di dilavamento delle aree esterne aeroportuali che, come riportato nel capitolo 2, vengono convogliate nei tre punti di recapito di acque superficiali (Fosso Fontana, Fosso Cava, Scolo Canocchia), i quali sfociano in corsi d'acqua di maggiore rilevanza.

Nella sezione concernente la tutela ambientale del Regolamento di Scalo dell'Aeroporto G. Marconi è indicato che è compito di ogni operatore privato osservare le disposizioni legislative in materia ambientale al fine di garantire:

- il contenimento dell'inquinamento acustico dovuto ad attività aeronautiche ai sensi di AIP-ENR 1.5-4§2 e AIP-AD2 LIPE;
- il contenimento dell'inquinamento atmosferico generato da sorgenti fisse ai sensi dei DPR 412/93, DPR 203/88, DPR 25/07/91 e DM 471/99;
- la prevenzione e il controllo da rischio ambientale dovuto a incidente rilevante ai sensi del D. Lgs 334/99 e s.m.i.;
- la tutela dei corpi idrici ricettori ai sensi del D. Lgs 152/06 e s.m.i.;
- la gestione dei rifiuti ai sensi del D. Lgs 152/06 e s.m.i.

Per capire l'entità dell'inquinamento idrico è stato necessario svolgere il censimento delle attività a carico del Gestore Aeroportuale (SAB) e degli handlers che provocano il riversamento diretto e/o indiretto di sostanze inquinanti nelle acque di dilavamento; sono state considerate non solo le operazioni che riversano liquidi nelle reti di drenaggio, ma anche

quelle che provocano un deposito e un accumulo di inquinanti sulle pavimentazioni aeroportuali e che, a causa delle piogge, confluiscono anch'essi nelle reti di collettamento.

Per la maggior parte di queste operazioni il candidato ha condotto un'analisi sperimentale così articolata:

- *Fase 1:* raccolta informazioni in merito allo svolgimento dell'operazione attraverso la documentazione a disposizione (Regolamento di scalo, Manuale di Aeroporto, Procedure Operative, Manuale degli Handler);
- *Fase 2:* interviste a tutti i soggetti coinvolti nell'operazione con lo scopo di arricchire le informazioni a disposizione e individuare alcune criticità segnalate dagli operatori;
- *Fase 3:* il candidato ha prelevato campioni di materiale solido e/o liquido;
- *Fase 4:* i campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometrica e/o chimica;
- *Fase 5:* osservazione dei risultati ottenuti dalle analisi;
- *Fase 6:* individuazione di possibili sviluppi futuri.

Di seguito si riportano le operazioni oggetto di analisi.

3.1.1 La sgommatura della pista

Come espresso nel capitolo 2, gli elementi determinanti per la mitigazione degli effetti legati alla riduzione della capacità frenante degli aeromobili e del controllo direzionale in presenza di contaminazioni dovute a precipitazioni atmosferiche sono tre:

- una corretta realizzazione della pavimentazione della pista (pendenze, regolarità del profilo e tessitura superficiale);
- un'adeguata manutenzione della pavimentazione della pista;
- una periodica manutenzione della rete di smaltimento delle acque meteoriche afferente la pista.

Il Gestore aeroportuale deve perciò predisporre Piani di manutenzione per le pavimentazioni e gli impianti (PMS) e dotarsi di personale, mezzi e procedure idonei al monitoraggio dei parametri funzionali della pavimentazione.

La tessitura superficiale svolge un ruolo fondamentale nell'interfaccia tra pneumatico e superficie consentendo, in caso di pioggia, il deflusso del velo d'acqua interposto tra le superfici; la regolarità superficiale garantisce che la pista, in caso di precipitazione, sia priva di depositi d'acqua tali da determinare il rischio di aquaplaning.

Tra le attività di manutenzione rientra la verifica periodica del coefficiente di aderenza della pista in condizioni “dry”, quale parametro in grado di fornire una caratterizzazione pratica, efficiente ed economica delle condizioni di aderenza della superficie anche in relazione alla possibile presenza di acqua o di altre sostanze derivanti dall’uso (residui di gomma, olio, vernici, FOD).

Gli interventi di riduzione dei residui gommosi sulla superficie della pista (denominata “attività di sgommatura”) rientrano tra le attività di manutenzione. A questi interventi deve sempre far seguito una rilevazione del coefficiente di aderenza, per la quale la pista è suddivisa in tre tronchi (A, B e C), dove con la lettera A ci si riferisce al tratto associato al numero di designazione pista più basso. Al fine di individuare le aree che presentano un deficit funzionale, si ritengono significativi tratti di soli 100 m. I risultati delle misure del coefficiente di aderenza sono raccolti a cura della struttura del ph Manutenzione, cui compete l’analisi dei dati e il monitoraggio delle condizioni della pista, allo scopo di programmare gli eventuali interventi di ripristino, anche locali.

Strumento di misura	Ruotino di misura ⁽²⁾		Velocità del test (Km/h)	Spessore acqua test (mm)	Obiettivo di progetto (DOL)	Livello di manutenzione (MPL)	Livello minimo di aderenza (MFL)
	Tipo	Pressione (kPa)					
(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Mu-meter	A	70	65	1.0	0.72	0.52	0.42
Trailer	A	70	95	1.0	0.66	0.38	0.26
Skiddometer Trailer	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.47	0.34
Surface Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.47	0.34
Runway Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.54	0.41
TATRA Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.0	0.76	0.57	0.48
	B	210	95	1.0	0.67	0.52	0.42
GRIPTESTER Trailer	C	140	65	1.0	0.74	0.53	0.43
	C	140	95	1.0	0.64	0.36	0.24

Tabella 26: Valori di riferimento del coefficiente di aderenza della pista [Fonte: Circolare Enac APT-10A del 30/10/2014]

Atterraggi giornalieri aerei turbo-jet per fine pista (H)	Peso annuo aa/mm per fine pista (10^6 kg) (K)	Frequenza minima verifica aderenza (M)	Frequenza minima rimozione gomma (N)
meno di 15	meno di 447	1 volta / anno	1 volta / 2 anni
da 16 a 30	da 448 a 838	1 volta / 6 mesi	1 volta / anno
da 31 a 90	da 839 a 2.404	1 volta / 3 mesi	1 volta / 6 mesi
da 91 a 150	da 2.405 a 3.989	1 volta / mese	1 volta / 4 mesi
150 to 210	da 3.970 a 5.535	1 volta / 2 settimane	1 volta / 3 mesi
più di 210	più di 5.535	1 volta / settimana	1 volta / 2 mesi

Tabella 27: Programma di manutenzione in base alle operazioni turbo-jet per fine pista [Fonte: Circolare Enac APT-10A del 30/10/2014]

Come si evince dalla Tabella 27, i criteri di programmazione degli interventi di rimozione dei residui gommosi dalle superfici delle piste sono basati sui movimenti dei velivoli a reazione riferiti a ciascuna estremità di pista e sono espressi sia in termini di movimenti giornalieri in arrivo (colonna H), sia in termini di peso totale su base annua dei velivoli che operano per ogni estremità, espressi in milioni di kg (colonna K).

Gli interventi annuali di sgommatura che sono eseguiti sulla pista dell'Aeroporto G. Marconi sono tre:

- a) 22 Maggio 2015: tratto di lunghezza 550 m in testata 12 (tratto A)
- b) 23 Settembre 2015: tratto di lunghezza 550 m in testata 30 (tratto B)
- c) 24 Settembre 2015: tratto di lunghezza 400 m in testata 12 (tratto C)

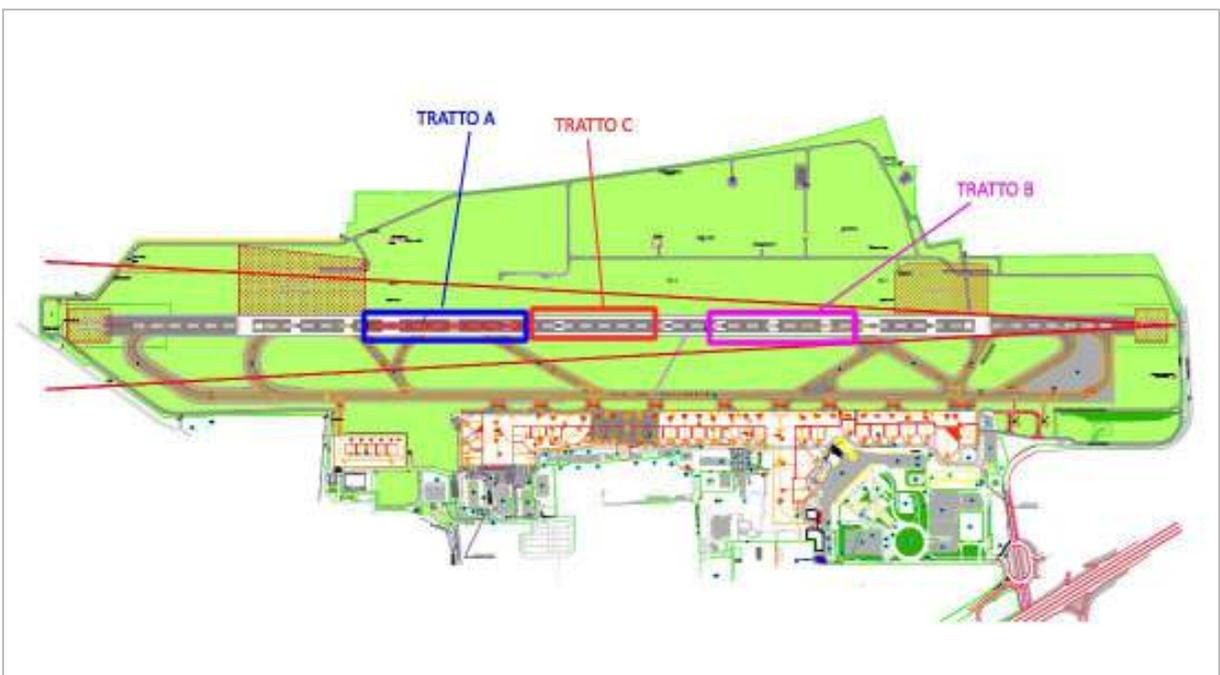


Figura 80: Tratti della pista dell'Aeroporto Marconi interessati dagli interventi di sgommatura

Gli interventi di sgommatura sono realizzati sui tratti di pista interessati dalla fase di toccata in atterraggio degli aeromobili: il numero di interventi di sgommatura è maggiore in testata 12 perché attualmente il numero di atterraggi è più elevato lato Modena (dove è presente un sistema ILS più avanzato, di categoria IIIB), anche se con l'installazione del nuovo ILS di categoria I in testata 30 la differenza di atterraggi tra le due testate dovrebbe ridursi.

Ogni sgommatura è eseguita su un tratto di pista largo 12 m (6 m a Nord e 6 m a Sud dalla *centerline*), in modo da rimuovere il gommino rilasciato dai pneumatici nella zona interessata dal passaggio dei carrelli dell'aeromobile.

A seguito dei tre interventi annuali sono interessati dalla sgommatura 18.000 m² di pavimentazione totali, di cui:

- a) $550 \text{ m} \times (6 \text{ m} + 6 \text{ m}) = 6.600 \text{ m}^2$
- b) $550 \text{ m} \times (6 \text{ m} + 6 \text{ m}) = 6.600 \text{ m}^2$
- c) $400 \text{ m} \times (6 \text{ m} + 6 \text{ m}) = 4.800 \text{ m}^2$

Ogni intervento di sgommatura richiede la chiusura della pista (perciò sono svolti in orario notturno, quando il numero di movimenti è comunque molto ridotto e si arreca un danno minore alla capacità operativa dello scalo) e la comunicazione costante con la torre di controllo (TWR).

Una volta terminato l'intervento, affinché la pista possa essere riaperta al traffico aereo, devono essere date:

- *Agibilità tecnica* conferita dai tecnici SAB
- *Agibilità operativa* conferita dal SAF

In particolare, l'intervento del 22 maggio 2015 ha interessato un tratto di pista compreso tra la taxiway Charlie (in questi primi metri il mezzo addetto alla sgommatura ha potuto mantenere una velocità più elevata perché vi era una minore quantità di gomma da rimuovere) e la taxiway Echo.

L'attività di sgommatura comprende diverse fasi:

- 1) la pista viene chiusa al traffico aereo;
- 2) il mezzo accede in air-side e si riempie la sua cisterna con acqua (circa 45 minuti);
- 3) il mezzo si posiziona nel tratto di pista interessato dall'intervento;
- 4) è eseguita la sgommatura;
- 5) al termine dell'intervento, è eseguito obbligatoriamente un *friction test* dal SAF per misurare il coefficiente di attrito della pista, il quale dovrebbe aumentare a seguito

della rimozione del gommino (che ostruisce i pori superficiali del conglomerato bituminoso e peggiora la macrotestitura);

6) sono date le agibilità tecnica e operativa. È compito dei tecnici SAB verificare che lo strato di usura non venga rimosso a causa dell'elevata pressione degli ugelli. I tecnici compilano la MILA (comunicazione interna) e il verbale di esecuzione lavori, il quale è poi consegnato a Enac;

7) la pista viene riaperta al traffico.

La sgommatatura all'Aeroporto Marconi è eseguita dall'impresa Eurojet, che possiede macchinari molto efficienti in grado di rimuovere il gommino in tempi rapidi, mantenendo inalterate le caratteristiche di progettazione del conglomerato bituminoso.

La tecnologia utilizzata da Eurojet è il risultato della combinazione di getti d'acqua ad altissima pressione e barre rotanti con ugelli inclinati che permettono di ottimizzare la rimozione della gomma, riducendo al minimo le sovrapposizioni necessarie per coprire l'intera superficie da pulire. I residui, acqua e frammenti di gomma, sono costantemente aspirati da un circuito di pompa a vuoto che permette di riutilizzare l'acqua reflua dopo averla filtrata e aver eliminato i depositi di gomma attraverso le operazioni di filtraggio e flocculazione (processo che permette di separare le particelle in sospensione ancora presenti nell'acqua dopo il primo filtraggio). Al termine del processo, dunque, l'acqua può essere riutilizzata, mentre la gomma è depositata in un serbatoio, pronta per essere stoccata e destinata ad altri usi. La tecnologia Eurojet è molto avanzata sia a livello tecnico, che a livello ambientale: non solo impiega un minor numero di litri d'acqua per metro quadrato di superficie trattata, ma permette di riutilizzare l'acqua e di separare i residui di gomma che possono così essere utilizzati per altri processi produttivi, portando enormi vantaggi in termini economici.

Dopo alcuni cicli, l'acqua che non può più essere riutilizzata è raccolta in un contenitore, quindi svuotata in fognatura.

Eurojet ricorre alla tecnologia *waterblasting* che, rispetto ai metodi alternativi (pallinatura, sabbiatura metallica, sabbiatura, sverniciatura chimica) presenta numerosi vantaggi. I getti d'acqua ad alta pressione permettono di raggiungere i pori dell'asfalto e di ripulirli in maniera molto efficace mantenendo intatta la sua superficie. Inoltre, grazie alle tecnologie utilizzate, è possibile risparmiare un'ingente quantità di acqua, riutilizzando l'acqua già sfruttata dopo un'operazione interna di ulteriore filtraggio che permette di non disperdere i residui solidi, pezzi di gomma o di materiali termoplastici di cui è composta la segnaletica, conservati in un

serbatoio fino al momento dello smaltimento o del riciclo. Il metodo tradizionale per effettuare la sgommatura di piste aeroportuali è quello eseguito con prodotti chimici. Nonostante negli ultimi anni alcune compagnie abbiano sviluppato prodotti biodegradabili per eseguire la procedura diminuendo l'impatto dei prodotti sull'ambiente, il metodo *waterblasting* è più conveniente sotto vari aspetti:

- Applicazione: lo svolgimento del processo con l'utilizzo di prodotti chimici implica almeno 3 o 4 volte il tempo necessario per eseguire l'idrosgommatura col metodo *waterblasting* e richiede un numero maggiore di personale addetto e di attrezzatura. Per l'esecuzione dell'idrosgommatura con prodotti chimici servono almeno 3 camion e, al contrario di quanto avviene col metodo *waterblasting*, nel corso del processo la pista non è utilizzabile per atterraggi di emergenza.
- Impatto Ambientale: con la sverniciatura chimica, al momento della pulizia della pista, la gomma e i prodotti chimici vengono sciacquati via e spinti sul terreno circostante, con conseguenze altamente inquinanti. Il metodo *waterblasting* permette di eliminare tutti i residui della sgommatura senza lasciare nulla sul terreno e senza riversare prodotti nocivi che possano inquinare le zone circostanti.
- Impatto strutturale: le macchine per pulire utilizzate nel processo di sgommatura chimica lasciano inevitabilmente residui di prodotto chimico e di gomma nei piccoli solchi della pavimentazione, inoltre i macchinari di pulizia, con il tempo, finiscono con il levigare la superficie asfaltica. Le tecnologie *waterblasting*, invece, permettono una perfetta pulizia delle piccole scanalature del terreno senza incidere sull'integrità della superficie.
- Costi: i costi complessivi da sostenere utilizzando la tecnologia *waterblasting* risultano inferiori rispetto a quelli della sgommatura chimica. Inoltre, il metodo che utilizza i prodotti chimici è da ripetere più frequentemente rispetto al *waterblasting*, in grado di pulire le superfici più a fondo e, quindi, più a lungo.

Il macchinario impiegato è un camion Renault Kerax da 520 cavalli che è stato adattato direttamente negli Stati Uniti per le esigenze di questa tecnologia. Oltre alle peculiarità "green" della macchina, che utilizza solo acqua ad altissima pressione e non disperde i residui nell'ambiente circostante, uniche sono anche le *performances* funzionali: essa agisce con rapidità, lasciando le piste degli aeroporti libere in un intervallo temporale molto breve, nel pieno rispetto di tutte le esigenze di sicurezza. Di seguito si riportano le caratteristiche della tecnologia impiegata:

- impianto della Waterblasting Technologies: SH8000;
- pressione dell'acqua 40.000 psi – 2750 bar;
- barre rotanti dotate di ugelli inclinati;
- pompa a vuoto per l'aspirazione dei residui;
- sofisticato sistema di filtraggio, che trattiene le particelle fino ad un micron;
- sistema di riciclo dell'acqua;
- serbatoio per lo stoccaggio del residuo gommoso;
- trasmissione idrostatica (comandata elettronicamente attraverso un potenziometro in cabina, che consente di marciare con velocità costante fino a 11 km/h) che agisce sulle ruote posteriori, parallela a quella meccanica, che il conducente inserisce solamente quando effettua la lavorazione e permette di procedere avanti e indietro.

Le specifiche tecniche del truck Eurojet sono:

- Pressione operativa: 2.750 bar (40.000 psi);
- Portata circuito: 44,6 litri per minuto su unità principale a doppia testa
22,7 litri per minuto su unità secondaria a testa singola (SH1000);
- Filtraggio acqua: 1 micron;
- Capacità aspirazione: 2.378 m³/hr a 1.400 giri al minuto;
- Capacità serbatoio acqua: 10.200 litri in acciaio;
- Capacità serbatoio stoccaggio: 6.056 litri in acciaio;
- Valori rumorosità: 88 db a 20 metri
82,5 db a 10 metri;
- Potenza erogata: tutti i componenti sono alimentati dal motore del camion (520 hp);
- Coppia: 2.250 Nm a 1500 giri al minuto;
- Trasmissione: completamente automatica (durante le operazioni di lavoro il sistema si muove con trazione idrostatica);
- Doppia testa rotante: larghezze disponibili variabili da 15 a 71 cm; infinite combinazioni di posizione tra le due teste, da destra a sinistra. Controllo automatico tramite joystick. Passaggio automatico tra posizione guida e posizione lavoro;
- Spray bar: brevettate con larghezze da 15, 20, 25 e 35 cm, configurabili individualmente per ogni specifica applicazione;
- Avanzamento idrostatico: elettronico da 0 a 11 km/h, in avanti ed in indietro con controllo tramite potenziometro su console;

- Sistema Vacuum (del vuoto): brevettato con silenziatore a tre stadi di filtraggio;
- Serbatoio filtraggio: separazione e recupero del liquido per il riutilizzo. Stoccaggio dei residui in un serbatoio adiacente per il successivo scarico, separato dalla parte liquida.



Figura 81: L'intervento di sgommatura è eseguito di notte, generalmente a pista chiusa



Figura 82: Pavimentazione della pista dell'aeroporto Marconi prima dell'intervento di sgommatura



Figura 83: Macchinario Eurojet per sgommatura



Figura 84: Le spazzole rotanti favoriscono la rimozione del gommino



Figura 85: Serbatoio per la raccolta di acqua "sporca" e del gommino asportato dalla pavimentazione



Figura 86: Particolare delle spazzole rotanti e degli ugelli



Figura 87: Macchinario Eurojet in azione sulla pista dell'Aeroporto Marconi



Figura 88: Gli ugelli spruzzano acqua fino alla pressione di 38.000 dpi



Figura 89: Potenza del getto degli ugelli



Figura 90: Differenza tra la pavimentazione prima della sgommatura (a sinistra) e dopo la sgommatura (a destra, bagnata dal getto di acqua in pressione)



Figura 91: Particolare delle spazzole rotanti in azione



Figura 92: Dopo la sgommatura i pori dello strato di usura sono ripuliti dal gommino delle ruote degli aeromobili



Figura 93: Pori ostruiti (a destra) e pori liberi (a sinistra)

Al termine dell'attività di sgommatura del 22 maggio 2015 è stato prelevato un campione di acqua contaminata dal gommino dal serbatoio del camion ed è stato sottoposto ad analisi chimica.

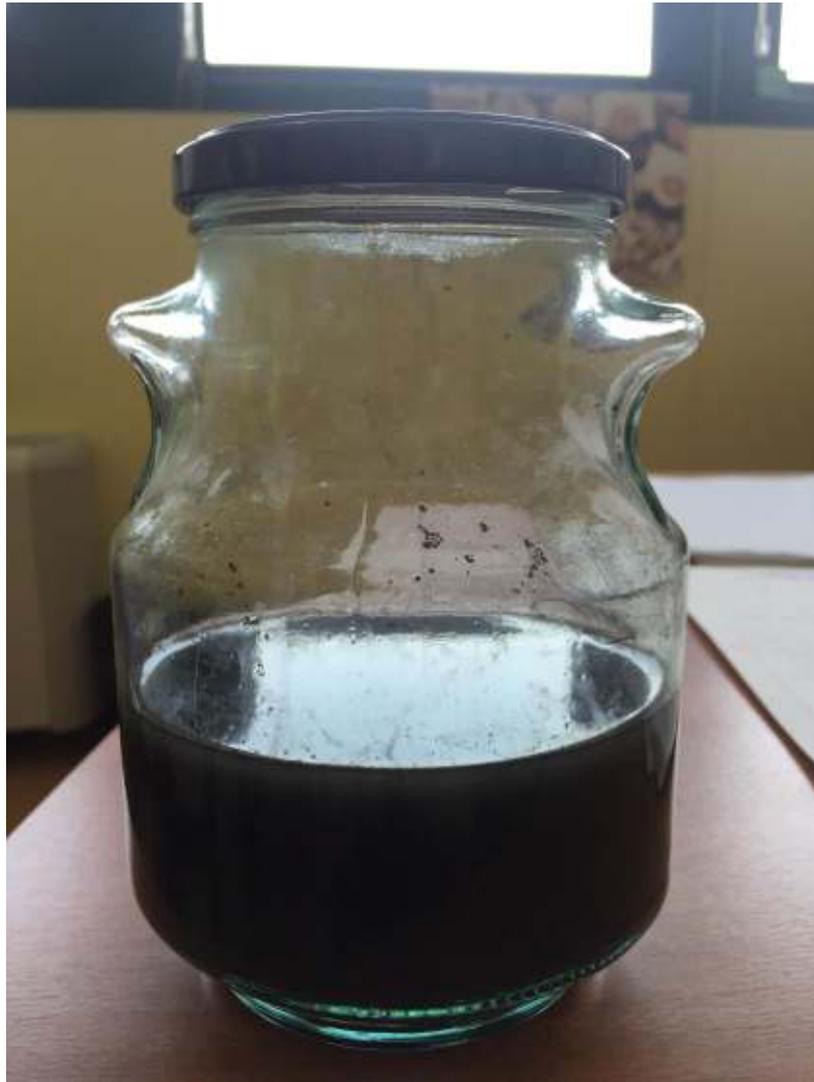


Figura 94: Campione di acqua sporca prelevato dal serbatoio



Figura 95: Il colore scuro dell'acqua è dovuto alla contaminazione del gommino

Dalle analisi chimiche eseguite sul campione (si veda l'Allegato 4) è emersa un'elevata concentrazione di solidi sospesi totali (dovuta anche alla presenza dei residui di gommino nel campione liquido prelevato), di rame, di zinco e di COD (*Chemical Oxygen Demand*).

In particolare, il COD è correlato al carbonio, uno dei principali costituenti degli pneumatici dei carrelli degli aeromobili.

Dopo ogni intervento di sgommatura è obbligatorio eseguire un *friction test* per valutare il coefficiente di attrito della pista: infatti gli interventi di sgommatura ben eseguiti portano a un incremento di tale coefficiente. Al contrario, interventi di sgommatura compiuti a velocità troppo elevate e con eccessive pressioni dei getti di acqua degli ugelli possono provocare l'asportazione di parte del conglomerato bituminoso dallo strato di usura e una conseguente diminuzione del coefficiente di attrito.

È compito del SAF verificare lo strato di aderenza della pista: si utilizza un'automobile sulla quale sono installati un ruotino SFT e una botte riempita di acqua. Durante il test è prelevata acqua dalla botte e spruzzata sulla pavimentazione con lo scopo di simulare le condizioni di pista bagnata (perciò con minor coefficiente di attrito). In realtà i valori del coefficiente di attrito ottenuti con pista bagnata "naturalmente" sono differenti da quelli ottenuti con pista bagnata "artificialmente" e si preferiscono i primi. Infatti, il coefficiente di attrito che si considera è sempre quello su pista bagnata "naturalmente".

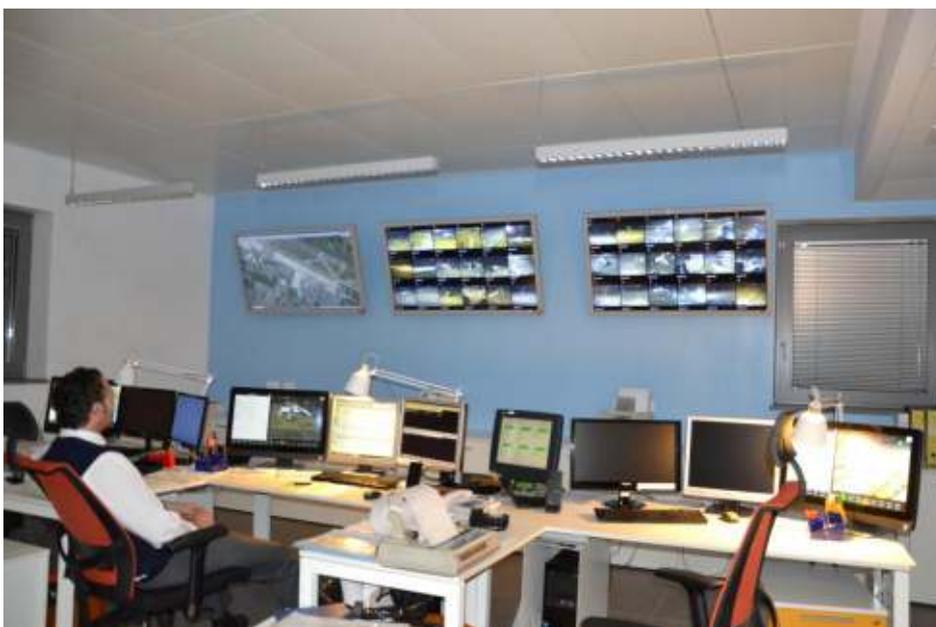


Figura 96: Ufficio SAF presso edificio COA (Centro Operazioni Aeroportuali) dove, con l'ausilio di monitor, si controllano costantemente tutte le aree air-side

Negli anni passati il *friction test* era eseguito una volta a settimana, ma l'ICAO ha stabilito che non c'è molta corrispondenza tra il rutino SFT e il carrello aereo, perciò ora il test è svolto solo per fini manutentivi.

All'Aeroporto Marconi il *friction test* è eseguito una volta ogni due settimane durante la stagione invernale, una volta al mese nel periodo estivo e ogni qualvolta siano trascorsi più di 30 giorni dall'ultima precipitazione.

Durante il test l'automobile, in contatto con la TWR, si dispone in testata pista (all'Aeroporto Marconi si inizia dalla testata 30). L'operatore SAF si pone nella fascia antierosione e si muove a velocità sostenuta fin da subito; alla quarta freccia segnalata sulla pavimentazione, deve avere raggiunto una velocità di 95 km/h poiché da quel punto l'operatore preme "start" e inizia la misurazione del coefficiente. Durante il test si percorre un tratto di lunghezza 2.400 m e si cerca di mantenere costante la pressione dell'acqua che viene spruzzata per simulare la pista "wet" (questa operazione risulta piuttosto delicata e complessa, in quanto l'automobile ha tempi di risposta molto lenti alle variazioni di pressione imposte dall'operatore attraverso i comandi). La misurazione termina a 50 m dalla soglia della testata 12, poi l'operatore SAF esegue un'inversione di marcia e procede con un secondo giro in direzione testata 30.

In occasione della sgommatura del 22 maggio 2015 sono stati eseguiti due *friction test*: uno pre-sgommatura e uno a sgommatura avvenuta.



Figura 97: Mezzo impiegato per il friction test



Figura 98: Serbatoio con acqua installato a bordo dell'automobile

Di seguito si riportano i risultati del *friction test* pre-sgommatura.



Figura 99: Grafico del coefficiente di attrito pre-sgommatura misurato per l'intera lunghezza della pista

Come è possibile osservare dal grafico, il test fornisce sia i valori puntuali (in corrispondenza di ogni progressiva) sia il valore medio del coefficiente di attrito.

La linea gialla del grafico si ha in corrispondenza di un valore 0,34 del coefficiente di attrito: al di sotto la pista non è agibile e deve essere chiusa.

La linea verde indica il valore del coefficiente (pari a 0,46) sotto al quale è necessario un intervento di manutenzione sulla pavimentazione della pista.

La curva blu indica i valori del coefficiente di attrito nel primo giro dell'automobile (da testata 30 a testata 12), mentre quella rossa indica i valori del coefficiente nel secondo giro (da testata 12 a testata 30).

I valori più bassi del coefficiente si hanno in corrispondenza dei punti in cui avviene la toccata degli aeromobili (pista 12 *touch down zone* e pista 30 *touch down zone*).

Affinché possa essere eseguito il test ci deve essere almeno 1 mm di acqua sulla pista (meglio se bagnata naturalmente), con pista asciutta non si esegue mai il test.

Il *friction test* eseguito con pista bagnata artificialmente (attraverso gli ugelli che spruzzano acqua prelevandola dal serbatoio installato sull'automobile) è denominato “dry”, quello su pista bagnata naturalmente è chiamato “wet”.

AVERAGE VALUES				
Distance (m)	Run 1 Data		Run 2 Data	
	Avg Speed (km/hr)	Avg Friction	Avg Speed (km/hr)	Avg Friction
000- 100	99	0.88	99	0.93
100- 200	100	0.87	99	0.91
200- 300	99	0.87	99	0.94
300- 400	99	0.90	99	0.89
400- 500	99	0.88	99	0.85
500- 600	99	0.80	99	0.77
600- 700	99	0.72	99	0.81
700- 800	100	0.79	99	0.87
800- 900	100	0.91	99	0.84
900- 1000	100	0.92	99	0.90
1000- 1100	100	0.89	99	0.92
1100- 1200	100	0.90	99	0.89
1200- 1300	100	0.90	99	0.88
1300- 1400	100	0.88	99	0.88
1400- 1500	100	0.87	99	0.93
1500- 1600	100	0.91	99	0.94
1600- 1700	100	0.91	99	0.83
1700- 1800	100	0.82	99	0.62
1800- 1900	100	0.67	99	0.60
1900- 2000	100	0.58	99	0.80
2000- 2100	100	0.70	99	0.90
2100- 2200	100	0.93	100	0.86
2200- 2300	99	0.89	99	0.80
2300- 2400	99	0.89	101	0.80
Average	100	0.85	99	0.85
Overall Friction Average: 0.85				

Figura 100: Valori del coefficiente di attrito (Avg friction) misurati per ogni progressiva al primo giro di automobile (in blu) e al secondo giro (in rosso)

SECTION FRICTION AVERAGES			
	Fric: Run 1	Fric: Run 2	Section Avg.
Section A	0.80	0.78	0.79
Section B	0.90	0.90	0.90
Section C	0.84	0.87	0.86
Run Average	0.85	0.85	0.85

Figura 101: Medie dei valori del coefficiente di attrito per ciascuna delle tre sezioni della pista riferiti al primo giro (in blu) e al secondo giro (in rosso)

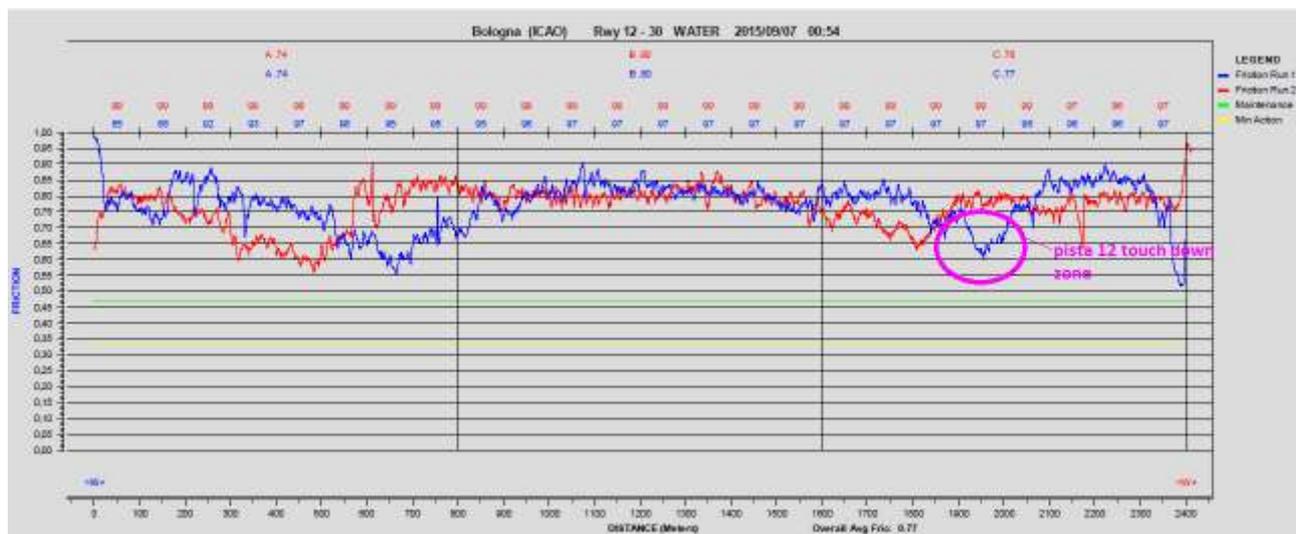


Figura 102: Grafico del coefficiente di attrito post-sgommatura misurato per l'intera lunghezza della pista

3.1.2 La pulizia dei piazzali

Poiché tutta la sporcizia che si accumula sulle aree pavimentate è dilavata dalle precipitazioni e finisce nella rete di raccolta delle acque meteoriche, è importante capire quali inquinanti sono presenti nella frazione solida che si deposita sulle aree operative e che dimensioni ha quest'ultima.

Per ridurre l'inquinamento idrico e assicurare che le superfici operative siano mantenute libere da oggetti (FOD, per i quali SAB ha sistemato numerosi contenitori specifici in prossimità degli stand aeromobili) e detriti che possano causare danni agli aeromobili, ai loro motori o al personale in servizio presso l'air-side è fondamentale la periodica pulizia delle aree soggette al dilavamento.

La procedura *PO 04 Gestione pulizie aree operative e viabilità air-side* dell'Aeroporto G. Marconi indica come deve essere eseguita la pulizia delle zone di cui sopra.

Il servizio pulizie in air-side con spazzatrice aeroportuale è applicato direttamente da SAB nelle seguenti aree:

- pista di volo e fasce antierosione;
- taxiway (taxiway "T" e taxiway di accesso/uscita pista);
- aircraft stand taxilane ("N", "U", "V", "W", "Z");
- taxiway di accesso/uscita dagli apron;
- apron 1,2,3,4;
- piazzole di sosta elicotteri 501-502 e relativa viabilità di servizio;
- strada perimetrale (nel tratto adiacente alla recinzione aeroportuale), escluso il tratto tra il COS e il Piazzale 4;
- aree air-side collocate tra la strada di servizio e l'aerostazione passeggeri (in particolare in prossimità dei moli di imbarco e sui camminamenti passeggeri).

Il Gestore fornisce il servizio di pulizia tramite gli addetti "Follow-me".

Gli interventi di pulizia si suddividono in ordinari (programmati) e straordinari (non programmati, si rendono necessari occasionalmente quando le imprese esterne intervengono in orario notturno sui piazzali perché, pur essendo tenute a pulire le aree una volta terminata l'operazione, la scarsa visibilità richiede un intervento di pulizia dopo l'ispezione mattutina).

La frequenza degli interventi ordinari è stabilita da Enac e varia in base all'area oggetto di pulizia:

- pista di volo: una volta a settimana (indicativamente il sabato sera);
- taxiway (taxiway "T" e taxiway di accesso/uscita pista): una volta alla settimana (indicativamente il venerdì sera);
- apron e piazzole di sosta elicotteri: due volte alla settimana (indicativamente il lunedì e il mercoledì);
- strada perimetrale: una volta ogni due mesi (l'ultimo giovedì dei mesi dispari);
- aree air-side collocate tra la strada di servizio e l'aerostazione passeggeri: giornalmente.

Enac controlla che tali frequenze siano rispettate e interroga i "Follow-me" su eventuali pulizie non effettuate.

Nel caso di scarse condizioni di visibilità (LVP, *Low Visibility Procedure*) gli interventi di pulizia rimandati dovranno essere eseguiti nella prima data disponibile fornendone informativa a ENAV.

Per evitare la formazione di ghiaccio sulle pavimentazioni, è vietato l'utilizzo dell'acqua contenuta nella spazzatrice con temperature uguali o inferiori a 1 °C.

Ai fini di questa tesi si osserva l'operazione di pulizia dei piazzali (in particolare, dell'apron 1, il più trafficato dagli aeromobili commerciali) e dell'area air-side posta in prossimità dell'aerostazione passeggeri (vicino ai moli di imbarco e ai camminamenti passeggeri).

Di seguito si riportano le fasi che precedono ciascun intervento di pulizia:

1. l'addetto "Follow-me" che esegue l'intervento deve compilare la "Scheda controlli spazzatrice", poi registrare l'operazione sul "Rapporto effettuazione pulizie con spazzatrice";
2. l'addetto "Follow-me" concorda con il SAF gli orari di svolgimento dell'attività;
3. l'addetto "Follow-me" effettua i controlli previsti dalla check-list "Scheda controlli spazzatrice";
4. l'addetto "Follow-me" informa il SAF dell'intervento e verifica insieme a lui se vi sono aree che necessitano di pulizie particolari;
5. nel caso in cui l'intervento interessi aree particolari (l'Area di Manovra, le aircraft stand taxilane "N", "U", "W" e "Z", gli apron 1, 2, 4,4 e le piazzole elicotteri 501-502 in presenza di LVP predisposte o attivate) deve essere coordinato preventivamente con Enav.

La velocità di utilizzo della spazzatrice (velocità operativa) deve essere mantenuta tra i 30 e i 35 km/h e non deve in nessun caso superare i 40 km/h.

L'operatore, durante l'esecuzione e al termine dell'intervento, deve verificare visivamente che l'area trattata risulti libera da FOD e da qualsiasi altra contaminazione. Terminata la pulizia, comunica alla TWR la fine dell'operazione.

Le pulizie non si eseguono nei seguenti casi:

- in presenza di precipitazioni (per l'impossibilità di operare);
- in caso di *contingency* (ad esempio, causata dalla rottura di un macchinario).

Nei piazzali la pulizia è di tre tipi:

- a) rimozione dei FOD;
- b) pulizia con spazzatrici Autobren e Boschung nelle aree dei piazzali vere e proprie;
- c) pulizia con spazzatrice Dulevo nell'area pavimentata antistante il terminal.

La rimozione dei FOD (*Foreign Object Damage*) non è stata approfondita in questa tesi poiché la presenza di oggetti estranei sulle superfici operative costituisce un rischio per la *safety* (collisione/ingestione di un oggetto estraneo con un velivolo), ma non rientra tra le cause di inquinamento idrico.

Le spazzatrici Autobren e Boschung sono le vere e proprie spazzatrici aeroportuali, caratterizzate da grandi dimensioni che le rendono idonee alla pulizia dei piazzali, della pista e dei raccordi.

Mentre la Autobren assolve esclusivamente la funzione di spazzatrice, la Boschung può essere impiegata come mezzo spalaneve durante la stagione invernale, previa opportuna installazione di una pala nella parte frontale del mezzo.

La spazzatrice Autobren è un veicolo idoneo ad operare su strade e piazzali, piste di volo, raccordi e piazzali aeroportuali, con telaio di provenienza commerciale. Essa presenta un sistema di raccolta di tipo aspirante e rigenerativo (impiega l'aria espulsa per convogliare il materiale verso la bocca aspirante), idoneo per l'asportazione di detriti solidi di qualsiasi genere (eventualmente anche senza che venga bagnato il suolo) e alla raccolta di materiali metallici senza l'ausilio di magneti. È dotata di un tubo di aspirazione esterno per la raccolta di foglie e detriti vari depositatisi in cunette di scolo e pozzetti.



Figura 103: Spazzatrice Autobren



Figura 104: Spazzatrice Autobren



Figura 105: L'operatore air-side individua le aree da pulire anche grazie al monitor installato nella cabina della spazzatrice



Figura 106: Particolare delle spazzole rotanti della spazzatrice Autobren

La spazzatrice Boschung è formata da un allestimento base con la possibilità di installare strumenti per la rimozione della neve e la pulizia delle aree aeroportuali.



Figura 107: Boschung con allestimento spazzatrice



Figura 108: Particolare dell'apparato aspiratore della spazzatrice Boschung



Figura 109: Particolare delle spazzole laterali della spazzatrice Boschung



Figura 110: Boschung con allestimento per rimozione della neve

Il processo di pulizia è analogo in entrambi i macchinari: è spruzzato un getto d'acqua sulla pavimentazione al fine di evitare che si sollevi la polvere, poi le spazzole rotanti raccolgono il rifiuto e lo convogliano verso l'apparato aspiratore. La polvere è quindi inviata al cassone della spazzatrice, infine scaricata nel container di proprietà di Hera situato a fianco dell'officina dell'Aeroporto. Questo container è svuotato da Hera con frequenza quadrimestrale circa.



