

ALMA MATER STUDIORUM

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di laurea magistrale in Analisi e Gestione dell'Ambiente

**Valutazione delle prestazioni ambientali di un rivestimento
isolante termoacustico attraverso la metodologia LCA**

Relatrice

Prof.ssa Serena Righi

Presentata da

Marta Sodano

Correlatore

Prof. Luis Arroja

III sessione

Anno accademico 2013/2014

RINGRAZIAMENTI

La Professoressa Serena Righi, relatrice di questa tesi, per la grande disponibilità e cortesia dimostratemi e per l'aiuto fornito durante la stesura.

Le aziende Amorim Cork Composities S.A. e Vipeq Hispania S.A. per avermi fornito i dati necessari alla realizzazione di questo lavoro.

Il Professore Luis Arroja per avermi guidato ed indirizzato in questo settore.

La Dottoressa Vittoria Bandini per la sua gentilezza e supporto nella risoluzione dei problemi.

Il Professore Giuseppe Garzia per aver subito creduto in me e avermi instradato nel campo dell'LCA.

INDICE

INDICE DEGLI ACRONIMI	7
ABSTRACT	9
RIASSUNTO	11
RESUMO	13
INTRODUZIONE	15
CAPITOLO 1 - Il settore del sughero e l'ambiente.....	15
1.1 Storia del sughero	15
1.2 Descrizione alberi da sughero	16
1.3 Diffusione <i>Quercus Suber L.</i>	18
1.4 Caratteristiche e proprietà del sughero	21
1.5 Stato dell'arte degli studi nel settore.....	23
CAPITOLO 2 – L'azienda Amorim	25
2.1 Amorim Group.....	25
2.2 Caratteristiche prodotto Corkwall.....	27
CAPITOLO 3 – Normativa	28
3.1 PCR - Product Category Rules.....	28
3.2 Norma europea EN 15804: 2012.....	30
3.3 EPD - Environmental Product Declaration	30
MATERIALI E METODI.....	32
CAPITOLO 4 - Life Cycle Assessment	32
CAPITOLO 5 – Metodologia applicata allo studio	37
5.1 Definizione di obiettivo e scopo	37
5.2 Campo di applicazione dello studio.....	38
5.2.1 Unità funzionale e flusso di riferimento.....	38
5.2.2 Descrizione del sistema	38
5.2.3 Confini del sistema	40
5.2.4 Allocazione	40

5.3	Analisi di inventario	42
5.3.1	Dati di inventario gestione forestale	42
5.3.2	Dati di inventario Preparazione sughero	43
5.3.3	Dati di inventario produzione sughero	44
5.3.4	Dati di inventario produzione sughero granulato.....	45
5.3.5	Dati di inventario produzione Corkwall	46
5.3.6	Mix energetico del Portogallo.....	48
5.4	GaBi6.....	49
5.5	Categorie di impatto	50
5.6	Scenari e valutazione comparativa	53
CAPITOLO 6 – Processi.....		54
6.1	Gestione forestale.....	55
6.2	Preparazione del sughero	62
6.3	Produzione sughero	64
6.4	Produzione sughero granulato (ACC - Amorim Cork Composites S.A.)	65
6.3	Vipeq Hispania	71
7	RISULTATI E DISCUSSIONI	76
7.1	Risultati relativi alla fase “Gestione forestale”	76
7.2	Risultati della fase “Preparazione sughero”	79
7.3	Risultati della fase “Produzione sughero”	80
7.4	Risultati della fase “Produzione sughero granulato”	81
7.5	Risultati della fase “Produzione Corkwall”	83
7.6	Modello base	84
7.7	Scenario 1: Impatti produzione sughero granulato e produzione Corkwall.....	85
7.8	Scenario “Treno”: Sostituzione mezzi di trasporto nel piano produzione Corkwall.	87
7.9	Valutazione comparativa Corkwall - Corkpan.....	88
CONCLUSIONI		89
ALLEGATI.....		93

Allegato1: Dati composizione Corkwall forniti dalla Vipeq Hispania.	93
Allegato2: Classificazione della reazione al fuoco.....	94
INDICE DELLE FIGURE.....	94
INDICE DELLE TABELLE	96
BIBLIOGRAFIA.....	96
SITOGRAFIA.....	100

INDICE DEGLI ACRONIMI

ACC	Amorim Cork Composites S.A.
ADP	Abiotic Depletion Potential
ANAB	Associazione Nazionale Architettura Bioecologica
AP	Acidification Potential
BAT	Best Available Techniques
BRE	Building Research Establishment
CSP	Cork Supply Portugal S.a.
EP	Eutrophication Potential
EPD	Environmental Product Declaration
FSC	Forest Stewardship Council
GWP	Global Warming Potential
ICCSMP	Codice Internazionale di Cork Stopper Manufacturing Practice
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Inventory analysis
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
LCT	Life Cycle Thinking
ODP	Ozone Depletion Potential
PCR	Product Category Rules
POCP	Photochemical Ozone Creation Potential
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry

ABSTRACT

The purpose of the present study is the evaluation of the environmental impact deriving from the production of a material used in building industry, characterized by excellent thermal and acoustic quality. The peculiar product has the trade name CORKWALL and is sold by Amorim, a Portuguese company known leader in the cork sector. The Corkwall is composed of cork granules (that are from the waste of the factory of cork stoppers) and polymer resins. The result is an ideal emulsion to insulate buildings, to cover cracks in the walls or isolate dangerous materials such as asbestos. To establish the environmental profile of this product has been used LCA (Life Cycle Assessment) considered the impact of the entire production cycle and choosing the boundaries of the system such as "From cradle to gate": the acquisition of raw materials to the packaging of the finished product ready to be marketed. The purpose of this work was to collaborate in the realization of EPD (Environmental Product Declaration) of Corkwall following the rules imposed by PCR (Product Category Rules) for building products in order to obtain a certification by the English certifying BRE Global Group. It was analyzed the entire production cycle of Corkwall, thus assessing its potential environmental impacts and identifying hot spots and the most critical aspects of the system in order to better understand where to operate to improve environmental sustainability.

The results of this study show that the production stage of Corkwall brings the highest contributions to environmental impact in all seven categories of impact analyzed (Global Warming Potential, Ozone Layer Depletion, Acidification Potential, Eutrophication Potential, Photochemical Ozone Creation Potential, Abiotic depletion Potential elements, Abiotic depletion Potential fossil). This is mainly due to the production of the adhesive (acrylic polymer) and the bleaching (titanium dioxide). Substituting these chemicals with natural products, the production of which would result in minor impacts, it is seen that it has an unsatisfactory yield of the product worsening the quality and functionality.

The study involved the analysis of alternative scenarios. In a first scenery the potential environmental impacts are assessed that would have the Corkwall doing a "zero burden", considering the waste of manufacturing factory of cork stoppers as raw material whose extraction doesn't involve environmental impact, and the burden of

previous impacts of the production of Corkwall (forestry stage, transport, processing cork, etc.) are allocated to the cork stoppers production. In this scenery the environmental loads are reduced only 0.3% as the most important processes are always those of the production of Corkwall. It is therefore permissible for a simplification of the model, considering only the last stage of production Corkwall. After the acrylic polymer and titanium dioxid, the third source producer of potential environmental impacts can be attributed to transport. It is therefore conducted a second scenery where the means of transport by road have been replaced by the trains. In this way it was observed an improvement variable from 34% on eutrophication, since to 77% on the depletion of stratospheric ozone. Finally I did a comparative evaluation with another product of the Amorim company having similar thermal function to those of Corkwall. The production values of Corkwall were compared with those of the panel of agglomerated cork Corkpan using the functional unit of 1m^2 . The result of this comparisons showed that the Corkpan is more advantageous both because its production involves the impacts significantly smaller than those of the production of Corkwall, both as regards the final disposal, because unlike the Corkwall, it is recoverable and reusable, while the Corkwall adhering to the substrate is bound to an end of life in landfill for inert. The advantage of the Corkwall is that it can be used on the external walls and adhering to the substrate as filler of cracks and fissures bringing also an aesthetic improvement to the buildings.