Figura 111: Container dove sono raccolti tutti i rifiuti aspirati dalle spazzatrici



Figura 112: Una volta pieno, il container è svuotato da Hera

L'addetto air-side che effettua la pulizia percorre più volte lo stesso tratto con la spazzatrice per assicurarsi, anche visivamente, che venga rimossa la quasi totalità dei rifiuti. Un ulteriore controllo è a cura del rampista, il quale si reca nello stand dell'aeromobile 5 minuti prima del

suo arrivo e si accerta che non vi siano corpi solidi che potrebbero danneggiare i motori sulla pavimentazione.

Durante le operazioni di pulizia si mantiene il contatto con la TWR sebbene i piazzali siano di competenza del Gestore aeroportuale e non della torre (al contrario di pista, via di rullaggio e raccordi).

I rifiuti sono costituiti prevalentemente da asfalto (inerte, brecciolino che si staccano dallo strato di usura). Non dovrebbero essere presenti rifiuti di dimensioni maggiori (fogli di carta, bottiglie di plastica) perché questi sono presenti soprattutto nelle aree interessate dal transito dei passeggeri e sono raccolti dalla spazzatrice Dulevo, di dimensioni inferiori.

Il SAF è la figura responsabile della pulizia, ma in realtà si ha una triplice verifica: il rampista, l'addetto air-side ("Follow-me") che guida la spazzatrice e la TWR monitorano costantemente il rispetto delle distanze di sicurezza tra aeromobile e mezzi che operano sul piazzale.

Il SAF esegue tre controlli giornalieri sulle superfici:

- al mattino: in pista, nei raccordi, sulla taxiway, sulla aircraft stand taxilane "Z" e "U";
- al pomeriggio;
- durante la notte (ispezione più difficoltosa a causa della scarsa visibilità, ma si ha maggior tempo a disposizione).

Dall'agosto 2014 la pulizia delle aree air-side è stata integrata dall'utilizzo della spazzatrice Dulevo 1100, un mezzo di dimensioni simili a quelle delle spazzatrici impiegate su strada. La Dulevo consente di spazzare e aspirare i rifiuti nelle aree comprese tra la strada di servizio e l'aerostazione per tutto il profilo compreso tra l'edificio BHS e il fabbricato arrivi Non-Schengen, come indicato in Figura 113.

L'attività è svolta giornalmente dal "Follow-me" durante la fascia oraria 06.00-08.00 e in altre eventuali situazioni individuate dal SAF durante la giornata.

Nel caso dovessero verificarsi impedimenti allo svolgimento del lavoro nel periodo indicato, questo dovrà essere ripreso e portato a termine appena possibile. L'attività di assistenza agli aeromobili in arrivo e in partenza rimane prioritaria.

Le aree oggetto di questa operazione sono:

- perimetro esterno degli edifici BHS e ricovero carrelli e aree antistante;
- profilo e aree antistanti i nastri di riconsegna bagagli;
- profilo e aree antistanti i moli d'imbarco;

- tutto il profilo dell'aerostazione dall'edificio BHS sino al nuovo edificio che ospita gli arrivi Non-Schengen.

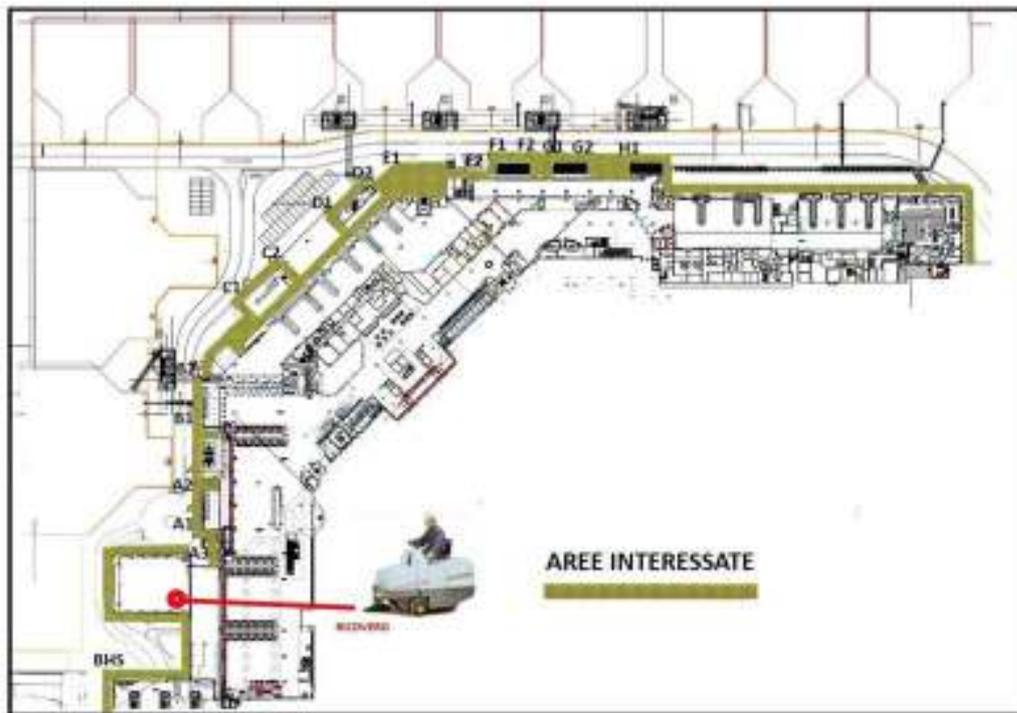


Figura 113: Aree interessate dal passaggio della spazzatrice Dulevo 1100

La pulizia di queste aree ha un duplice obiettivo: l'abbattimento del livello di produzione di FOD con conseguente incremento della *safety* e un miglioramento al decoro della struttura.

Il funzionamento della spazzatrice è analogo a quello descritto per la Autobren e la Boschung: le spazzole rotanti favoriscono l'asportazione dei rifiuti che vengono poi aspirati e raccolti nel retro della spazzatrice; al termine dell'operazione tutto il materiale viene posto in un contenitore portarifiuti che periodicamente è svuotato nel container Hera.

In data 29 luglio 2015 è stato prelevato un campione di acque di dilavamento da una caditoia dell'apron 1. Tale campione è poi stato sottoposto ad analisi chimica e successivamente a essiccazione in stufa alla temperatura di 110°C per 24 ore al fine di ottenere una frazione solida da sottoporre ad analisi granulometrica. Dopo il passaggio in stufa la sostanza secca è risultata in quantità inferiore a 0,5 g, perciò non si è potuto procedere con l'analisi granulometrica.



Figura 114: Prelievo del campione dalla caditoia dell'apron 1

In data 3 agosto 2015 sono stati prelevati due campioni di rifiuti presenti sulla pavimentazione in calcestruzzo dell'apron 1 (un campione è stato raccolto prima del passaggio della spazzatrice aeroportuale, il secondo terminata l'operazione di pulizia), il piazzale interessato dal maggior numero di movimenti di aerei commerciali e perciò, presumibilmente, il più sporco.

Prima del passaggio della spazzatrice si è osservato che il maggior accumulo di rifiuto (costituito prevalentemente da polvere, brecciolino e vernice) si ha nei giunti della pavimentazione (di spessore 1-1,5 cm circa), ovvero dove si affiancano due lastre in calcestruzzo.

Si è proceduto al prelievo dei rifiuti presenti in un'area di pavimentazione di circa 1 m x 2 m.



Figura 115: Area di dimensioni 1 m x 2 m oggetto di prelievo (in rosso) e caditoia da cui è stato raccolto un campione di acque di dilavamento (in blu)



Figura 116: Area oggetto del campionamento

Il passaggio della spazzatrice è stato condotto a velocità di 20 km/h, inferiore rispetto ai 30 km/h tenuti in pista e sulla taxiway, dove vi è la necessità di liberare celermente le aree per non limitare l'operatività dello scalo.

Sono poi stati raccolti i rifiuti presenti nella stessa area di 1 m x 2 m a pulizia avvenuta.

Grazie a un controllo visivo, è possibile osservare come la quantità di rifiuto sia diminuita notevolmente e che la maggior parte di essa rimanga presente nei giunti.



Figura 117: Dagli ugelli anteriori della spazzatrice Autobren esce acqua, contemporaneamente le spazzole ruotano e l'apparato aspirante rimuove i rifiuti



Figura 118: Spazzatrice Autobren su apron 1 (sullo sfondo, un aeromobile sta effettuando rifornimento di cherosene)



Figura 119: Spazzatrice Autobren su apron 1

Il 31 agosto 2015 è stato prelevato un campione dal contenitore portarifiuti che raccoglie il materiale aspirato dalla spazzatrice Dulevo 1100. Tale campione è poi stato sottoposto ad analisi granulometrica.

Dall'osservazione dell'attività di pulizia dell'area antistante il terminal, è emerso come tale area presenti pochissima sporcizia, anche grazie al fatto che è soggetta a pulizia quotidiana. L'unica zona che presenta un quantitativo di rifiuti a terra superiore alla media è quella antistante i nastri di riconsegna bagagli: ciò è dovuto all'operazione di movimentazione bagagli dai carrelli ai nastri, durante la quale si possono staccare facilmente etichette e parti in plastica dai bagagli stessi.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalle analisi chimiche e granulometriche.

Risultati analisi chimica del campione prelevato da caditoia presso apron 1

Come si osserva nell'Allegato 5, le analisi chimiche del campione prelevato dalla caditoia sull'apron 1 in corrispondenza degli stand 111-112 mostrano una buona concentrazione di COD e di ferro (quest'ultimo è probabilmente da attribuirsi agli impianti frenanti degli aeromobili).

Inoltre, sono presenti tensioattivi di tre tipologie:

- non ionici;
- anionici;
- anionici e non ionici.

La presenza di queste sostanze, ipotizzabile anche attraverso l'analisi visiva del campione (caratterizzato dalla presenza di una schiuma bianca sulla superficie), è da ricondursi alle operazioni di lavaggio della fusoliera degli aeromobili che effettuano gli handler.

Risultati analisi granulometrica del campione prelevato da area 1 m x 2 m pre-spazzatrice presso apron 1

Tutte le analisi granulometriche effettuate ai fini di questa tesi sono state eseguite da Gianfranco Maltoni, tecnico del Laboratorio di Ingegneria Idraulica (LIDR) della Scuola di Ingegneria e Architettura dell'Università di Bologna.

Di seguito si fornisce una descrizione della prova riferita al campione di rifiuti prelevato dal piazzale 1 prima del passaggio della spazzatrice Autobren, ma la procedura seguita è la stessa per tutte le analisi granulometriche.

L'analisi granulometrica può essere di due tipologie:

- analisi granulometrica per sedimentazione;
- analisi granulometrica meccanica.

La prima è indicata per campioni caratterizzati da granulometria molto fine, perciò su tutti i campioni a disposizione si esegue un'analisi meccanica.

Si utilizza la pila di setacci della serie UNI EN 933, composta da soli setacci (non vi sono crivelli) le cui dimensioni delle maglie arrivano fino a 0,063 mm.

Si dispone il campione sull'ultimo setaccio (maglia 0,063 mm) e lo si mette sotto l'acqua corrente: aiutandosi con una mano, si elimina il passante fino a quando l'acqua che scorre oltre le maglie non assume colorazione trasparente (significa che è pulita, quindi che non si ha più passante).



Figura 120: Setaccio a maglia 0,063 mm su cui è posto il campione e si fa scorrere acqua per eliminare la frazione limosa

Si essicca il campione riponendolo in stufa alla temperatura di 110°C per 24 ore, in modo da far evaporare l'acqua. Poiché il calcolo della percentuale di umidità non è di interesse per l'analisi condotta, il campione non viene pesato prima dell'essiccazione.

In uscita dalla stufa, si pesa il trattenuto al setaccio 0,063 mm, mentre si pesa e si elimina il passante.



Figura 121: Stufa per essiccamento provini a temperatura 110°C



Figura 122: Campione all'interno della stufa

Si posiziona il materiale trattenuto al setaccio 0,063 mm sulla pila di setacci: inizialmente si scuote la pila a mano, poi si copre il setaccio superiore con un coperchio e si posiziona la pila nel setacciatore meccanico, che viene azionato per un tempo variabile tra i 5 e i 10 minuti.



Figura 123: Maglia del setaccio 12,5 mm, il maggiore utilizzato per queste analisi



Figura 124: Macchinario per setacciatura meccanica (agitatore)



Figura 125: Pila di setacci UNI EN 933

Una volta fermato il macchinario, il materiale trattenuto da ogni setaccio si pesa con apposite bilance, iniziando dalle maglie di maggiori dimensioni e, se necessario, si favorisce l'asportazione del materiale dalle maglie attraverso l'utilizzo di spazzolini o pennelli.



Figura 126: Bilancia per pesatura provini



Figura 127: Trattenuto al setaccio con maglia 2 mm



Figura 128: Dopo il passaggio con l'agitatore meccanico, con le mani si favorisce il passaggio del materiale attraverso le maglie



Figura 129: Frazione passante al setaccio con maglia 0,075 mm e trattenuto dalla maglia 0,063 mm



Figura 130: Passante al setaccio 0,063 mm

LUCE DI MAGLIA DEL SETACCIO (mm)	% DEL PASSANTE
14	100,00
12,5	100,00
10	85,30
8	84,77
6,3	84,77
4	75,54
2	63,08
1	53,00
0,5	36,16
0,25	9,24
0,125	1,21
0,075	0,40
0,063	0,21
PESO CAMPIONE SOTTOPOSTO A PROVA (g)	13,379

Tabella 28: Risultati analisi granulometrica del campione prelevato dall'apron 1 prima del passaggio della spazzatrice

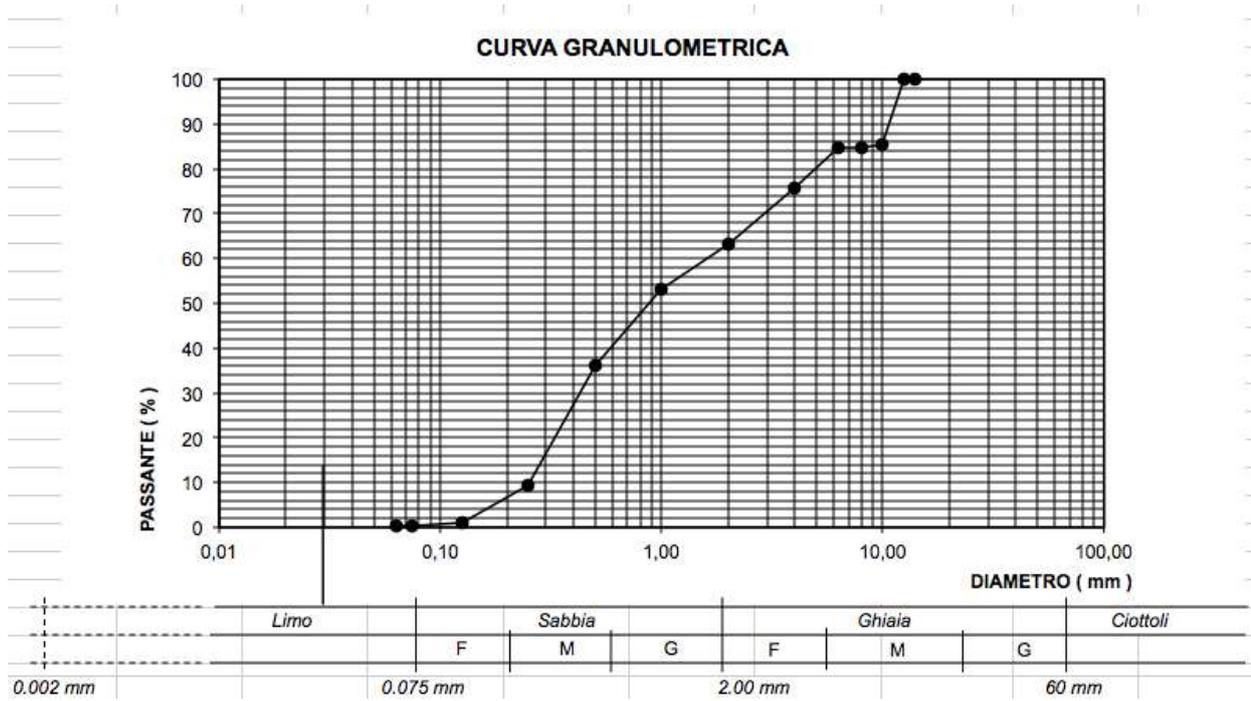


Figura 131: Analisi granulometrica del campione prelevato dall'apron 1 pre-spaZZatrice

Risultati analisi granulometrica del campione prelevato da area 1 m x 2 m post-spaZZatrice presso apron 1

LUCE DI MAGLIA DEL SETACCIO (mm)	% DEL PASSANTE
14	100,00
12,5	100,00
10	100,00
8	100,00
6,3	100,00
4	73,09
2	64,43
1	59,12
0,5	46,88
0,25	20,09
0,125	5,31
0,075	1,62
0,063	0,46
PESO CAMPIONE SOTTOPOSTO A PROVA (g)	0,866

Tabella 29: Risultati analisi granulometrica del campione prelevato dall'apron 1 dopo il passaggio della spazzatrice

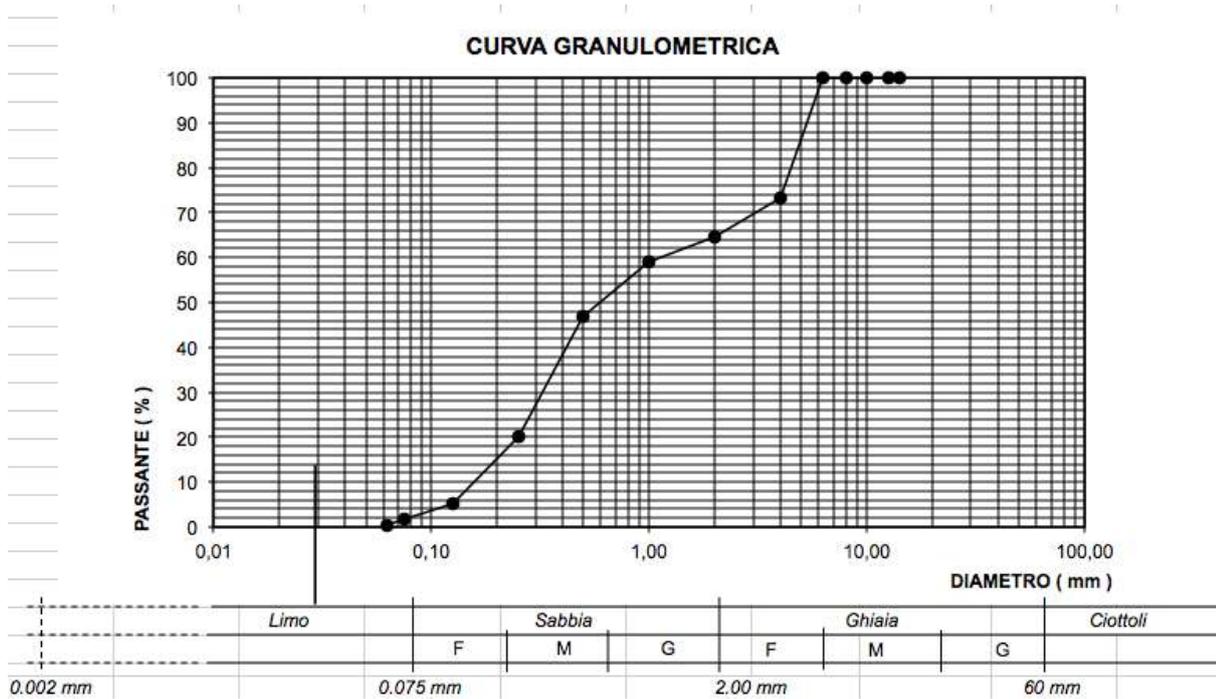


Figura 132: Analisi granulometrica del campione prelevato dall'apron 1 pre-spazzatrice

I risultati dell'analisi granulometrica mostrano che dopo il passaggio della spazzatrice aeroportuale si riduce notevolmente la frazione più grossolana, infatti nella Tabella 28 si ha il 100 % del passante al setaccio 12,5 mm, invece nella Tabella 29 al setaccio 6,3 mm.

Inoltre la diminuzione del peso del campione da 13,379 g (pre-spazzatrice) a 0,866 g (post-spazzatrice) conferma l'efficacia delle spazzatrici aeroportuali.

Risultati analisi granulometrica del campione prelevato dal contenitore portarifiuti della spazzatrice Dulevo

LUCE DI MAGLIA DEL SETACCIO (mm)	% DEL PASSANTE
16	100,00
14	97,66
12,5	96,84
10	96,52
8	93,25
6,3	86,59
4	74,19
2	60,37
1	47,58
0,5	34,86
0,25	15,02
0,125	8,11
0,075	6,77
0,063	6,35
PESO CAMPIONE SOTTOPOSTO A PROVA (g)	400,00

Tabella 30: Risultati analisi granulometrica del campione prelevato dal contenitore portarifiuti della spazzatrice Dulevo

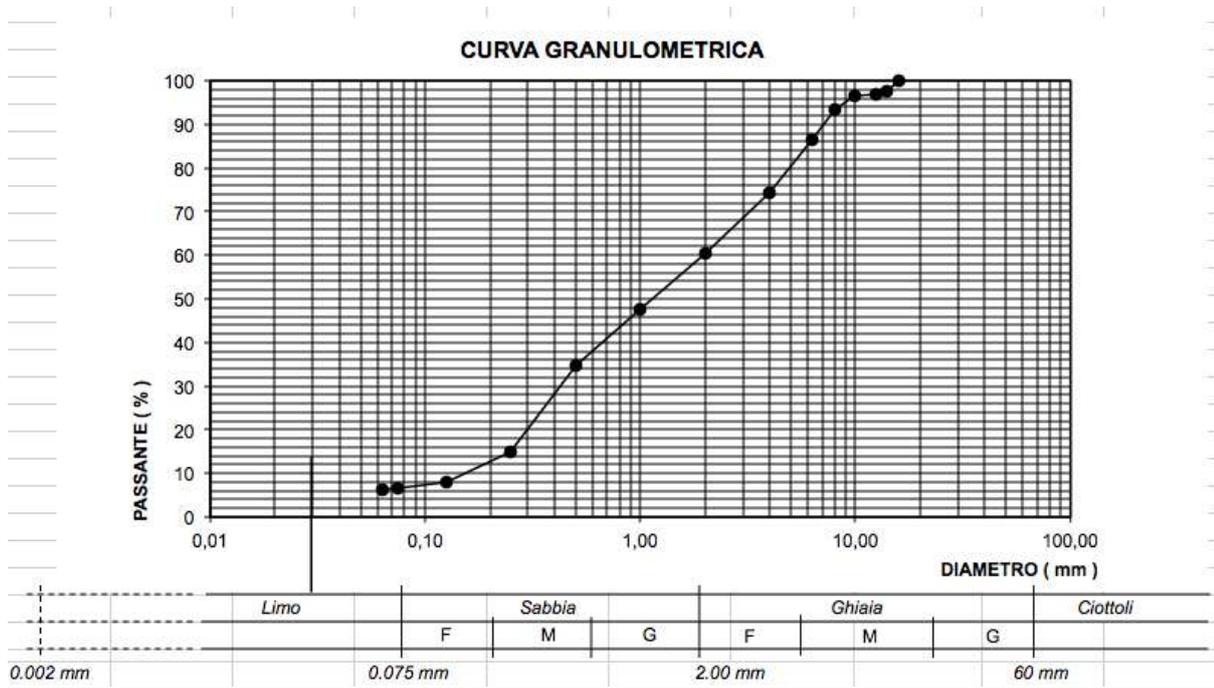


Figura 133: Analisi granulometrica del campione prelevato dal contenitore portarifiuti della spazzatrice Dulevo

Si sottolinea la presenza di carta nel campione prelevato.

La curva granulometrica mostra una buona distribuzione di tutte le frazioni del rifiuto solido.

Risultati analisi granulometrica del campione prelevato da container Hera

LUCE DI MAGLIA DEL SETACCO (mm)	% DEL PASSANTE
14	100,00
12,5	99,77
10	97,82
8	95,49
6,3	91,86
4	81,45
2	64,71
1	47,62
0,5	34,79
0,25	20,46

0,125	10,11
0,075	6,62
0,063	5,54

Tabella 31: Risultati analisi granulometrica del campione prelevato dal container Hera

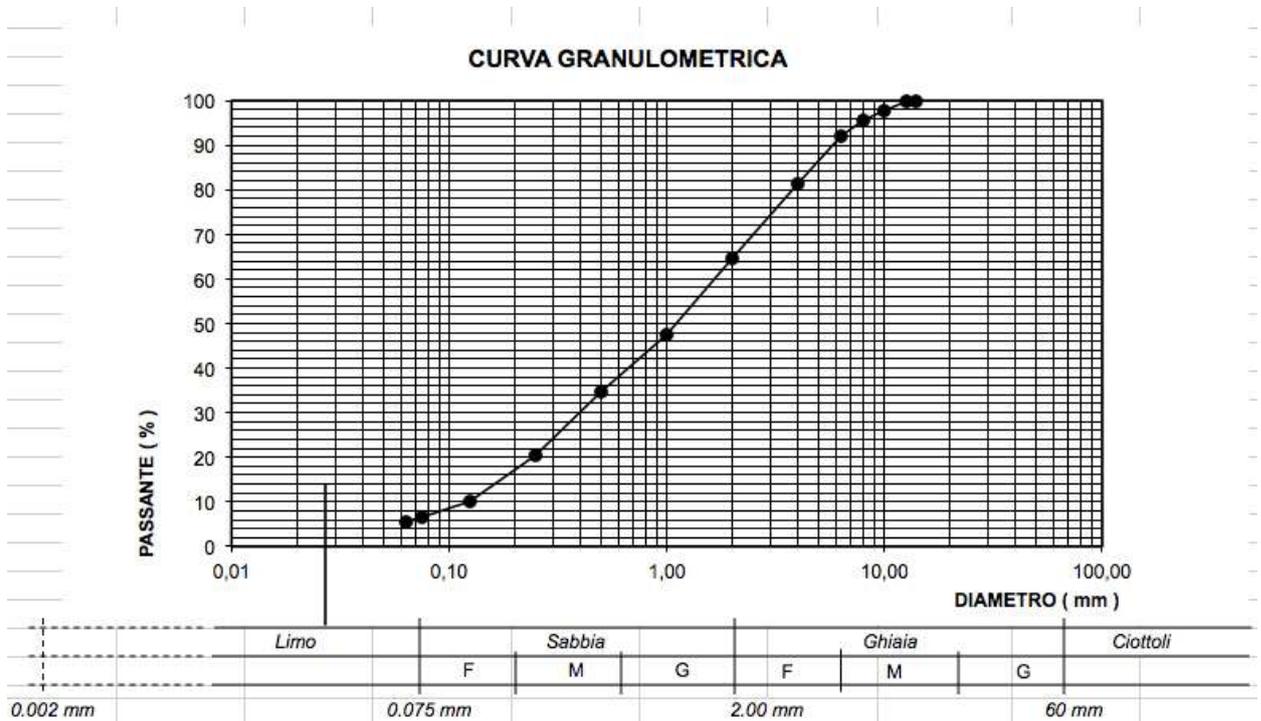


Figura 134: Analisi granulometrica del campione prelevato dal container Hera

Come per il campione prelevato dal contenitore portarifiuti della spazzatrice Dulevo, la curva granulometrica mostra una buona distribuzione di tutte le frazioni del rifiuto solido.

Risultati analisi chimica del campione prelevato da container Hera-granulometria $\leq 0,075$

mm

Le analisi chimiche sul campione prelevato dal container Hera sono state eseguite dopo l'analisi granulometrica, in modo da poter confrontare le sostanze presenti nella frazione inferiore ai 0,075 mm (di seguito denominata "frazione fine") e quelle nella frazione pari e superiore a 0,075 mm (di seguito denominata "frazione grossolana").

Come si osserva dall'Allegato 6, la frazione fine presenta un'elevata concentrazione di ferro, manganese, cromo totale, rame e zinco.

Risultati analisi chimica del campione prelevato da container Hera-granulometria > 0,075 mm

L'allegato 7 mostra i risultati delle analisi chimiche condotte sulla frazione grossolana del campione prelevato dal container Hera.

A differenza della frazione fine, non sono presenti elevate concentrazioni di cromo totale e i valori di zinco sono inferiori. Ferro, manganese e rame sono presenti in concentrazioni elevate anche nelle particelle di dimensioni maggiori.

3.1.3 La gestione degli sversamenti di oli e carburanti

Il sistema fognario dell'Aeroporto Marconi è dotato di impianti di trattamento (disoleazione e decantazione) delle acque di dilavamento delle superfici impermeabilizzate, in modo da trattenere il carico inquinante che, in caso di versamento accidentale di sostanze potenzialmente pericolose per l'ambiente, interessa le caditoie. È compito del Gestore aeroportuale garantire la tutela dell'ambiente idrico superficiale e sotterraneo attraverso interventi di pulizia e manutenzione, ordinari e straordinari, degli impianti di trattamento e di Cava Olmi.

Inoltre i depositi di sostanze e preparati pericolosi presenti all'interno dei locali, edifici e aree aeroportuali (depuratore, officina, area stoccaggio liquidi de-icing, centrale tecnologica, ecc.) devono essere provvisti di vasche di contenimento per raccogliere accidentali sversamenti di prodotti.

La procedura *PO 28 Gestione sversamenti di sostanze e preparati pericolosi* individua quali soggetti devono intervenire in caso di sversamenti accidentali e le azioni da intraprendere.

In particolare, gli sversamenti possono riguardare due tipi di sostanze pericolose:

- carburante (sia cherosene per il rifornimento degli aeromobili sia benzina e gasolio per i mezzi che operano in air-side);
- olio lubrificante.

Gli obiettivi di una corretta gestione degli sversamenti sono principalmente due:

- salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori e degli utenti aeroportuali, minimizzando i rischi conseguenti agli sversamenti di sostanze e preparati pericolosi o sconosciuti;

- salvaguardare l'ambiente, nel caso in cui gli sversamenti dovessero interessare la rete fognaria di raccolta delle acque di dilavamento delle superfici impermeabilizzate aeroportuali.

Gli sversamenti in air-side possono riguardare sostanze pericolose e/o sconosciute, preparati pericolosi, carburante, olio lubrificante o altre sostanze non pericolose: le prime comprendono tutti gli elementi chimici e i loro composti, allo stato naturale o ottenuti mediante qualsiasi procedimento di produzione, compreso gli additivi necessari per mantenere la stabilità dei prodotti e le impurità derivanti dal procedimento impiegato. I preparati pericolosi sono miscele o soluzioni costituite da due o più sostanze.

In particolare, ai fini di questa tesi, si sono approfonditi gli sversamenti di carburante e olio lubrificante.

Gli sversamenti si suddividono in due categorie, in base alle dimensioni:

- grande sversamento: sversamento la cui dimensione massima eccede, almeno in un punto, i 2 m lineari e che deve obbligatoriamente essere comunicato al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (VVF);
- piccolo sversamento: sversamento la cui dimensione massima è uguale o inferiore ai 2 m lineari.

Nella procedura *PO 28 Gestione sversamenti di sostanze e preparati pericolosi* è indicato l'iter da seguire e i soggetti che devono intervenire in caso di sversamento: il responsabile dello sversamento o chiunque accerti la sua presenza deve allertare i VVF e il SAF. Quest'ultimo gestisce tutti gli sversamenti che avvengono nell'area di movimento, nelle aree asfaltate non appartenenti all'area di movimento, nelle aree erbose, nella strada di servizio, strada perimetrale e relative diramazioni e al sanificatore. Inoltre il SAF invia il "Follow-me" sul luogo dello sversamento al fine di applicare un primo intervento di contenimento e protezione alle caditoie con materiale granulare (nel caso di grande sversamento), o per assorbire l'intero sversamento (nel caso in cui le sue dimensioni non superino i 2 m lineari).

Nel caso di grande sversamento, il "Follow-me" interviene in attesa dell'arrivo della squadra di bonifica esterna (ditta esterna di autospurghi specializzata per le attività di bonifica del sito e pulizia straordinaria dei sistemi di trattamento delle acque di dilavamento delle superfici impermeabilizzate) spargendo il materiale granulare (sepiolite) per evitare che lo sversamento interessi le caditoie.

L'intervento della ditta di autospurghi deve avvenire entro un'ora dalla chiamata e non prevede l'aspirazione della sepiolite, che deve essere rimossa dalla squadra di intervento

interna (nei limiti di due sacchi). La parte eccedente i due sacchi è immessa nelle caditoie (chiusure con saracinesche) tramite getto d'acqua (a cura della ditta di bonifica). Grazie alle saracinesche il materiale non è immesso nella rete di fognatura. Si precisa che, qualora una piccola parte di sepiolite dovesse raggiungere la rete di smaltimento acque, verrebbe comunque trattenuta nelle vasche di disoleazione e decantazione.

La sepiolite è un materiale granulare racchiuso in sacchi da 25 kg ciascuno presenti sui mezzi "Follow-me" e stoccati in magazzino: è compito del SAF verificare giornalmente che le scorte non siano inferiori ai 30 sacchi.

La sepiolite impiegata attualmente all'Aeroporto Marconi presenta una granulometria più fine rispetto a quella acquistata in passato, quindi un maggior potere assorbente. Per le caratteristiche del materiale si veda l'Allegato 8.



Figura 135: Scorte di sepiolite presso il magazzino dell'Aeroporto Marconi



Figura 136: Sepiolite 15/30 impiegata all'Aeroporto Marconi per gli sversamenti

Quando si verificano piccoli sversamenti, il “Follow-me” lascia agire il materiale granulare per 30-40 minuti, poi lo rimuove e valuta se lo sversamento sia stato assorbito o se necessiti di un nuovo intervento.

Dal rapporto annuale degli sversamenti avvenuti nello scalo di Bologna emerge che le sostanze più frequentemente sversate sono olio lubrificante e carburante.

La gravità dell'emergenza non dipende solo dalle dimensioni dello sversamento, ma anche dalla sostanza (l'olio ha un poter corrosivo maggiore rispetto al carburante, che tende anche a evaporare) e dalla pavimentazione (il calcestruzzo armato dei piazzali è più resistente del conglomerato bituminoso, che tende a corrodarsi al contatto con la sostanza sversata).

Intervistando il personale dell'officina dell'Aeroporto, è emerso come la maggior parte degli sversamenti di olio sia dovuta alla rottura di tubi nei mezzi impiegati nelle attività air-side. Nonostante si adotti una politica di manutenzione di tipo preventivo (che prevede la sostituzione del tubo quando questo inizia a logorarsi), i manuali di manutenzione dei mezzi prevedrebbero la sostituzione delle parti meccaniche con frequenza quasi doppia, che però comporterebbe costi molto elevati per gli handler (proprietari dei mezzi).

Nelle ore notturne si ha il maggior numero di sversamenti di olio poiché si fornisce assistenza agli aeromobili cargo e il *cargo loader* (necessario per caricare le marci) è il mezzo che presenta più problemi (non solo perché è costituito da un numero elevato di tubi, ma anche perché ci sono pochi mezzi di questo tipo, perciò in caso di un loro guasto si esegue una riparazione temporanea per non compromettere l'operatività).

Quando avvengono sversamenti con passeggeri a bordo che compromettono l'operatività, si deve evacuare l'aeromobile.

Di seguito si riportano alcuni grafici ottenuti dalla rielaborazione dei dati sugli sversamenti registrati dal SAF e forniti dal *Safety Manager*.

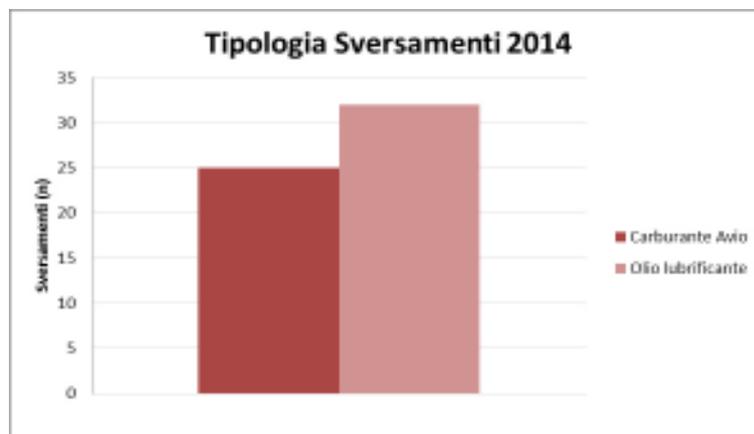


Figura 137: Suddivisione per tipologia degli sversamenti avvenuti nel 2014

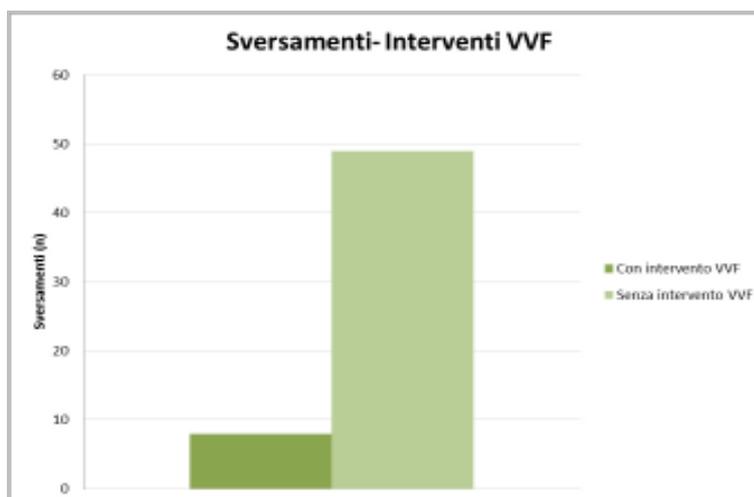


Figura 138: Gli sversamenti avvenuti nel 2014 che hanno richiesto l'intervento dei VVF sono in numero esiguo

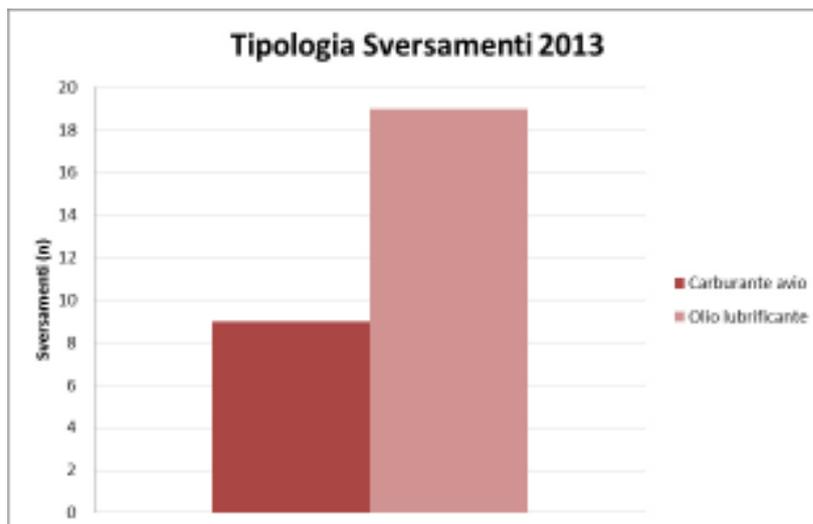


Figura 139: Suddivisione per tipologia degli sversamenti avvenuti nel 2013

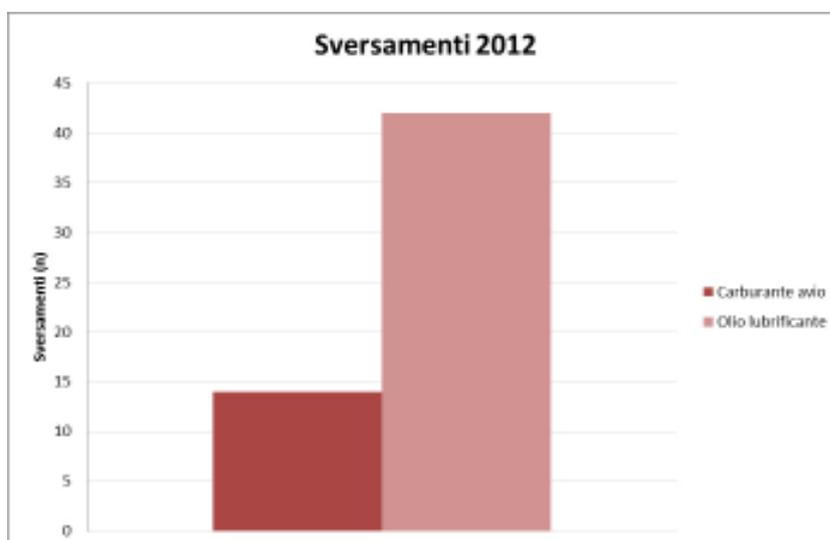


Figura 140: Suddivisione per tipologia degli sversamenti avvenuti nel 2012

Di seguito si riportano i grafici relativi agli sversamenti di olio lubrificante avvenuti nel 2012-2013 -2014.