RIASSUNTO

In questo studio si pone l'attenzione sul peso ambientale che ha la produzione di un materiale utilizzato in edilizia contraddistinto da ottime qualità termoacustiche. Il prodotto in questione ha il nome commerciale di Corkwall ed è venduto da Amorim, una nota azienda portoghese leader nel settore del sughero. Il Corkwall nasce dall'unione di sughero granulato, proveniente dagli scarti della fabbrica di tappi di sughero e resine polimeriche. Si ottiene così un'emulsione ideale per coibentare gli edifici, ricoprire le crepe e isolare materiali pericolosi come l'amianto. Per redigere il profilo ambientale di questo prodotto è stata utilizzata la metodologia LCA (Life Cycle Assessment) prendendo in considerazione gli impatti derivanti dall'intero ciclo produttivo e scegliendo i confini del sistema del tipo "From cradle to gate": dall'acquisizione delle materie prime fino al confezionamento del prodotto finito e pronto per essere commercializzato. Lo scopo di questo lavoro è stato quello di collaborare nella realizzazione dell'EPD (Environmental Product Declaration) del Corkwall seguendo le regole imposte dalle PCR (Product Category Rules) per i prodotti da costruzione in modo da ottenere una certificazione da parte dell'ente inglese certificante BRE Global Group. Mediante l'impiego del software GaBi6 è stato analizzato l'intero ciclo produttivo del Corkwall, valutando così i suoi potenziali impatti ambientali e individuando gli hot spot e gli aspetti più critici del sistema in modo da capire dove meglio intervenire per migliorare la sostenibilità ambientale.

I risultati di questo studio dimostrano che la fase di produzione del Corkwall apporta i maggiori contributi di impatto ambientale in tutte e sette le categorie di impatto analizzate (Global Warming Potential, Ozone Layer Depletion, Acidification Potential, Eutrophication Potential, Photochemical Ozone Creation Potential, Abiotic Depletion Potential element, Abiotic Depletion Potential fossil). Ciò è dovuto principalmente alla produzione dell'adesivo (polimero acrilico) e dello sbiancante (diossido di titanio). . L'utilizzo di resine naturali migliorerebbe le prestazioni ambientali ma peggiorerebbe la qualità e la funzionalità del prodotto.

Lo studio ha comportato anche l'analisi di scenari alternativi. In un primo scenario si sono valutati i potenziali impatti ambientali del Corkwall effettuando un'analisi "zero burden", ovvero considerando gli scarti della produzione dei tappi di sughero come una

materia prima, la cui estrazione non comporta impatti ambientali, ossia tutti gli impatti precedenti alla produzione del Corkwall (fase forestale, trasporto, lavorazione sughero, ecc.) sono allocati alla produzione dei tappi di sughero. In questo scenario i carichi ambientali si riducono solamente dello 0.3% in quanto i processi più influenti risultano sempre quelli della produzione del Corkwall. È quindi ammissibile una semplificazione del modello, valutando solamente l'ultima fase di produzione Corkwall.

Dopo il polimero acrilico e il diossido di titanio, la terza fonte di potenziali impatti ambientali è rappresentata dai trasporti. Si è quindi realizzato un secondo scenario dove i mezzi di trasporto in gomma sono stati sostituiti con i treni. In questo modo si è osservato un miglioramento variabile dal 34% sull'eutrofizzazione, fino al 77% sull'assottigliamento dello strato di ozono stratosferico.

Infine è stata realizzata una valutazione comparativa con un altro prodotto dell'azienda Amorim, avente funzione termica analoga a quelle del Corkwall. I valori di produzione del Corkwall sono stati comparati con quelli del pannello di sughero agglomerato Corkpan utilizzando l'unità funzionale di 1m^2 . I risultati della comparazione hanno mostrato che il Corkpan è più vantaggioso sia perché la sua produzione comporta degli impatti nettamente minori rispetto a quelli della produzione del Corkwall, sia per quanto riguarda lo smaltimento finale, perché esso è recuperabile e riutilizzabile, mentre il Corkwall aderendo al substrato è destinato ad un fine vita in discarica per inerti. Il vantaggio che offre il Corkwall è che può essere impiegato sulle facciate esterne ed aderendo al substrato funge da riempitivo di crepe e fessure, apportando anche un miglioramento estetico agli edifici.

RESUMO

Este estudo focaliza o impacto ambiental que a produção de um material usado na construção caracteriza-se por uma excelente qualidade térmico e acústico. O produto em questão tem o nome comercial de Corkwall e é vendido por Amorim, uma empresa Português líder no campo da cortiça. O Corkwall nascido a partir de grânulos de cortiça, que vem do lixo da fábrica de rolhas e resinas poliméricas. O resultado é uma emulsão ideal para isolar edifícios, cobrir fenda e isolar materiais nocivos, tais como o amianto. Para estabelecer o perfil ambiental deste produto foi utilizada a metodologia LCA (Life Cycle Assessment), tendo em conta o impacto de todo o ciclo de produção e escolher os limites do sistema, como "From cradle to gate": a aquisição de materiais em primeiro lugar para a embalagem do produto acabado e pronto para ser comercializado. O objetivo deste trabalho foi de colaborar na realização do EPD (Environmental Product Declaration) de Corkwall seguindo as regras impostas pela PCR (Product Category Rules) para produtos de construção, a fim de obter uma certificação pelo atestando Inglês BRE Global Group. Ao utilizar o software GaBi6 foi analisado todo o ciclo de produção do Corkwall, avaliando, assim, os seus potenciais impactos ambientais e identificar os pontos quentes e os aspectos mais críticos do sistema, a fim de compreender melhor onde a intervir para melhorar a sustentabilidade ambiental.

Os resultados deste estudo mostram que a fase de produção do Corkwall faz grandes contribuições para o impacto ambiental em todas as sete categorias de impacto analisadas (Global Warming Potential, Ozone Layer Depletion, Acidification Potential, Eutrophication Potential, Photochemical Ozone Creation Potential, Abiotic Depletion Potential element, Abiotic Depletion Potential fossil). Isto é devido, principalmente, à produção do adesivo (polímero acrílico) e o branqueamento (dióxido de titânio). Substituindo estes produtos químicos com produtos naturais, a produção do qual iria resultar em impactos menores, que tenha sido estabelecido que eles têm um rendimento do produto não é satisfatória piora a qualidade e funcionalidade.

O estudo envolveu a análise de cenários alternativos. Em um primeiro cenário são avaliados os potenciais impactos ambientais que teriam o Corkwall fazendo uma análise "Zero Burden", ou seja, com os resíduos da produção de rolhas de cortiça como matéria-prima cuja extração não envolve impactos ambientais, ou seja, todos os impactos antes

para a produção do Corkwall (silvicultura fase, transporte, processamento de cortiça, etc) são alocados para a produção de rolhas de cortiça. Neste cenário as cargas ambientais são reduzidas em apenas 0,3% uma vez que os processos são mais e mais influente do que a produção do Corkwall. Por isso, é admissível que uma simplificação do modelo, considerando-se apenas o último estágio de produção Corkwall.

Após o polímero acrílico e dióxido de titânio, a terceira fonte de potenciais impactos ambientais é representado por transporte. É, por conseguinte, realizado um segundo cenário no qual os meios de transporte em borracha foram substituídos com os comboios. Dessa forma, observou-se uma melhoria variável de 34% na eutrofização, até 77% sobre o esgotamento do ozono estratosférico.

Finalmente foi feita uma avaliação comparativa com outro produto da empresa Amorim tendo função térmica semelhantes aos do Corkwall. Os valores de produção do Corkwall foram comparados com os do painel de aglomerado de cortiça Corkpan utilizando a unidade funcional de 1m^2 . Os resultados da comparação mostrou que o Corkpan é mais vantajoso tanto porque sua produção envolve os impactos significativamente menores do que os da produção do Corkwall, tanto no que diz respeito à eliminação final, porque ao contrário do CORKwall é recuperável e reutilizável, enquanto o Corkwall aderindo ao substrato é ligado ao fim da vida em aterro para inertes. A vantagem do Corkwall é que ele pode ser usado sobre as paredes externas e aderindo ao substrato como enchimento de fendas e fissuras trazendo também uma melhoria estética para os edifícios.