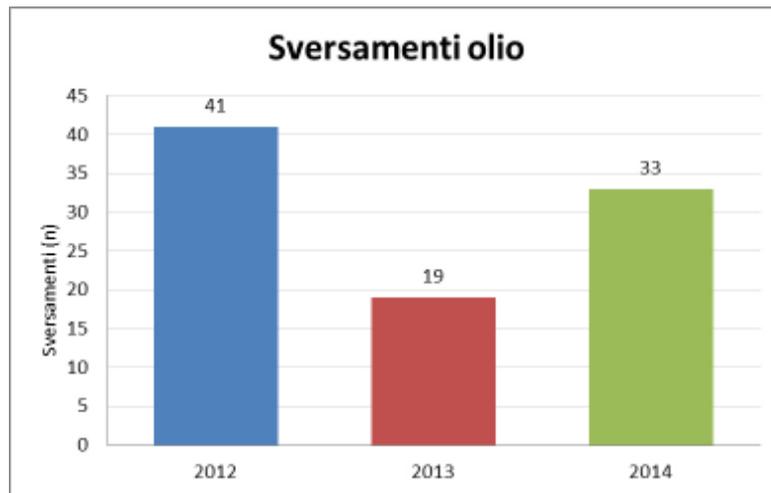


Figura 141: Sversamenti di olio avvenuti nel 2012-2013-2014

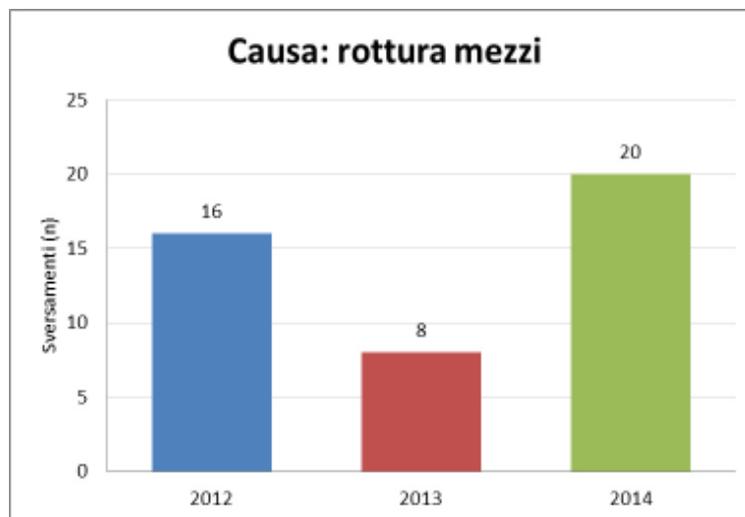


Figura 142: Sversamenti di olio avvenuti nel 2012-2013-2014 causati dalla rottura dei mezzi

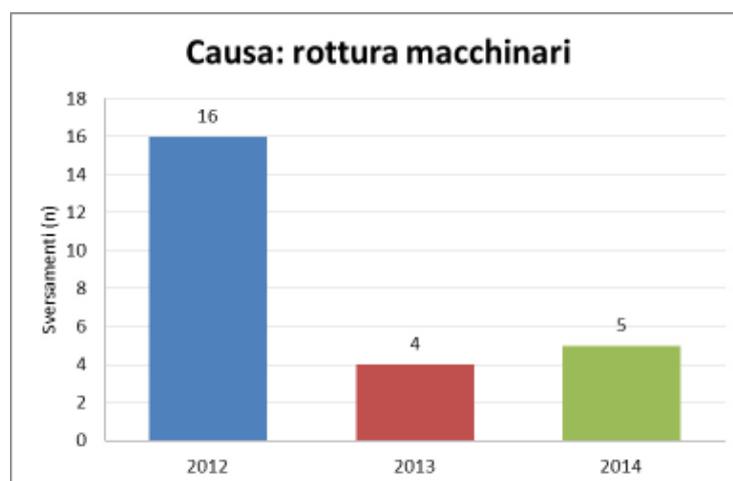


Figura 143: Sversamenti di olio avvenuti nel 2012-2013-2014 causati dalla rottura dei macchinari

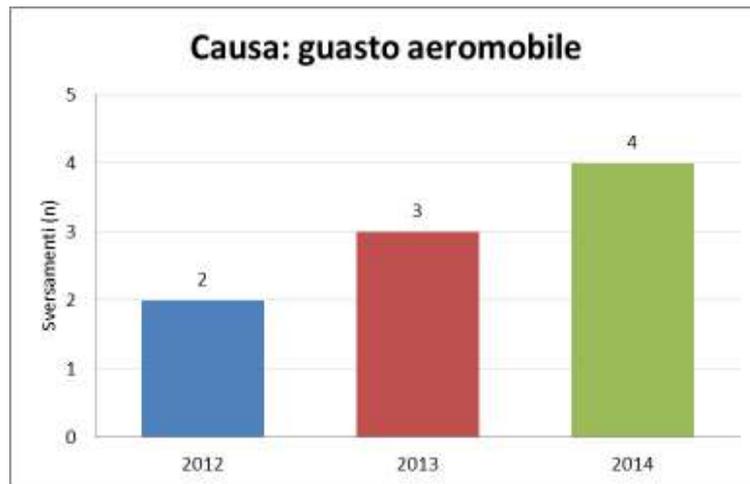


Figura 144: Sversamenti di olio avvenuti nel 2012-2013-2014 causati dal guasto degli aeromobili

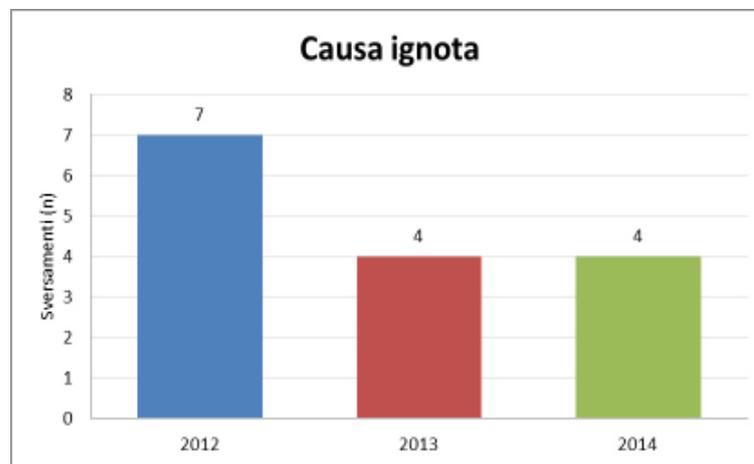


Figura 145: Sversamenti di olio avvenuti nel 2012-2013-2014 dovuti a cause ignote

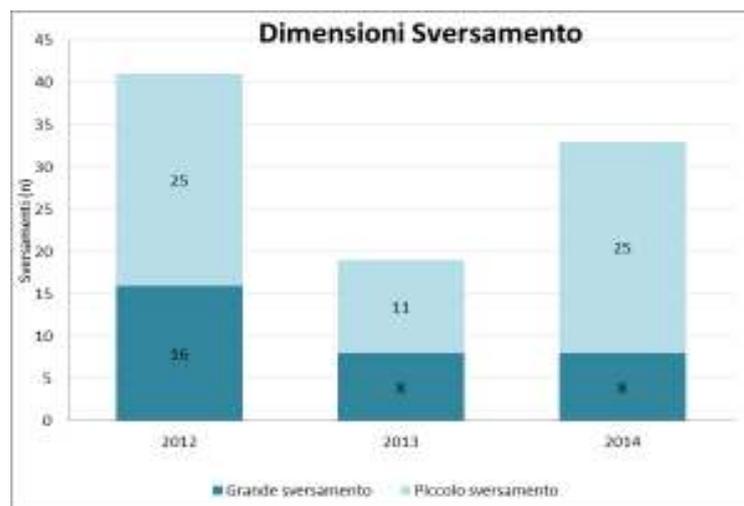


Figura 146: Suddivisione per dimensioni degli sversamenti di olio avvenuti nel 2012-2013-2014 causati dalla rottura dei mezzi

Di seguito si riportano i grafici relativi agli sversamenti di carburante per l'aviazione avvenuti nel 2012-2013-2014.

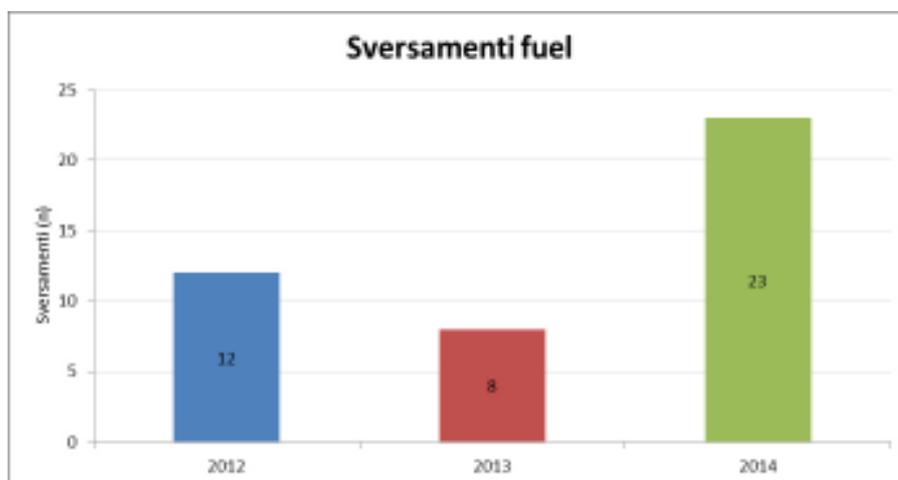


Figura 147: Sversamenti di carburante avvenuti nel 2012-2013-2014

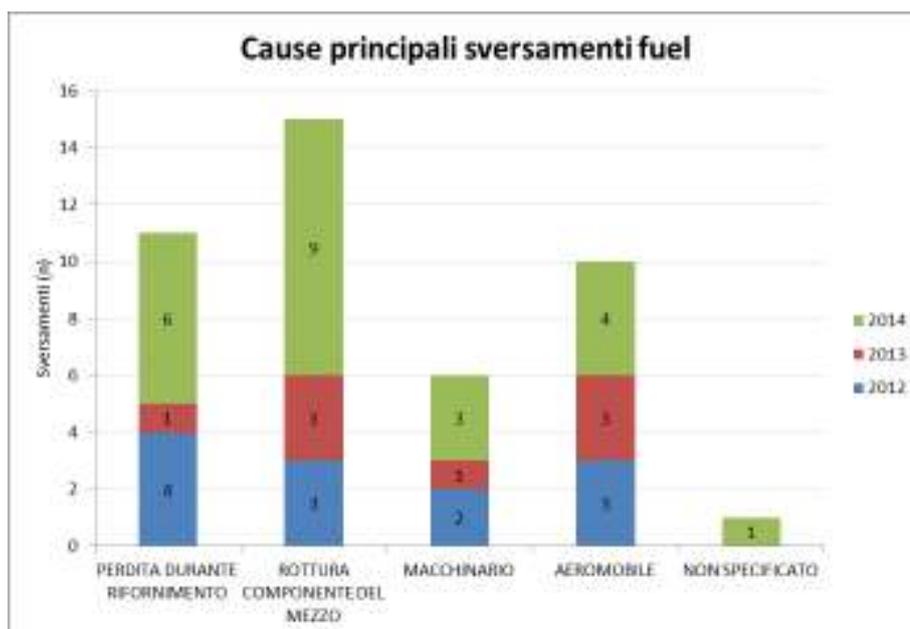


Figura 148: Suddivisione per cause degli sversamenti di carburante avvenuti nel 2012-2013-2014

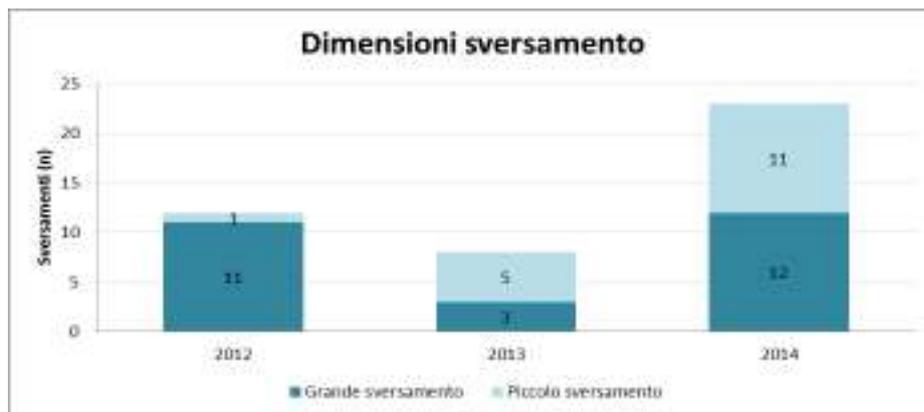


Figura 149: Suddivisione per dimensioni degli sversamenti di carburante avvenuti nel 2012-2013-2014

Le immagini che seguono documentano alcuni sversamenti avvenuti al Marconi.



Figura 150: Grande sversamento avvenuto in orario notturno



Figura 151: Sversamento di grandi dimensioni che ha richiesto l'intervento di una ditta esterna



Figura 152: La parte eccedente i due sacchi di sepiolite è immessa nelle caditoie tramite getto d'acqua



Figura 153: Primo intervento con sepiolite su un grande sversamento



Figura 154: Grande sversamento di carburante



Figura 155: Carta assorbente per arginare lo sversamento



Figura 156: Piccolo sversamento di carburante per l'aviazione



Figura 157: Sversamento di olio causato da un cargo loader



Figura 158: Sversamento di carburante per l'aviazione



Figura 159: Sversamento causato da un mezzo

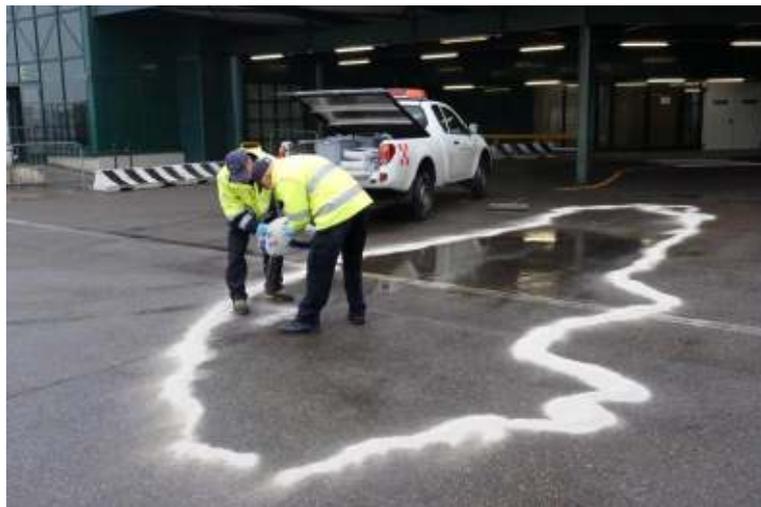


Figura 160: Spargimento di sepiolite a cura del Follow-me

3.1.4 Il de-icing

Durante la stagione invernale le temperature rigide possono indurre la formazione di ghiaccio sulle pavimentazioni aeroportuali e sugli aeromobili. Per evitare incidenti e assicurare lo svolgimento di tutte le operazioni in air-side con il massimo livello di *safety*, è necessario effettuare periodici trattamenti anti-ghiaccio.

Questi trattamenti si dividono in due tipologie:

- A. trattamenti di *de-icing*, *anti-icing* e *de-snowing* sugli aeromobili;
- B. trattamenti di *de-icing* e *anti-icing* sulle pavimentazioni delle aree air-side.

Trattamenti di *de-icing*, *anti-icing* e *de-snowing* sugli aeromobili

Questo trattamento è un servizio di *handling* che viene effettuato direttamente sulle piazzole assegnate ai singoli aeromobili, in quanto attualmente l'Aeroporto Marconi non dispone di una piazzola *de-icing*. Ad oggi il Gestore aeroportuale ha stipulato un accordo per questo servizio con un unico Prestatore (Marconi Handling) al quale SAB fornisce i mezzi necessari in comodato d'uso.

È compito e responsabilità del Comandante (o di altro personale del Vettore appositamente delegato) decidere, in base alle condizioni meteo, se usufruire del servizio per il proprio aeromobile e la composizione percentuale della miscela liquido/acqua osmotizzata.

Infatti, secondo il concetto aeronautico *clean aeroplane concept* un pilota non può decollare se le superfici esterne non sono libere da ogni deposito (contaminazione) che potrebbe influenzare negativamente le performance e/o la controllabilità dell'aeromobile ad eccezione di quanto eventualmente riportato nel manuale di volo.

Per "contaminazione" si intende una qualsiasi forma di umidità ghiacciata o parzialmente ghiacciata (brina, neve, ghiaccio o *slush*, cioè neve sciolta) ed eventuali resti di fluido contaminato che potrebbe influenzare negativamente le prestazioni e/o la qualità di volo dell'aeromobile. L'unica forma contaminata tollerata è la brina (*frost*), con spessore inferiore ai 3 mm sotto le ali, in corrispondenza dei serbatoi e/o sulla fusoliera. Gli effetti della contaminazione sull'aeromobile sono la riduzione della portanza, l'aumento della resistenza, l'aumento del peso e la diminuzione della spinta eccedente disponibile.

In particolare, il ghiaccio è il tipo di contaminazione più pericoloso:

- quando presente sulla parte superiore della fusoliera, si può staccare ed essere ingerito dai motori, provocando danni;

- la sua presenza su ali e fusoliera aumenta il peso del velivolo e, di conseguenza, riduce la velocità ascensionale fino alla caduta dello stesso aeromobile;
- può bloccare le superfici di controllo;
- può diminuire l'efficienza dell'elica, generando forti squilibri e vibrazioni.

La contaminazione al suolo del velivolo può essere provocata da diversi fattori: precipitazione e/o neve che si congelano, solidificazione di vapore o acqua, temperatura esterna, temperatura della superficie del velivolo, umidità relativa, velocità e direzione del vento.

I trattamenti che si eseguono sull'aeromobile al suolo sono atti unicamente a fare in modo che decolli in sicurezza; quando il velivolo “stacca”, i fluidi erogati, insieme alla contaminazione sciolta, scivolano via dalle superfici trattate.

In volo il Comandante aziona i sistemi antighiaccio dell'aeromobile, che evitano la formazione di ghiaccio sulle zone critiche del velivolo.

Le operazioni di *de-icing* (rimozione dei depositi di brina e/o ghiaccio), *anti-icing* (protezione del velivolo da nuovi accumuli di brina, ghiaccio o neve sulle superfici trattate e/o pulite dell'aeromobile) e *de-snowing* (rimozione dei depositi di neve) devono essere effettuate da personale addestrato e certificato secondo le normative vigenti e possono iniziare solo dopo la verifica (da parte del Comandante, dell'handler che effettua l'operazione e dell'handler presente sottobordo) delle condizioni di sicurezza dell'aeromobile, uomini e mezzi presenti sulla piazzola di sosta.

La procedura prevede che il comandante richieda il de-icing al Centro Operazioni di Scalo (COS), il quale stabilisce le frequenze di trattamento degli aeromobili.

Gli operatori di Marconi Handling si posizionano sottobordo con il mezzo (o i mezzi, in base alle dimensioni dell'aeromobile). Il trattamento ha inizio a imbarco terminato perché si deve considerare l'*Holdover Time* (periodo di tempo durante il quale il fluido deghiacciante applicato impedisce che si riformi la contaminazione sulle parti protette dell'aeromobile, cioè il tempo tra la fine del trattamento e il decollo) e ha durata di circa 5-10 minuti.

Il Comandante può richiedere un pre-trattamento di *de-icing* da effettuarsi nella notte o al mattino presto per ridurre i tempi del trattamento che viene fatto prima del decollo. Le richieste di servizio *de-icing* da effettuarsi prima dell'imbarco dei passeggeri potranno essere accolte, previa valutazione di Marconi Handling, solo qualora l'esecuzione di tale richiesta non provochi ritardi, a proprio giudizio, sull'effettuazione del servizio ai rimanenti aeromobili in sequenza.

La soglia di temperatura al di sotto della quale viene effettuato il *de-icing* è fissata a 3°C, ma la decisione è del Comandante; egli può richiedere il trattamento anche per temperature superiori (soprattutto in presenza di ghiaccio sulle ali).

Al Comandante spetta la decisione in merito a quali parti dell'aeromobile siano da trattare e stabilisce il rapporto di miscela glicole-acqua calda:

- nella maggior parte dei casi è richiesto un 50% + 50%;
- in alcuni casi il 75% + 25%;
- a volte si procede per fasi (ad esempio, si effettua un primo trattamento sulle parti dell'aeromobile che presentano strati di ghiaccio più spessi con 100% glicole o 100% acqua calda; successivamente si procede con un ulteriore trattamento 50% + 50%).

Al termine delle operazioni di *de-icing*, il Comandante o l'operatore di Marconi Handling esegue una verifica tattile e/o visiva per assicurarsi che non vi sia deposito di ghiaccio sull'aeromobile (*post de-icing/anti-icing check*, senza il quale l'aereo non può decollare). Qualora la verifica risulti negativa, si procede con un nuovo trattamento.

Il parco mezzi per le procedure di *de-icing* è composto da 5 unità:

- un mezzo Elephant Vestergaard
- quattro mezzi Fmc Tempest 2000

Per ogni mezzo sono necessari due operatori (uno alla guida e uno in cabina) perché nelle piazzole di sosta, luogo in cui è effettuato il trattamento, gli spazi di manovra sono ridotti e risulterebbe difficile affidare il mezzo a un unico operatore in cabina.

Marconi Handling noleggia alcuni mezzi di supporto (ad esempio la piattaforma aerea, necessaria per raggiungere quote più elevate negli aeromobili di maggiori dimensioni).

Sui mezzi sono presenti due pompe: una da cui esce l'acqua calda e l'altra che spruzza il glicole. Qualora una delle due pompe presenti un'anomalia, si blocca l'intero mezzo.

Il contratto tra Marconi Handling e le compagnie aeree prevede:

- una quota fissa per l'intervento di *de-icing*;
- una quota variabile dovuta alla quantità di liquido utilizzata (stabilita da Enac).

Gli orari in cui si eseguono le procedure di *de-icing* dipendono dalle condizioni meteorologiche:

- in caso di precipitazioni nevose: dalle 5 (i primi voli decollano alle 6) alle 21
- in caso di assenza di precipitazioni nevose, ma temperature rigide e condensa: prevalentemente dalle 5 alle 7 del mattino, più trattamenti nell'arco della giornata su

voli “particolari” (sia per la tipologia di aeromobile che per la tratta che seguono. Rientrano in questa categoria i voli che attraversano le Alpi);

- in caso di assenza di precipitazioni nevose e condensa, ma presenza di temperature rigide non si eseguono interventi di *de-icing*.

Al fine di definire le corrette priorità nelle sequenze di effettuazione del servizio di *de/anti-icing*, i voli che operano sullo scalo sono stati classificati all'interno di 3 gruppi:

GRUPPO	TIPOLOGIA VOLO
Gruppo 1	Voli di stato/ militari/ umanitari/ trasporto organi-ambulanza
Gruppo 2	Voli di aviazione commerciale (di linea e charter)
Gruppo 3	Voli di aviazione generale/ voli taxi/ voli ad uso proprio

Tabella 32: Suddivisione in gruppi dei voli che operano sull'Aeroporto Marconi

I voli appartenenti al Gruppo 1 hanno sempre la priorità nell'effettuazione del servizio, sui voli appartenenti ai gruppi 2 e 3. I voli appartenenti al Gruppo 3 vengono inseriti in sequenza in ragione di un volo ogni 4 voli appartenenti al Gruppo 1 e/o 2.

La miscela impiegata nei trattamenti *de-icing* è composta da un fluido deghiacciante (glicole) e acqua calda osmotizzata che possono essere mescolati in proporzioni diverse, in base alla richiesta avanzata dal Comandante dell'aeromobile.

Una volta spruzzata sull'aeromobile, la miscela:

- in tempo di pioggia: finisce sulla pavimentazione, poi nelle caditoie, nelle vasche di prima pioggia e poi nella reta fognaria del Comune di Bologna;
- in tempo secco: con l'ausilio della spazzatrice viene pulito il liquido che si è seccato sulla pavimentazione.

L'acqua osmotizzata è un'acqua privata dei suoi sali mediante un procedimento, l'osmosi inversa, che prevede una filtrazione a pressione attraverso una speciale membrana in materiale sintetico, permeabile soltanto alle molecole del solvente.

I fluidi che si utilizzano per le operazioni di *de/anti-icing* sono di quattro tipi: Type I, Type II, Type III e Type IV.

All'Aeroporto G. Marconi si utilizza il Type II che, rispetto al Type I, presenta una minor quantità di glicole. Questo fluido è in grado di trasformarsi in una pellicola protettiva viscosa che protegge l'aeromobile dal *re-icing* anche in presenza di precipitazioni ghiacciate. È utilizzato sia per il *de-icing* che per l'*anti-icing* (per quest'ultima operazione, si impiega spesso non diluito). Incrementando la percentuale di fluido nella miscela fluido-acqua si aumenta la viscosità della pellicola e si ottiene un *holdovertime* maggiore.

Il liquido è fornito in conto vendita da Kilfrost a Marconi Handling. All'arrivo viene depositato nelle 3 cisterne di proprietà di SAB (ciascuna con capacità di circa 22.000 l). Quando la quantità di liquido all'interno della cisterna scende sotto i 2/3 circa Kilfrost effettua il rifornimento.

Il fluido è contenuto in cisterne riscaldate a 30°C ed è sottoposto a controlli periodici imposti da AEA:

- n.1 controllo della cisterna all'arrivo in aeroporto su:
 - viscosità
 - ph
 - rifrazione (per verificare che la percentuale di acqua contenuta all'interno del glicole non sia evaporata)
- n.1 controllo ogni 15 giorni nelle cisterne riscaldate su:
 - rifrazione
- n.1 controllo su rifrazione mattutina
- n.1 controllo a inizio stagione + n.1 controllo a fine stagione su:
 - viscosità, ph, rifrazione del liquido stoccato
 - stoccaggio dei mezzi
 - viscosità, ph, rifrazione su tutte le miscele glicole-acqua (100/0, 50/50, 75/25) che vengono sparate da tutte le lance.

Le schede tecniche del liquido Kilfrost sono presenti negli Allegati 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15.

Per le schede da compilare al termine dei controlli, si vedano gli Allegati 16, 17, 18, 19 e 20.

Al termine della stagione *de-icing*, il liquido che rimane nelle cisterne si conserva per la stagione seguente: l'anno successivo, prima dell'inizio della stagione invernale, si eseguono le prove di viscosità, ph e rifrazione per verificare che il liquido abbia mantenuto le proprie caratteristiche.

Il liquido deteriorato è smaltito in discarica.



Figura 161: L'operatore effettua il trattamento de-icing dalla cabina, dove sono presenti i comandi

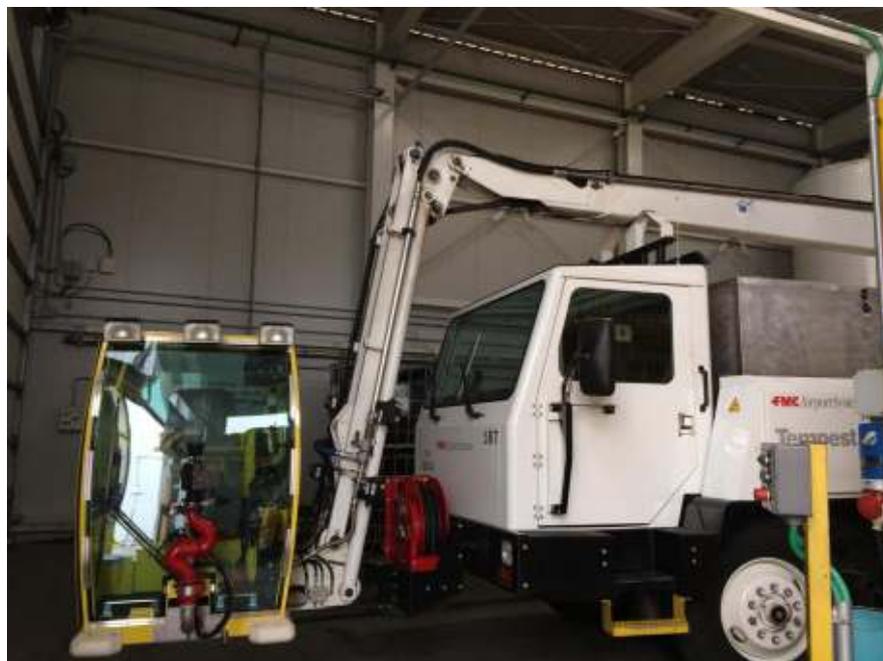


Figura 162: Fmc Tempest 2000, mezzo per il de-icing



Figura 163: Glicole Type II, liquido impiegato per il de/anti-icing degli aeromobili

Trattamenti di de-icing e anti-icing sulle pavimentazioni delle aree air-side

Le operazioni di *de/anti-icing runway* sono svolte dal gestore aeroportuale e prevedono l'utilizzo di:

- formiato di potassio con inibitori alla corrosione (liquido);
- formiato di potassio con inibitori alla corrosione (solido);
- sale marino.

Il formiato di potassio liquido ha un costo elevato e si utilizza nelle seguenti aree: pista, raccordi veloci, taxiway principale, taxiway di collegamento con la pista e, in condizioni meteorologiche difficili, anche sulla piazzali.

Il formiato di potassio con inibitori alla corrosione è costoso, ma rovina poco la sede stradale perché ha un basso potere corrosivo; il sale marino è impiegato nei camminamenti pedonali e nella strada di servizio.

Le schede tecniche del formiato di potassio sono presenti negli Allegati 21 e 22.

Nel fabbricato hangar *de-icing* zona Ovest si trova il punto di stoccaggio e rifornimento liquido pista.

In particolare, sulla pista il trattamento *de/anti-icing* è eseguito:

- a fini preventivi: mantiene la pista oltre una certa temperatura e ritarda il deposito della neve, permettendo così di organizzare al meglio le operazioni di rimozione della neve;
- sulla pista quando, terminata la prima fase di pulizia, nevischia ancora e vi sono aerei che devono atterrare, in modo da ritardare il deposito della neve in attesa della successiva fase di pulizia;
- al termine delle fasi di pulizia.

Durante il trattamento, che ha durata pari a circa 4 ore, non è necessario chiudere la pista al traffico, ma si mantiene il contatto con la TWR.

3.1.5 L'operazione di svuotamento dei bottini di bordo

Lo svuotamento delle toilette degli aeromobili (chiamate "bottini") presso l'Aeroporto Marconi avviene attraverso alcune fasi:

1. la società di handling che serve una determinata compagnia aerea effettua il prelievo sottobordo dei bottini;
2. i liquami vengono conferiti al sanificatore presente nel sedime aeroportuale, vicino al Varco Est;
3. i liquami sono sottoposti a ciclo di depurazione;
4. i liquidi depurati sono scaricati in pubblica fognatura;
5. i fanghi ottenuti dal ciclo di sanificazione vengono smaltiti come rifiuto.

Nello scalo bolognese sono tre gli handler che servono le compagnie aeree: Marconi Handling, Aviation Service e Aviapartner (di questi, Marconi Handling è l'unico a prestare servizio *de-icing*).

Il sanificatore, dedicato al trattamento dei liquami scaricati dagli aerei, è stato di recente classificato come "scarico industriale".

I rifiuti vengono prelevati dalle autobotti (appositi mezzi mobili di trasporto) e scaricati all'interno di una vasca di raccolta disposta all'esterno dell'impianto, la cui botola di copertura è azionata da appositi comandi idraulici a parete.

Il sanificatore è composto da tre locali, di cui uno destinato a contenere l'impianto stesso, uno occupato dai servizi igienici ed uno contenente armadietti metallici contenenti dispositivi di protezione individuali.

A monte dell'impianto, il refluo, raccolto nella vasca, viene sottoposto a trattamento di separazione mediante aspirazione, in modo da separare i rifiuti solidi (che tramite coclea vengono raccolti in sacchi) dai liquami (che vengono aspirati e destinati al successivo trattamento di depurazione tramite impianto a ciclo di Fenton).

Il ciclo depurativo prevede le seguenti fasi:

- grigliatura;
- sollevamento;
- disoleatura-dissabbiatura;
- accumulo;
- struttura monoblocco composta da vasca di reazione-vasca di neutralizzazione-vasca di ripresa-flocculazione;
- sedimentazione;
- ispessimento fanghi.

La stazione di grigliatura ha la funzione di separare i solidi grossolani: nello specifico, essa consente la separazione di parti solide con dimensioni maggiori di 2 mm e la loro raccolta automatica, limitando l'intervento manuale alla sola chiusura del sacco di raccolta e alla sua sostituzione.

Nella fase di sollevamento i liquami, precedentemente grigliati, cadono in un pozzetto sottostante nel quale un'elettropompa sommergibile provvede a inviarli in una vasca di disoleatura-dissabbiatura. Qui i liquami vengono divisi da oli, sostanze galleggianti in genere e da sabbie o comunque eventuali particelle pesanti prima della loro caduta, per sfioro, nella vasca di accumulo (che ha un volume di circa 10 m³ di acqua), per poi finire nella struttura monoblocco, dove si produce la reazione di Fenton.

In questa vasca, sotto miscelazione veloce di un elettro-agitatore ad elica marina tripala, vengono addizionati i reattivi chimici necessari (acido solforico, acqua ossigenata e cloruro ferroso). Questi prodotti sono dosati attraverso pompe dosatrici elettroniche, in grado di realizzare un dosaggio proporzionale alla portata.

Nella vasca di neutralizzazione il liquame viene neutralizzato mediante aggiunta di alcalinizzante (idrossido di sodio) sotto agitazione.

Dopo questo trattamento i liquami vengono raccolti in una terza vasca del monoblocco munita di regolatore di livello ad aste, il quale comanda un'elettropompa volumetrica che provvede a rilanciarle alla successiva fase di flocculazione.

Attraverso l'aggiunta di flocculante sintetico si migliorano le caratteristiche fisiche dei fiocchi di fango perché si addensano quelli dispersi: si ottiene così un fango facilmente separabile dall'acqua chiarificata.

La flocculazione viene effettuata utilizzando un'attrezzatura costituita da un serbatoio in pressione per la miscelazione "*flash-mix*", indotta dalla forza motrice del liquame stesso e basata sul principio Venturi. Poiché il flocculante sintetico deve essere preparato alla concentrazione d'uso, vi è un terzo elettroagitatore veloce per l'omogeneizzazione di questa soluzione e di una pompa dosatrice elettronica azionata in parallelo alla pompa volumetrica di rilancio per assicurare un dosaggio proporzionale alla portata.

Poi la miscela acqua-fango, spinta dalla pompa volumetrica, passa al sedimentatore di diametro 2.400 mm con fondo a tramoggia che consente moti estremamente lenti e permette la separazione dell'acqua dai fanghi.

L'acqua chiarificata viene raccolta in superficie in una canaletta di sfioro disposta sul perimetro della vasca stessa mentre i fanghi addensati sul fondo del sedimentatore vengono estratti per mezzo di un'altra elettropompa volumetrica che li invia all'ispessimento dei fanghi.

L'acqua chiarificata passa invece dalla canaletta di sfioro alla canalizzazione di scarico.

Nel sedimentatore viene dosato un acido che garantisce la disinfezione dello scarico.

Infine, una pompa volumetrica estrae i fanghi dal fondo del sedimentatore e li invia all'ispessitore, dove avviene un'ulteriore suddivisione fanghi-acqua chiarificata (i primi si addensano sul fondo, mentre l'acqua chiarificata sfiora nella canaletta e finisce nella canalizzazione di scarico). I fanghi vengono evacuati con un autospurgo.

Una volta l'anno si eseguono analisi delle acque in uscita dal sanificatore, prelevando un campione dall'ultimo pozzetto prima dell'immissione nella rete fognaria.

I risultati, come è possibile osservare dall'Allegato 23, mostrano che la concentrazione di tensioattivi totali, COD, BOD, idrocarburi, azoto ammoniacale, fosforo totale, solidi sospesi totali, cloruri e solfati superano i limiti indicati dalla Tab. 3, Alle. 5, parte terza del D. Lgs. 152/06 per gli scarichi in fognatura. I parametri rilevati che superano i limiti di legge sono caratteristici di un inquinamento domestico: infatti negli ultimi mesi il sanificatore è stato classificato come "scarico industriale assimilabile al domestico".



Figura 164: Botola di copertura della vasca che raccoglie i rifiuti prelevati dalle toilette degli aeromobili



Figura 165: Pozzetto del sanificatore a valle del trattamento da cui si prelevano i campioni per le analisi annuali

Lo svuotamento dei bottini viene eseguito dagli handler:

- sugli aeromobili delle compagnie aeree *full-service*;
- sugli aeromobili che effettuano *night-stop*;
- sugli aeromobili che richiedono lo svuotamento dei bottini durante il giorno.

Esistono due tipologie di svuotamento bottini:

- per caduta: il rifiuto è raccolto per gravità;
- con pompa: il rifiuto è aspirato.

In particolare, Marconi Handling si occupa di circa il 65-70% del traffico aereo che richiede lo svuotamento delle toilette di bordo (voli a corto raggio e compagnie *low-cost* che effettuano lo svuotamento solo di notte) e adotta la tecnica più efficace, quella mediante pompa.

Attualmente lo svuotamento bottini interessa quotidianamente:

- n. 13 aeromobili che effettuano il *night stop* tutta la settimana (6 aeromobili Ryanair, Air Dolomiti, Austrian Airlines, ecc.);
- n. 2-3 aeromobili che richiedono eccezionalmente il servizio durante il giorno tutta la settimana;
- n. 2 aeromobili cargo dal lunedì al venerdì.

Perciò la media giornaliera di operazioni sui bottini è 16 (13+3) nel week-end e 18 (13+3+2 cargo) durante la settimana lavorativa.

I *night stop* vengono svuotati di notte, quando tutti gli aerei che lo richiedono sono atterrati (il mezzo di svuotamento bottini è in grado di operare su tutti gli aeromobili night stop e svuotare il rifiuto nel sanificatore al termine di tutti gli svuotamenti). Di solito le operazioni si concentrano attorno all'una di notte (al contrario, il rifornimento di acqua potabile avviene al mattino).

La “macchina bottino” è un mezzo a gasolio di dimensioni 5 m x 2,5 m circa che presenta un'area di manovra ridotta ed è di proprietà di Marconi Handling.

Trasporta tre cisterne:

- una cisterna centrale: di dimensioni maggiori, raccoglie i liquami;
- due cisterne laterali: contengono il disinfettante (una volta aspirato il refluo, viene immesso disinfettante nelle cisterne. Questo rimane poi sull'aereo).

Poiché le dimensioni dell'apertura della cisterna dell'aeromobile sono molto maggiori del tubo della macchina bottino, non vi è il rischio di sversamenti.



Figura 166: Macchina bottini (la cisterna centrale contiene i liquami)

3.1.6 Il lavaggio dei mezzi aeroportuali e degli aeromobili

Attualmente il lavaggio dei mezzi di rampa al Marconi viene eseguito a fianco dell'officina ed è regolato dalla procedura *PQ75 procedura di manutenzione mezzi e attrezzature*, nella quale è indicato che il lavaggio dei mezzi deve essere eseguito ad acqua con l'eventuale impiego di tensioattivi vegetali facilmente biodegradabili.

Il grado di biodegradabilità è superiore al 90%, non contiene fosfati, NTA (acido nitrotriacetico), EDTA (etildiaminotetracetico) e tensioattivi cationici, mentre possono essere impiegati tensioattivi anionici ottenuti da grassi animali o vegetali; nei preparati ecologici, inoltre devono essere assenti sbiancanti, profumi sintetici sostituiti al massimo da oli essenziali naturali. Questi detersivi, scaricati nelle acque superficiali degli scarichi urbani, non determinano un inquinamento delle acque in quanto non contengono sostanze tossiche per la flora e la fauna acquatica.

Lo scarico interessato dai liquidi impiegati nel lavaggio dei mezzi è stato classificato come assimilabile agli scarichi domestici.

Le *deep-cleaning* sono le operazioni di lavaggio e pulizia della struttura esterna degli aeromobili che gli handler devono svolgere come da contratto con le compagnie aeree. La compagnia deve richiedere allo scalo il posizionamento del velivolo in determinati stand compatibili e l'handler si serve di idropultrici, scale o piattaforme mobili per lavare le

carlinghe facendo uso di detergenti e acqua che finiscono sulla pavimentazione, quindi nelle caditoie. In realtà all'Aeroporto Marconi si effettuano circa 10 *deep-cleaning* all'anno, perciò il contributo di questi detergenti all'inquinamento idrico è un dato poco influente (anche se dal campione prelevato dalla caditoia sull'apron 1 è emersa la presenza di tensioattivi).

3.1.7 Il diserbo

Per evitare la crescita di erbe infestanti che possano compromettere lo stato delle pavimentazioni aeroportuali, le *shoulders* in prossimità dell'area erbosa e i lati della taxiway vengono trattati con il diserbante Roundup Bioflow (per il quale si veda la scheda di sicurezza in Allegato 24 e l'etichetta in Allegato 25).

Il diserbante costituisce una minaccia per l'inquinamento delle acque solo nel caso in cui raggiunga le caditoie.

3.2 Rielaborazione dei dati

3.2.1 Correlazione tra dati de icing-meteo-traffico aereo

Al fine di studiare la relazione tra le condizioni metereologiche e la tipologia di trattamenti impiegati per il deghiacciamento degli aeromobili e tra il traffico aereo e i quantitativi di liquido *de-icing* utilizzati, sono stati raccolti i seguenti dati:

- a) in merito agli interventi di *de-icing*: rapporti di miscela Kilfrost-acqua applicati per ogni intervento, quantità di Kilfrost utilizzata per ogni intervento;
- b) in merito al meteo: descrizione delle condizioni metereologiche prevalenti nell'arco di ciascuna giornata, direzione media del vento, velocità media del vento, pressione media di stazione, temperatura media dell'aria;
- c) in merito al traffico: partenze giornaliere (si considerano solo le partenze perché il *de-icing* è effettuato sull'aeromobile prima che questo decolli).

In particolare, i dati relativi al *de-icing* sono stati forniti dalla Direzione Operazioni Aeroportuali dell'Aeroporto Marconi (che redige un report per ogni intervento di *de-icing*), i

dati meteo provengono dalla stazione metereologica di Bologna Borgo Panigale e quelli inerenti al traffico aereo dai data base del Gestore aeroportuale.

L'elaborazione è stata condotta per stagioni invernali (2012-2013, 2013-2014, 2014-2015), in un periodo compreso indicativamente tra fine ottobre e metà marzo dell'anno successivo, intervallo temporale in cui si concentra l'attività di *de-icing* dell'Aeroporto Marconi.

Avendo a disposizione i rapporti Kilfrost-acqua impiegati (la maggior parte sono 50% + 50%) e la quantità di glicole, si è potuti facilmente risalire alla quantità di acqua, in modo da calcolare la quantità totale di miscela che finisce nelle caditoie aeroportuali.

Tutti i dati a disposizione sono stati rapportati a un dato giornaliero, in particolare si fa riferimento a:

- temperatura media giornaliera
- rapporto di miscela medio
- quantità media totale di miscela Kilfrost-acqua impiegata
- numero medio giornaliero di aeromobili decollati

Per i calcoli sono state applicate due procedure differenti:

- nei giorni “*snow*” (cioè quelli in cui, durante l'arco della giornata, è prevalentemente nevicato) si è considerata la quantità media di Kilfrost, acqua e miscela e di questi è stata calcolata una media aritmetica dei trattamenti giornalieri distribuita sull'intera giornata poiché il *de-icing* è stato effettuato con costanza durante tutto l'arco giornaliero, senza picchi orari;
- nei giorni in cui il meteo non è stato caratterizzato da precipitazioni nevose si è considerata la quantità media di Kilfrost, acqua e miscela e di questi è stata calcolata una media aritmetica dei trattamenti giornalieri distribuita nel solo arco temporale 06.00-08.00 poiché in assenza di precipitazioni i trattamenti deghiaccianti si concentrano in questa fascia oraria.

Inoltre si deve tener presente che nelle giornate “*snow*” non confluiscono in fognatura solo i litri di miscela totali, ma anche una quantità maggiore di acqua dovuta alla neve caduta a terra.