INTRODUZIONE

CAPITOLO 1 - Il settore del sughero e l'ambiente

1.1 Storia del sughero

Con le sue formidabili qualità il sughero è stato scoperto presto ed è stato subito sfruttato per le comodità dell'uomo. Innumerevoli usi hanno accompagnato le attività umane nel corso dei secoli. Nel 3000 a.C., il sughero era già utilizzato nelle attrezzature da pesca in Cina, Egitto, Babilonia e Persia. Le tracce del sughero in Italia risalgono al IV secolo a.C., come dimostrano i manufatti rinvenuti usati come galleggianti nella pesca, tappi per botti, scarpe da donna e materiali di copertura. Sempre in questo periodo è uno dei primi riferimenti alla quercia da sughero da parte del filosofo greco Teofrasto, che, nei suoi trattati botanici, si meravigliava per la capacità che questo albero aveva nel rinnovare la sua corteccia dopo che veniva rimossa. (riferimento bibliografico²⁴)

Più tardi, nel I secolo d.C., il naturalista romano Plinio il Vecchio ha fatto ampio riferimento alle querce da sughero nella sua celebre Storia Naturale. Ha spiegato che in Grecia gli alberi da sughero erano adorati e considerati simboli di libertà e onore, ragion per cui solo i sacerdoti sono erano autorizzati a tagliarli. Nella stessa opera, possiamo leggere che le querce da sughero erano consacrate al dio dell'Olimpo, Giove, e le loro foglie e rami erano usate per incoronare atleti vittoriosi. Nella città di Pompei sono state rinvenute anfore di vino sigillate con tappi di sughero sotto la coltre di cenere vulcanica che le ha mantenute intatte per secoli dopo la tremenda eruzione del Vesuvio del 79 d.C.. (riferimento bibliografico²¹)

Le prime leggi agrarie che proteggono le foreste di sughero sono state emanate in Portogallo, orgoglioso di essere stato un pioniere nell'ambito legislativo per l'ambiente. Le prime leggi risalgono al XIII secolo, principalmente al 1209. Le navi portoghesi che solcavano gli oceani alla ricerca di nuovi mondi, venivano costruite anche con parti in legno di quercia da sughero per le parti che erano più esposte alle intemperie. I costruttori di navi di allora sostenevano che il "sôvaro", come veniva chiamato allora, fosse il miglior legno per alberi e pennoni perché eccezionalmente forte e non si decomponeva mai.

Nel XVIII secolo, in Francia, il monaco Dom Pierre Pérignon, ha cominciato ad utilizzare il sughero per sigillare bottiglie del suo famoso champagne Dom Pérignon. Una scelta che è continuata nel corso degli anni ed è ancora mantenuta.

Nel XIX secolo il Portogallo è stata la nazione che si è dedicata maggiormente alla coltivazione sistematica delle foreste da sughero, seguito dopo un secolo da Italia, Francia e Tunisia.

Solo nel 1900 sono stati ampliati gli usi del sughero, come ad esempio per realizzare le cinghie di trasmissione e la mescola per pneumatici, per la produzione di agglomerati per i pavimenti. Inoltre durante la Seconda Guerra Mondiale fu utilizzato in molti pezzi di equipaggiamento militare.

Nel nostro secolo, in cui le preoccupazioni ambientali sono divenute una costante, l'uso di un materiale ecologico, riciclabile e biodegradabile come il sughero è aumentato, in particolare negli ambiti innovativi come l'Eco-Design. Infatti sempre più spesso, le nuove generazioni di artisti cercano di creare oggetti di uso quotidiano come articoli per la tavola, la cucina, il tempo libero, mobili, ecc, da materiali che sono al cento per cento naturali in modo da contribuire alla sostenibilità ambientale.