Di seguito si riportano i grafici ottenuti dall'elaborazione dei dati:

Stagione 2012-2013

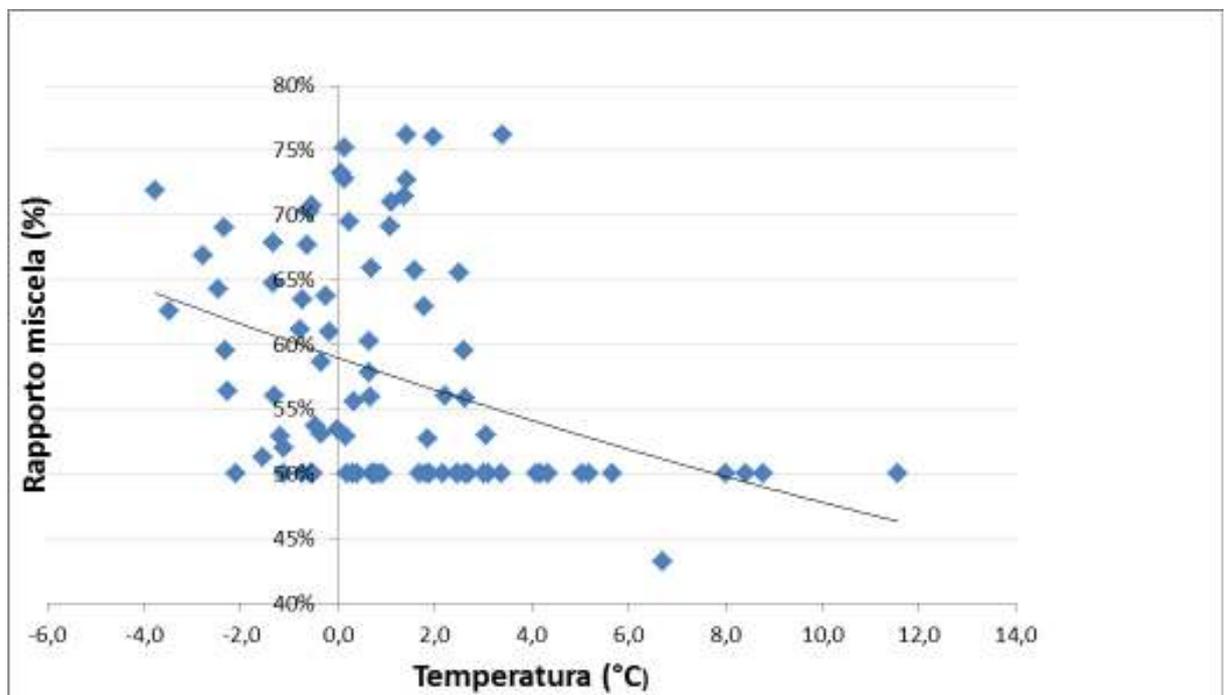


Figura 167: Relazione tra la temperatura media giornaliera e il rapporto percentuale di miscela medio impiegato per il de-icing nella stagione invernale 2012-2013

Dall'osservazione della linea di tendenza del grafico (polinomiale di secondo grado) si evince come al diminuire della temperatura esterna sia necessario incrementare il quantitativo di glicole all'interno della miscela, ricorrendo così a rapporti di miscela Kilfrost-acqua che da valori di 50% + 50% tendono al 75% + 25%. Infatti, in presenza di temperature più rigide, lo strato di ghiaccio su ali e fusoliera degli aeromobili si forma più facilmente e presenta spessori maggiori, perciò si ricorre a un dosaggio superiore di glicole per scioglierlo.

Si noti come la stagione invernale 2012-2013 sia stata caratterizzata da temperatura molto rigide, con medie anche attorno ai -4°C .

Stagione 2013-2014

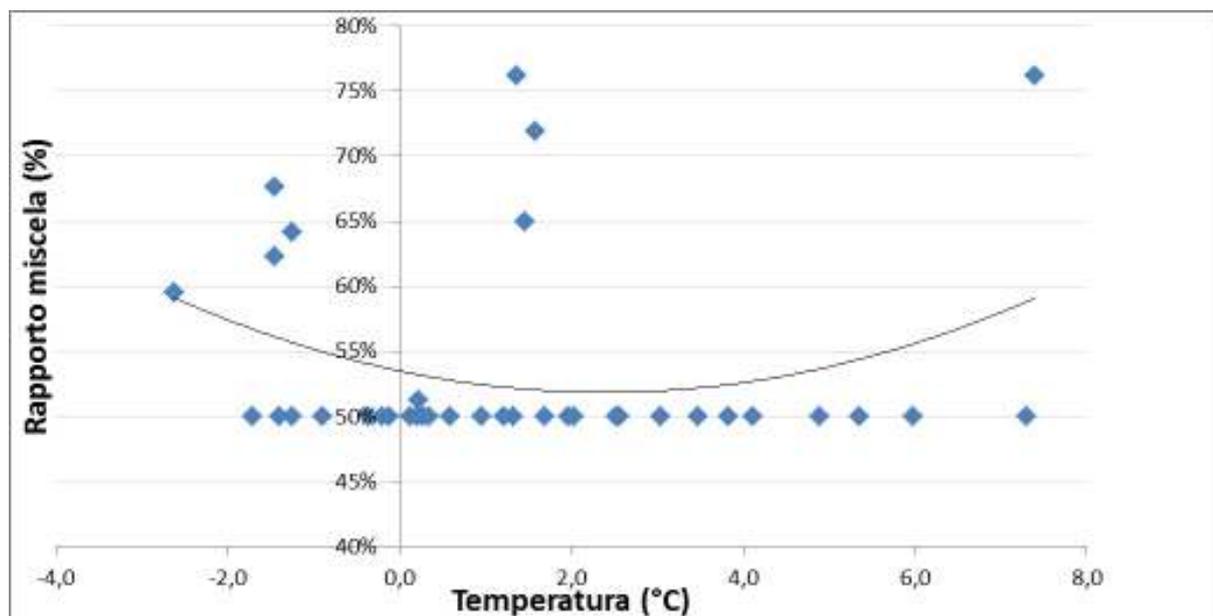


Figura 168: Relazione tra la temperatura media giornaliera e il rapporto percentuale di miscela medio impiegato per il de-icing nella stagione invernale 2013-2014

Per la stagione invernale 2013-2014 mostra una tendenza lineare decresce, seppur meno marcata rispetto al grafico di Figura 167. A differenza della stagione invernale 2012-2013, nel 2013-2014 si è ricorsi all'impiego di un rapporto di miscela 50% +50 % con una frequenza molto più alta rispetto ad altri rapporti di miscela, indipendentemente dalle temperature medie dell'aria. Ciò è in parte dovuto alle temperature poco rigide che hanno caratterizzato la stagione invernale 2013-2014.

Stagione 2014-2015

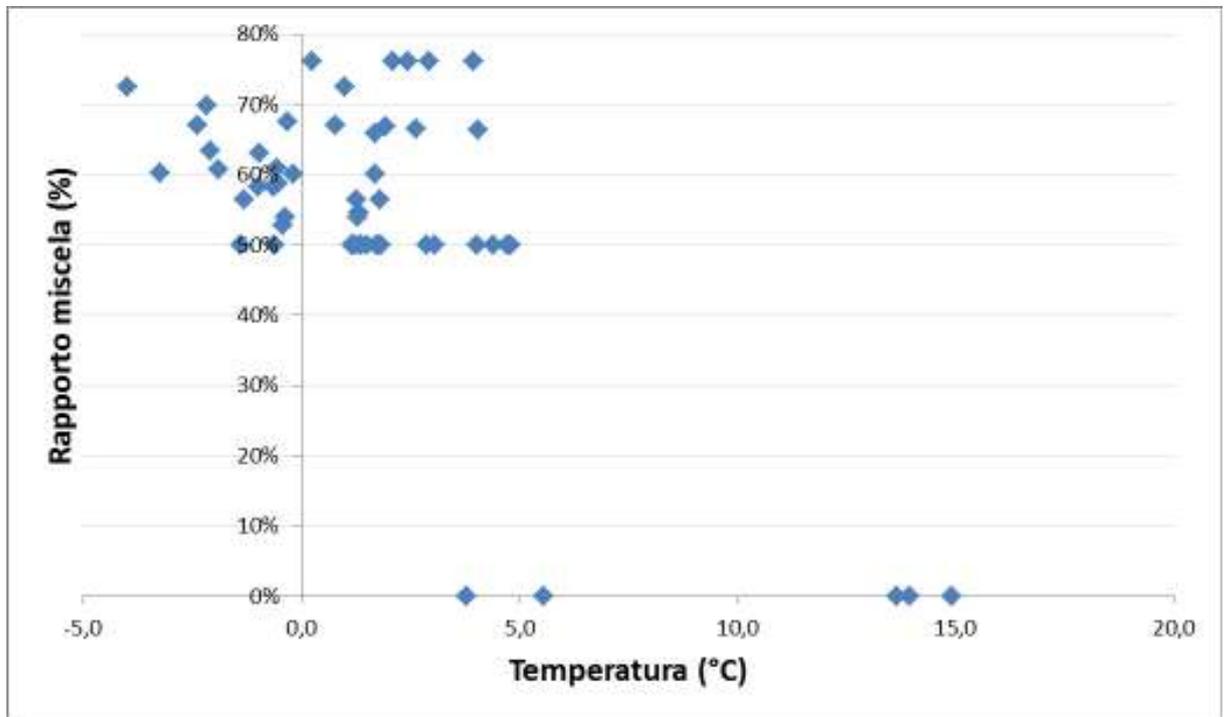


Figura 169: Relazione tra la temperatura media giornaliera e il rapporto percentuale di miscela medio impiegato per il de-icing nella stagione invernale 2014-2014

Per la stagione invernale 2014-2015 il grafico presenta una dispersione quasi totale dei dati, quindi una tendenza non definita del rapporto Kilfrost-acqua. In particolare, si riscontrano interventi di *de-icing* con diverso rapporto (da una media di 50% + 50% fino al 75% + 25%) per temperature comprese tra -4°C e 15°C . Probabilmente la mancanza di un andamento ben definito nel rapporto tra miscela e temperatura è da giustificarsi tenendo presente che la stagione invernale 2014-2015 è stata caratterizzata da primi mesi (novembre-dicembre) di temperature miti e assenza di precipitazioni nevose, mentre nel gennaio e febbraio 2015 si sono registrate spesso temperature inferiori allo 0°C e ci sono state neviccate.

4.SVILUPPI FUTURI

Al fine di ridurre l'inquinamento idrico provocato dalle attività aeroportuali, SAB persegue una politica ambientale basata sulla continua ricerca di soluzioni volte a diminuire la quantità di inquinanti prodotti dal dilavamento delle superfici impermeabilizzate e da tutte le operazioni legate all'operatività dello scalo.

In particolare, l'Aeroporto Marconi ha in previsione due interventi finalizzati a implementare la sostenibilità ambientale dello scalo:

- Realizzazione di un impianto di fitodepurazione
- Costruzione di un depuratore per lavaggio dei mezzi aeroportuali

4.1 Realizzazione di un impianto di fitodepurazione

Con riferimento al Programma Quadro europeo per la Ricerca e l'Innovazione (2014-2020)- Horizon 2020 l'Aeroporto G. Marconi è in fase di candidatura per un finanziamento europeo per la realizzazione di un impianto di fitodepurazione.

Il titolo della proposta è *WATER management system with hybrid constructed wetlands in AIRport sites (WATAIR)*.



Figura 170: Logo del progetto WATAIR

Il budget del progetto ammonta a 6.500.000 € e ha durata 48 mesi.

Il costo dell'impianto proposto è di 450.000 € di cui 300.000 € necessari per la costruzione dell'impianto e 150.000 € per la sistemazione dell'area.

La metodologia del progetto consiste nello sviluppo di 7 attività principali supportate dal coinvolgimento di *partners* e *stakeholders*. Tali attività sono organizzate in 7 *Work Packages* (WP):

- WP 1: Management;
- WP 2: Costruzione del progetto pilota presso Aeroporto G. Marconi di Bologna;
- WP 3: Costruzione del progetto pilota presso Aeroporto di Aarhus, Danimarca;
- WP 4: Costruzione di tre impianti di fitodepurazione in Repubblica Ceca in contesti aeroportuali differenti;
- WP 5: Monitoraggio delle *performances* degli impianti;
- WP 6: Diffusione sul mercato delle soluzioni di fitodepurazione;
- WP 7: Comunicazione, disseminazione e azioni di *training*.

Il WP 1 interessa tutti gli aspetti di gestione tecnica, finanziaria e amministrativa del progetto.

Il WP 2 ha inizio con il progetto dell'impianto pilota e la prima applicazione presso l'Aeroporto Marconi di Bologna, che si trova nell'area dell'Europa mediterranea. Sono incluse la costruzione e il collaudo del sistema di fitodepurazione.



Figura 171: L'Aeroporto G. Marconi di Bologna è situato nell'area mediterranea dell'Europa



Figura 172: Aeroporto G. Marconi di Bologna

Il WP 3 è incentrato sulla costruzione dell'impianto pilota presso l'Aeroporto di Aarhus, in Danimarca, che sorge quindi in un'area con differenti condizioni climatiche rispetto all'Aeroporto Marconi di Bologna (Europa scandinava).

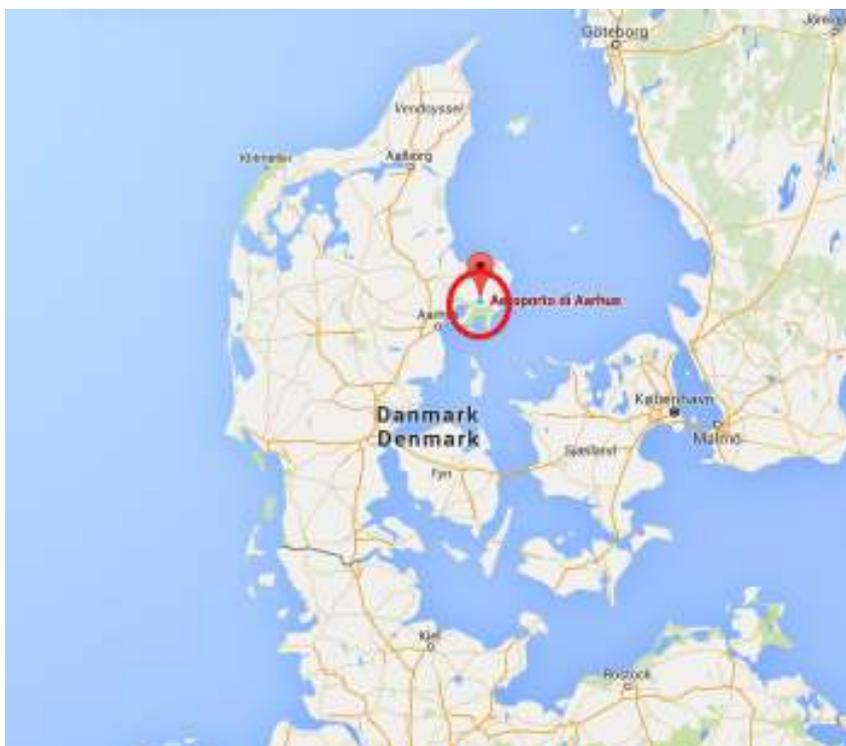


Figura 173: L'Aeroporto di Aarhus è situato nell'area scandinava dell'Europa



Figura 174: Aeroporto di Aarhus

Il WP 4 ha come scopo la realizzazione e l'osservazione dei benefici derivanti dalle *constructed wetlands* in ambiti applicativi diversi da quello aeroportuale-civile, in quanto coinvolge anche un aeroporto governativo e un aeroporto sportivo. Infatti, è prevista la

costruzione di tre impianti presso gli aeroporti di Vaclav Havel, Kbely e Slany, appartenenti a una terza area climatica (Europa continentale).

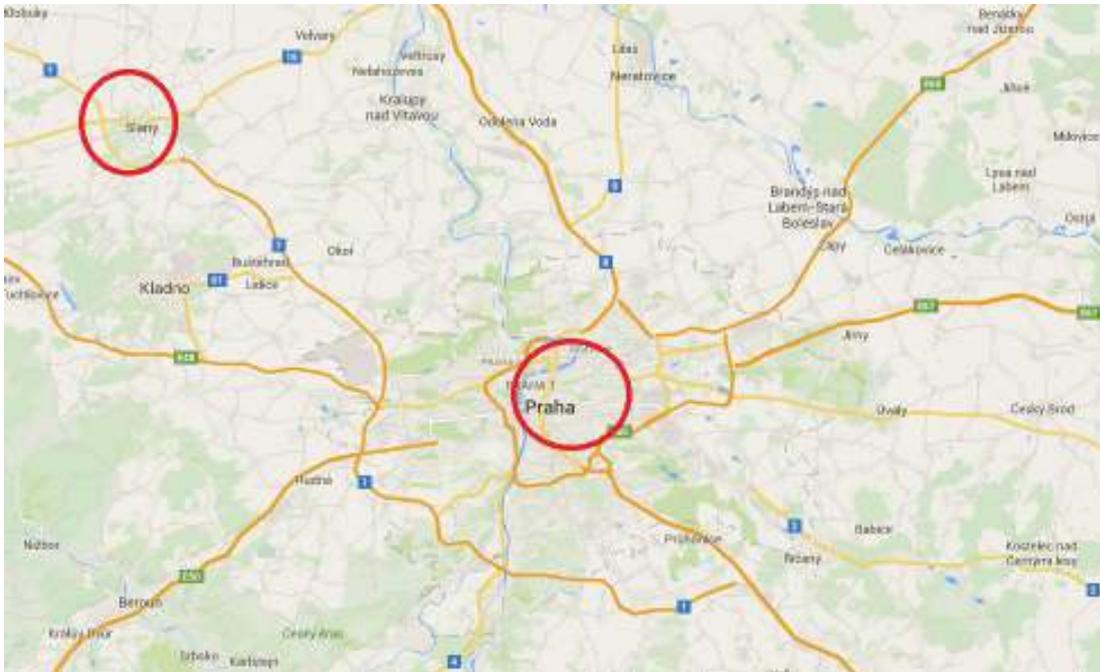


Figura 175: Gli aeroporti di Vaclav Havel, Kbely e Slany sono situati nell'area dell'Europa continentale



Figura 176: Aeroporto Civile di Vaclav Havel, Praga (Repubblica Ceca)

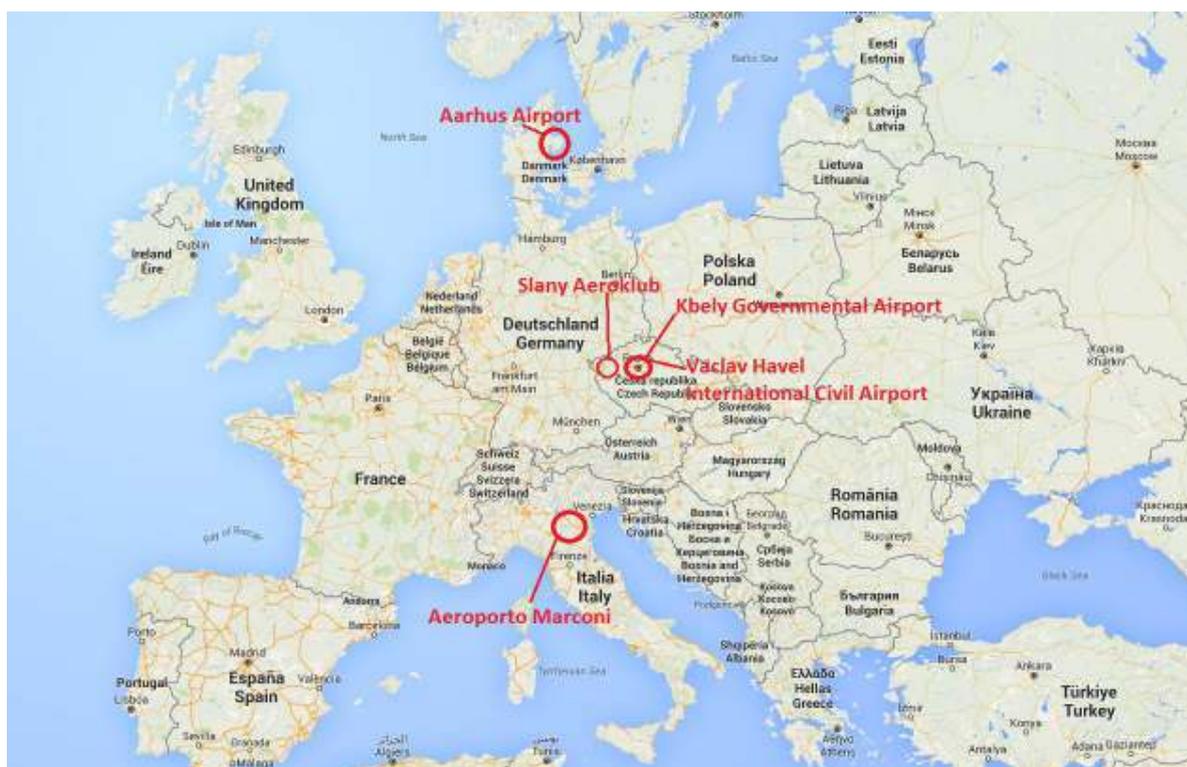


Figura 179: Collocazione geografica dei 5 aeroporti interessati dalla costruzione degli impianti di fitodepurazione

Il WP 5 comprende le attività di monitoraggio degli impianti al fine di comprendere quali siano le tipologie e i quantitativi di piante che permettano di massimizzare l'efficienza dell'attività di fitodepurazione. Questo *Work Package* ha durata pari a 2 stagioni di de-icing.

Il WP 6 inizia con un'analisi di mercato volta a capire quali siano le possibilità di replicare il progetto sul mercato. Poi vi è la diffusione/commercializzazione della soluzione. Dopo queste attività, vi sono la redazione di un *business plan* e di un *marketing plan* in grado di individuare il miglior modello di business con cui presentare gli impianti, in modo da assicurare la replica e la sostenibilità del progetto.

Il WP 7 include tutte le azioni di disseminazione all'interno dell'Unione Europea e fra tutti gli *stakeholders* (autorità locali, enti pubblici, aeroporti e compagnie aeree).

4.1.1 I vantaggi della fitodepurazione

La fitodepurazione è un sistema di trattamento dei reflui basato su processi biologici, fisici e chimico-fisici caratteristici degli ambienti acquatici e delle zone umide.

I sistemi di fitodepurazione (*constructed wetlands*) sono ambienti umidi riprodotti artificialmente in bacini impermeabilizzati che sono attraversati, con diversi regimi di flusso,

dalle acque reflue opportunamente collettate. Essi sono caratterizzati dalla presenza di specie vegetali tipiche delle zone umide (macrofite igrofile), radicate ad un substrato di crescita o flottanti sullo specchio d'acqua.

Sono anche definiti sistemi naturali in quanto tendono a riprodurre in ambiente controllato i processi di autodepurazione delle acque reflue che avvengono nelle zone umide naturali, in cui sono coinvolte, oltre alle specie vegetali, anche i microrganismi associati.

Il potere depurativo dei trattamenti naturali che riproducono gli ecosistemi umidi deriva dalla combinazione di processi fisici, chimici e biologici, quali l'attività microbica, l'assunzione diretta da parte delle piante, la sedimentazione, la filtrazione e l'adsorbimento.

I sistemi di fitodepurazione, sperimentati e studiati a livello internazionale, sono classificati in base ai tipi di macrofite utilizzate (galleggianti, radicate sommerse, radicate emergenti) ed alle caratteristiche del percorso idraulico del refluo.

La classificazione in funzione delle caratteristiche delle specie vegetali utilizzate, comunemente accettata nei settori tecnico-scientifici che si occupano di depurazione naturale, è quella proposta da Brix (1993):

- Sistemi con macrofite galleggianti (*Lemna*, Giacinto d'acqua, ecc.);
- Sistemi a macrofite radicate sommerse (*Potamogeton*, *Myriophyllum*, ecc.);
- Sistemi a macrofite radicate emergenti (Fragmiti, Tife, ecc.);
- Sistemi misti.

In relazione al percorso idraulico del refluo, i sistemi di fitodepurazione si distinguono in:

- SFS-h o HF (*Subsurface Flow System - horizontal* o *Horizontal Flow*): i sistemi a flusso sommerso orizzontale sono bacini riempiti con materiale inerte, dove i reflui scorrono in senso orizzontale in condizioni di saturazione continua (reattori “*plug-flow*”) e le specie vegetali utilizzate appartengono alle macrofite radicate emergenti;
- SFS-v o VF (*Subsurface Flow System - vertical* o *Vertical Flow*): i sistemi a flusso sommerso verticale sono vassoi riempiti con materiale inerte, dove i reflui scorrono in senso verticale in condizioni di saturazione alternata (reattori “*batch*”) e le specie utilizzate appartengono alle macrofite radicate emergenti;
- FW o FWS (*Free Water* o *Free Water Surface*): i sistemi a flusso libero riproducono, quanto più fedelmente, una zona palustre naturale, dove l'acqua è a diretto contatto con l'atmosfera e generalmente poco profonda, e le specie vegetali che vi sono inserite appartengono ai gruppi delle idrofite e delle elofite.

Le diverse tipologie di sistemi di fitodepurazione possono essere combinate con l'obiettivo di ottimizzare le rese depurative di un particolare tipo di reflu. Questi sistemi combinati prendono il nome di "Sistemi ibridi".

Rispetto alle tecnologie tradizionali, l'uso della fitodepurazione è una soluzione economicamente produttiva e tecnicamente flessibile per i seguenti motivi:

- gli impianti possono essere meno costosi da costruire rispetto le altre opzioni di trattamento;
- i costi di gestione e manutenzione sono contenuti;
- le operazioni di gestione e manutenzione richiedono interventi solo periodici;
- i sistemi di fitodepurazione sono in grado di tollerare fluttuazioni dei flussi e riescono a trattare le acque di ruscellamento con basso carico organico;
- facilita il riutilizzo e riciclo dell'acqua;
- fornisce un habitat per molti organismi che vivono negli ambienti umidi;
- gli impianti possono essere realizzati in modo da inserirsi armoniosamente nel contesto e costituiscono un approccio visto con favore dalla pubblica amministrazione.

La tecnologia su cui si basa la fitodepurazione, messa a punto negli anni '70 del secolo scorso, è stata perfezionata nel tempo e attualmente registra un'affermazione crescente nel mondo per i risultati straordinari che fornisce in un vasto campo di applicazione. Questi impianti depurativi sono adeguati a risolvere problemi di depurazione altrimenti non risolvibili e possono offrire un contributo determinante all'applicazione della Direttiva Quadro sulle Acque dell'Unione Europea.

Per la quantità di vantaggi che presentano, la normativa italiana (D.Lgs.152/06 "Testo unico ambientale") incoraggia la costruzione di fitodepuratori in quanto stabilisce che le tecnologie devono essere progettate secondo criteri che rispecchiano questo tipo di impianti:

- rendere semplice la manutenzione e la gestione;
- essere in grado di sopportare adeguatamente forti variazioni orarie del carico idraulico e organico;
- minimizzare i costi gestionali.

La normativa caldeggia l'adozione di questo tipo di impianti perché sono economici, garantiscono elevato rendimento, si inseriscono armoniosamente nel paesaggio e costituiscono un'alternativa ai tradizionali impianti di depurazione biologici a fanghi attivi di piccole dimensioni (molto costosi sia in fase di realizzazione che di manutenzione).

In Italia gli impianti di fitodepurazione realizzati nei primi anni '90 si sono risolti in numerosi e clamorosi insuccessi iniziali e provocarono una diffusa diffidenza che ha rallentato la diffusione di questa tecnologia rispetto al resto dell'Europa e degli USA. Le cause vanno ricercate nell'improvvisazione e nella superficialità di molti professionisti che, ingannati dall'apparente semplicità di questi impianti, si sono avventurati a realizzarne con scarsa competenza teorica specifica e con costi elevati.

Al contrario, la progettazione di un fitodepuratore è impegnativa e deve tenere conto di diverse variabili: la proporzioni del dimensionamento (rapporto lunghezza/larghezza), la profondità del letto, il tempo di ritenzione, la permeabilità del *medium*, la velocità di scorrimento orizzontale delle acque reflue, la pendenza, il carico idraulico, il battente idraulico, il tasso di evo-traspirazione, la piovosità media del luogo, la scelta delle specie vegetali, i dispositivi di in-put e out-put.

La loro applicazione trova spazio in ambito urbano, nei settori dell'agricoltura e dell'industria. I campi di applicazione sono molto vasti: i prati erbosi filtranti (fitodepuratori vegetati con erba e curati a prato) trattano le acque reflue di raccolte da piazzali, strade, autostrade, parcheggi, sedimi aeroportuali, ecc. In particolare, la fitodepurazione è una valida soluzione per il trattamento delle acque provenienti dal de-icing: con impianti dimensionati ad hoc in base al traffico aeroportuale, si è in grado di abbattere il quantitativo di BOD₅, COD, azoto nitrico e fosforo.

4.1.2 Tipologie di sistemi di fitodepurazione

Come descritto nel paragrafo precedente, la classificazione basata sulle caratteristiche del percorso idraulico del refluo distingue i sistemi di fitodepurazione in sistemi a flusso sommerso (orizzontale e verticale) e sistemi a flusso libero.

I sistemi a flusso *sommerso* o *sub-superficiale* sono canali o bacini, naturalmente o artificialmente impermeabilizzati, riempiti con materiale inerte ad elevata conducibilità idraulica (ghiaia, sabbia o terreno naturale) che funge da supporto di crescita per le macrofite emergenti e per la popolazione microbica.

Rispetto ai sistemi a flusso superficiale, in cui lo sviluppo di colonie di microorganismi è limitato ai soli fusti sommersi delle macrofite, la pellicola batterica dispone in questo caso di una maggiore superficie di adesione dovuta alla presenza del *medium* di crescita, riducendo così l'area richiesta dall'impianto.

In base alla modalità di alimentazione del refluo e al regime di flusso, si distinguono in sistemi a flusso orizzontale e sistemi a flusso verticale.

I sistemi a flusso sommerso *orizzontale* sono costituiti da vasche opportunamente impermeabilizzate con manti plastici, riempite di materiale inerte di opportuna granulometria (es. ghiaie), in cui si sviluppano le radici di macrofite emergenti (comunemente utilizzata è la *Phragmites australis*), come rappresentato schematicamente in Figura 180.

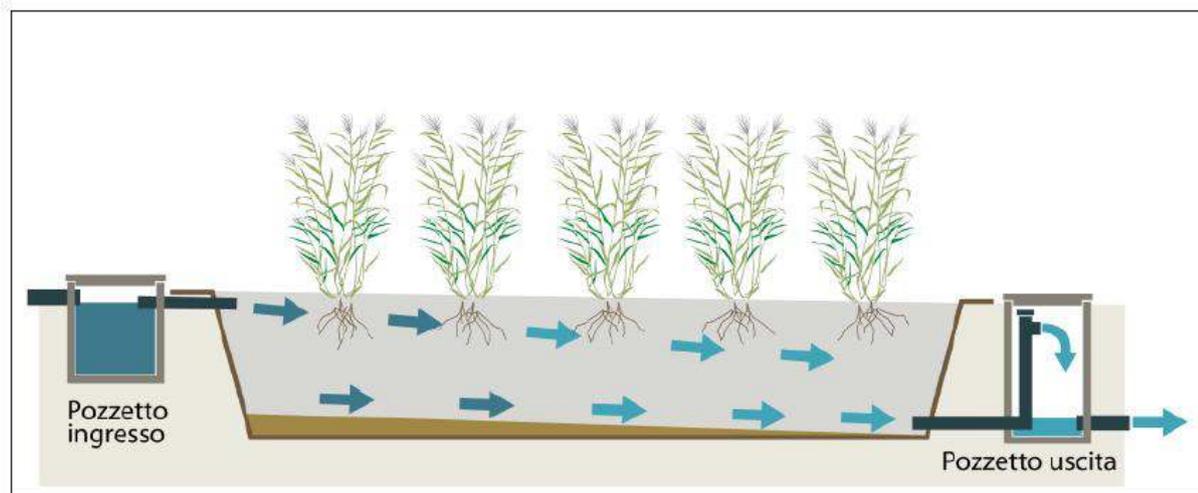


Figura 180: Rappresentazione schematica di un sistema a flusso sommerso orizzontale

Il flusso d'acqua è mantenuto costantemente al di sotto della superficie del materiale di riempimento, all'interno del quale si crea un ambiente prevalentemente anossico, ricco tuttavia di micro-siti aerobici posti in corrispondenza delle radici delle piante, che funzionano sostanzialmente come sistemi di trasferimento dell'ossigeno dall'atmosfera all'interno del letto filtrante. E' proprio questa varietà delle condizioni redox del sistema a renderlo estremamente elastico, versatile ed efficiente a fronte di diverse tipologie di reflui da trattare e di variazioni del contenuto inquinante.

Mentre il refluo attraversa il materiale di riempimento e viene in contatto con la rizosfera delle macrofite (che costituiscono un sistema a biomassa adesa), la sostanza organica e azotata in esso contenuta viene degradata dall'azione microbica; invece il fosforo ed i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento.

Le specie vegetali contribuiscono al processo depurativo, favorendo da un lato lo sviluppo di un'efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera e, dall'altro, consentendo lo sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e la scomparsa pressoché totale dei patogeni, (particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti del tenore di ossigeno disciolto)

attraverso l'azione di pompaggio dell'ossigeno atmosferico dalla parte emersa all'apparato radicale alla porzione di terreno circostante, con conseguente migliore ossidazione del refluo e creazione di un'alternanza di zone aerobiche, anossiche ed anaerobiche.

I sistemi a flusso sommerso orizzontale assicurano una maggiore protezione termica dei liquami nella stagione invernale, soprattutto nel caso in cui si prevede possano verificarsi frequenti periodi di copertura nevosa. Per i sistemi realizzati in aree con clima particolarmente rigido è buona norma prevedere la possibilità di abbassare il livello dell'acqua nella vasca in modo da evitarne il congelamento.

La configurazione geometrica dei sistemi a flusso *verticale* è molto simile a quella dei precedenti sistemi. Anche in questo caso si hanno delle vasche impermeabilizzate riempite con materiale inerte su cui vengono fatte sviluppare macrofite radicate emergenti.

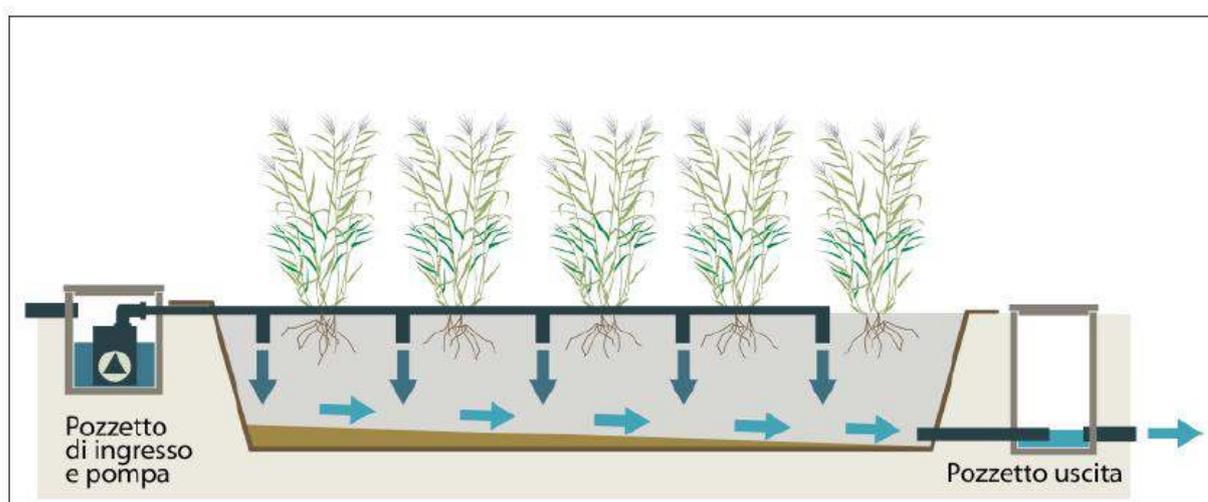


Figura 181: Rappresentazione schematica di un sistema a flusso sommerso verticale

La differenza principale consiste nel modo in cui il refluo scorre attraverso il *medium* di riempimento.

Mentre nei sistemi HF si ha un flusso con alimentazione continua e uno scorrimento prevalente in direzione orizzontale, secondo uno schema di reattore “*plug-flow*” (continuo), nei sistemi VF il refluo da trattare viene immesso nelle vasche in modo discontinuo e scorre in direzione prevalentemente verticale.

L'alimentazione intermittente con cicli di riempimento e svuotamento, regolati da un sistema temporizzato o da sifoni auto innescanti, ricrea le condizioni di un reattore “*batch*” e necessita spesso di almeno due vasche in parallelo, che funzionano a flusso alternato, in modo da poter

regolare i tempi di riossigenazione del letto variando frequenza e quantità del carico idraulico del refluo in ingresso.

Il *medium* di riempimento di questa tipologia di sistemi deve essere costituito da inerte a granulometria più fine rispetto ai sistemi a flusso orizzontale in modo da consentire una lenta percolazione delle acque e quindi una distribuzione quanto più omogenea possibile su tutta la superficie del letto. Le sabbie grossolane utilizzate generalmente nei sistemi VF presentano una conducibilità idraulica adeguata alla filtrazione verticale lenta e offrono, inoltre, un rapporto tra volume e superficie più elevato rispetto alle ghiaie adoperate nei sistemi HF, a vantaggio dell'attecchimento della biomassa.

L'alimentazione intermittente del liquame, associata ad un substrato a granulometria differenziata, facilita il drenaggio nel *medium* di crescita che viene a trovarsi alternativamente in condizioni di carenza e di eccesso di ossigeno. La maggiore areazione del substrato incrementa così i processi aerobici come la rimozione della sostanza organica e la nitrificazione.

I fenomeni di deposizione di materiali sulla superficie del materiale di riempimento, dovuti al continuo apporto di solidi sospesi e di sostanza organica, favoriscono in un primo periodo la diffusione omogenea del refluo su tutta la superficie del letto mentre, nel lungo periodo, tali fenomeni devono essere tenuti sotto controllo al fine di evitare formazioni stagnanti nel sistema e una drastica diminuzione delle capacità ossidative del sistema (e quindi di nitrificazione).

I sistemi a flusso *libero* o *superficiale* sono costituiti da bacini o canali, naturalmente o artificialmente impermeabilizzati, in cui il livello dell'acqua è costantemente mantenuto sopra la superficie del medium, con un battente idrico tipicamente compreso tra 0,3 e 0,6 m.

Il flusso è indirizzato all'interno attraverso un percorso che comprende la zona di *inlet* e tutte le aree del sistema fino a una o più strutture di *outlet*. Le zone a bassa profondità, con bassa velocità di scorrimento e con la presenza dei fusti delle piante, regolarizzano il flusso attraverso la formazione di una moltitudine di piccoli canali che simulano il comportamento di un reattore *plug-flow*. Uno dei principali obiettivi della progettazione di un sistema FWS è garantire il contatto del refluo con la superficie biologica attiva del sistema, per consentire un effettivo tempo di residenza idraulica del refluo nel sistema ed evitare la formazione di cortocircuiti idraulici.

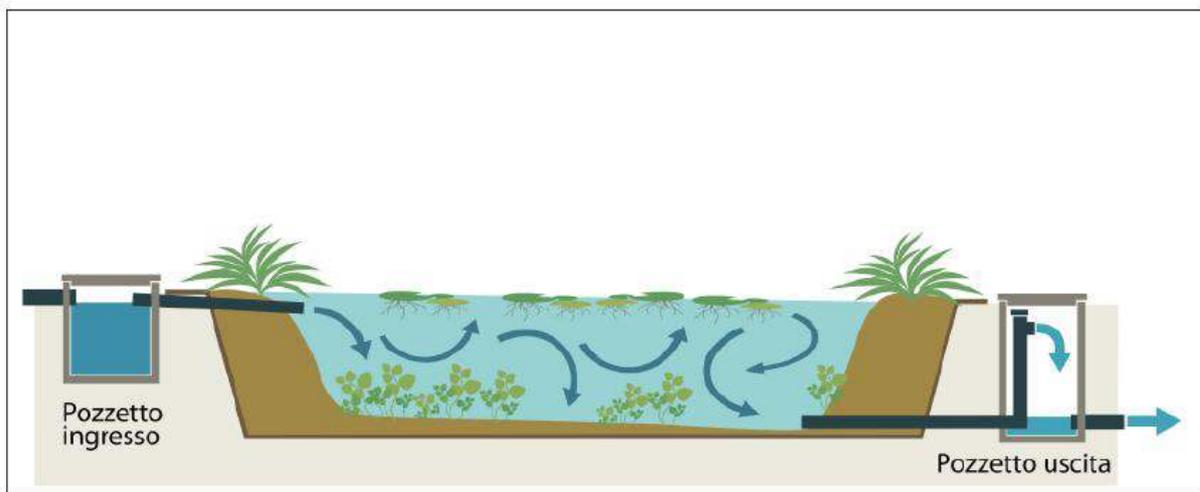


Figura 182: Rappresentazione schematica di un sistema a flusso libero

In questi sistemi i meccanismi di rimozione delle sostanze inquinanti riproducono esattamente quelli presenti nel processo di autodepurazione delle zone umide naturali per la rimozione di organismi patogeni, BOD, COD, solidi sospesi e sostanze nutrienti, nonché metalli pesanti e altri micro inquinanti.

Le sostanze organiche e azotate sono rimosse principalmente attraverso processi biologici in condizioni ossigenate (in corrispondenza della superficie) o anossiche (in profondità), mentre i solidi sospesi possono da un lato essere rimossi (per sedimentazione e/o filtrazione attraverso le piante), dall'altro essere prodotti (ad esempio per la presenza di microalghe, frammentazione dei tessuti vegetali, produzione di fitoplancton, formazione di precipitati chimici). La rimozione del fosforo avviene a ratei piuttosto bassi, attraverso processi di adsorbimento, assorbimento, complessazione, precipitazione.

I sistemi a flusso libero sono generalmente considerati molto efficaci nella rimozione dei microrganismi patogeni. Tuttavia tale efficacia presenta un'estrema variabilità dovuta principalmente alla complessa combinazione di fattori fisici, chimici e biologici che influenzano i meccanismi di rimozione, come ad esempio l'intrappolamento dei microrganismi nel sedimento, l'irraggiamento UV nelle aree più profonde non occupate dalla vegetazione, la presenza di colonie di uccelli che possono provocare apporto di sostanze fecali.

Le piante maggiormente utilizzate nei sistemi FWS sono tipiche specie paludose come *Scirpus sp.*, *Eleocharis sp.*, *Cyperus sp.*, *Juncus sp.*, *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Glyceria maxima* e *Typha sp.* La maggior parte degli impianti utilizza specie singole o in combinazione con specie sommerse, che permettono la presenza di specchi

d'acqua liberi. Queste zone garantiscono una maggiore aerazione del refluo consentendo una più alta rimozione dell'azoto, incrementando così la nitrificazione.

Tra i sistemi a flusso superficiale più utilizzati figurano i sistemi a lemna costituiti da bacini di accumulo, la cui superficie è totalmente coperta da un manto di lemna che induce svariati fenomeni (tra cui la riduzione e prevenzione della crescita algale, la stabilizzazione del ph, il miglioramento del processo di sedimentazione ed il consumo di sostanze nutrienti); questa tipologia di trattamento è considerata una tecnica di fitodepurazione con macrofite galleggianti. La lemna o lenticchia d'acqua è la più piccola e semplice pianta galleggiante utilizzata per il trattamento di depurazione di reflui.



Figura 183: Lemna o lenticchia d'acqua

Il ricorso ai sistemi a lemna presuppone una valutazione preventiva delle problematiche di gestione della biomassa vegetale di supero, dal momento che la lemna ha un rapidissimo sviluppo e deve quindi essere periodicamente rimossa. Sono inoltre auspicabili le combinazioni tra impianti di trattamento delle acque e impianti per la produzione di energia da biomasse (per combustione e cogenerazione oppure per formazione di biogas in reattori anaerobici).

4.1.3 Schemi di impianto

Lo schema generale di un impianto di fitodepurazione è molto simile a quello dei comuni impianti di depurazione biologici. Nella maggioranza dei casi è presente uno stadio di

trattamento preliminare per l'eliminazione dei solidi grossolani, seguito da una sedimentazione primaria, mentre il sistema di fitodepurazione costituisce lo stadio di trattamento secondario.

La differenza fondamentale si riscontra nella linea fanghi: in un impianto di depurazione biologica convenzionale i fanghi prodotti dal sistema di trattamento secondario (biologico “a fanghi attivi”) sono in parte utilizzati in ricircolo nel reattore ed in parte allontanati e smaltiti come fanghi di supero, mentre negli impianti di fitodepurazione non si ha alcuna produzione di fanghi nello stadio di trattamento secondario. Gli unici fanghi prodotti sono quelli derivanti dallo stadio di sedimentazione primaria, che in genere sono periodicamente rimossi ed adeguatamente smaltiti.

La complessità e la tipologia dei sistemi di pre-trattamento dipendono essenzialmente dalle caratteristiche del refluo da trattare e hanno la funzione di eliminare le particelle grossolane che potrebbero causare fenomeni di intasamento. I trattamenti più comuni sono la grigliatura e la dissabbiatura.

Lo stadio successivo di sedimentazione primaria, invece, ha la funzione di rimuovere buona parte dei solidi sedimentabili e può essere costituito da una vasca Imhoff, da una vasca tricamerale o da una classica vasca di sedimentazione.

Il trattamento secondario di fitodepurazione può essere costituito da sistemi di diversa tipologia che possono essere combinati in serie o in parallelo con l'obiettivo di realizzare un trattamento più spinto. In questo caso il sistema di fitodepurazione è definito, comunemente, “ibrido” o “multistadio”.

Gli elementi che devono essere considerati nella progettazione di ogni sistema di fitodepurazione sono:

- i trattamenti preliminari;
- il sistema di impermeabilizzazione;
- il dimensionamento;
- la configurazione geometrica dei bacini di contatto;
- la tipologia e le caratteristiche del *medium* di riempimento;
- i sistemi di alimentazione, raccolta e regolazione del flusso.

I sistemi di pre-trattamento (trattamento preliminare e trattamento primario) sono inseriti nella filiera con il principale scopo di rimuovere la maggior parte dei solidi contenuti nel refluo. La

scelta di un sistema di pre-trattamento adeguato al tipo di liquame da trattare è fondamentale per garantire il funzionamento e la durata di un impianto di fitodepurazione.

Il trattamento primario deve essere tale da permettere la rimozione di almeno il 60% dei solidi sospesi sedimentabili e a questo scopo sono comunemente utilizzate vasche settiche tipo Imhoff, vasche settiche tricamerale, fino alle comuni vasche di sedimentazione primaria. Nel caso di impianti di fitodepurazione a servizio di utenze non allacciate alla fognatura è inoltre importante prevedere un trattamento di separazione degli oli e dei grassi delle acque grigie prima della confluenza con le restanti, al fine di migliorarne la rimozione e limitare la formazione di composti solidi nei trattamenti primari.

Per evitare fenomeni di inquinamento del sottosuolo, i bacini di fitodepurazione devono essere provvisti di adeguati sistemi di impermeabilizzazione. A tale scopo possono essere impiegate geomembrane sintetiche (PEAD, PVC, PP) o bentonitiche, di spessore variabile fra 0,5 e 2 mm, e collegate tramite saldature o sormonti. La possibilità di utilizzare terreno argilloso, pur presentando indubbi vantaggi di tipo economico, è limitata dalla permeabilità del terreno stesso i cui valori devono essere molto bassi (indicativamente pari a $K_s < 8-10$ m/s, e con la quota di falda a non meno di un metro sotto la base del letto). Infine, l'isolamento del sistema può essere realizzato anche ricorrendo a manufatti in cemento ma, per gli elevati costi di realizzazione e dismissione, nonché per motivi di sicurezza, di tenuta idraulica e, quindi, di compatibilità ambientale, tale modalità è sconsigliabile.

Il materiale di riempimento ha un ruolo fondamentale nell'efficienza depurativa di un impianto di fitodepurazione in quanto, oltre a fornire supporto alla vegetazione, svolge la funzione di filtro meccanico e chimico per alcune sostanze contenute nel refluo; per questo la scelta del tipo di *medium* è strettamente correlata alle caratteristiche del liquame che si deve depurare. Il *medium* di riempimento dovrà essere costituito da materiale il più possibile rotondeggiante e omogeneo, proveniente da rocce compatte, resistenti, non gessose né gelive, non contenente elementi di scarsa resistenza meccanica, sfaldati o sfaldabili. Inoltre, il materiale dovrà essere scevro da materie terrose, sabbia o comunque materie eterogenee.

4.1.4 Descrizione dell'intervento presso l'Aeroporto G. Marconi

L'obiettivo principale del progetto WATAIR è la costruzione di un impianto di fitodepurazione pilota all'Aeroporto G. Marconi di Bologna con le seguenti finalità:

- dimostrare i vantaggi dell'impiego della fitodepurazione per il trattamento delle acque di *de-icing* provenienti dalla nuova piazzola (nel periodo invernale) e del *runoff* di prima pioggia (nei restanti mesi dell'anno);
- ri-utilizzare almeno il 70 % dell'acqua trattata, quindi ridurre l'uso dell'acqua di falda;
- stabilire una base per un nuovo standard all'interno dell'Unione Europea sul sistema di *Water Management* negli aeroporti, indagando sulle migliori tecniche e metodologie esistenti, definendo i processi principali del *water management* nei siti aeroportuali;
- definire alcuni consigli per le linee guida della Commissione Europea sulle politiche dei sistemi di *water management* negli aeroporti, in modo da implementarle anche in altri settori trasportistici (ad esempio, infrastrutture portuali multimodali).

Il progetto candidato mostra l'applicazione delle *constructed wetlands* in tre differenti aree climatiche europee, in modo da dimostrare la loro potenzialità e diffondere i benefici economici, sociali e ambientali legati all'adozione di queste soluzioni in differenti Paesi dell'Unione Europea.

Si vuole così ridurre i consumi di acqua, il carico inquinante sulle piante, i costi del trattamento e lo sfruttamento degli acquiferi.

I membri del consorzio istituito per la presentazione della proposta sono:

- Aeroporto Guglielmo Marconi S.P.A. (Italia);
- Sinergie Società Consortile a Responsabilità Limitata (Italia);
- Università di Aarhus (Danimarca);
- Aeroporto di Aarhus (Danimarca);
- Kilian Water APS (Danimarca);
- Università degli Studi di Padova (Italia);
- Airis Srl (Italia);
- Europe for Business LTD (Regno Unito);
- Airport Regions Conference (Belgio);
- Nomisma Società di Studi Economici S.P.A (Italia);
- Dekonta, a.s. (Repubblica Ceca);
- Ceska Zemedelska Univerzita V Praze (Repubblica Ceca).

Di seguito si illustrano le caratteristiche dell'impianto progettato per l'Aeroporto Marconi.

La superficie disponibile per il sistema di fitodepurazione è di circa 1.200 m², dei quali 1.000 m² sono da destinarsi alle vasche di trattamento, i restanti a zone di servizio e di transito.

Si propone un impianto ibrido costituito da un sistema sottosuperficiale verticale (VF), sottosuperficiale orizzontale (HF) e vasca con flottanti.

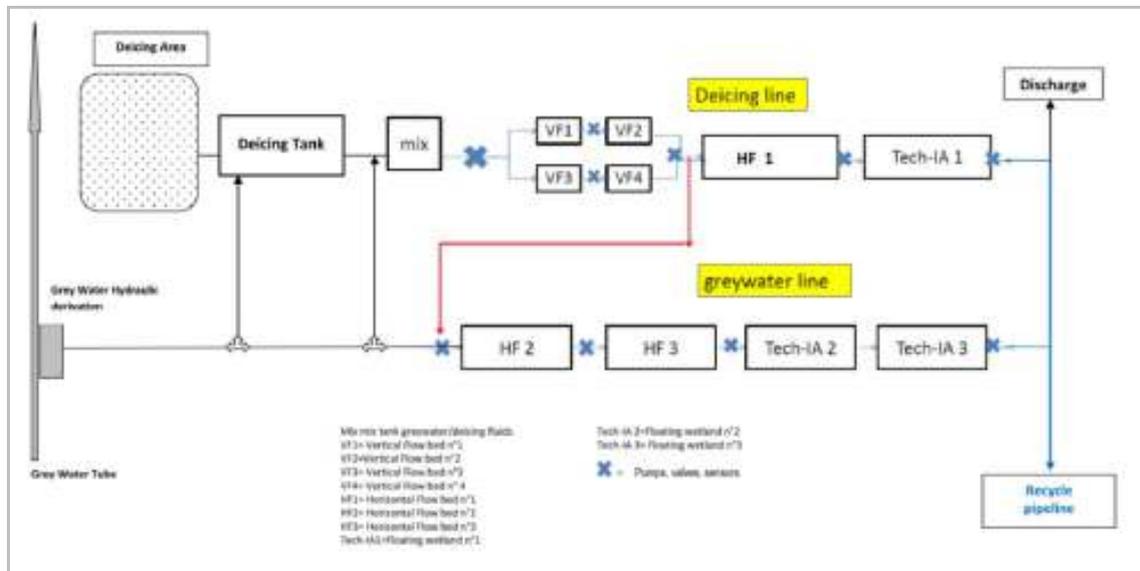


Figura 184: Schema tipo di un impianto di fitodepurazione

I sistemi sottosuperficiali occupano metà superficie, la vasca con flottanti l'altra metà disponibile, offrendo così una capacità di 600 m³ così suddivisi:

- sistemi sottosuperficiali: $0,6 \text{ m (profondità utile)} * 500 \text{ m}^2 \text{ (superficie totale)} = 300 \text{ m}^3$
 $300 \text{ m}^3 * 0,3 \text{ (porosità)} = 100 \text{ m}^3$
- vasca con flottanti: $1 \text{ m (profondità utile)} * 500 \text{ m}^2 \text{ (superficie totale)} = 500 \text{ m}^3$

La produzione di acqua reflua di 25 m³/d avrebbe quindi un tempo di residenza teorico di 24 giorni, ritenuto adeguato per il trattamento e l'abbattimento del COD a valori compatibili con lo scarico in acque superficiali.

Il sistema sottosuperficiale verticale comprende due vasche, per un invaso totale di 50 m³, con funzionamento tutto pieno/tutto vuoto. Queste vasche sono da collocarsi all'inizio dell'impianto, nelle vicinanze dei punti di prelievo dell'acqua reflua dai serbatoi.

Ogni vasca ha superficie di 125 m² e profondità di 0,8 m (in modo da avere una profondità utile di almeno 0,6 m).

Il sistema sottosuperficiale orizzontale comprende una vasca rettangolare di superficie 250 m^2 e profondità di $0,8 \text{ m}$ ed è riempita con un substrato avente porosità del 30% . Il volume di invaso risulta 45 m^3 .

Il bacino con vasche flottanti occupa una superficie di 500 m^2 e profondità utile 1 m e può essere realizzato in un'unica vasca o più vasche di minori dimensioni.



Figura 185: In rosso è evidenziata l'area interessata dalla nuova piazzola de-icing e dall'impianto di fitodepurazione



Figura 186: Planimetria dell'impianto di fitodepurazione presentato nel progetto WATAIR

Le VF sono vasche con flusso sub superficiale verticale di forma generalmente rettangolare, isolate dal terreno tramite tessuto geotessile ed impermeabilizzate grazie a fogli in poliolefine. Le vasche sono riempite di materiale misto formato da strati di ghiaia e sabbia nelle misure di:

- 20 cm di ghiaia di fiume lavata del diametro di 5 cm sul fondo della vasca per ottenere un migliore drenaggio finale verso l'uscita;
- 50 cm di ghiaia di fiume lavata del diametro di 1-2 cm sul secondo strato;
- 20 cm di sabbia di fiume lavata del diametro di 2 mm sul terzo strato;
- 10 cm di ghiaia di fiume lavata del diametro di 1-2 cm sulla superficie.

Le diverse granulometrie dei materiali di riempimento originano una porosità media di circa il 33%.

In questo tipo di vasche il carico del refluo avviene tramite una pompa inserita in un pozzetto che, per mezzo di tubi posizionati lungo la superficie delle vasche nel senso della lunghezza, carica dall'alto il refluo. Nei tubi in PVC si effettua una serie di fori per la distribuzione uniforme del refluo sulla superficie delle vasche. Durante la percolazione, il refluo attraversa tutti gli strati dei diversi materiali presenti nelle vasche e viene intercettato da un'altra serie di tubi posizionati sul fondo delle vasche. In questi ultimi tubi si realizza una serie di fori lungo tutta la superficie disponibile per favorire il drenaggio e l'uscita del refluo dalle vasche stesse.

Le vasche sono vegetate con *Phragmites australis* con una densità di 5 piante/m².

La funzione di queste vasche è di creare, tramite le condizioni di carico/scarico, un'alternanza di ambiente ossidante e riducente in maniera da favorire i processi di rimozione degli inquinanti.

Le vasche con sistemi flottanti sono bacini isolati dal terreno tramite tessuti geotessile ed impermeabilizzati grazie a fogli in poliolefine. I bacini sono riempiti di refluo su cui galleggiano o sistemi flottanti Tech-IA opportunamente vegetati. Le radici delle piante si estendono lungo la colonna del refluo e sono sede di tutti i processi di depurazione.

Il sistema flottante Tech-IA consente di sfruttare l'intera capacità d'invaso dei bacini, che assumono la duplice funzione di ritenzione e di trattamento.

L'elemento Tech-IA è di forma rettangolare, dotato di aperture per il fissaggio delle piante. Le strutture possono essere agganciate tra loro e ancorate al bordo della vasca; sull'elemento flottante possono essere installate piante erbacee differenti secondo le stagioni, e può essere utilizzato anche con valore ornamentale, sfruttando piante con fioriture particolari e diventare così anche un elemento perfetto per l'arredo urbano.



Figura 187: Elemento flottante singolo non vegetato

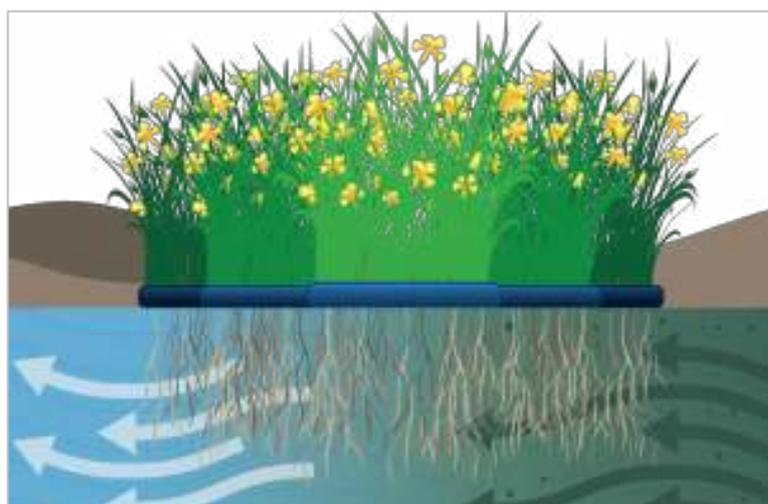


Figura 188: Schema di funzionamento di Tech-IA

Le OF sono vasche con flusso sub superficiale orizzontale di forma rettangolare, isolate dal terreno tramite tessuto geotessile ed impermeabilizzate grazie a fogli in poliolefine .

Sono riempite a settori dall'entrata all'uscita, per consentire da una parte la distribuzione del refluo in alimentazione e dall'altra il drenaggio finale verso l'uscita:

- ghiaia di fiume lavata del diametro di 5 cm sui primi 50 cm della vasca;
- ghiaia di fiume lavata del diametro di 1-2 cm per la lunghezza della vasca fino a 50 cm dal lato di uscita del refluo;
- ghiaia di fiume lavata del diametro di 5 cm sugli ultimi 50 cm della vasca.

Il livello del refluo all'interno delle vasche è regolabile tramite un tubo alloggiato in un pozzetto di uscita ma generalmente è tenuto costante all'altezza di 0,6 m. Le vasche sono alimentate in testa da un tubo a "T" con due ali disperdenti che consentono la distribuzione del refluo su tutta la larghezza delle vasche. Il tubo è posizionato sulla superficie del materiale di riempimento e presenta una serie di fori per consentire la distribuzione del refluo. Dopo essere fluito liberamente grazie a una debole pendenza attraverso il *medium* e le radici delle piante il refluo viene raccolto alla fine delle vasche da un tubo forato posizionato sul fondo. Le piante utilizzate sono di solito *Phragmites australis* con una densità di 5 piante/m². La funzione di queste vasche è di creare un ambiente anossico tranne che in prossimità delle radici e favorire i processi di rimozione dei nutrienti.

Il progetto di fitodepurazione consente di intercettare sia le acque di prima pioggia di dilavamento dei piazzali, sia le acque di de-icing provenienti dalla nuova piazzola de-icing che sarà costruita nello scalo bolognese.

Infatti il Decreto VIA ha stabilito l'obbligo di smaltire il rifiuto derivante dall'attività di de-icing, generando così per il Gestore aeroportuale l'onere di realizzare un sistema complesso di raccolta e smaltimento delle acque e oneri di esercizio derivanti dallo smaltimento del rifiuto presso depositi autorizzati (circa 50.000 €/anno).

ARPA Emilia-Romagna ha approvato un progetto di gestione delle acque di de-icing che prevede la delimitazione con canali di drenaggio grigliati dei piazzali in cui saranno trattati gli aeromobili nella stagione invernale. Ciò comporta una gestione differenziata delle acque in condizioni di pioggia o di tempo secco. In quest'ultimo caso il liquido di de-icing è inviato all'impianto di fitodepurazione. L'uscita dell'impianto di fitodepurazione rimanda le acque nell'invaso di laminazione che le invia, mediante impianto di sollevamento, alla fognatura nera del Comune di Bologna.



Figura 189: Area dell'Aeroporto Marconi in cui sorgerà la piazzola de-icing



Figura 190: Collocazione della futura piazzola de-icing e, a fianco, impianto di fitodepurazione

La costruzione di una piazzola de-icing ha tra i vantaggi anche quello di consentire maggiori spazi di manovra per i mezzi che operano il deghiacciamento e quindi permette di affidare il mezzo a un unico operatore che gestisce contemporaneamente il trattamento de-icing e la

guida del mezzo stesso (ora, invece, sono necessari due operatori perché gli spazi di manovra negli stand di sosta degli aeromobili sono ridotti).

4.2 Costruzione di un depuratore per lavaggio dei mezzi aeroportuali

Attualmente il lavaggio dei mezzi aeroportuali nello scalo bolognese avviene in prossimità dell'officina, ma è in progetto la realizzazione di un depuratore nell'area compresa tra l'officina e l'hangar aeroportuale.

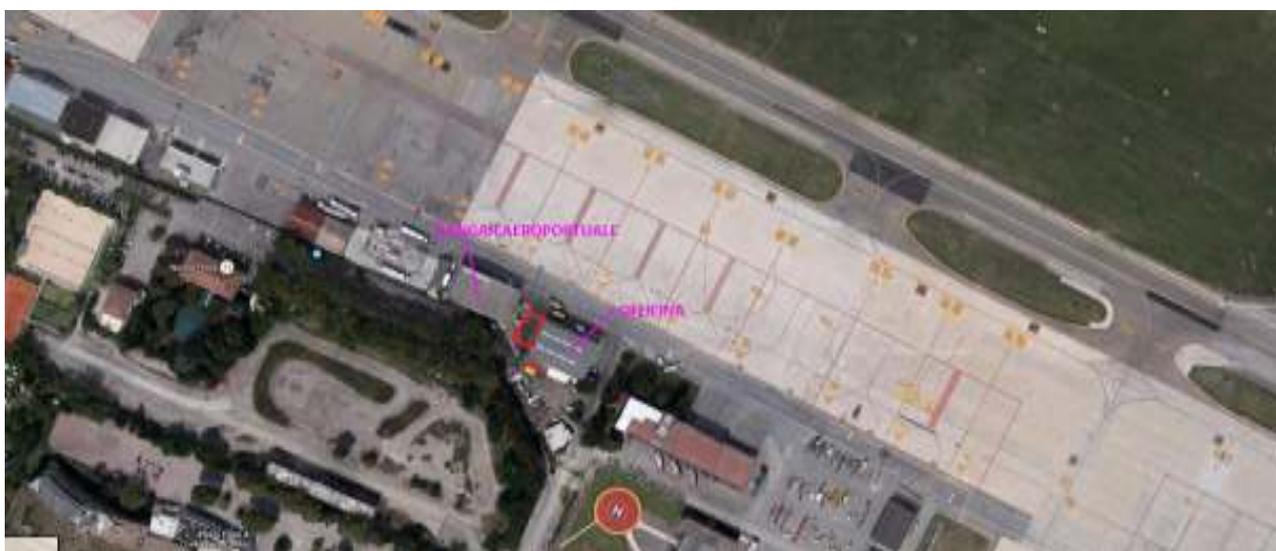


Figura 191: In rosso l'area in cui sorgerà il nuovo depuratore, tra officina e hangar aeroportuale



Figura 192: Stato attuale dell'area



Figura 193: Stato attuale dell'area, retro dell'officina

Le soluzioni impiantistiche per il trattamento delle acque derivanti dalle operazioni di lavaggio automezzi sono:

- a. impianto chimico-fisico;
- b. filtrazione in serie.

La prima soluzione si adotta quando ai reflui derivanti dal lavaggio mezzi si associano acque a maggior carico inquinante (ad esempio, acque di ceratura autoveicoli, ecc).

È preferibile adottare la seconda soluzione quando, oltre alle acque di lavaggio dei mezzi, sono presenti piccole quote di scarichi di officina. La filtrazione in serie presenta alcuni vantaggi:

- produzione di fango molto limitata;
- utilizzo minimo di reattivi chimici;
- minima gestione.

L'impianto è stato dimensionato tenendo conto che le acque da trattare derivano dal lavaggio degli automezzi impiegati per le attività *air-side*, dei muletti e dei componenti meccanici.

La portata nominale dell'impianto di filtrazione è 100 l/h.

I parametri di COD e tensioattivi totali in ingresso sono superiori ai limiti fissati dalla Tab. 3 dell'Allegato 5 per lo scarico in pubblica fognatura della D. Lgs. 152/06 e successive modifiche.

In particolare, l'acqua di scarico proveniente dagli autolavaggi è caratterizzata dalla presenza di solidi sospesi, quindi da una torbidità essenzialmente colloidale e piuttosto stabile e dalla presenza di tensioattivi e di modeste quantità di oli emulsionati dai tensioattivi.

Per eliminare la torbidità occorre procedere con due passaggi:

1. destabilizzare con reattivi chimici la sospensione delle particelle (che si respingono reciprocamente a causa della loro carica elettrica);
2. separare i solidi dall'acqua.

Le unità che compongono l'impianto sono:

- Disolatura e dissabiatura (esistente)
- Accumulo (esistente)
- Sollevamento alla filtrazione
- Dosaggio reattivi: prima dell'ingresso ai filtri viene controllato il ph ed eventualmente dosato un prodotto coagulante al fine di ottenere l'agglomerarsi delle particelle in sospensione. Il dosaggio dei prodotti viene eseguito direttamente nel serbatoio di rilancio in cui è installato un agitatore.
- Controllo del potenziale ossidoriduttivo: al fine di controllare in modo automatico la putrescibilità dell'acqua viene installato un misuratore redox che comanda il dosaggio di ipoclorito di sodio. Questo sistema permette di automatizzare l'operazione che ora viene effettuata in vasca di accumulo versando manualmente ipoclorito di sodio.

L'automazione consente di dosare solo l'effettiva quantità di prodotto necessario, evitando il problema di un surplus di prodotto che può innalzare il valore dei cloruri.

- Filtrazione a sabbia: la filtrazione veloce su filtro "sabbia" serve ad eliminare i coaguli dalla soluzione acquosa che si sono formati nella fase precedente. La funzione è quindi analoga a quella di un sedimentatore, ma la separazione avviene in un filtro anziché per semplice gravità. Analoga funzione può essere eseguita sui filtri a carbone.

Introducendo però un filtro a sabbia si preservano le colonne di carbone e si diminuisce la frequenza di sostituzione dei carboni attivi.

- Filtrazione a carbone: per trattenere le sostanze organiche in soluzione, oli e tensioattivi, vengono impiegate due colonne a carbone attivo granulare.

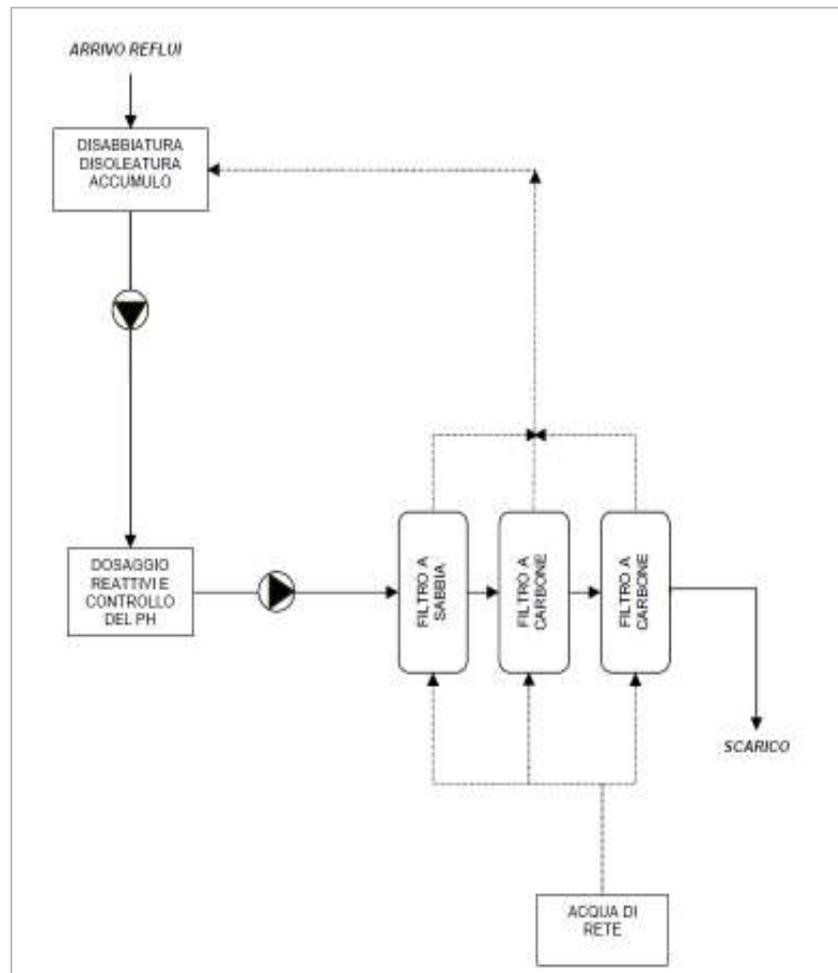


Figura 194: Schema dell'impianto del depuratore

CONCLUSIONI

L'analisi dell'inquinamento idrico provocato dalle attività air-side presso l'Aeroporto G.Marconi di Bologna è un tema complesso che coinvolge più discipline.

Infatti, se da un lato l'aeroporto ha necessità di svolgere tutte le operazioni necessarie per garantire l'operatività dello scalo, puntando ogni anno ad incrementare il traffico passeggeri e merci, dall'altro si scontra con l'impatto che esso provoca sul territorio e sull'ambiente.

Lo sviluppo di qualsiasi modo di trasporto non può prescindere dall'attenzione verso il miglioramento della qualità ambientale: la pianificazione e la progettazione aeroportuale deve includere tra gli obiettivi anche la ricerca di soluzioni che diminuiscano l'inquinamento provocato dall'infrastruttura stessa.

Questo elaborato ha avuto lo scopo di analizzare l'inquinamento delle acque causato dalle operazioni che avvengono in air-side e di cercare soluzioni per ridurre la quantità di inquinanti che, a causa del dilavamento, confluiscono nelle acque grigie, quindi nella rete di drenaggio aeroportuale. Inoltre sono stati indicati due progetti che mirano al trattamento degli inquinanti derivanti da due attività che interessano l'Aeroporto Marconi: il de-icing e il lavaggio dei mezzi.

Prima di verificare l'impatto sulla qualità delle acque provocato da ciascuna operazione, è stato necessario creare un approccio comune per ogni attività, in modo da avere un quadro preciso e dettagliato su come essa viene svolta, sulla frequenza e sul personale coinvolto. Infine sono state eseguite analisi quali-quantitative degli inquinanti presenti nelle acque e sulle pavimentazioni soggette al dilavamento.

In generale, le analisi hanno evidenziato che le operazioni svolte in air-side sono molto efficaci perché sono eseguite attraverso procedure che riducono al minimo la concentrazione di inquinanti che confluisce nella rete di raccolta delle acque. Inoltre, la gestione delle aree aeroportuali è così ben organizzata e descritta nelle procedure da garantire tempi rapidi di intervento anche in situazioni critiche (ad esempio, sversamenti di oli e carburanti), tali da minimizzare gli eventuali impatti sull'ambiente.

Perciò gli sviluppi futuri sono incentrati su soluzioni di trattamento delle acque più efficienti rispetto a quelli esistenti e con un minor impatto sull'ambiente e non sull'ottimizzazione delle operazioni al fine di ridurre la scarsa quantità di inquinanti che finisce nelle caditoie.

Oltre a ciò, è fondamentale perseguire il monitoraggio periodico della qualità delle acque, per verificare che non vi siano criticità nella gestione e nei processi depurativi.

Quindi sono stati illustrati un progetto di fitodepurazione delle acque provenienti dal trattamento de-icing (che, in ottica di ottimizzazione della procedura, sarà svolto in un'apposita piazzola di futura realizzazione, evitando così di impegnare gli stand di sosta degli aeromobili) e un progetto per la realizzazione di un nuovo depuratore per il lavaggio dei mezzi aeroportuali che opera secondo un processo di filtrazione in serie delle acque.

Ogni analisi ha mostrato differenti tipologie e concentrazioni di inquinanti in base alla zona operativa da cui è stato prelevato il campione, ma in generale è emerso che nelle aree della pista e dei piazzali sono presenti inquinanti legati agli impianti frenanti degli aeromobili. Inoltre, grazie alla sgommatura si rimuove periodicamente il gommino lasciato sulla pavimentazione della pista dagli aeromobili in fase di atterraggio, riducendo così il quantitativo di solidi sospesi, rame, zinco e COD che finiscono in caditoia.

L'elevato potere aspirante delle spazzatrici che operano nei piazzali limita gli inquinanti che, attraverso il dilavamento, confluiscono in caditoia. Le concentrazioni di tensioattivi presenti derivano dal lavaggio degli aeromobili nei piazzali, ma il loro apporto è poco significativo per l'inquinamento idrico.

Gli sversamenti di oli e carburanti sono gestiti in tempi rapidi e con procedure che limitano al minimo l'inquinamento idrico; si potrebbe ridurre la loro frequenza incrementando le attività di manutenzione sui mezzi aeroportuali, ma questo comporterebbe un sensibile aggravio dei costi di gestione.

La mancanza di una piazzola dedicata alle operazioni di de-icing presso l'Aeroporto Marconi comporta una difficoltà nel trattamento della miscela liquido deghiacciante-acqua che finisce nella rete di collettamento. Il progetto della piazzola di futura realizzazione, situata in prossimità dell'attuale terminale Est, sostiene la partecipazione dell'Aeroporto a un bando per un finanziamento europeo che ha come fine la realizzazione di un impianto di fitodepurazione. Quest'ultimo rientra tra gli interventi proposti per migliorare il trattamento delle acque inquinate, poiché rappresenta una soluzione *context-sensitive* che ricorre a sistemi naturali per l'eliminazione degli inquinanti dalle acque grigie e dalla miscela del de-icing.

Dalla correlazione tra i dati delle operazioni di de-icing e i dati meteo è emerso che non sempre vi è una relazione lineare tra il quantitativo di liquido deghiacciante e la temperatura.

I valori di tensioattivi totali, COD, BOD, idrocarburi e azoto presenti nel rifiuto dello svuotamento dei bottini superano i limiti imposti dal D. Lgs. 152/2006 per scarichi in fognatura, perciò il sanificatore vicino al Varco Est è stato classificato come "scarico industriale assimilabile al domestico".

Il contributo all'inquinamento derivante dal lavaggio degli aeromobili e dal diserbo delle aree vicine alle *runway strip* è trascurabile.

ACRONIMI

ACI	<i>Airports Council International</i>
AEA	<i>Association of European Airlines</i>
AHM	<i>Airport Handling Manual</i>
ASDA	<i>Accelerate-Stop Distance Available</i>
AWY	<i>Airway (Aerovia)</i>
EASA	<i>European Aviation Safety Agency (Agenzia Europea per la Sicurezza Aerea)</i>
ECAC	<i>European Civil Aviation Conference</i>
ENAC	<i>Ente Nazionale per l'Aviazione Civile</i>
ENAV	<i>Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration (Amministrazione dell'Aviazione Federale, USA)</i>
IATA	<i>International Air Transport Association</i>
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
IFR	<i>Instrument Flight Rules (Regole del volo strumentale)</i>
LDA	<i>Landing Distance Available (Distanza Disponibile per l'Atterraggio)</i>
RESA	<i>Runway End Safety Area (Area di Sicurezza di Fine Pista)</i>
SMS	<i>Safety Management System (Sistema di Gestione per la Sicurezza)</i>
TMA	<i>Terminal Area</i>
TODA	<i>Take-Off Distance Available (Distanza di Decollo Disponibile)</i>
TORA	<i>Take-Off Run Available (Corsa di Decollo Disponibile)</i>
TWR	<i>Aerodrome Control Rules (Torre di controllo d'aeroporto)</i>

BIBLIOGRAFIA

Agenzia Europea dell' Ambiente, *Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM)*, 2011

Sito internet: www.eea.europa.eu

AA. VV., *The water footprint assessment manual-setting the global standard*, London and Washington, Earthscan, 2011

Dipartimento della Protezione Civile della Presidenze del Consiglio dei Ministri

Sito internet: www.protezionecivile.gov.it

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Sito internet: www.isprambiente.gov.it

Regione Emilia-Romagna, Assessorato Ambiente e Sviluppo Sostenibile, *Piano di Tutela delle Acque-Regione Emilia Romagna*, Relazione generale approvata dall'Assemblea legislativa con deliberazione n. 40 del 21 dicembre 2005

Papiri S., Todeschini S., *Qualità e controllo delle acque di dilavamento di infrastrutture viarie*, Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale, Università degli Studi di Pavia, 2004

Commissione europea-Direzione generale della Mobilità e dei Trasporti, *Libro bianco sui trasporti*, Lussemburgo, 2011

Di Mascio P., Domenichini L., Ranzo A., *Infrastrutture Aeroportuali*, Roma, Ed. Ingegneria 2000, 2009

Panetta F., *Il trasporto aereo e lo sviluppo sostenibile: i programmi di espansione degli aeroporti tra spinte economiche e vincoli ambientali*, working paper redatto durante la

partecipazione al master in Air Transport Management della Cranfield University, United Kingdom, 2003

Transportation Research Board of the National Academies, *Apron Planning and Design Guidebook*, Chicago (IL) and Denver (CO), Airport Cooperative Research Program, 2013

AA. VV., “*Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management*”, in *International Soil and Water Conservation Research*, n. 3, 2015

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006)

International Civil Aviation Organization (ICAO), *Annex 6- Operation of Aircraft-part II- International General Aviation-Aeroplanes*, ed. 7, 2009

Sito internet: www.icao.int

International Civil Aviation Organization (ICAO), *Annex 14- Aerodromes-volume I- Aerodrome Design and Operations*, ed. 5, 2009

International Civil Aviation Organization (ICAO), *Annex 16- Environmental protection-volume II-Aircraft Engine Emissions*, ed. 3, 2008

International Civil Aviation Organization (ICAO), *Doc. 9640 “Manual of Aircraft Ground De/anti-icing Operations”*, ed. 2, 2000

International Air Transport Association (IATA)

Sito internet: www.iata.org

U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration (FAA), *Airport Pavement Management System*, 2006

Sito internet: www.faa.gov

Ente Nazionale dell'Aviazione Civile (ENAC), *Regolamento per la Costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti*, ed.2 ss.mm.ii., 21 ottobre 2003

Sito internet: www.enac.gov.it

Circolare ENAC APT 10A, *Criteri per la valutazione delle condizioni superficiali di una pista*, ottobre 2014

Società Aeroporto di Bologna S.p.A. (SAB), *Regolamento di scalo*, rev. Febbraio 2014

Società Aeroporto di Bologna S.p.A. (SAB), *Manuale d'aeroporto*, rev. Maggio 2013

Società Aeroporto di Bologna S.p.A. (SAB), *PO 04 Gestione pulizie aree operative e viabilità air-side*, *Manuale d'aeroporto*

Società Aeroporto di Bologna S.p.A. (SAB), *PO 028 Gestione sversamenti di sostanze e preparati pericolosi*, *Manuale d'aeroporto*

Società Aeroporto di Bologna S.p.A. (SAB), *PO 106 Trattamento bottini di bordo*, *Manuale d'aeroporto*

Società Aeroporto di Bologna S.p.A. (SAB), *Manuale Ramp Safety*, rev. Febbraio 2013

Marconi Handling, *Procedure di de-icing/anti-icing*, ed. 12, ottobre 2014

Dott. Ing. Marco Maglionico, *Studio idraulico della rete di drenaggio dell'Aeroporto G.Marconi di Bologna*, Bologna, Marzo 2015

Dott. Ing. Valeria Vignali, appunti delle lezioni del corso di “Costruzioni Ferroviarie e Aeroportuali M”, Università degli Studi di Bologna, Scuola di Ingegneria e Architettura, a.a. 2013/14

Dott. Ing. Luca Mantecchini, appunti delle lezioni del corso di “Teoria e Tecnica della Circolazione M”, Università degli Studi di Bologna, Scuola di Ingegneria e Architettura, a.a. 2012/13

Dott. Ing. Cesare Sangiorgi, appunti delle lezioni del corso di “Context and Sensitive Design in Transportation Infrastructures”, Università degli Studi di Bologna, Scuola di Ingegneria e Architettura, a.a. 2013/14

Arianna Bichicchi, “Valutazione di diversi approcci di dimensionamento per pavimentazioni aeroportuali rigide. Studio dell’ampliamento del piazzale II lotto dell’Aeroporto “G. Marconi” di Bologna: verifica, realizzazione e controlli”. Tesi di laurea in Costruzioni ferroviarie e Aeroportuali; Relatore: Prof. Ing. Ettore Volta, Correlatore: Ing. Domenico Terra- Università degli Studi di Bologna, Facoltà di Ingegneria, C.d.L. in ingegneria Civile, a.a. 2009/2010

ALLEGATI

- **Allegato 1**
Limiti per lo scarico in acque superficiali e in fognatura (Tab. 3, Allegato 5, D. Lgs. 152/06)
- **Allegato 2**
Superfici operative dell'Aeroporto G.Marconi di Bologna
- **Allegato 3**
Certificato caditoia F900
- **Allegato 4**
Risultati analisi chimica del campione prelevato al termine dell'attività di sgommatura
- **Allegato 5**
Risultati analisi chimica del campione prelevato dalla caditoia su Apron 1
- **Allegato 6**
Risultati analisi chimica del campione prelevato da container Hera (granulometria \leq 0,075 mm)
- **Allegato 7**
Risultati analisi chimica del campione prelevato da container Hera (granulometria $>$ 0,075 mm)
- **Allegato 8**
Caratteristiche sepiolite
- **Allegato 9**
Scheda tecnica Kilfrost
- **Allegato 10**
Scheda dati sicurezza Kilfrost
- **Allegato 11**
Istruzioni per test di viscosità su Kilfrost
- **Allegato 12**
Range di accettabilità dei risultati test di viscosità su Kilfrost diluito 50/50

- ***Allegato 13***
Range di accettabilità dei risultati test di viscosità su Kilfrost diluito 75/25
- ***Allegato 14***
Range di accettabilità dei risultati test di viscosità su Kilfrost diluito 100/0
- ***Allegato 15***
Istruzioni per test di rifrazione su Kilfrost
- ***Allegato 16***
Tabella giornaliera verifica indice di rifrazione mezzi impiegati per de-icing
- ***Allegato 17***
Scheda di report analisi su Kilfrost (Mod. 23.01)
- ***Allegato 18***
Scheda segregazione Kilfrost non conforme
- ***Allegato 19***
Scheda di report analisi su Kilfrost (Mod. 23.03)
- ***Allegato 20***
Scheda di report analisi su Kilfrost (Mod. 23.05)
- ***Allegato 21***
Scheda tecnica del formiato di potassio utilizzato per de-icing pista (tipo 1)
- ***Allegato 22***
Scheda tecnica del formiato di potassio utilizzato per de-icing pista (tipo 2)
- ***Allegato 23***
Risultati analisi chimica del campione prelevato dal pozzetto del sanificatore
- ***Allegato 24***
Scheda di sicurezza del diserbante Roundup Bioflow
- ***Allegato 25***
Etichetta del diserbante Roundup Bioflow

Allegato 1

**VALORI LIMITI DI EMISSIONE IN ACQUE SUPERFICIALI E IN FOGNATURA
D. Lgs 152/06 (Parte terza, Allegato 5, Tabella 3.)**

Numero parametro	PARAMETRI	unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in rete fognaria (*)
1	pH	5,5-9,5	5,5-9,5	
2	Temperatura	°C	[1]	[1]
3	colore		non percettibile con diluizione 1:20	non percettibile con diluizione 1:40
4	odore		non deve essere causa di molestie	non deve essere causa di molestie
5	materiali grossolani		assenti	assenti
6	Solidi speciali totali [2]	mg/L	≤80	≤200
7	BOD5 (come O2) [2]	mg/L	≤40	≤250
8	COD (come O2) [2]	mg/L	≤160	≤500
9	Alluminio	mg/L	≤1	≤2,0
10	Arsenico	mg/L	≤0,5	≤0,5
11	Bario	mg/L	≤20	-
12	Boro	mg/L	≤2	≤4
13	Cadmio	mg/L	≤0,02	≤0,02
14	Cromo totale	mg/L	≤2	≤4
15	Cromo VI	mg/L	≤0,2	≤0,20
16	Ferro	mg/L	≤2	≤4
17	Manganese	mg/L	≤2	≤4
18	Mercurio	mg/L	≤0,005	≤0,005
19	Nichel	mg/L	≤2	≤4
20	Piombo	mg/L	≤0,2	≤0,3
21	Rame	mg/L	≤0,1	≤0,4
22	Selenio	mg/L	≤0,03	≤0,03
23	Stagno	mg/L	≤10	
24	Zinco	mg/L	≤0,5	≤1,0
25	Cianuri totali come (CN)	mg/L	≤0,5	≤1,0
26	Cloro attivo libero	mg/L	≤0,2	≤0,3
27	Solfuri (come H2S)	mg/L	≤1	≤2
28	Solfiti (come SO3)	mg/L	≤1	≤2
29	Solfati (come SO4) [3]	mg/L	≤1000	≤1000
30	Cloruri [3]	mg/L	≤1200	≤1200

31	Fluoruri	mg/L	≤6	≤12
32	Fosforo totale (come P) [2]	mg/L	≤10	≤10
33	Azoto ammoniacale (come NH ₄) [2]	mg/L	≤15	≤30
34	Azoto nitroso (come N) [2]	mg/L	≤0,6	≤0,6
35	Azoto nitrico (come N) [2]	mg/L	≤20	≤30
36	Grassi e olii animali/vegetali	mg/L	≤20	≤40
37	Idrocarburi totali	mg/L	≤5	≤10
38	Fenoli	mg/L	≤0,5	≤1
39	Aldeidi	mg/L	≤1	≤2
40	Solventi organici aromatici	mg/L	≤0,2	≤0,4
41	Solventi organici azotati [4]	mg/L	≤0,1	≤0,2
42	Tensioattivi totali	mg/L	≤2	≤4
43	Pesticidi fosforati	mg/L	≤0,10	≤0,10
44	Pesticidi totali (esclusi i fosforati) [5]	mg/L	≤0,05	≤0,05
	tra cui:			
45	- aldrin	mg/L	≤0,01	≤0,01
46	- dieldrin	mg/L	≤0,01	≤0,01
47	- endrin	mg/L	≤0,002	≤0,002
48	- isodrin	mg/L	≤0,002	≤0,002
49	Solventi clorurati [5]	mg/L	≤1	≤2
50	Escherichia coli [4]	UFC/ 100mL	nota	
51	Saggio di tossicità acuta [5]		il campione non é accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili uguale o maggiore del 50% del totale	il campione non e accettabile quando dopo 24 ore il numero degli organismi immobili è uguale o maggiore: è del 80% del totale

(*) I limiti per lo scarico in rete fognaria sono obbligatori in assenza di limiti stabiliti dall'autorità competente o in mancanza di un impianto finale di trattamento in grado di rispettare i limiti di emissione dello scarico finale. Limiti diversi devono essere resi conformi a quanto indicato alla nota 2 della tabella 5 relativa a sostanze pericolose.

(¹) Per i corsi d'acqua la variazione massima tra temperature medie di qualsiasi sezione del corso d'acqua a monte e a valle del punto di immissione non deve superare i 3 °C. Su almeno metà di qualsiasi sezione a valle tale variazione non deve superare 1 °C. Per i laghi la temperatura dello scarico non deve superare i 30 °C e l'incremento di temperatura del corpo recipiente non deve in nessun caso superare i 3 °C oltre 50 metri di distanza dal punto di immissione. Per i canali artificiali, il massimo valore medio della temperatura

dell'acqua di qualsiasi sezione non deve superare i 35 °C, la condizione suddetta è subordinata all'assenso del soggetto che gestisce il canale. Per il mare e per le zone di foce di corsi d'acqua non significativi, la temperatura dello scarico non deve superare i 35 °C e l'incremento di temperatura del corpo recipiente non deve in nessun caso superare i 3 °C oltre i 1000 metri di distanza dal punto di immissione. Deve inoltre essere assicurata la compatibilità ambientale dello scarico con il corpo recipiente ed evitata la formazione di barriere termiche alla foce dei fiumi.

(²) Per quanto riguarda gli scarichi di acque reflue urbane valgono i limiti indicati in tabella 1 e, per le zone sensibili anche quelli di tabella 2. Per quanto riguarda gli scarichi di acque reflue industriali recapitanti in zone sensibili la concentrazione di fosforo totale e di azoto totale deve essere rispettivamente di 1 e 10 mg/L.

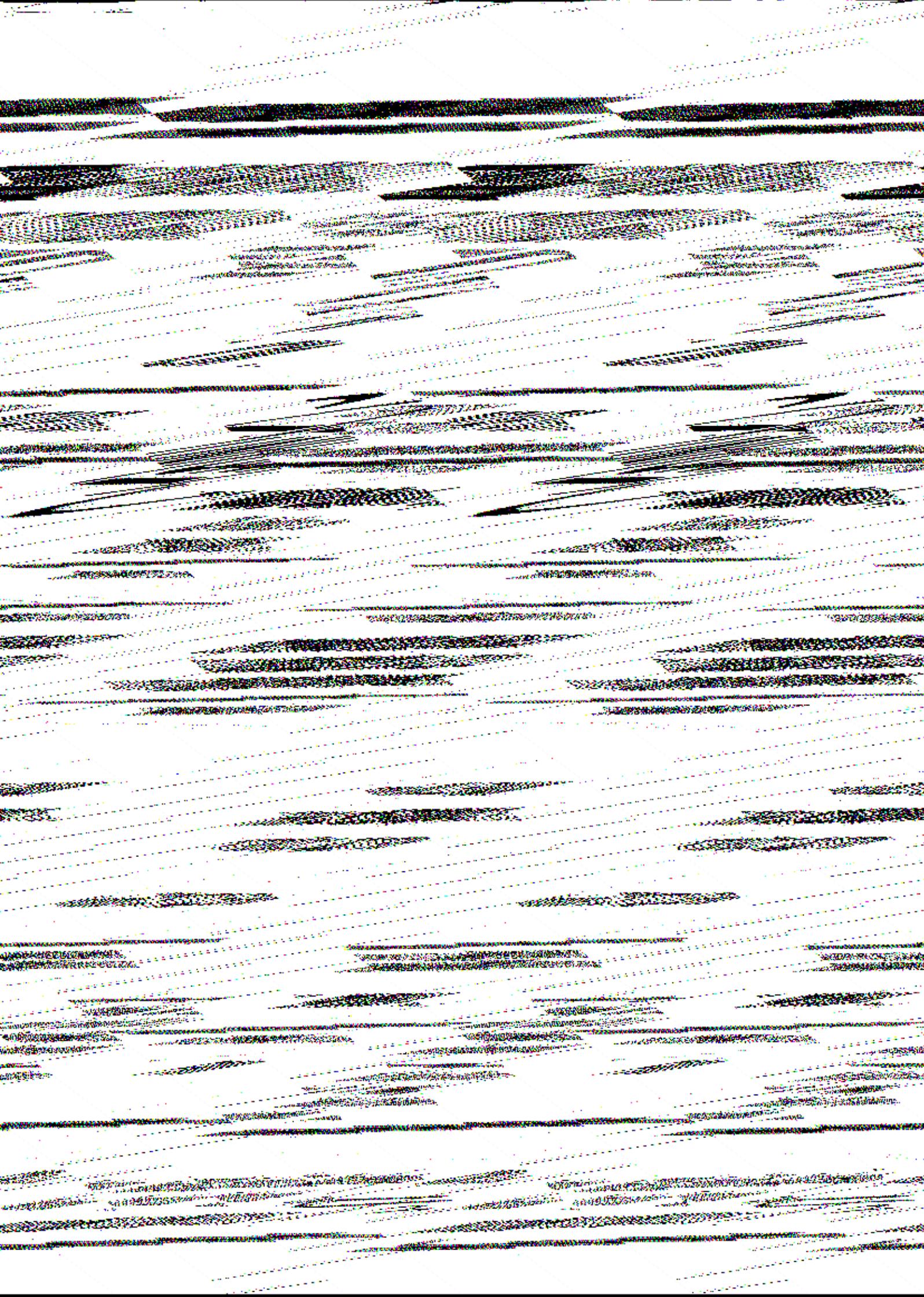
(³) Tali limiti non valgono per lo scarico in mare, in tal senso le zone di foce sono equiparate alle acque marine costiere purché almeno sulla metà di una qualsiasi sezione a valle dello scarico non vengono disturbate le naturali variazioni della concentrazione di solfati o di cloruri.

(⁴) In sede di autorizzazione allo scarico dell'impianto per il trattamento di acque reflue urbane, da parte dell'autorità competente andrà fissato il limite più opportuno in relazione alla situazione ambientale e igienico sanitaria del corpo idrico recettore e agli usi esistenti. Si consiglia un limite non superiore ai 5000 UFC/100 mL.

(⁵) Il saggio di tossicità è obbligatorio. Oltre al saggio su *Daphnia magna*, possono essere eseguiti saggi di tossicità acuta su *Ceriodaphnia dubia*, *Selenastrum capricornutum*, batteri bioluminescenti o organismi quali *Artemia salina*, per scarichi di acqua salata o altri organismi tra quelli che saranno indicati ai sensi del punto 4 del presente allegato. In caso di esecuzione di più test di tossicità si consideri il risultato peggiore. Il risultato positivo della prova di tossicità non determina l'applicazione diretta delle sanzioni di cui al titolo V, determina altresì l'obbligo di approfondimento delle indagini analitiche, la ricerca delle cause di tossicità e la loro rimozione.

Allegato 2

Allegato 3



Allegato 4



Azienda certificata UNI EN ISO 9001 : 2008 Nr 501009099

Rapporto di Prova

Spett.le: AEROPORTO G.MARCONI di
 Bologna S.p.A
 Via Triumvirato, 84
 40132 Bologna
 BO

Rapporto N°: 151426
Data: 21/07/2015
ServizioN° 14777
CampioneN°: 21427

Data Ricevimento: 07/07/2015
Data Campionamento:
Inizio Campionamento:
Fine Campionamento:
Effettuato da: CLIENTE
Tipo di Campione: ACQUA REFLUA
Caratteristiche: LIQUIDO
Punto di Prelievo: VS. SEDE
Metodo di Prelievo: /
Vs. Riferimento: Acque sgommatura pista

N°Prova	Prova	U. M.	Esito	Incertezza Limite
113656	NICHEL	mg/l	0,25	0,009
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,003 mg/l			
113657	pH	unità pH	7,4	0,1
<i>Metodo:</i>	IRSA CNR 2060 APAT Rapp.29/2003			
113658	SOLIDI SOSPESI TOTALI	mg/l	5508	551
<i>Metodo:</i>	IRSA CNR 2090 B APAT Rapp.29/2003 L.Q. = 1 mg/l			
113659	COD	mg/l come O2	5105	511
<i>Metodo:</i>	ISPR-A 5135:2014 - L.R. = 5 mg/l come O2			
121760	BOD5	mg/l come O2	969	194
<i>Metodo:</i>	IRSA CNR 5120-B1 APAT Rapp.29/2003			
121761	CROMO VI	mg/l	< L.R.	
<i>Metodo:</i>	IRSA CNR 3150 APAT Rapp.29/2003 - L.R. = 0,1mg/l			
121762	RAME	mg/l	1,95	0,04
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,002 mg/l			
121763	PIOMBO	mg/l	8,68	0,82
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,005 mg/l			
121764	FOSFORO TOTALE	mg/l come P	2,69	0,13
<i>Metodo:</i>	Cuvette-test Kit-LCK 348(met.al molibdato) - L.R. = 0,5 mg/l come P			
121765	AZOTO NITROSO	mg/l come N	< L.R.	
<i>Metodo:</i>	IRSA CNR 4020 APAT Rapp.29/2003 L.R. = 0,1 mg/l come N			

Rapporto N°: 151426
Data: 21/07/2015

N°Prova	Prova	U. M.	Esito	Incertezza	Limite
121767	ZINCO	mg/l	19.9	1,8	
<i>Metodo:</i>	<i>IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,001 mg/l</i>				

Legenda: > : superiore al limite - ? : in prossimità del limite - L.R.= Limite di Rivelabilità L.Q.=Limite di Quantificazione - U. M. = Unità di Misura - L'incertezza riportata è l'incertezza estesa espressa nella stessa unità di misura del risultato, stimata con un livello di fiducia del 95%, utilizzando il fattore di copertura K=2.

Riferimento

Commenti: /

Dr.ssa GABRIELLA MORTERA

Responsabile del Laboratorio: Dr.ssa Gabriella Mortera iscritta all' Ordine dei Chimici di Bo al n° 1011. - Questo Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova, e non può essere riprodotto parzialmente.

Allegato 5



Azienda certificata UNI EN ISO 9001 : 2008 Nr 501009099

Rapporto di Prova

Spett.le: AEROPORTO G.MARCONI di
Bologna S.p.A
Via Triumvirato, 84
40132 Bologna
BO

Rapporto N°: 151633
Data: 28/08/2015
Servizio N° 14781
Campione N°: 17237

Data Ricevimento: 04/08/2015
Data Campionamento: 04/08/2015
Inizio Campionamento:
Fine Campionamento:
Effettuato da: CLIENTE
Tipo di Campione: ACQUE METEORICHE
Caratteristiche: LIQUIDO
Punto di Prelievo: VS. SEDE
Metodo di Prelievo: CAMPIONAMENTO Met.IRSA-CNR 1030 Istantaneo
Vs. Riferimento: Acque caditoia APRON 1 - Stand 111-112

N°Prova	Prova	U. M.	Esito	Incertezza Limite
90026	MANGANESE	mg/l	0,24	0,01
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,0001 mg/l			
90027	NICHEL	mg/l	0,011	0,001
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,003 mg/l			
90028	pH	unità pH	5,9	0,1
<i>Metodo:</i>	IRSA CNR 2060 APAT Rapp.29/2003			
90030	COD	mg/l come O ₂	353	35
<i>Metodo:</i>	ISPR A 5135:2014 - L.R. = 5 mg/l come O ₂			
90033	VANADIO	mg/l	0,009	0,001
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,002 mg/l			
90034	FERRO	mg/l	3,24	0,31
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,001 mg/l			
90035	MERCURIO	mg/l	< L.R.	
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.R. 0,001 mg/l			
90036	CADMIO	mg/l	< L.O.	
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,0003 mg/l			
90038	SELENIO	mg/l	< L.O.	
<i>Metodo:</i>	IRSA-CNR-APAT Rapp.29/2003 n. 3010 e n. 3020 - L.Q. = 0,015 mg/l			
123136	TENSIOATTIVI NON IONICI	mg/l come BiAS	0,58	0,02
<i>Metodo:</i>	Cuvette-test Kit LCK 333 LANGE metodo al TBPE - L.Q. = 0,2 mg/l come BiAS			

Rapporto N°: 151633
Data: 28/08/2015

N°Prova	Prova	U. M.	Esito	Incertezza	Limite
123137	TENSIOATTIVI ANIONICI	mg/l come MBAS	8,55	0,26	
<i>Metodo:</i>	<i>Cuvette-test Kit LCK 332 LANGE met. al Sodio dodecilbenzensolfonato L.Q.= 0,05 mg/l con MBAS</i>				
123138	TENSIOATTIVI ANIONICI e NON IONICI	mg/l	9,13	0,028	
<i>Metodo:</i>	<i>/</i>				

Legenda: > : superiore al limite - ? : in prossimità del limite - L.R.= Limite di Rivelabilità L.Q.=Limite di Quantificazione - U. M. = Unità di Misura - L'incertezza riportata è l'incertezza estesa espressa nella stessa unità di misura del risultato, stimata con un livello di fiducia del 95%, utilizzando il fattore di copertura K=2.

Riferimento

Commenti: /

Dr.ssa GABRIELLA MORTERA

Responsabile del Laboratorio: Dr.ssa Gabriella Mortera iscritta all' Ordine dei Chimici di Bo al n° 1011. - Questo Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova, e non può essere riprodotto parzialmente.

Allegato 6



Azienda certificata UNI EN ISO 9001 : 2008 Nr 501009099

Rapporto di Prova

Spett.le: AEROPORTO G.MARCONI di
Bologna S.p.A
Via Triumvirato, 84
40132 Bologna
BO

Rapporto N°: 151634
Data: 28/08/2015
Servizio N° 14781
Campione N°: 17250

Data Ricevimento: 04/08/2015
Data Campionamento: 04/08/2015
Inizio Campionamento:
Fine Campionamento:
Effettuato da: CLIENTE
Tipo di Campione: SOLIDO
Caratteristiche: SOLIDO
Punto di Prelievo: VS. SEDE
Metodo di Prelievo: /
Vs. Riferimento: polvere da pulizia meccanica pista - granulometria fine

N° Prova	Prova	U. M.	Esito	Incertezza Limite
123141	CADMIO	mg/Kg	0,76	0,07
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123142	FERRO	mg/Kg	11500	1500
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123143	MANGANESE	mg/Kg	574	69
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123144	MERCURIO	mg/Kg	< 0,80	
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123145	NICHEL	mg/Kg	37,1	3,3
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123146	SELENIO	mg/Kg	< 0,16	
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123147	VANADIO	mg/Kg	18	1,8
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123148	CROMO TOTALE	mg/Kg	83,7	6,7
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123149	RAME	mg/Kg	1660	200
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123150	ZINCO	mg/Kg	467	56
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			

Rapporto N°: 151634
Data: 28/08/2015

Legenda: > : superiore al limite - ? : in prossimità del limite - L.R.= Limite di Rivelabilità L.Q.=Limite di Quantificazione - U. M. = Unità di Misura - L'incertezza riportata è l'incertezza estesa espressa nella stessa unità di misura del risultato, stimata con un livello di fiducia del 95%, utilizzando il fattore di copertura K=2.

Riferimento

Commenti: /

Dr.ssa GABRIELLA MORTERA

Responsabile del Laboratorio: Dr.ssa Gabriella Mortera iscritta all' Ordine dei Chimici di Bo al n° 1011. - Questo Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova, e non può essere riprodotto parzialmente.

Allegato 7



Azienda certificata UNI EN ISO 9001 : 2008 Nr 501009099

Rapporto di Prova

Spett.le: AEROPORTO G.MARCONI di
Bologna S.p.A
Via Triumvirato, 84
40132 Bologna
BO

Rapporto N°: 151636
Data: 28/08/2015
Servizio N° 14781
Campione N°: 23042

Data Ricevimento: 04/08/2015
Data Campionamento: 04/08/2015
Inizio Campionamento:
Fine Campionamento:
Effettuato da: CLIENTE
Tipo di Campione: SOLIDO
Caratteristiche: SOLIDO
Punto di Prelievo: VS. SEDE
Metodo di Prelievo: /
Vs. Riferimento: polvere da pulizia meccanica pista - granulometria grossa

N°Prova	Prova	U. M.	Esito	Incertezza Limite
123153	CADMIO	mg/Kg	< 0,2	
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123154	FERRO	mg/Kg	10300	1300
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123155	MANGANESE	mg/Kg	473	57
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123156	MERCURIO	mg/Kg	< 0,8	
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123157	NICHEL	mg/Kg	17,0	2
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123158	SELENIO	mg/Kg	< 0,2	
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123159	VANADIO	mg/Kg	10,5	1,1
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123160	CROMO TOTALE	mg/Kg	0,25	0,02
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123161	RAME	mg/Kg	284	34
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			
123162	ZINCO	mg/Kg	185	16
<i>Metodo:</i>	UNI EN 13657:2004 e EPA 6010 C 2007			

Rapporto N°: 151636
Data: 28/08/2015

Legenda: > : superiore al limite - ? : in prossimità del limite - L.R.= Limite di Rivelabilità L.Q.=Limite di Quantificazione - U. M. = Unità di Misura - L'incertezza riportata è l'incertezza estesa espressa nella stessa unità di misura del risultato, stimata con un livello di fiducia del 95%, utilizzando il fattore di copertura K=2.

Riferimento

Commenti: /

Dr.ssa GABRIELLA MORTERA

Responsabile del Laboratorio: Dr.ssa Gabriella Mortera iscritta all' Ordine dei Chimici di Bo al n° 1011. - Questo Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova, e non può essere riprodotto parzialmente.

Allegato 8

SEPIOLITA 15/30



SEPIOLITA 15/30 è un **minerale poroso**, particolarmente **idoneo ad assorbire sversamenti accidentali di sostanze oleose e acidi** su strade e piazzali, sia in cemento che in asfalto.

È un **prodotto granulare**, con una densità apparente di circa 540/570 Kg./m³. Tale densità ne consente l'impiego, in alternativa allo ZENIT[®]S, anche in condizioni di forte vento.

MODALITÀ D'IMPIEGO

Cospargere il granulare sopra la macchia da assorbire. È consigliabile recuperare il minerale dopo che lo stesso ha raggiunto il suo scopo (raggiunta la saturazione il minerale cambia la propria colorazione da color crema a marrone scuro).

NORME DI SICUREZZA

L'impiego di SEPIOLITA non prevede norme particolari trattandosi di inerte; tuttavia ricordiamo che durante le operazioni di assorbimento, raccolta, stoccaggio e smaltimento occorre tenere presente le norme di legge riguardanti le sostanze assorbite.

IMBALLO

Sacchi in polietilene della capacità di circa 32 Lt. (20 Kg.) e da 16 Lt. (10 Kg.)

Conforme alle norme UNI CEN 15366:2010

Caratteristiche tecniche:

Ph	8.5 ±0.5
Densità	gr/lit. 650
Granulometria media	mm 1
Assorbimento	Acqua 125%
(metodo Ford)	Olio 60%

Allegato 9



Kilfrost

Winter Division

Technical Data
Kilfrost ABC-3

SAE Type II Fluid

Winter Season 2014/15

1. Material description

Kilfrost ABC-3 is a low foaming propylene glycol based Type II de/anti-icing fluid which conforms to all of the technical requirements of the Society of Automotive Engineers Aerospace Material Specification SAE AMS 1428 Type II and ISO 11078 for Aircraft Deicing/Anti-icing Fluids. Materials compatibility testing demonstrates the product conforms to the requirements set out in AMS1428.

2. Physical properties

	Typical values
Appearance	Clear pale straw fluid, free from suspended matter
Flash point °C (°F)	Not below 100 (212)
Specific gravity (20°C, 68°F)	1.038 ± 0.015
pH (20°C, 68°F)	7.0 ± 0.5
Refractive index (20°C, 68°F)	1.3915 ± 0.0015
Viscosity LVTD, No. 2 spindle @ 0.3 rpm (mPas)	
+35°C (+95°F)	4,000
+20°C (+68°F)	4,900
0°C (+32°F)	5,500
-10°C (+14°F)	3,000
-20°C (- 4°F)	1,000
-30°C (-22°F)	900
Surface tension (20°C, 68°F) (dynes/cm)	37
Freezing point °C (°F)	
100%	-37.0 (-34.6)
75% (w/w)	-21.4 (-6.5)
50% (w/w)	-10.6 (+12.9)

3. Fluid stability

3.1 Storage stability

ABC-3 has a minimum shelf life of 2 years in original sealed containers. Refer to the certificate of conformity for further information. Stability tests under both thermal and cold storage conditions showed no significant change in pH, RI, viscosity or appearance. Thermal storage stability tests are carried out using neat fluid at 70°C for 30 days. The fluid remained homogenous at all times and WSET testing confirms aged fluids meet the minimum requirements for anti-icing performance.

3.2 Hard water stability

ABC-3 diluted 1:1 in standard hard water does not show any significant changes in pH or appearance with no evidence of insoluble deposit seen. Hard water stability tests are carried out on fluid diluted 50% at 95°C for 30 days.

3.3 Dry-out behaviour

Fluid dries out to a thin greasy film/fine white powder with the absence of any gums, thick gel or rough/hard solids. Residues are readily soluble in water, with no residues left behind after rinsing. No gels, gums, hard or peelable films form when exposed to dry and cold dry air. Successive dry-out tests demonstrate fluid residue weight gain to be well below the maximum level of 4g over 10 dry-out and rehydration cycles.

4. Performance properties

4.1 Aerodynamic performance	100	75:25 (a)	50:50 (a)
Acceptable temperature range °C (°F)	Above -27 (-16.6)	Above -14 (+7)	Above -3 (+27)
LOUT, °C (°F)	-27 (-16.6)	-14 (+7)	-3 (+27)

4.2 Anti-icing performance	100	75:25 (a)	50:50 (a)
WSET (mins) (b)	30	22	7
HHET (hours) (c)	>5	>3	>1

- (a) Dilutions % volume / volume
 (b) Precipitation rate 5g/dm²/h @ -5°C
 (c) Average frost accumulation 1.2g/dm² after 4h @ air temp. 0°C, frosticator temp -5 °C

5. Environmental data

BOD (a)	0.40 kg O ₂ /kg fluid
COD (a)	0.798 kg O ₂ /kg fluid
BOD/COD (Biodegradability)	0.50
Aquatic Toxicity	
EC50 (Daphnia magna)	750mg/l (b)
LC50 (Leuciscus idus)	420mg/l (c)
Trace contaminants (ppm) (estimated values)	
Sulphur	< 20ppm
Halogens	< 10ppm
Phosphate (P as P ₂ O ₅)	< 10ppm
Nitrate (as NO ₃)	< 1ppm
Lead (Pb)	< 0.2ppm
Chromium (Cr)	< 0.2ppm
Cadmium (Cd)	< 0.1ppm
Mercury (Hg)	< 0.02ppm

- (a) APHA STD methods
 (b) OECD 202, 48hr
 (c) OECD 203, 96hr

6. Operational limits

pH (20°C, 68°F)	6.00 – 8.00
Refractive index (20°C, 68°F)	1.3900 – 1.3930
Viscosity limits (mPas) *	

Dilution (% v/v)	Minimum on-wing viscosity		Maximum on-wing viscosity (a)
	Kilfrost method (a)	AIR 9968A method (b)	
100	2500	2500*	7000
75	2000	2000	8000
50	400	400	6000

- (a) Brookfield LVTD, LV 2/0.3 rpm, 10 min, @ 20°C
 (b) AIR 9968A Brookfield LVTD (LV1/LV2) 0.3rpm, 10 min, @ 20°C
 * Generic holdover tables

Refractive Index and Freezing Point Chart Kilfrost ABC-3, ABC-K Plus, ABC-S Plus

Conc. (% v/v)	RI (20°C)	Freezing Point (°C)	Conc. (% v/v)	RI (20°C)	Freezing Point (°C)	Conc. (% v/v)	RI (20°C)	Freezing Point (°C)
20%	1.345	-3.4	50%	1.362	-10.6	80%	1.380	-23.1
21%	1.345	-3.6	51%	1.363	-11.1	81%	1.380	-23.7
22%	1.346	-3.8	52%	1.364	-11.6	82%	1.381	-24.2
23%	1.346	-4.0	53%	1.364	-12.0	83%	1.382	-24.8
24%	1.347	-4.2	54%	1.365	-12.4	84%	1.382	-25.4
25%	1.348	-4.4	55%	1.365	-12.8	85%	1.383	-26.0
26%	1.348	-4.6	56%	1.366	-13.1	86%	1.383	-26.7
27%	1.349	-4.9	57%	1.366	-13.4	87%	1.384	-27.3
28%	1.349	-5.1	58%	1.367	-13.8	88%	1.384	-28.0
29%	1.350	-5.3	59%	1.368	-14.1	89%	1.385	-28.6
30%	1.351	-5.5	60%	1.368	-14.5	90%	1.386	-29.3
31%	1.351	-5.8	61%	1.369	-14.9	91%	1.386	-30.1
32%	1.352	-6.0	62%	1.369	-15.2	92%	1.387	-30.8
33%	1.352	-6.3	63%	1.370	-15.7	93%	1.387	-31.5
34%	1.353	-6.5	64%	1.371	-16.0	94%	1.388	-32.2
35%	1.354	-6.8	65%	1.371	-16.4	95%	1.389	-33.0
36%	1.354	-7.0	66%	1.372	-16.8	96%	1.389	-33.8
37%	1.355	-7.3	67%	1.372	-17.2	97%	1.390	-34.6
38%	1.355	-7.6	68%	1.373	-17.6	98%	1.391	-35.4
39%	1.356	-7.9	69%	1.373	-18.0	99%	1.391	-36.2
40%	1.356	-8.1	70%	1.374	-18.4	100%	1.392	-37.0
41%	1.357	-8.4	71%	1.375	-18.9			
42%	1.358	-8.7	72%	1.375	-19.3			
43%	1.358	-9.0	73%	1.376	-20.0			
44%	1.359	-9.3	74%	1.376	-20.7			
45%	1.359	-9.5	75%	1.377	-21.4			
46%	1.360	-9.8	76%	1.378	-21.7			
47%	1.361	-10.0	77%	1.379	-22.0			
48%	1.361	-10.2	78%	1.379	-22.3			
49%	1.361	-10.4	79%	1.379	-22.6			

Note: Refractive indices in the range 1.3900 to 1.3930 are acceptable for neat Type II and Type IV fluids.

Kilfrost Limited

4th Floor, Time Central, 32 Gallowgate
Newcastle Upon Tyne, NE1 4SN, United Kingdom
T +44 (0)1434 320 332 – E info@kilfrost.com

www.kilfrost.com

Kilfrost Inc.

1801 N. Military Trail, Roca Raton
Florida 33431, United States of America – T +1 954 282 5050

www.kilfrost.com

Kilfrost (Beijing) Trading Co. Ltd.

2709, China World Office 1, No 1 Jain Guo Men Wai Avenue
Beijing, 100004, People's Republic of China – T+86 10 6535 4020

www.kilfrost.cn

All information contained within this Technical Data is for informational purposes only. Kilfrost makes no warranty as to the accuracy, or adequacy of the information contained within. Any user of this product is responsible for determining suitability of this product for their application, Kilfrost shall not be held responsible for any damages in connection with the use of the information contained in this document.



Allegato 10



SAFETY DATA SHEET

Kilfrost ABC-3

According to Regulation (EU) No 453/2010

SECTION 1: IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING

1.1. Product identifier

Product name Kilfrost ABC-3

1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Identified uses Aircraft De-icing/Anti-icing Fluid. AMS1428 (ISO11078) Type II

1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

Supplier Kilfrost Limited
 Albion Works
 HALTWHISTLE
 Northumberland
 NE49 0HJ
 ENGLAND
 Tel: (01434) 320332
 Fax: (01434) 321463
 Email: info@kilfrost.com

1.4. Emergency telephone number

+44 (0) 1434 320332 (09:00 - 17:00, Mon-Fri) or +44 (0) 7760 627598 (24 hours)

SECTION 2: HAZARDS IDENTIFICATION

2.1. Classification of the substance or mixture

Classification (EC 1272/2008)

Physical and Chemical Hazards	Not classified.
Human health	Not classified.
Environment	Not classified.

Classification (1999/45/EEC)

Not classified.

The Full Text for all R-Phrases and Hazard Statements are Displayed in Section 16.

2.2. Label elements

Label In Accordance With (EC) No. 1272/2008

No pictogram required.

Supplemental label information

EUH210

Safety data sheet available on request.

2.3. Other hazards

No other information noted.

SECTION 3: COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

3.2. Mixtures

PROPYLENE GLYCOL		>50%
CAS-No.: 57-55-6	EC No.: 200-338-0	
Classification (EC 1272/2008) Not classified.	Classification (67/548/EEC) Not classified.	

The Full Text for all R-Phrases and Hazard Statements are Displayed in Section 16.

SECTION 4: FIRST AID MEASURES

4.1. Description of first aid measures

General information

Treat Symptomatically.

Inhalation

In case of inhalation of spray mist: Move person into fresh air and keep at rest. Get medical attention if any discomfort continues.

Ingestion

Immediately rinse mouth and drink plenty of water. Keep person under observation. If person becomes uncomfortable seek hospital and bring these instructions.

Skin contact

Promptly wash contaminated skin with soap or mild detergent and water. Promptly remove clothing if soaked through and wash as above.

Eye contact

Promptly wash eyes with plenty of water while lifting the eye lids. Get medical attention if any discomfort continues.

4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

Inhalation

Irritation of nose, throat and airway.

Ingestion

No specific symptoms noted. May cause discomfort if swallowed.

Skin contact

Prolonged skin contact may cause redness and irritation.

Eye contact

May cause temporary eye irritation.

4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

No recommendation given, but first aid may still be required in case of accidental exposure, inhalation or ingestion of this chemical. If in doubt, GET MEDICAL ATTENTION PROMPTLY!

SECTION 5: FIREFIGHTING MEASURES

5.1. Extinguishing media

Extinguishing media

Use fire-extinguishing media appropriate for surrounding materials.

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Hazardous combustion products

Thermal decomposition or combustion may liberate carbon oxides and other toxic gases or vapours.

5.3. Advice for firefighters

Special Fire Fighting Procedures

Water spray should be used to cool containers.

Protective equipment for fire-fighters

Use protective equipment appropriate for surrounding materials.

SECTION 6: ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

For personal protection, see section 8. In case of spills, beware of slippery floors and surfaces.

6.2. Environmental precautions

Contain spillages with sand, earth or any suitable adsorbent material. Avoid discharge to the aquatic environment.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Absorb spillage with non-combustible, absorbent material. Collect in containers and seal securely. Flush area clean with lots of water. Be aware of potential for surfaces to become slippery. For waste disposal, see section 13.

6.4. Reference to other sections

For personal protection, see section 8. Collect and dispose of spillage as indicated in section 13.

SECTION 7: HANDLING AND STORAGE

7.1. Precautions for safe handling

Read and follow manufacturer's recommendations.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Store in a cool and well-ventilated place. Read and follow manufacturer's recommendations.

7.3. Specific end use(s)

The identified uses for this product are detailed in Section 1.2.

SECTION 8: EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

8.1. Control parameters

Name	STD	TWA - 8 Hrs		STEL - 15 Min		Notes
PROPYLENE GLYCOL	WEL	150 ppm	10 mg/m3			

WEL = Workplace Exposure Limit.

8.2. Exposure controls

Protective equipment



Process conditions

Provide eyewash station.

Engineering measures

Provide adequate ventilation. Observe occupational exposure limits and minimize the risk of inhalation of spray.

Respiratory equipment

If ventilation is insufficient, suitable respiratory protection must be provided.

Hand protection

For prolonged or repeated skin contact use suitable protective gloves.

Eye protection

Wear approved safety goggles.

Other Protection

Wear suitable protective clothing as protection against splashing or contamination.

Hygiene measures

Wash hands after handling. Wash contaminated clothing before reuse.

Environmental Exposure Controls

Keep container tightly sealed when not in use.

SECTION 9: PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

9.1. Information on basic physical and chemical properties

Appearance	Clear liquid.
Colour	Straw.
Odour	No characteristic odour.
Solubility	Miscible with water

Initial boiling point and boiling range (°C)	104 @ 1013 hPa
Relative density	1.040 @ 20
Vapour density (air=1)	1.0
	Estimated Value
Vapour pressure	15 mm Hg @ 20
pH-Value, Conc. Solution	7.0
Viscosity	4,900 mPas 20
Flash point (°C)	>100 CC (Closed cup).
Auto Ignition Temperature (°C)	446

9.2. Other information

Freezing Point	-37 @ 100%	-22 @ 75%	-10.5 @ 50%
----------------	------------	-----------	-------------

SECTION 10: STABILITY AND REACTIVITY

10.1. Reactivity

No specific reactivity hazards associated with this product.

10.2. Chemical stability

Stable under normal temperature conditions and recommended use.

10.3. Possibility of hazardous reactions

Not relevant

10.4. Conditions to avoid

No specific conditions are likely to result in a hazardous situation.

10.5. Incompatible materials

Materials To Avoid

Strong oxidising substances.

10.6. Hazardous decomposition products

None under normal conditions. Thermal decomposition or combustion may liberate carbon oxides and other toxic gases or vapours.

SECTION 11: TOXICOLOGICAL INFORMATION

11.1. Information on toxicological effects

Toxicological information

No specific health warnings noted.

Acute toxicity:

Acute Toxicity (Oral LD50)

> 10000 mg/kg Rat

Estimated Value (OECD 401)

SECTION 12: ECOLOGICAL INFORMATION

12.1. Toxicity

Acute Toxicity - Fish

LC50 48 hours 420 mg/l Leuciscus idus (Golden orfe)

Acute Toxicity - Aquatic Invertebrates

EC50 48 hours 750 mg/l Daphnia magna
(OECD 202, PART I)

12.2. Persistence and degradability

Degradability

Readily biodegradable

Biodegradation

Degradation (>99%) 5 days

Zahn-Wellens test

Biological Oxygen Demand

0.39 kgO₂/kg

Chemical Oxygen Demand

0.79 kgO₂/kg

12.3. Bioaccumulative potential

Bioaccumulative potential

No data available on bioaccumulation.

12.4. Mobility in soil

Mobility:

The product is miscible with water. May spread in water systems.

12.5. Results of PBT and vPvB assessment

No data available.

12.6. Other adverse effects

Not determined.

SECTION 13: DISPOSAL CONSIDERATIONS

General information

Waste to be treated as controlled waste. Disposal to licensed waste disposal site in accordance with local Waste Disposal Authority.

13.1. Waste treatment methods

Dispose of waste and residues in accordance with local authority requirements.

SECTION 14: TRANSPORT INFORMATION

General

The product is not covered by international regulation on the transport of dangerous goods (IMDG, IATA, ADR/RID).

14.1. UN number

Not applicable.

14.2. UN proper shipping name

Not applicable.

14.3. Transport hazard class(es)

Transport Labels

No transport warning sign required.

14.4. Packing group

Not applicable.

14.5. Environmental hazards

Environmentally Hazardous Substance/Marine Pollutant

No.

14.6. Special precautions for user

Not applicable.

14.7. Transport in bulk according to Annex II of MARPOL73/78 and the IBC Code

Not applicable.

SECTION 15: REGULATORY INFORMATION

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Guidance Notes

Workplace Exposure Limits EH40.

EU Legislation

Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006 with amendments.

Water hazard classification

WGK 1

15.2. Chemical Safety Assessment

No chemical safety assessment has been carried out.

SECTION 16: OTHER INFORMATION

General information

Only trained personnel should use this material.

Revision Comments

All previous revisions no longer valid, complete re-issue of SDS.

Revision Date 18/07/2013

Revision 1

Safety Data Sheet Status Approved.

Risk Phrases In Full

NC Not classified.

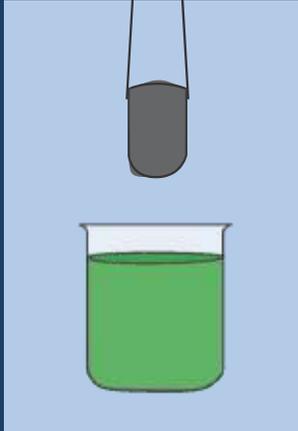
Hazard Statements In Full

Disclaimer

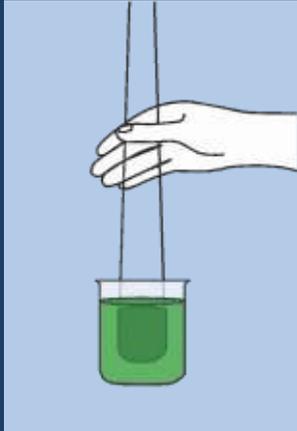
This information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any process. Such information is, to the best of the company's knowledge and belief, accurate and reliable as of the date indicated. However, no warranty guarantee or representation is made to its accuracy, reliability or completeness. It is the user's responsibility to satisfy himself as to the suitability of such information for his own particular use.

Allegato 11

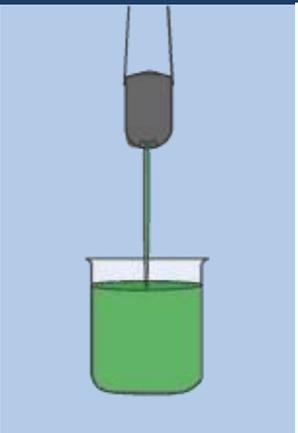
Flow Cup Viscometer Test Method in 4 easy steps



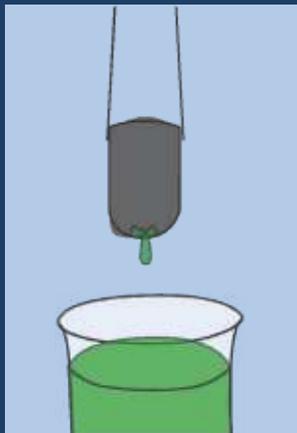
1. Pour a minimum of 400 ml of fluid into a container.



2. Immerse the cup in the container and leave for one minute.



3. Raise the cup out of the liquid. Begin stopwatch when top edge breaks the surface.



4. Stop timing when the continuous flow of liquid breaks.

Kilfroast Limited
4th Floor, Time Central, 32 Gallowgate,
Newcastle Upon Tyne, NE1 4SN. UK
T +44 (0)1434 323 184

Kilfroast, Inc.
6250 Coral Ridge Drive, Suite 130,
Coral Springs, Florida 33076 USA T
+1 954-282-5050

www.kilfroast.com

Kilfroast (Beijing) Trading Co., Ltd
2709, China World Office 1,
No. 1 Jian Guo Men Wai Avenue,
Beijing, 100004, China.
T +86 10 6535 4020

www.kilfroast.cn

© 2013 Kilfroast Ltd



Kilfroast

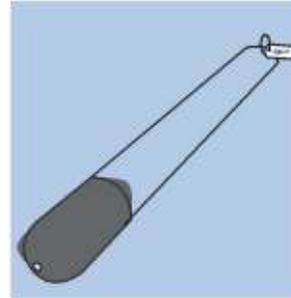
Flow Cup Viscometer Instructions for use

Flow Cup Viscometer Test Method

Flow Cup Viscometers are simple field test instruments that can be used to ensure that thickened anti-icing fluids are within the correct viscosity range for use. The time taken for a fixed volume of fluid to flow out of an orifice in the base of a cup at a given temperature provides an estimation of the fluid viscosity.

Equipment Required

1. **Kilfroth flow cup (specific to fluid type)**
2. **Sample container (with an opening diameter of over 50 mm)**
3. **Thermometer**
4. **Stopwatch**



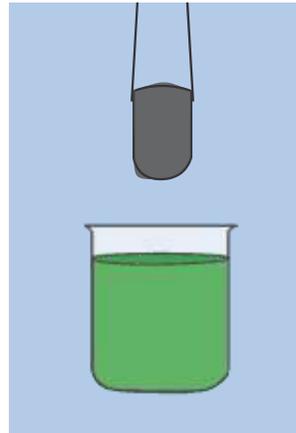
Caution

- Check that the flow cup has fully drained at the end of each measurement. If fluid remains in the cup the measurement should be disregarded and the flow cup cleaned and dried thoroughly prior to making subsequent measurements.
- Heavily aerated fluids may give artificially high flow times.
- Use water or mild soap and water to clean the viscometer.
- Dry the viscometer thoroughly after use.
- Never use metal tools in contact with the flow cups. Any damage caused to the flow cup orifice can seriously affect the accuracy of results.

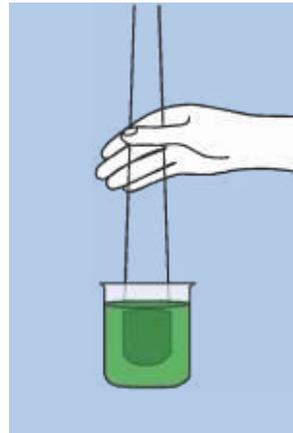
Viscosity Measurement

1. Ensure that the viscometer is clean and dry prior to use.
2. Pour a minimum of 400 ml of fluid into a container with an opening diameter not less than 50 mm (Image 1).
3. Immerse the cup in the container and leave for around one minute in order to reach thermal equilibrium (Image 2).
4. Determine the temperature of the fluid using a thermometer. Fluids must be within the temperature range highlighted in the Kilfroth Flow Cup Limits.
5. Raise the cup vertically out of the fluid in a quick and steady motion. As the top edge of the cup breaks the surface of the fluid, start the stopwatch (Image 3).
6. During the time of flow, hold the cup vertically no more than 15 cm (6 inches) from the surface of the fluid.
7. Stop timing when a continuous flow of fluid from the cup breaks at the cup orifice (Image 4).
8. Check the flow time against the limits provided by Kilfroth for the specific fluid type and dilution at the temperature of measurement.

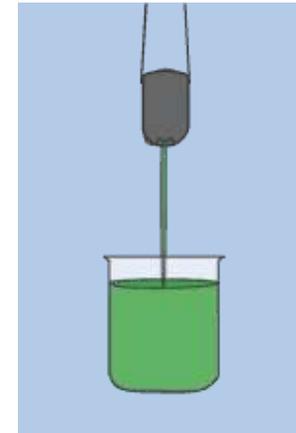
1.



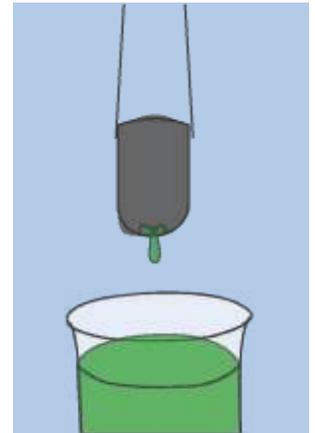
2.



3.



4.



When a Kilfroth fluid sample of disputed viscosity is identified using a Flow Cup Viscometer, the final decision on its acceptability should always be based on a Brookfield viscometer reading according to the test method described in AMS1428 or AEA recommendations for de/anti-icing of aircraft (latest editions).

Reference

- Kilfroth Flow Cup Limits
- Kilfroth Winter Best Practice Guide
- ASTM D4212 – 10
- ASTM D5125 – 10

Allegato 12



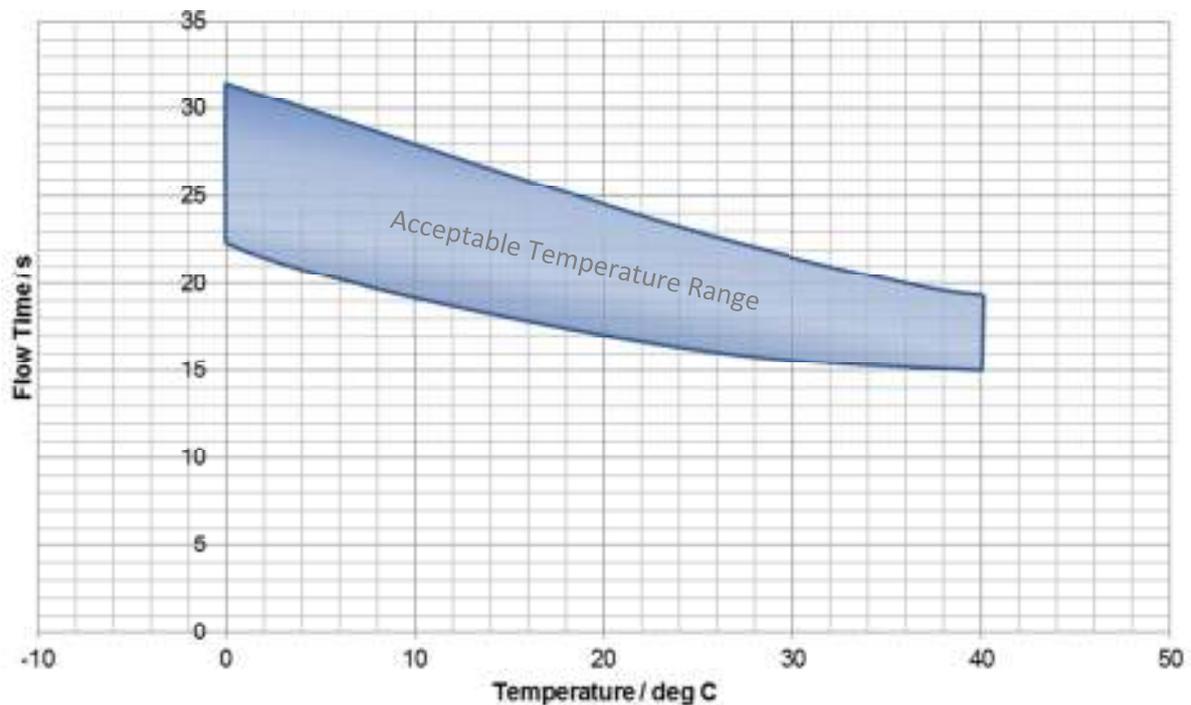
Flow Cup Limits

Kilfrost ABC-3 50 / 50 Dilution Cup 2

Flow cup viscometers provide an indicative measurement of the viscosity of thickened anti-icing fluids when used according to the Kilfrost Flow Cup Viscometer Test Method.

Fluids must be within the temperature range corresponding to the shaded area of the graph during measurement.

Any fluids having flow times that do not fall within the shaded area at the relevant fluid temperature should be checked using a Brookfield viscometer according to the test method described in AMS 1428 or AEA recommendations for de/anti-icing of aircraft (latest editions) before any final decisions are made on the quality of the fluid.



Reference

- Kilfrost Flow Cup Viscometer Test Method
- Kilfrost Winter Best Practice Guide
- SAE AMS 1428
- ASTM D4212-10

Allegato 13



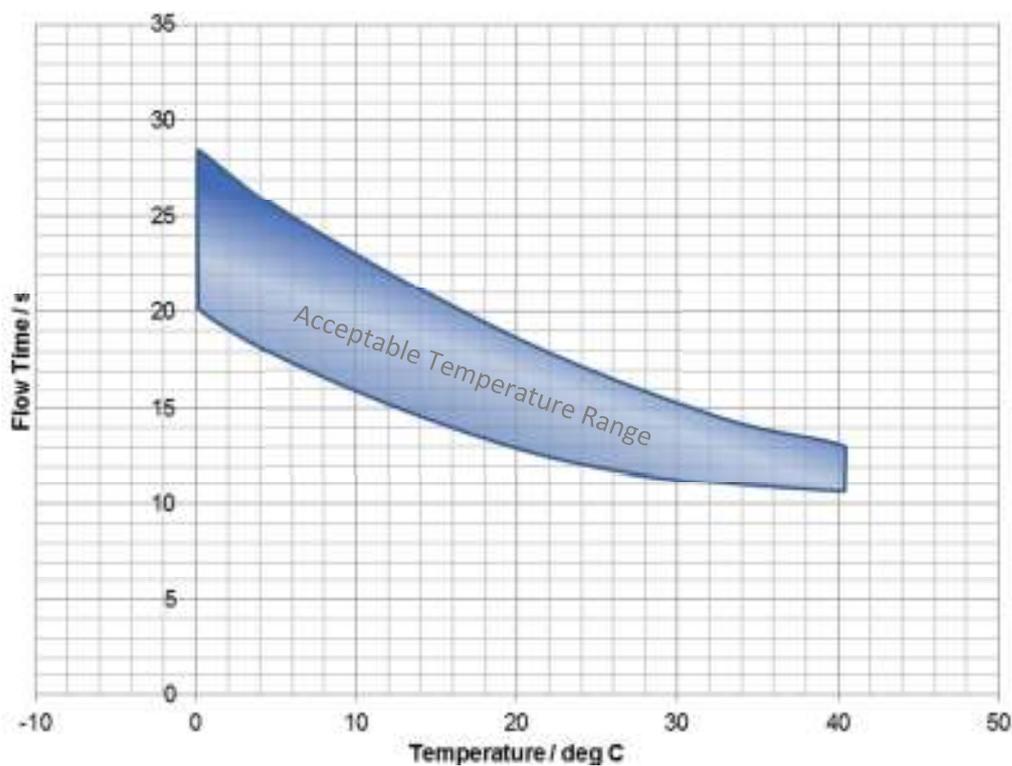
Flow Cup Limits

Kilfrost ABC-3 75 / 25 Dilution Cup 3

Flow cup viscometers provide an indicative measurement of the viscosity of thickened anti-icing fluids when used according to the Kilfrost Flow Cup Viscometer Test Method.

Fluids must be within the temperature range corresponding to the shaded area of the graph during measurement.

Any fluids having flow times that do not fall within the shaded area at the relevant fluid temperature should be checked using a Brookfield viscometer according to the test method described in AMS 1428 or AEA recommendations for de/anti-icing of aircraft (latest editions) before any final decisions are made on the quality of the fluid.



Reference

- Kilfrost Flow Cup Viscometer Test Method
- Kilfrost Winter Best Practice Guide
- SAE AMS 1428
- ASTM D4212-10

Allegato 14



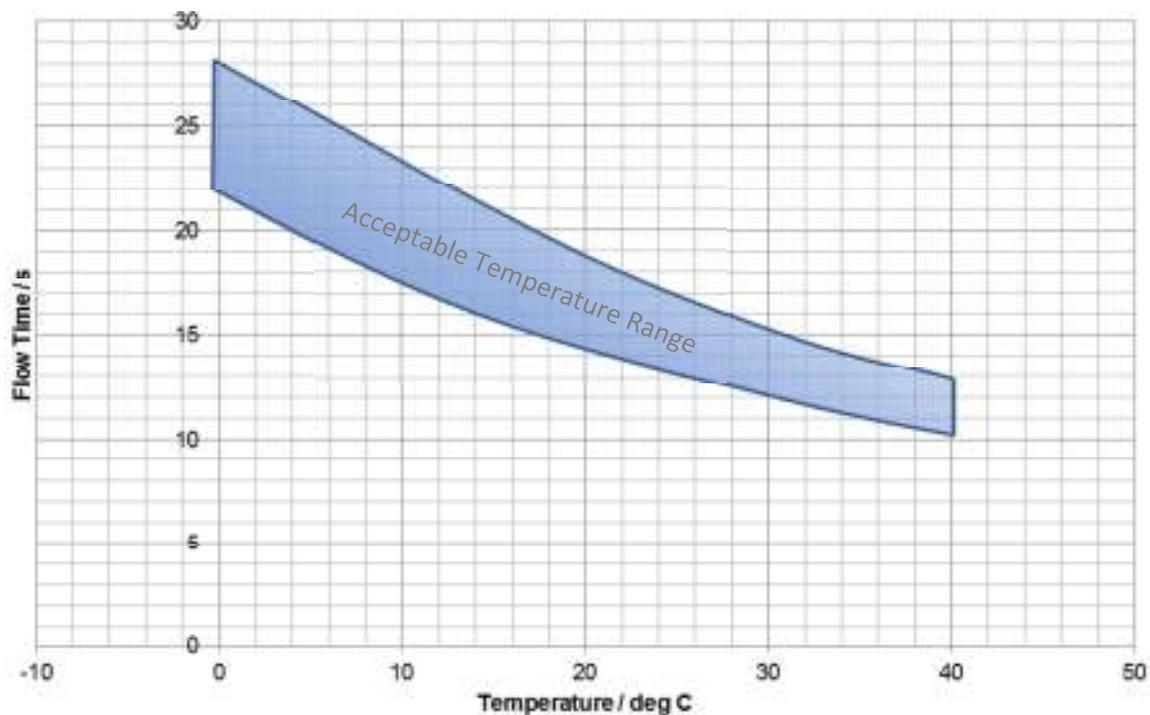
Flow Cup Limits

Kilfrost ABC-3 100 / 0 Dilution Cup 3

Flow cup viscometers provide an indicative measurement of the viscosity of thickened anti-icing fluids when used according to the Kilfrost Flow Cup Viscometer Test Method.

Fluids must be within the temperature range corresponding to the shaded area of the graph during measurement.

Any fluids having flow times that do not fall within the shaded area at the relevant fluid temperature should be checked using a Brookfield viscometer according to the test method described in AMS 1428 or AEA recommendations for de/anti-icing of aircraft (latest editions) before any final decisions are made on the quality of the fluid.



Reference

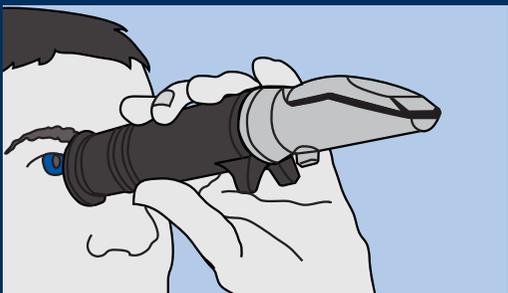
- Kilfrost Flow Cup Viscometer Test Method
- Kilfrost Winter Best Practice Guide
- SAE AMS 1428
- ASTM D4212-10

Allegato 15

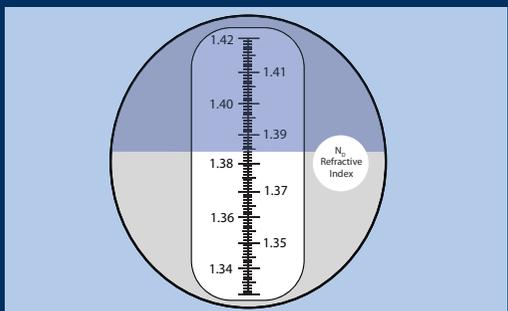
Refractive Index Measurement in 3 easy steps



1. Place small amount of sample on prism



2. Close flap and view



2. Note borderline position on scale

Refractometers

Kilfrost is the world's leading supplier of aircraft de/anti-icing fluids. Quality control is a key element of our manufacturing and supply process.

Users of Kilfrost products appreciate that quality control of fluids during use is also a vital part of safe winter operations.

The Kilfrost Field Refractometer allows users to easily check fluid concentrations in the field.



Kilfrost Limited

4th Floor, Time Central, 32 Gallowgate,
Newcastle Upon Tyne, NE1 4SN. UK
T +44 (0)1434 323 184

Kilfrost, Inc.

6250 Coral Ridge Drive, Suite 130,
Coral Springs, Florida 33076 USA
T +1 954-282-5050

www.kilfrost.com

Kilfrost (Beijing) Trading Co., Ltd

11th floor, North Tower, Suite 1103,
Beijing Kerry Centre, No.1
Guanghua Road, Chao Yang District,
Beijing 100020, PR CHINA
T +86 10 6599 7991

www.kilfrost.cn

© 2010 Kilfrost Ltd

Field Refractometer (FR-01)
Instructions for use



Refractive Index and Refractometers

Kilfrosth de/anti-icing fluids are usually supplied in a 'concentrate' form i.e. 100/00. Users then dilute fluids with water to meet operational requirements. In deciding dilution rates, factors such as freeze point buffers and holdover performance are taken into account. Regular checks of dilution ratios are required to ensure safe winter operations.

Refractive Index (RI) measurements permit a simple determination of the glycol level in any fluid mix. The glycol level is directly related to the mixture ratio and the freeze point of the fluid. The measured RI can be used in conjunction with freeze point / dilution charts and tables supplied by Kilfrosth.

For further information on de/anti-icing procedures refer to :

1. ISO/SAE/AEA/FAA fluid specifications
2. ISO/SAE/AEA/FAA procedures documents
3. Regulatory requirements
4. Airline winter procedures manuals
5. Airframe manufacturers recommendations

Accuracy checks

The refractometer uses a fixed, non adjustable scale that is set to read correctly at 20°C (68°F).

The refractive index of the measured sample will vary with the temperature of the refractometer. It is important that measurements are made with the refractometer at 20°C (68°F).

The accuracy of the instrument may be checked using a simple test.

Apply a sample of distilled water and check that the RI reads 1.333 (± 0.002). A correct reading of 1.333 means that the instrument is accurate over the entire scale.

Note:

This test may be carried out at regular intervals as part of a quality control programme

Applying sample to the refractometer



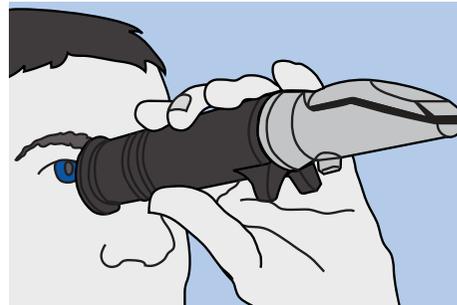
Lift the flap, drip sample onto the prism, then close flap.

Optical glass is relatively soft and care should be taken not to scratch the prism surface. Do not use metal spatulas or glass rods to apply samples but instead use softer materials such as plastic.

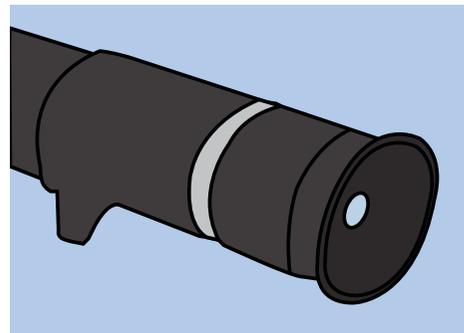
Note:

In winter, because outside temperatures are low, it is particularly important to keep the refractometer at approximately 20°C (68°F) in order to obtain accurate readings. Do not keep the refractometer outside.

Focusing the scale

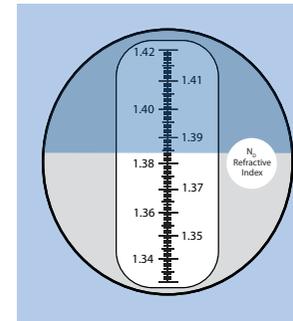


Hold the instrument up to the light and look through the eyepiece.



Rotate the eyepiece to focus the scale.

Taking a reading



Read the scale at the border of the light and dark areas.

Cleaning the prism



Thoroughly clean the prism and flap after use with water and dry with a clean tissue.

Allegato 16

Tabella giornaliera verifica indice di rifrazione mezzi DEICER

M. 23.06

Rev 3

Data: _____		MISURAZIONI		CONFORME		GLICOLE PRELEVATO	ORA VERIFICA	FIRMA ADDETTO MH ¹
		VALORE MISURATO BRIX	INDICE DI RIFRAZIONE (ND)			LITRI		
SB.05	Mix	50%			SI	NO		
		75%						
SB.06	Mix	50%			SI	NO		
		75%						
SB.07	Mix	50%			SI	NO		
		75%						
SB.08	Mix	50%			SI	NO		
		75%						
SB.09	Mix	50%			SI	NO		
		75%			SI	NO		

VALORI I RIFERIMENTO PER CONFORMITÀ KILFROST ABC3 TYPE II

Miscela	BRIX	INDICE DI RIFRAZIONE (ND)	Firma addetto Sab ²
50%	19-21.5	1.362 -1.366	
75%	27.5-30	1.377-1.381	

¹ Firma di attestazione della data e ora di svolgimento dei controlli di rifrazione

² Firma di attestazione dell'inserimento nella tabella dei valori di rifrazione misurati con il rifrattometro

Allegato 17



De-icing / Anti-icing Fluid Analysis results, Storage tank

Report: n.

Mod. 23.01 Rev.4

Station:	Aeroporto G. Marconi di Bologna	Fluid SAE Type:		Sampling date:	
Company:		Brand name		Analysis date:	

Sample nr.	Sample origin	Nominal mix %	Appearance	Refr. Index	Corresp. Mix %	pH value	Viscosity	Spindle Nr	rpm	Finding
1	STORAGE TANK A									
2	STORAGE TANK B									
3	STORAGE TANK C									

Limits reference: Manufacturer specifications						
Concentration	Viscosity min (mPas)	Viscosity Max (mPas)	R.I. min	R.I. Max	pH min	pH Max
100%	2500	7100	1.390	1.393	6.00	8.00
75%	2000	8100	1.377	1.381	6.00	8.00
50%	400	6100	1.362	1.366	6.00	8.00

General Comments	
------------------	--

Report Date

Prepared by:

Allegato 18

Mod 23.02
Rev 1

Scheda segregazione liquido non conforme			N° Doc	
Tipologia liquido deicing non conforme				
Provenienza				
Quantità liquido deicing non conforme				
N° e codice di identificazione dei fusti contenenti liquido deicing non conforme				
Luogo di segregazione.				
Valori relativi alla non conformità del liquido deicing.	N° Scheda analisi liquido deicing		Data	
	Valore rifratt.tro (A)	Viscosità cPa (B)		PH (C)
		0,3 rpm	6 rpm	30 rpm
Data		Compilatore		

Interventi di riqualificazione del liquido.

Descrizione degli interventi di riqualificazione svolti.	
N° Doc. analisi di riqualificazione	Documenti relativi alla riqualificazione
Data completamento iter	Destinazione liquido riqualificato
Data	Compilatore

Smaltimento liquido

Dati relativi allo smaltimento	N° Bolla	Ditta incaricata per lo smaltimento
Data	Compilatore	

Allegato 19



De-icing / Anti-icing Fluid Analysis Results, Tank Truck and Nozzle

Report n.:

MOD.23.03 Rev 4

Station:	Aeroporto G. Marconi di Bologna	Fluid SAE Type:		Sampling date:	
Company:		Brand name		Analysis date:	

Sample nr.	Sample origin	Nominal mix %	Appearance	Refr. Index	Corresp. Mix %	pH value	Viscosity	Spindle Nr	rpm	Finding
1										
2										
3										
4										
5										
6										



Limits reference: Manufacturer specifications						
Concentration	Viscosity min (mPas)	Viscosity Max (mPas)	R.I. min	R.I. Max	pH min	pH Max
100%	2500	7100	1.390	1.393	6.00	8.00
75%	2000	8100	1.377	1.381	6.00	8.00
50%	400	6100	1.362	1.366	6.00	8.00

General Comments	
------------------	--

Report Date

Prepared by:

Allegato 20



De-icing / Anti-icing Fluid Analysis results, Delivery Glycol

Report: N.

Mod. 23.05 Rev.4

Station:	Aeroporto G. Marconi di Bologna	Fluid SAE Type:		Sampling date:	
Company:		Brand name		Analysis date:	

Sample nr.	Sample origin	Nominal mix %	Appearance	Refr. Index	Corresp. Mix %	pH value	Viscosity	Spindle Nr	rpm	Finding
1	STORAGE TANK A									
2	STORAGE TANK B									
3	STORAGE TANK C									

Sample nr.	Storage tank	Qt. iniziale	Qt. scaricata	Qt finale	Doc. fornitura
1	A				
2	B				
3	C				



Limits reference: Manufacturer specifications						
Concentration	Viscosity min (mPas)	Viscosity Max (mPas)	R.I. min	R.I. Max	pH min	pH Max
100%	2500	7100	1.390	1.393	6.00	8.00
75%	2000	8100	1.377	1.381	6.00	8.00
50%	400	6100	1.362	1.366	6.00	8.00

General Comments	
------------------	--

Report Date

Prepared by:

Allegato 21



SAFEGRIP® FR

CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE

Composizione	: Soluzione di formiato di potassio e inibitori di corrosione Il prodotto è conforme ai test di compatibilità ai materiali secondo la norma AMS 1435 in vigore
Formula	: HCOOK
Densità (20°C)	: 1.33 kg/dm ³ ca.
Temperatura di cristallizzazione	: < -60°C
Conducibilità (20°C)	: 170 mS ca.
Viscosità (20°C)	: < 10 mPa.s
Viscosità (0°C)	: < 20 mPa.s

CARATTERISTICHE QUALITATIVE

Aspetto	liquido incolore o giallo paglierino	
Titolo	% HCOOK	≥ 50
Peso specifico (20°C)		1.32-1.36
pH (20°C, sul tal quale)		10.5-11.2

I valori indicati si intendono determinati secondo i nostri metodi di analisi.

IMBALLI

Cisternette da 1250 kg netti.
Cisterne stradali da 13/28 t circa.

USI PRINCIPALI

SAFEGRIP® FR è a basso impatto ambientale (non contiene glicoli, urea o triazoli) e richiede una bassa domanda di ossigeno (COD/BOD) per essere degradato.
SAFEGRIP® FR è estremamente efficace sia come antighiaccio sia come antigelo per le piste aeroportuali e ponti stradali metallici.

PER LE PRECAUZIONI D'USO CONSULTARE LA SCHEDA DATI DI SICUREZZA

LA NOSTRA SOCIETÀ È A DISPOSIZIONE PER FORNIRE OGNI ULTERIORE INFORMAZIONE NON RIPORTATA NELLA PRESENTE SCHEDA

SAFEFR1 (1112) I1

Allegato 22

Scheda di sicurezza del 26/9/2011, revisione 2

1. IDENTIFICAZIONE DELLA SOSTANZA/DELLA MISCELA E DELLA SOCIETÀ/IMPRESA

1.1. Identificatore del prodotto

Identificazione della miscela:

Nome commerciale: SAFEGRIP FR

1.2. Usi pertinenti identificati della sostanza/della miscela e usi sconsigliati

Usò raccomandato:

AGENTE ANTICONGELANTE

USO PROFESSIONALE

1.3. Informazioni sul fornitore della scheda di dati di sicurezza

Fornitore:

ESSECO S.r.l. Via San Cassiano 99

28069 - Trecate (NO)

Italy

Persona competente responsabile della scheda di dati di sicurezza: sds@essecò.it

1.4. Numero telefonico di emergenza

Essecò S.r.l. - Phone n. +39-0321-7901

Centro Antiveneni - Ospedale di Niguarda - Milano - Tel. 02/66101029

2. IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI

2.1. Classificazione della sostanza o della miscela

Criteri delle Direttive 67/548/CE, 99/45/CE e successivi emendamenti:

Proprietà / Simboli:

Il prodotto non è considerato pericoloso in accordo con le direttive sulle sostanze (67/548/EEC) e preparati pericolosi (1999/45/CE).

Effetti fisico-chimici dannosi alla salute umana e all'ambiente:

Nessun altro rischio

2.2. Elementi dell'etichetta

Disposizioni speciali:

Scheda dati di sicurezza disponibile su richiesta per gli utilizzatori professionali.

2.3. Altri pericoli

Sostanze vPvB: Nessuna - Sostanze PBT: Nessuna

Altri rischi:

Nessun altro rischio

3. COMPOSIZIONE/INFORMAZIONE SUGLI INGREDIENTI

3.1. Sostanze

N.A.

3.2. Miscele

Componenti pericolosi ai sensi della Direttiva CEE 67/548 e del Regolamento CLP e relativa classificazione:

Nessuna.

4. MISURE DI PRIMO SOCCORSO

4.1. Descrizione delle misure di primo soccorso

In caso di contatto con la pelle:

Lavare abbondantemente con acqua e sapone.

In caso di contatto con gli occhi:

In caso di contatto con gli occhi, lavare immediatamente e abbondantemente con acqua e



Scheda di sicurezza SAFEGRIP FR

consultare un medico.

In caso di ingestione:

Indurre il vomito. RICORRERE IMMEDIATAMENTE A VISITA MEDICA, mostrando la scheda di sicurezza.

In caso di inalazione:

Portare l'infortunato all'aria aperta e tenerlo al caldo e a riposo.

4.2. Principali sintomi ed effetti, sia acuti che ritardati

Nessuno

4.3. Indicazione della eventuale necessità di consultare immediatamente un medico e di trattamenti speciali

Trattamento:

Nessuno

5. MISURE ANTINCENDIO

5.1. Mezzi di estinzione

Mezzi di estinzione idonei:

Acqua.

Biossido di carbonio (CO₂).

Mezzi di estinzione che non devono essere utilizzati per ragioni di sicurezza:

Nessuno in particolare.

5.2. Pericoli speciali derivanti dalla sostanza o dalla miscela

Non inalare i gas prodotti dall'esplosione e dalla combustione.

5.3. Raccomandazioni per gli addetti all'estinzione degli incendi

Impiegare apparecchiature respiratorie adeguate.

Raccogliere separatamente l'acqua contaminata utilizzata per estinguere l'incendio. Non scaricarla nella rete fognaria.

Se fattibile sotto il profilo della sicurezza, spostare dall'area di immediato pericolo i contenitori non danneggiati.

6. MISURE IN CASO DI RILASCIO ACCIDENTALE

6.1. Precauzioni, dispositivi di protezione individuale e procedure di emergenza

Indossare i dispositivi di protezione individuale.

Spostare le persone in luogo sicuro.

Consultare le misure protettive esposte al punto 7 e 8.

6.2. Precauzioni ambientali

Impedire la penetrazione nel suolo/sottosuolo. Impedire il deflusso nelle acque superficiali o nella rete fognaria.

Trattenere l'acqua di lavaggio contaminata ed eliminarla.

In caso di fuga di gas o penetrazione in corsi d'acqua, suolo o sistema fognario informare le autorità responsabili.

Materiale idoneo alla raccolta: materiale assorbente, organico, sabbia

6.3. Metodi e materiali per il contenimento e per la bonifica

Lavare con abbondante acqua.

6.4. Riferimento ad altre sezioni

Vedi anche paragrafo 8 e 13

7. MANIPOLAZIONE E IMMAGAZZINAMENTO

7.1. Precauzioni per la manipolazione sicura

Evitare il contatto con la pelle e gli occhi, l'inalazione di vapori e nebbie.

Durante il lavoro non mangiare né bere.

Si rimanda anche al paragrafo 8 per i dispositivi di protezione raccomandati.

7.2. Condizioni per un immagazzinamento sicuro, comprese eventuali incompatibilità

Conservare in ambienti asciutti.

Tenere lontano da cibi, bevande e mangimi.

Materie incompatibili:

Mantenere lontano da agenti ossidanti

Indicazione per i locali:
Locali adeguatamente areati.
7.3. Uso/i finale/i specifico/i
Nessun uso particolare

8. CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE/PROTEZIONE INDIVIDUALE

8.1. Parametri di controllo
Nessuno

8.2. Controlli dell'esposizione

Protezione degli occhi:
Non richiesto per l'uso normale. Operare comunque secondo le buone pratiche di lavoro.

Protezione della pelle:
Non è richiesta l'adozione di alcuna precauzione speciale per l'uso normale.

Protezione delle mani:
Utilizzare guanti protettivi che garantiscano una protezione totale, es. in PVC, neoprene o gomma.

Protezione respiratoria:
Non necessaria per l'utilizzo normale.

Rischi termici:
Nessuno

Controlli dell'esposizione ambientale:
Nessuno

9. PROPRIETÀ FISICHE E CHIMICHE

9.1. Informazioni sulle proprietà fisiche e chimiche generali

Aspetto e colore:	Liquido	
Odore:	Nessuno	
Soglia di odore:	N.A.	
pH:	9.5-11.5 (100%)	
Punto di fusione/congelamento:	N.A.	
Punto di ebollizione iniziale e intervallo di ebollizione:		>100 °C
Infiammabilità solidi/gas:	N.A.	
Limite superiore/inferiore d'infiammabilità o esplosione:		N.A.
Densità dei vapori:	N.A.	
Punto di infiammabilità:	N.A.	
Velocità di evaporazione:	N.A.	
Pressione di vapore:	N.A.	
Densità relativa:	1.32-1.36 Kg/dm ³	
Idrosolubilità:	0-100%	
Liposolubilità:	N.A.	
Coefficiente di ripartizione (n-ottanolo/acqua):		N.A.
Temperatura di autoaccensione:	N.A.	
Temperatura di decomposizione:	N.A.	
Viscosità:	N.A.	
Proprietà esplosive:	N.A.	
Proprietà comburenti:	N.A.	

9.2. Altre informazioni

Miscibilità:	N.A.	
Liposolubilità:	N.A.	
Conducibilità:	N.A.	
Proprietà caratteristiche dei gruppi di sostanze		N.A.

10. STABILITÀ E REATTIVITÀ

10.1. Reattività
Stabile in condizioni normali

10.2. Stabilità chimica

CODICE SCHEDA SAFEFR2(0911)2

Pagina n. 3 di 6

- Stabile in condizioni normali
- 10.3. Possibilità di reazioni pericolose
Nessuno
- 10.4. Condizioni da evitare
Stabile in condizioni normali.
- 10.5. Materiali incompatibili
Ossidanti
- 10.6. Prodotti di decomposizione pericolosi
Ossido di potassio, acido formico, monossido/diossido di carbonio

11. INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE

- 11.1. Informazioni su effetti tossicologici
Non sono disponibili dati tossicologici sulla miscela in quanto tale. Si tenga, quindi, presente la concentrazione delle singole sostanze al fine di valutare gli effetti tossicologici derivanti dall'esposizione alla miscela.
Sono di seguito riportate le informazioni tossicologiche riguardanti le principali sostanze presenti nel preparato:

POTASSIO FORMIATO - Index: N.A., CAS: 590-29-4, EC No: 209-677-9
LD50 (oral,rat): 5500 mg/Kg

12. INFORMAZIONI ECOLOGICHE

- 12.1. Tossicità
Utilizzare secondo le buone pratiche lavorative, evitando di disperdere il prodotto nell'ambiente.
BOD: <0.01 Kg O₂/ Kg
COD: 0.03 Kg O₂/ Kg
SAFEGRIP FR - Index: NA, CAS: NA, EC No: NA
Test: LC50 Specie: Pesci Durata h: 96 mg/l: 2375
Test: LC50 Specie: Daphnia Durata h: 48 mg/l: 750
- 12.2. Persistenza e degradabilità
Nessuno
Non persistente e biodegradabile
- 12.3. Potenziale di bioaccumulo
Bioaccumulabile: No
- 12.4. Mobilità nel suolo
No
- 12.5. Risultati della valutazione PBT e vPvB
Nessuno
Sostanze vPvB: Nessuna - Sostanze PBT: Nessuna
- 12.6. Altri effetti avversi
Nessuno

13. CONSIDERAZIONI SULLO SMALTIMENTO

- 13.1. Metodi di trattamento dei rifiuti
Recuperare se possibile. Operare secondo le vigenti disposizioni locali e nazionali.

14. INFORMAZIONI SUL TRASPORTO

- 14.1. Numero ONU
Merce non pericolosa ai sensi delle norme sul trasporto.
- 14.2. Nome di spedizione dell'ONU
N.A.
- 14.3. Classe/i di pericolo per il trasporto
N.A.
- 14.4. Gruppo d'imballaggio

CODICE SCHEDA SAFEFR2(0911)2

Pagina n. 4 di 6

- N.A.
14.5 Pericoli per l'ambiente
N.A.
14.6. Precauzioni speciali per gli utilizzatori
N.A.
14.7. Trasporto di rinfuse secondo l'allegato II di MARPOL 73/78 e il codice IBC
N.A.

15. INFORMAZIONI SULLA REGOLAMENTAZIONE

- 15.1. Norme e legislazione su salute, sicurezza e ambiente specifiche per la sostanza o la miscela D.Lgs. 3/2/1997 n. 52 (Classificazione, imballaggio ed etichettatura sostanze pericolose). D.Lgs. 14/3/2003 n. 65 (Classificazione, imballaggio ed etichettatura preparati pericolosi). D.Lgs. 2/2/2002 n. 25 (Rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro). D.M. Lavoro 26/02/2004 (Limiti di esposizione professionali); D.M. 03/04/2007 (Attuazione della direttiva n. 2006/8/CE). Regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH), Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP), Regolamento (CE) n. 790/2009 (1° ATP CLP), Regolamento (UE) n. 453/2010 (Allegato I).
Ove applicabili, si faccia riferimento alle seguenti normative:
Circolari ministeriali 46 e 61 (Ammine aromatiche).
D.Lgs. 21 settembre 2005 n. 238 (Direttiva Seveso Ter)
Regolamento CE n. 648/2004 (Detergenti).
D.M. 16 Gennaio 2004 n.44 (Direttiva COV)
Regio Decreto 9 Gennaio 1927, n. 147 (Gas Tossici)
- 15.2. Valutazione della sicurezza chimica
No

16. ALTRE INFORMAZIONI

Paragrafi modificati rispetto alla precedente revisione:

1. IDENTIFICAZIONE DELLA SOSTANZA/DELLA MISCELA E DELLA SOCIETÀ/IMPRESA
2. IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI
3. COMPOSIZIONE/INFORMAZIONE SUGLI INGREDIENTI
4. MISURE DI PRIMO SOCCORSO
5. MISURE ANTINCENDIO
6. MISURE IN CASO DI RILASCIO ACCIDENTALE
7. MANIPOLAZIONE E IMMAGAZZINAMENTO
8. CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE/PROTEZIONE INDIVIDUALE
9. PROPRIETÀ FISICHE E CHIMICHE
10. STABILITÀ E REATTIVITÀ
11. INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE
12. INFORMAZIONI ECOLOGICHE
13. CONSIDERAZIONI SULLO SMALTIMENTO
14. INFORMAZIONI SUL TRASPORTO
15. INFORMAZIONI SULLA REGOLAMENTAZIONE

Questo documento e' stato redatto da un tecnico competente in materia di SDS e che ha ricevuto formazione adeguata.

Principali fonti bibliografiche:

- ECDIN - Environmental Chemicals Data and Information Network - Joint Research Centre,
Commission of the European Communities
SAX's DANGEROUS PROPERTIES OF INDUSTRIAL MATERIALS - Eight Edition - Van
Nostrand Reinold
CCNL - Allegato 1
Istituto Superiore di Sanità - Inventario Nazionale Sostanze Chimiche

Le informazioni ivi contenute si basano sulle nostre conoscenze alla data sopra riportata. Sono riferite unicamente al prodotto indicato e non costituiscono garanzia di particolari qualità.

CODICE SCHEDA SAFEFR2(0911)2

Pagina n. 5 di 6

L'utilizzatore è tenuto ad assicurarsi della idoneità e completezza di tali informazioni in relazione all'utilizzo specifico che ne deve fare.

Questa scheda annulla e sostituisce ogni edizione precedente.

ADR:	Accordo europeo relativo al trasporto internazionale stradale di merci pericolose.
CAS:	Chemical Abstracts Service (divisione della American Chemical Society).
CLP:	Classificazione, Etichettatura, Imballaggio.
DNEL:	Livello derivato senza effetto.
EINECS:	Inventario europeo delle sostanze chimiche europee esistenti in commercio.
GefStoffVO:	Ordinanza sulle sostanze pericolose in Germania.
GHS:	Sistema globale armonizzato di classificazione e di etichettatura dei prodotti chimici.
IATA:	Associazione per il trasporto aereo internazionale.
IATA-DGR:	Regolamento sulle merci pericolose della "Associazione per il trasporto aereo internazionale" (IATA).
ICAO:	Organizzazione internazionale per l'aviazione civile.
ICAO-TI:	Istruzioni tecniche della "Organizzazione internazionale per l'aviazione civile" (ICAO).
IMDG:	Codice marittimo internazionale per le merci pericolose.
INCI:	Nomenclatura internazionale degli ingredienti cosmetici.
KSt:	Coefficiente d'esplosione.
LC50:	Concentrazione letale per il 50 per cento della popolazione di test.
LD50:	Dose letale per il 50 per cento della popolazione di test.
N.A.:	Not Available
PNEC:	Concentrazione prevista senza effetto.
RID:	Regolamento riguardante il trasporto internazionale di merci pericolose per via ferroviaria.
STEL:	Limite d'esposizione a corto termine.
STOT:	Tossicità organo-specifica.
TLV:	Valore limite di soglia.
TWATLV:	Valore limite di soglia per la media pesata su 8 ore. (ACGIH Standard).
WGK:	Classe di pericolo per le acque (Germania).

Allegato 23



Azienda certificata UNI EN ISO 9001 : 2008 Nr 501009099

Rapporto di Prova

Spett.le: AEROPORTO G.MARCONI di
Bologna S.p.A
Via Triumvirato, 84
40132 Bologna
BO

Data Ricevimento: 04/08/2015
Data Campionamento: 04/08/2015
Inizio Campionamento: 15.00
Fine Campionamento:
Effettuato da: NS.PERSONALE TECNICO
Tipo di Campione: ACQUA DI SCARICO
Caratteristiche: LIQUIDO
Punto di Prelievo: ULTIMO POZZETTO PRIMA DELLA RETE FOGNARIA
Metodo di Prelievo: CAMPIONAMENTO Met.IRSA-CNR 1030 Istantaneo
Vs. Riferimento: uscita depuratore - scarico F2

Rapporto N°: 151635
Data: 28/08/2015
Servizio N°: 14781
Campione N°: 17256

N°Prova	Prova	U. M.	Esito	Incertezza	Limite
123163	TENSIOATTIVI ANIONICI	mg/l come MBAS	0,86	0,03	
<i>Metodo:</i>	<i>Cuvette-test Kit LCK 332 LANGE met. al Sodio dodecilbenzenosolfonato L.Q. = 0,05 mg/l com MBAS</i>				
123164	TENSIOATTIVI NON IONICI	mg/l come BiAS	6,72	0,2	
<i>Metodo:</i>	<i>Cuvette-test Kit LCK 333 LANGE metodo al TBPE - L.Q. = 0,2 mg/l come BiAS</i>				
123165	TENSIOATTIVI CATIONICI	mg/l	1,85	0,06	
<i>Metodo:</i>	<i>Cuvette-test Kit LCK 331 LANGE metodo al blu di bromofenolo - L.Q. = 0,2 mg/l</i>				
123166	TENSIOATTIVI TOTALI	mg/l	9,43	0,29	4 >
<i>Metodo:</i>					
123167	pH	unità pH	7,8	0,1	9,5
<i>Metodo:</i>	<i>IRSA CNR 2060 APAT Rapp.29/2003 - Valore Limite pH : 5,5 - 9,5</i>				
123168	COD	mg/l come O2	690	69	500 >
<i>Metodo:</i>	<i>ISPR-A 5135:2014 - L.R. = 5 mg/l come O2</i>				
123169	BOD5	mg/l come O2	224	45	250 ?
<i>Metodo:</i>	<i>IRSA CNR 5120-B1 APAT Rapp.29/2003</i>				
123170	OLI MINERALI/IDROCARBURI	mg/l	6,0	1,2	10
<i>Metodo:</i>	<i>IRSA CNR 5160 APAT Rapp.29/2003 - L.R. = 0,4 mg/l</i>				
123171	AZOTO AMMONIACALE	mg/l come NH4+	140	13	30 >
<i>Metodo:</i>	<i>IRSA CNR 4030 A2-APAT Rapp.29/2003 - L.R. = 0,5 mg/l come NH4+</i>				
123172	FOSFORO TOTALE	mg/l come P	8,98	0,45	10
<i>Metodo:</i>	<i>Cuvette-test Kit-LCK 348(met.al molibdato) - L.R. = 0,5 mg/l come P</i>				

Rapporto N°: 151635
Data: 28/08/2015

N°Prova	Prova	U. M.	Esito	Incertezza	Limite
123173	SOLIDI SOSPESI TOTALI	mg/l	106	11	200
<i>Metodo:</i>	<i>IRSA CNR 2090 B APAT Rapp.29/2003 - L.Q. = 1 mg/l</i>				
123174	CLORURI	mg/l come Cl	184	9	1200
<i>Metodo:</i>	<i>IRSA CNR 4020 APAT Rapp.29/2003 - L.Q. = 0,5 mg/l come Cl</i>				
123176	SOLFATI	mg/l come SO4	16,9	0,8	1000
<i>Metodo:</i>	<i>IRSA CNR 4020 APAT Rapp.29/2003 L.R.= 0,5 mg/l come SO4</i>				

Legenda: > : superiore al limite - ? : in prossimità del limite - L.R.= Limite di Rivelabilità L.Q.=Limite di Quantificazione - U. M. = Unità di Misura - L'incertezza riportata è l'incertezza estesa espressa nella stessa unità di misura del risultato, stimata con un livello di fiducia del 95%, utilizzando il fattore di copertura K=2.

Riferimento I limiti indicati si riferiscono alla Tab. 3, All. 5, parte terza del D.Lgs. 152/06 per gli scarichi in fognatura.

Commenti: Il campione, per i parametri evidenziati, supera i limiti indicati in tale normativa.
I parametri rilevati che superano i limiti di legge sono caratteristici di un inquinamento di tipo domestico.

Dr.ssa GABRIELLA MORTERA

Responsabile del Laboratorio: Dr.ssa Gabriella Mortera iscritta all' Ordine dei Chimici di Bo al n° 1011. - Questo Rapporto di Prova riguarda solo il campione sottoposto a prova, e non può essere riprodotto parzialmente.

Allegato 24

MONSANTO Europe S.A.

Scheda di sicurezza Prodotto Commerciale

1. IDENTIFICAZIONE DEL PRODOTTO E DELLA SOCIETÀ

1.1. Identificatore del prodotto

Roundup® Bioflow

1.1.1. Nome chimico

Non applicabile.

1.1.2. Sinonimi

Nessuno.

1.1.3. CLP Allegato VI Numero Indice

Non applicabile.

1.1.4. C&L ID No.

Non disponibile.

1.1.5. No. EC

Non applicabile.

1.1.6. REACH Reg. No.

Non applicabile.

1.1.7. No. CAS

Non applicabile.

1.2. Impiego del prodotto

Erbicida

1.3. Società/(Ufficio vendite)

MONSANTO Europe S.A.
Haven 627, Scheldelaan 460, B-2040
Anversa, Belgio

Telefono: +32 (0)3 568 51 11

Fax: +32 (0)3 568 50 90

E-mail:

safety.datasheet@monsanto.com

1.4. Numero telefonico di chiamata urgente

Telefono: Italia +39 (0)2 66101029 - Centro Antiveleeni di Milano, Belgio +32 (0)3 568 51 23

2. IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI

2.1. Classificazione

2.1.1.

Questo preparato non è stato ancora classificato secondo il Regolamento (CE) n.1272/2008.

Etichetta UE (autoclassificazione del produttore) - Classificazione/Etichettatura secondo la Direttiva EU 1999/45 CE Preparati Pericolosi

Non classificato come pericoloso.

S29 Non gettare i residui nelle fognature.

S49 Conservare soltanto nel recipiente originale.

Classificazione/Etichettatura a livello Nazionale - Italia

Non classificato come pericoloso.

S2 Conservare fuori della portata dei bambini.

S13 Conservare lontano da alimenti o mangimi e da bevande.

S20/21 Non mangiare, né bere, né fumare durante l'impiego.

2.2. Elementi dell'etichetta

Etichettatura secondo il Regolamento (EC) n. 1272/2008 [CLP]

2.2.1. Indicazioni di pericolo

Hxxx Non applicabile.

2.3. Altri pericoli

0% della formulazione contiene ingredienti con sconosciuta tossicità acuta.

0% della formulazione contiene ingredienti con sconosciuta tossicità acuta per l'ambiente acquatico.

2.3.1. Potenziali effetti ambientali

Non si prevede che possa causare un qualsiasi significativo effetto negativo quando siano seguite le istruzioni di impiego raccomandate.

Miscela non persistente, né soggetta a bioaccumulo o tossica (PBT) né molto persistente né soggetta a forte bioaccumulo (vPvB).

2.4. Aspetto e odore (colore/forma/odore):

Giallastro-Marrone /Liquido / ammine

Riferirsi alla sezione 11 per informazioni tossicologiche e alla sezione 12 per informazioni ambientali.

3. COMPOSIZIONE/INFORMAZIONE SUGLI INGREDIENTI

Ingrediente attivo

Sale isopropilaminico del N-(fosfonometil)glicina; {Sale isopropilaminico del glifosate}

Composizione

Componenti	No. CAS	No. EC	EU Index No. / REACH Reg. No. / C&L ID No.	% ponderale (approssimato)	Classificazione
Sale isopropilaminico del glifosate	38641-94-0	933-426-9	015-184-00-8 / - / 02-2119693876-15- 0000	41,5	Tossicità cronica per gli organismi acquatici - Categoria 2; H411; { c} N; R51/53; { b}
Tensioattivo			- / - / -	16	Tossicità cronica per gli organismi acquatici - Categoria 4; H413R53; { a}
Acqua	7732-18-5	231-791-2	- / - / -	42,5	

L'identità chimica specifica non viene rivelata essendo una informazione commerciale segreta di Monsanto.

Testo completo dei Codici di classificazione : Vedere sezione 16.

4. INTERVENTI DI PRIMO SOCCORSO

Usare le protezioni personali raccomandate nella sezione 8.

4.1. Descrizione delle misure di primo soccorso

4.1.1. Contatto con gli occhi

Sciacquare immediatamente con abbondante acqua. Se facilmente fattibile, togliere le lenti a contatto.

4.1.2. Contatto con la pelle

Togliersi gli indumenti contaminati, l'orologio e i gioielli. Lavare abbondantemente con acqua la pelle colpita. Lavare gli indumenti e pulire le scarpe prima di usarli nuovamente.

4.1.3. Inalazione

Portare all'aria aperta.

4.1.4. Ingestione

Offrire acqua da bere immediatamente. Non dare nulla per bocca a persona non cosciente. Non indurre il vomito se non sotto il controllo di personale medico. In caso di manifestazione dei sintomi, ricorrere al medico.

4.2. Principali sintomi ed effetti, sia acuti e che ritardati

4.2.1. Effetti potenziali sulla salute

Possibili vie di esposizione: Contatto con la pelle, contatto con gli occhi

Contatto con gli occhi, breve termine: Non si prevede che possa causare un qualsiasi significativo effetto negativo quando siano seguite le istruzioni di impiego raccomandate.

Contatto con la pelle, breve termine: Non si prevede che possa causare un qualsiasi significativo effetto negativo quando siano seguite le istruzioni di impiego raccomandate.

Inalazione, breve termine: Non si prevede che possa causare un qualsiasi significativo effetto negativo quando siano seguite le istruzioni di impiego raccomandate.

4.3. Indicazione dell'eventuale necessità di consultare immediatamente un medico oppure di trattamenti speciali

4.3.1. Informazioni per il medico

Questo prodotto non è un inibitore della colinesterasi.

4.3.2. Antidoto

Il trattamento con atropina e ossime non è indicato.

5. MISURE ANTINCENDIO

5.1. Mezzi di estinzione

5.1.1. Consigliato: Acqua, schiuma, prodotto chimico in polvere, anidride carbonica (CO₂)

5.2. Pericoli speciali derivanti dalla sostanza o dalla miscela

5.2.1. Pericolo improbabile di esplosione e di incendio

Ridurre al minimo l'uso di acqua per evitare contaminazione dell'ambiente.

Precauzioni per l'ambiente: vedere sezione 6.

5.2.2. Prodotti di combustione pericolosi

Monossido di carbonio (CO), ossidi di fosforo (P_xO_y), ossidi di azoto (NO_x)

5.3. Equipaggiamento per spegnere un incendio

Autorespiratore. Gli equipaggiamenti devono essere attentamente decontaminati dopo l'uso.

5.4. Punto di infiammabilità

Non soggetto a rapida combustione.

6. PROVVEDIMENTI IN CASO DI DISPERSIONE ACCIDENTALE

Seguire le raccomandazioni per la manipolazione nella sezione 7 e le raccomandazioni per la protezione personale nella sezione 8.

6.1. Precauzioni personali

Usare le protezioni personali raccomandate nella sezione 8.

6.2. Precauzioni per l'ambiente

PICCOLE QUANTITÀ: Basso rischio per l'ambiente. **GRANDI QUANTITÀ:** Ridurre al minimo la diffusione. Tenere lontano da canali di scolo, fogne, fossi e corsi d'acqua. Avvisare le autorità.

6.3. Metodi di pulizia

Per il trasporto mettere i recipienti colanti in fusti stagni più grandi. **PICCOLE QUANTITÀ:** Lavare abbondantemente la zona contaminata con acqua. **GRANDI QUANTITÀ:** Assorbire con terra, sabbia o materiali assorbenti. Asportare il terreno pesantemente contaminato. Raccogliere in recipienti per lo smaltimento. Riferirsi alla sezione 7 per il tipo di contenitore. Risciacquare i residui con piccole quantità d'acqua. Ridurre al minimo l'uso di acqua per evitare contaminazione dell'ambiente.

Riferirsi alla sezione 13 per lo smaltimento del materiale fuoriuscito.

7. MANIPOLAZIONE E IMMAGAZZINAMENTO

Dovranno essere seguite le regole industriali attuali in materia di pulizia ed igiene personale.

7.1. Precauzioni per la manipolazione sicura

Non mangiare, né bere, né fumare durante l'impiego.
Lavare accuratamente le mani dopo la manipolazione o il contatto.
Lavare gli indumenti contaminati prima di usarli nuovamente.
Dopo l'uso, pulire scrupolosamente le attrezzature.
Non contaminare i fossi, le fogne e i corsi d'acqua quando si smaltiscono i risciacqui delle attrezzature.
Riferirsi alla sezione 13 della scheda di sicurezza per lo smaltimento delle acque di risciacquo.
I contenitori vuoti trattengono vapori e residui del prodotto.
SEGUIRE GLI AVVERTIMENTI IN ETICHETTA ANCHE QUANDO IL CONTENITORE E' VUOTO.

7.2. Condizioni per l'immagazzinamento sicuro, comprese eventuali incompatibilità

Temperatura minima di immagazzinamento: -15 °C
Temperatura massima di immagazzinamento: 50 °C
Materiali compatibili per l'immagazzinamento: acciaio inossidabile, fibra di vetro, plastica, materiale vetrificato internamente
Conservare fuori della portata dei bambini.
Conservare lontano da alimenti o mangimi e da bevande.
Conservare soltanto nel recipiente originale.
In caso di immagazzinamento prolungato al di sotto della temperatura minima di conservazione può verificarsi una parziale cristallizzazione.
Se congelato, portare in un locale caldo e agitare frequentemente per riportare in soluzione.
Durata minima di conservazione: 5 anni.
Questo formulato può essere conservato per 2-3 settimane a basse temperature anche al di sotto di -20 °C senza alcun problema. Se le basse temperature rimangono sotto i -20 °C per un periodo più lungo, la fase acquosa del preparato può congelare. Se ciò avvenisse è sufficiente mantenere il prodotto al caldo affinché ritorni nel suo stato omogeneo iniziale. Si raccomanda che gli utilizzatori seguano le normali istruzioni per l'uso che prevedono l'agitazione del contenitore prima dell'utilizzo del prodotto.

8. PROTEZIONE PERSONALE/CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE

8.1. Limiti di esposizione nell'aria

Componenti	Linee guida per l'Esposizione
Sale isopropilaminico del glifosate	Non è stato stabilito alcun limite specifico di esposizione professionale.
Tensioattivo	Non è stato stabilito alcun limite specifico di esposizione professionale.
Acqua	Non è stato stabilito alcun limite specifico di esposizione professionale.

8.2. Controlli impiantistici e costruttivi

Non necessita di particolari precauzioni se usato come da raccomandazioni.

8.3. Raccomandazioni per gli equipaggiamenti di protezione personale

8.3.1. Protezione degli occhi:

Non necessita di particolari precauzioni se usato come da raccomandazioni.

8.3.2. Protezione della pelle:

In caso di contatto prolungato o ripetuto:

Usare guanti resistenti ai prodotti chimici.
I guanti resistenti agli agenti chimici comprendono quelli fatti di materiale impermeabile all'acqua come nitrile, butile, neoprene, cloruro di polivinile (PVC), gomma naturale e/o in laminato.

8.3.3. Protezione delle vie respiratorie:

Non necessita di particolari precauzioni se usato come da raccomandazioni.

Quando raccomandato, consultare il produttore degli equipaggiamenti di protezione personale per individuare il tipo di equipaggiamento più adatto per un determinato impiego.

9. PROPRIETÀ FISICHE E CHIMICHE

Questi dati fisici sono valori tipici basati su materiale testato ma possono variare da campione a campione. I valori tipici non dovrebbero essere considerati come un'analisi garantita di un qualunque specifico lotto o come specifiche per il prodotto.

Colore/intervallo di colore:	Giallastro - Marrone
Odore:	ammine
Forma:	Liquido
Cambiamenti dello stato fisico (fusione, ebollizione, ecc.):	
Punto di fusione:	Non applicabile.
Punto di ebollizione:	105,3 °C
Punto di infiammabilità:	Non soggetto a rapida combustione.
Proprietà esplosive:	Privo di proprietà esplosive
Temperatura di autocombustione:	440 °C
Temperatura di decomposizione autoaccelerata (SADT):	Nessun dato.
Proprietà comburenti:	Nessuno
Peso specifico:	1,166 @ 20 °C / 4 °C
Pressione di vapore:	Volatilità non significativa. Soluzione acquosa.
Densità di vapore:	Non applicabile.
Tasso di evaporazione:	Nessun dato.
Viscosità dinamica:	65 mPa·s @ 21 °C
Viscosità cinematica:	55,7 mm ² /s @ 21 °C
Densità:	1,166 g/cm ³ @ 20 °C
Solubilità:	Acqua: Completamente miscibile.
pH:	4,8 @ 10 g/l
Coefficiente di partizione:	log Pow: < -3,2 @ 25 °C (glifosate)

10. STABILITÀ E REATTIVITÀ

10.1. Reattività

Reagisce con l'acciaio galvanizzato o l'acciaio dolce non rivestito producendo idrogeno, un gas molto infiammabile che può esplodere

10.2. Stabilità

Stabile in condizioni normali di manipolazione e stoccaggio.

10.3. Possibilità di reazioni pericolose

Reagisce con l'acciaio galvanizzato o l'acciaio dolce non rivestito producendo idrogeno, un gas molto infiammabile che può esplodere

10.4. Condizioni da evitare

Materiali incompatibili per l'immagazzinamento: acciaio galvanizzato, acciaio dolce non rivestito
Compatible materials for storage: see section 7.2.

10.5. Decomposizione pericolosa

Decomposizione termica: Prodotti di combustione pericolosi: vedi sezione 5.

11. INFORMAZIONI TOSSICOLOGICHE

Questa sezione è rivolta ai tossicologi e ai professionisti del settore salute.

Possibili vie di esposizione: Contatto con la pelle, contatto con gli occhi

I dati ottenuti su prodotto e ingredienti sono riassunti di seguito.

Tossicità acuta orale

Ratto, DL50: > 5.000 mg/kg peso corporeo
Nessuna mortalità.

Tossicità acuta cutanea

Ratto, DL50: > 5.000 mg/kg peso corporeo
Nessuna mortalità.

Irritazione della pelle

Coniglio, 6 animali, test OECD 404:
Arrossamento, score UE medio: 0,11
Rigonfiamento, score UE medio: 0,00
Prognosi (giorni): 3

Irritazione degli occhi

Coniglio, 6 animali, test OECD 405:
Arrossamento della congiuntiva, score UE medio: 1,11
Rigonfiamento della congiuntiva, score UE medio: 0,00
Opacità corneale, score UE medio: 0,00
Danni all'iride, score UE medio: 0,00
Prognosi (giorni): 7

Sensibilizzazione della pelle

Cavia, test di Buehler (9 induzioni):
Incidenza positiva: 0 %

N-(fosfometil)glicina: { glifosate }

Mutagenicità

Non mutageno.

Tossicità da dose ripetuta

Coniglio, dermica, 21 giorni:
NOAEL tossicità: > 5.000 mg/kg peso corporeo/giorno
Organi/sistemi bersaglio: Nessuno
Altri effetti: Nessuno

Ratto, orale, 3 mesi:
NOAEL tossicità: > 20.000 mg/kg dieta
Organi/sistemi bersaglio: Nessuno
Altri effetti: Nessuno

Effetti cronici/cancerogenesi

Ratto, orale, 24 mesi:
NOAEL tossicità: ~ 8.000 mg/kg dieta
Organi/sistemi bersaglio: occhi
Altri effetti: diminuzione dell'incremento del peso corporeo, effetti istopatologici
NOEL tumore: > 20.000 ppm
Tumori: Nessuno

Tossicità per la riproduzione/la fertilità

Ratto, orale, 2 generazioni:
NOAEL tossicità: 10.000 ppm

NOAEL riproduzione: > 30.000 mg/kg dieta
Organi/sistemi bersaglio nei genitori: Nessuno
Altri effetti nei genitori: diminuzione dell'incremento del peso corporeo
Organi/sistemi bersaglio nei cuccioli: Nessuno
Altri effetti nei cuccioli: diminuzione dell'incremento del peso corporeo
Effetti sulla prole osservati solo in caso di tossicità materna.

Tossicità sullo sviluppo/teratogenicità

Ratto, orale, 6 - 19 giorni di gestazione:

NOAEL tossicità: 1.000 mg/kg peso corporeo
NOAEL sviluppo: 1.000 mg/kg peso corporeo
Altri effetti sull'animale madre: diminuzione dell'incremento del peso corporeo, diminuzione della sopravvivenza
Effetti sullo sviluppo: perdita di peso, perdita dopo l'impianto, ossificazione ritardata
Effetti sulla prole osservati solo in caso di tossicità materna.

Coniglio, orale, 6 - 27 giorni di gestazione:

NOAEL tossicità: 175 mg/kg peso corporeo
NOAEL sviluppo: 175 mg/kg peso corporeo
Organi/sistemi bersaglio nell'animale madre: Nessuno
Altri effetti sull'animale madre: diminuzione della sopravvivenza
Effetti sullo sviluppo: Nessuno

12. INFORMAZIONI ECOLOGICHE

Questa sezione è rivolta agli ecotossicologi o agli altri professionisti dell'ambiente.

I dati ottenuti su prodotto e ingredienti sono riassunti di seguito.

Tossicità acquatica, pesci

Trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*):

Tossicità acuta, 96 ore, in acqua corrente, CL50: > 989 mg/L

Carpa comune (*Cyprinus carpio*):

Tossicità acuta, 96 ore, in acqua corrente, CL50: > 895 mg/L

Tossicità acquatica, invertebrati

Pulce d'acqua (*Daphnia magna*):

Tossicità acuta, 48 ore, in acqua corrente, CE50: 676 mg/L

Tossicità acquatica, alghe/piante acquatiche

Alge verdi (*Selenastrum capricornutum*):

Tossicità acuta, 72 ore, statico, ErC50 (tasso di crescita): 284 mg/L

Lemna (*Lemna gibba*):

Tossicità acuta, 7 giorni, semi-statico, ErC50 (tasso di crescita): > 150 mg/L

Lemna (*Lemna gibba*):

Tossicità acuta, 7 giorni, semi-statico, NOEC: 19,1 mg/L

Tossicità aviaria

Germano reale (*Anas platyrhynchos*):

Tossicità nella dieta, 5 giorni, CL50: > 5.620 mg/kg dieta

Colino della Virginia (*Colinus virginianus*):

Tossicità nella dieta, 5 giorni, CL50: > 5.620 mg/kg dieta

Tossicità per gli artropodi

Ape mellifera (*Apis mellifera*):

Orale, 48 ore, DL50: > 254 µg/ape

Ape mellifera (*Apis mellifera*):

Contatto, 48 ore, DL50: > 330 µg/ape

Tossicità per gli organismi del suolo, invertebrati

Lombrico (*Eisenia foetida*):

Tossicità acuta, 14 giorni, CL50: > 1.250 mg/kg terreno secco

Tossicità per gli organismi del suolo, microrganismi

Test di trasformazione del carbonio e dell'azoto:

53 L/ha, 28 giorni: Effetto negativo inferiore al 25% sui processi di trasformazione dell'azoto o del carbonio nel terreno.

N-(fosfonometil)glicina: { glifosate}

Bioaccumulo

Pesce Persico (Lepomis macrochirus):

Pesce intero: BCF: < 1

Non è atteso alcun significativo bioaccumulo.

Dissipazione

Suolo, campo:

Tempo di semivita: 2 - 174 giorni

Koc: 884 - 60.000 L/kg

Si lega fortemente al terreno.

Acqua, aerobico:

Tempo di semivita: < 7 giorni

13. OSSERVAZIONI SULLO SMALTIMENTO

13.1. Metodi di trattamento dei rifiuti

13.1.1. Prodotto

Attenersi alle norme locali, regionali, nazionali ed internazionali in materia di smaltimento. Seguire le Direttive generali correnti sui rifiuti, sul trasporto e stoccaggio dei rifiuti, sulle discariche e incenerimento; i Regolamenti delle liste Eu sui rifiuti sul trasporto dei rifiuti. In accordo con l'auto-classificazione del produttore, secondo la Direttiva EU 1999/45/EC sui "Preparati Pericolosi", il prodotto può essere smaltito come rifiuto industriale non pericoloso. Si suggerisce di smaltire in un inceneritore di rifiuti industriali con recupero dell'energia. Tenere lontano da canali di scolo, fogne, fossi e corsi d'acqua.

13.1.2. Contenitore

Seguire tutte le disposizioni locali, regionali, nazionali ed internazionali in materia di smaltimento delle confezioni. Seguire le Direttive generali correnti sui rifiuti, sul trasporto e stoccaggio dei rifiuti, sulle discariche e incenerimento; i Regolamenti delle liste Eu sui rifiuti sul trasporto dei rifiuti. Non riutilizzare il contenitore. Versare l'acqua di risciacquo nel serbatoio dell'irroratrice. Se opportunamente risciacquato il contenitore può essere smaltito come rifiuto industriale non pericoloso. Immagazzinarlo finché venga ritirato da un apposito servizio di smaltimento dei rifiuti. Riciclare se appropriato attrezzature/equipaggiamenti disponibili. Riciclare i contenitori non pericolosi in maniera corretta solo se il riciclo della plastica è possibile. NON riciclare plastica che potrebbe in qualsiasi modo avere applicazioni per alimenti per umani. Adatto per il solo riciclo ad uso industriale. Plastica NON riutilizzabile per qualsiasi applicazione destinata all'uomo e/o alimentare. Questa confezione rispetta i parametri per il recupero dell'energia. Si raccomanda di smaltire in inceneritori per il recupero dell'energia. Sfiacquare i contenitori vuoti tre volte o con getto a pressione.

Seguire le raccomandazioni per la manipolazione nella sezione 7 e le raccomandazioni per la protezione personale nella sezione 8.

14. INFORMAZIONI SUL TRASPORTO

I dati forniti in questa sezione sono solamente per informazione. Per favore riferirsi alle regolamentazioni appropriate per classificare correttamente il carico per il trasporto.

Non regolamentato per il trasporto secondo ADR/RID, IMO o IATA/ICAO

15. INFORMAZIONI SULLA NORMATIVA

15.1. Altre Informazioni Sulla Normativa

SP1: Non contaminare l'acqua con il prodotto o il suo contenitore.

15.2. Valutazione della sicurezza chimica

Un Chemical Safety Assessment secondo il Regolamento (CE) n. 1907/2006 non è richiesto e non è stato effettuato

Una valutazione del Rischio è stata condotta secondo la Direttiva 91/414/EC.

16. ALTRE INFORMAZIONI

Le informazioni qui riportate non sono necessariamente esaustive, ma rappresentative comunque di dati rilevanti e affidabili.

Seguire tutte le regolamentazioni locali/regionali/nazionali/internazionali.

Per favore consultare il fornitore per ulteriori informazioni.

-

|| Variazioni significative rispetto alla precedente edizione.

Questa scheda di sicurezza è stata redatta secondo il Regolamento (CE) N. 1907/2006 (Allegato II) come modificato dal Regolamento (CE) N.453/2010.

Classificazione dei componenti

Componenti	Classificazione
Sale isopropilaminico del glifosate	Tossicità cronica per gli organismi acquatici - Categoria 2 H411 Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata. N - Pericoloso per l'ambiente R51/53 Tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
Tensioattivo	Tossicità cronica per gli organismi acquatici - Categoria 4 H413 Può essere nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata. R53 Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
Acqua	

Note finali:

{ a} Etichetta UE (autoclassificazione del produttore)

{ b} Etichetta UE (Allegato I)

{ c} classificazione UE CLP (Allegato VI)

{ d} Classificazione UE CLP (autoclassificazione del produttore)

Denominazione completa degli acronimi più frequentemente usati. BCF (Fattore di Bioconcentrazione), BOD (Domanda Biochimica di Ossigeno),

COD (Domanda Chimica di Ossigeno), CE50 (Concentrazione Efficace

media), DE50 (Dose Efficace media), I.M. (intramuscolare), I.P. (intraperitoneale), I.V.(intravenosa), Koc (Coefficiente di adsorbimento del suolo), CL50 (Concentrazione Letale media), DL50 (Dose Letale media), LDLo (limite inferiore del dosaggio letale),

LEL (Limite Inferiore di Esplosione), LOAEC (Concentrazione più bassa a cui si osserva un effetto avverso), LOAEL (Livello più basso a cui

si osserva un effetto avverso), LOEC (Concentrazione più bassa a cui si osserva un effetto), LOEL (Livello più basso a cui si osserva un effetto), MEL (Limite Massimo di Esposizione), MTD (Dose Massima Tollerata), NOAEC (Concentrazione Senza Effetti Avversi

Osservabili), NOAEL (Livello Senza Effetti Avversi Osservabili), NOEC

(Concentrazione Senza Effetti Osservabili), NOEL (Livello Senza Effetti

Osservabili), OEL (Limite di Esposizione Occupazionale), PEL (Limite di

Esposizione Permissibile), PII (Indice di Irritazione Primario), Pow

(Coefficiente di partizione ottanolo/acqua), S.C. (Sottocutaneo), STEL

(Limite di Esposizione a Breve Termine), TLV-C (Valore Limite Soglia - Limite Superiore), TLV-TWA (Valore Limite Soglia - Media Temporale

Ponderata), UEL (Limite Superiore di Esplosione).

Sebbene le informazioni e le raccomandazioni date qui di seguito (di seguito "informazioni") siano presentate in buona fede e ritenute corrette a questa data, MONSANTO Company o sue società controllate non garantisce circa la loro completezza e precisione. L'informazione è data a condizione che le persone che la ricevono ne verifichino l'aderenza allo scopo prima di utilizzarla. In nessun caso MONSANTO Company o sue società controllate sarà responsabile per danni di qualunque natura che risultino dall'uso o dall'affidabilità di queste.

NESSUNA DICHIARAZIONE VINCOLANTE O GARANZIA, SIA ESPRESSA O IMPLICITA, DI COMMERCIALIZZABILITA', IDONEITA' AD UN PARTICOLARE SCOPO O DI QUALUNQUE ALTRA NATURA VIENE FORNITA QUI DI SEGUITO CON RIFERIMENTO ALL' INFORMAZIONI O AL PRODOTTO A CUI L'INFORMAZIONE SI RIFERISCE.

Scheda di Sicurezza (SDS)

Rapporto sulla sicurezza chimica:

Leggere e seguire le indicazioni riportate in etichetta.

00000005045

Fine del documento

Allegato 25

ROUNDUP® BIOFLOW

Erbicida sistemico ad azione totale per applicazioni in post-emergenza delle infestanti. Liquido solubile concentrato

COMPOSIZIONE:

Glifosate acido puro	g 30,8	(g/l 360)
sotto forma di sale isopropilamminico	g 41,5	(g/l 486)
Inerti e coadiuvanti	q. b. a g 100	

ATTENZIONE MANIPOLARE CON PRUDENZA

CONSIGLI DI PRUDENZA: (P234) Conservare soltanto nel contenitore originale.

INDICAZIONI SUPPLEMENTARI: (EUH401) Per evitare rischi per la salute umana e per l'ambiente, seguire le istruzioni per l'uso.

MONSANTO AGRICOLTURA ITALIA S.p.A.

Via Spadolini 5, 20141 Milano Tel. 02-847801

Officine di produzione:

MONSANTO EUROPE N.V. – Anversa (Belgio)

Distribuito da:

Scotts France SAS - 21, Chemin de la Sauvegarde 69134 ECULLY Cedex
Tel.: +33 (0)4 72 86 67 00

Autorizzazione Ministero della Salute n. 8382 del 7/8/1993

Taglie: litri 0,1- 0,25 - 0,28 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50 - 60 - 100 - 150 - 200 * - 300 * - 400 * - 500 * - 600 *

Partita n.: vedere sulla confezione

PRESCRIZIONI SUPPLEMENTARI: Non contaminare l'acqua con il prodotto o il suo contenitore. Utilizzare guanti adatti durante la preparazione, il caricamento e l'applicazione del prodotto con attrezzature manuali; per proteggere le piante non bersaglio al di fuori dell'area d'intervento, non trattare in una fascia di 5m da vegetazione naturale da tutelare o in alternativa utilizzare macchine irroratrici dotate di ugelli che riducono la deriva del 60%.

INFORMAZIONI PER IL MEDICO: in caso di intossicazione chiamare il medico per i consueti interventi di pronto soccorso. Consultare un centro antiveleni. CAV di Milano: Tel. 02-66101029 (24 h)

MODALITÀ D'IMPIEGO.

Generalità. Erbicida sistemico da impiegare in post-emergenza delle infestanti per il controllo delle specie monocotiledoni e dicotiledoni (annuali, biennali o perenni). Il prodotto è assorbito dalle parti verdi della pianta e traslocato per via sistemica sino alle radici ed agli organi sotterranei. Non ha attività residuale in quanto è degradato dai microrganismi presenti nell'ambiente.

L'efficacia può essere ridotta dalle precipitazioni cadute entro 6 ore dal trattamento, dal danneggiamento della vegetazione e da tutti i fattori che possono rendere difficoltosa la penetrazione o traslocazione del prodotto.

Attrezzature e volumi d'acqua. Utilizzare ugelli a specchio o a ventaglio antideriva o ad iniezione d'aria. Operare a pressioni comprese tra 1 e 4 atm, secondo le indicazioni dei costruttori delle attrezzature. Volumi d'acqua compresi tra 100 e 400 l/ha offrono i migliori risultati. L'impiego di attrezzature a gocciolamento, di tipo umettante e lambente, oppure munite di schermi protettivi, consente di applicare selettivamente il prodotto anche quando le infestanti sono prossime alla coltura. Al termine del trattamento lavare accuratamente le attrezzature.

CAMPI D'IMPIEGO

Culture che non evidenziano sensibilità se la deriva colpisce solamente il tronco ben lignificato. Agrumi. Pomacee: melo, pero (applicare il prodotto almeno 7 giorni prima della raccolta). Frutta a guscio: noce e nocciolo. Vite (applicare il prodotto almeno 28 giorni prima della raccolta). Olivo (olive da olio: nella preparazione delle piazzole, applicare il prodotto fino a 6 l/ha, almeno 7 giorni prima dell'inizio della raccolta).

Culture che possono evidenziare sensibilità se la deriva colpisce il tronco anche ben lignificato. Drupacee e mandorlo (applicare il prodotto almeno 7 giorni prima della raccolta). Actinidia. Vivai e semenzai di floreali, ornamentali, forestali e pioppo.

Culture per le quali va assolutamente evitato ogni contatto ed il diserbo è possibile solo con attrezzature selettive (umettanti, lambenti, a gocciolamento o schermate). Ortaggi: carota, pomodoro, melanzana, pisello, fagiolino, fava, carciofo. Patata. Mais (solo interfila; da non impiegarsi in pre-raccolta). Oleaginose: soia. Foraggiere: prati e erba medica. Barbabietola da zucchero. Rosa.

Culture ove il diserbo a pieno campo va effettuato prima della loro emergenza. Asparago (trattare prima dell'emergenza dei turioni). Cereali, mais, barbabetola da zucchero, patata, cipolla, lino, senape, legumi, bulbosa da fiore (trattare entro 3 giorni dalla semina).

Terreni agrari in assenza della coltura. Set-aside e stoppie. Prima o dopo la coltivazione di fragola, ortaggi, asparago, barbabetola da zucchero, cereali, soia, lino, senape, colza, girasole, cotone, prati, pascoli e vivai.

Trattare con le infestanti emerse prima della lavorazione, semina o trapianto (anche nelle tecniche di ridotta lavorazione e di semina senza aratura). Effettuare il trapianto o la semina non prima di 2 giorni dal trattamento. Trattare 6 giorni prima della semina o del trapianto nel caso di presenza di specie perenni. Per le colture orticole, nel caso di dosi superiori a 4 l/ha, effettuare il trattamento almeno sette giorni prima del trapianto. Dopo la coltivazione, intervenire sulle infestanti emerse in funzione delle specie presenti e dello stadio di sviluppo.

Aree non destinate alle colture agrarie. Aree rurali ed Industriali, Aree ed opere civili, sedi ferroviarie. Argini di canali, fossi e scoline in asciutta

DOSI D'IMPIEGO

Dosi suggerite per il controllo dei principali gruppi di infestanti:

Infestanti annuali entro i 20 cm di sviluppo (ad es. *Echinochloa* spp., *Digitaria sanguinalis*, *Setaria* spp., *Chenopodium* spp., *Amaranthus* spp., *Solanum* spp.): 1 - 4 l/ha.

Infestanti biennali (ad es. *Cirsium vulgare*, *Picris echioides*, *Malva* spp.): 4 - 6 l/ha.

Infestanti vivaci e perenni (ad es. *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense*, *Cirsium arvense*, *Oxalis* spp., *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Potentilla reptans*, *Rumex* spp.): 6 - 12 l/ha.

Le dosi variano in funzione sia della sensibilità dell'infestante, sia del tipo di attrezzatura impiegata (elevati volumi di acqua richiedono il dosaggio maggiore indicato). Nel caso di associazioni floristiche adottare le dosi efficaci per il controllo della specie meno sensibile. In presenza di infestazioni a macchia impiegare concentrazioni di 100-200 ml/10 litri di acqua sulle annuali/poliennali e di 300-500 ml/10 litri di acqua sulle perenni, limitando il trattamento alle aree interessate dalla vegetazione indesiderata. Nell'impiego di attrezzature selettive seguire attentamente le dosi e le modalità di impiego raccomandate dal produttore. Aggiungere solfato ammonico per ottenere un effetto essiccante veloce ed in presenza di acque dure.

Fitotossicità: il prodotto non è selettivo. Eventuali spruzzi sulle parti verdi delle piante o sulla corteccia non ben lignificata possono provocare danni. Le drupacee possono essere sensibili anche se il tronco è lignificato. Nei trattamenti primaverili, fino allo stadio di frutto-noce nelle pomacee e prima dell'ingrossamento degli acini nella vite, gli eventuali polloni, se colpiti dal trattamento, possono disseccare o essere comunque danneggiati. Fino a questo stadio non avviene traslocazione del prodotto nelle piante madri. Per le colture orticole, nel caso di dosi superiori a 4 l/ha, effettuare il trattamento almeno 7 giorni prima del trapianto. Nell'applicazione del prodotto in presenza di pacciamatura al suolo, orientare gli organi spruzzanti unicamente nelle piazzole di trapianto, avendo cura di bagnare il meno possibile il materiale plastico.

Attenzione: da impiegarsi esclusivamente per gli usi e alle condizioni riportate in questa etichetta. Chi impiega il prodotto è responsabile degli eventuali danni derivanti da uso improprio del preparato. Il rispetto di tutte le indicazioni contenute nella presente etichetta è condizione essenziale per assicurare l'efficacia del trattamento e per evitare danni alle piante, alle persone ed agli animali. Non applicare con mezzi aerei. Per evitare rischi per l'uomo e l'ambiente seguire le istruzioni per l'uso (art. 9, comma 3, D.Lvo n. 65/2003). Operare in assenza di vento. Da non vendersi sfuso. Il contenitore completamente svuotato non deve essere disperso nell'ambiente. Il contenitore non può essere riutilizzato. Non contaminare altre colture, alimenti, bevande e corsi d'acqua.

* **Attenzione:** Il presente contenitore è di proprietà della Monsanto Agricoltura Italia SpA, deve essere utilizzato con il previsto sistema di travaso e quando vuoto restituito per il riutilizzo. Per le taglie pari o superiori a 200 litri, lo stoccaggio da parte dell'utilizzatore del contenitore dovrà essere effettuato in zona dotata di bacino di contenimento di adeguato volume atto a raccogliere eventuali fuoriuscite accidentali del prodotto. In caso di fuoriuscita accidentale del prodotto assorbire con terra, sabbia, segatura o altro materiale assorbente e raccogliere entro recipienti per il successivo smaltimento come rifiuto speciale.

CONTENITORE DA RESTITUIRE AL PRODUTTORE PER IL RIUTILIZZO. NON DISPERDERE NELL'AMBIENTE.

© Roundup, marchio registrato Monsanto Technology LLC.

ROUNDUP® BIOFLOW

Erbicida sistemico ad azione totale per applicazioni in post-emergenza delle infestanti. Liquido solubile concentrato

COMPOSIZIONE:

Glifosate acido puro	30,80 g (360 g/l)
(sotto forma di sale isopropilamminico)	41,50 g (486 g/l)
Inerti e coadiuvanti	q. b. a 100 g

ATTENZIONE MANIPOLARE CON PRUDENZA

CONSIGLI DI PRUDENZA

(P234) Conservare soltanto nel contenitore originale.

INDICAZIONI SUPPLEMENTARI

(EUH401) Per evitare rischi per la salute umana e per l'ambiente, seguire le istruzioni per l'uso.

MONSANTO AGRICOLTURA ITALIA S.p.A.

Via Spadolini 5, 20141 Milano Tel. 02-847801

Autorizzazione Ministero della Salute n. 8382 del 7/8/1993

Stabilimento di produzione:

MONSANTO EUROPE N.V. – Anversa (Belgio)

Distribuito da:

Scotts France SAS - 21, Chemin de la Sauvegarde 69134 ECULLY Cedex
Tel.: +33 (0)4 72 86 67 00

Taglie: ml 100

Partita n°: vedere sulla confezione.

PRESCRIZIONI SUPPLEMENTARI: Non contaminare l'acqua con il prodotto o il suo contenitore. Utilizzare guanti adatti durante la preparazione, il caricamento e l'applicazione del prodotto con attrezzature manuali; per proteggere le piante non bersaglio al di fuori dell'area d'intervento, non trattare in una fascia di 5m da vegetazione naturale da tutelare o in alternativa utilizzare macchine irroratrici dotate di ugelli che riducono la deriva del 60%.

INFORMAZIONI PER IL MEDICO: in caso di intossicazione chiamare il medico per i consueti interventi di pronto soccorso. Consultare un centro antiveleni. CAV di Milano: Tel. 02-66101029 (24 h).

PRIMA DELL'USO LEGGERE IL FOGLIO ILLUSTRATIVO.

SMALTIRE LE CONFEZIONI SECONDO LE NORME VIGENTI.

IL CONTENITORE NON PUÓ ESSERE RIUTILIZZATO.

IL CONTENITORE COMPLETAMENTE SVUOTATO NON DEVE ESSERE DISPERSO NELL'AMBIENTE

RINGRAZIAMENTI

Eccomi giunta al termine di un lungo e impegnativo percorso che ha segnato gli ultimi anni della mia vita. Ho già nostalgia delle lezioni universitarie, delle aule di ingegneria, delle corse per prendere il treno e la circolare e perché no...anche delle giornate trascorse su libri e appunti, a ripetere e ripetere.

Questa tesi rappresenta per me il migliore epilogo che potessi dare a un percorso iniziato tre anni fa, quando decisi di tornare sui miei passi iscrivendomi a un nuovo corso di Laurea Magistrale, scegliendo di studiare materie che davvero mi appassionavano e stimolavano la mia curiosità.

Vorrei ringraziare il Dott. Ing. Luca Mantecchini perché la passione che trasmette a lezione è proprio uno dei motivi per cui noi studenti rimaniamo affascinati e incuriositi dal mondo aeroportuale e del traffico aereo. Grazie per avermi dato l'opportunità di svolgere la tesi presso l'Aeroporto G. Marconi di Bologna.

Grazie al Dott. Ing. Marco Maglionico e alla Dott. Ing. Sara Simona Cipolla per avermi seguita, aiutata e consigliata nella parte di studio idraulico e di analisi sperimentale.

Un grazie particolare e un abbraccio va al Dott. Ing. Tomaso Barilli, Responsabile Sostenibilità e Ambiente presso l'Aeroporto G. Marconi: caro Tommi, grazie per tutto quello che mi hai insegnato, per il tempo speso a spiegarmi e mostrarmi una piccola parte del tuo lavoro, per avermi coinvolta in moltissime attività.

Grazie all'Ing. Davide Serrau, Direttore Infrastrutture dell'Aeroporto Marconi, a Raffaella e a Francesca: insieme a Tomaso, mi avete accolta fin dal primo giorno come una di voi e avrò per sempre un bellissimo ricordo dei pranzi, delle chiacchierate e delle nuotate in piscina.

Ringrazio tutta la Direzione Infrastrutture e tutti coloro i quali hanno investito parte del loro tempo per aiutarmi con la stesura di questa tesi, fornendomi preziose informazioni: Massimo, Laura, Marco, Michele e Paolo.

Grazie a Silvia ed Enrico di Marconi Handling.

Un ringraziamento speciale a Lino per la disponibilità, l'entusiasmo e la professionalità che mostra nel suo lavoro.

Grazie a Domenico, Carmelo, Anna, Mirco, Leonardo e Davide.

Ringrazio mio fratello Alberto per aver sempre compreso e rispettato le mie necessità: ora il tavolo in cucina è tutto tuo, non troverai più i miei libri. In bocca al lupo a te, futuro ingegnere!

Ringrazio i miei nonni, capaci di placare qualsiasi principio di ansia pre-esame con un “Eh...Ma te non hai problemi!”.

Un abbraccio grandissimo alle mie amiche di sempre Martina, Valeria, Giulia e Valentina, vi voglio un bene dell’anima. Non vedo l’ora di condividere insieme a voi questa giornata di festa!

Grazie al miglior amico che si possa avere: Zacca, non sai che gioia finire insieme a te questo percorso. Passo dopo passo, esame dopo esame, ce l’abbiamo fatta. Mi mancheranno le nostre chiacchierate, le maratone di studio e le domeniche in Sammontana.

Grazie a Silvia e Stefania per le ore divertenti passate a lezione, per le pause pranzo in aula trasporti e per tutte le risate che ci siamo fatte.

Grazie a Giulia e Gianna: nonostante le nostre strade si siano divise da qualche anno, l’amicizia che ci unisce è forte e speciale.

Grazie alla compagnia di Spilla e agli amici di San Cesario.

Un ringraziamento a Luca, che ha condiviso insieme a me giornate di studio in biblioteca e pause merenda di dolce far niente.

Grazie alla Lau, a Pulvi, a Giu Giu e a Gianni per le nostre serate.

Ringrazio tutte le persone e gli amici che mi sono stati vicini in questi anni, citarvi tutti sarebbe impossibile, ma vi porto nel cuore.