1.2 Descrizione alberi da sughero

La quercia da sughero (*Quercus Suber L.*) è una specie endemica delle foreste della Regione occidentale del Mediterraneo. Si tratta di una specie sempreverde della famiglia delle Fagaceae, che può raggiungere i 20 metri di altezza e può vivere per 250-350 anni. Lo sfruttamento di questi alberi, per ottenere sughero, è possibile fino a circa 200 anni di età dell'albero. Può sopravvivere a diverse condizioni avverse, come: taglio, pascolo, prolungata siccità, incendi, ecc.



Figura 1. Quercus suber L. : portamento (A); ramo con foglie e infiorescenze maschili (B); fiori femminili (C); ghiande (D) – (riferimento bibliografico¹⁵)

Ha una caratteristica rara in tutto in mondo vegetale: un rivestimento esterno di isolamento costituito da corteccia di sughero fatta di tanti strati di cellule suberificate, di spessore fino a 20 cm. Questa corteccia è un prezioso materiale naturale per l'industria, perché può essere tolta dal tronco senza mettere in pericolo l'albero. Infatti, l'albero, è in grado di produrre nuovi strati di corteccia di sughero ogni anno. Normalmente la prima estrazione viene effettuata quando l'albero ha raggiunto i 20-30 anni di età e si ottiene quello che viene chiamato "sughero vergine", di bassa qualità. La seconda estrazione avviene nove anni dopo la prima estrazione e si ottiene un sughero di qualità migliore. La terza estrazione viene effettuata quando l'albero raggiunge 30-40 anni di età. Le successive estrazioni avvengono ogni 9 anni. La quercia da sughero può sopravvivere naturalmente fino a 250-350 anni, ma la corteccia viene estratta fino a quando non raggiunge i 200 anni, perché dopo questa età si ha una grande perdita di quantità e qualità del sughero. Di conseguenza ogni quercia da sughero fornisce una media di 16 estrazioni della corteccia. L'estrazione della materia prima avviene nei mesi tra maggio ed agosto, periodo in cui è possibile asportare la corteccia sugherosa senza provocare danni alla pianta.

Le superfici di coltivazione del sughero sono continuamente ampliate nel bacino del Mediterraneo proprio per sfruttare sempre più questa risorsa naturale. La coltivazione della quercia da sughero è vantaggiosa sotto l'aspetto ecologico, in quanto favorisce

l'esistenza della fauna e della flora locale, nonché la preservazione della biodiversità. Gli alberi da sughero svolgono altre funzioni ambientali, come la ritenuta idrica e la conservazione del suolo ed inoltre fungono come serbatoio di carbonio. Il sughero può quindi rappresentare un modello di sostenibilità tra l'attività umana e le risorse naturali.

Il Portogallo, a differenza dell'Italia, non ha leggi che regolamentano la scorfecciatura della quercia da sughero.

1.3 Diffusione *Quercus Suber L.*

Le foreste di sughero sono situate soprattutto lungo il bacino del Mediterraneo occidentale, con estensione sino alle coste atlantiche. Le foreste di sughero sono maggiormente dislocate nelle regioni di Portogallo e Spagna. Infatti nella penisola iberica c'è la più vasta estensione al mondo di foreste di alberi da sughero. (Figura 2)



Figura 2. Diffusione *Quercus Suber L.* lungo le coste del Mediterraneo.

(riferimento sitografico ¹⁾)

Al giorno d'oggi le applicazioni del sughero sono tantissime, da quelle artigianali a quelle tecnologiche ma il maggior uso del sughero resta la produzione di tappi per vini, spumanti, champagne.

Secondo l'associazione APCOR - Portuguese Cork Association, ad oggi le foreste di quercia da sughero ricoprono una superficie mondiale di 2.119.089 ettari. (riferimento bibliografico⁵)

L'analisi della loro distribuzione per paese, graficamente rappresentata in Figura 3, mostra che il Portogallo ha circa il 34% del totale mondiale, corrispondente ad una superficie di circa 715.000 ettari. Nel Portogallo il 22,5% della superficie forestale è destinata alle foreste di sughero.

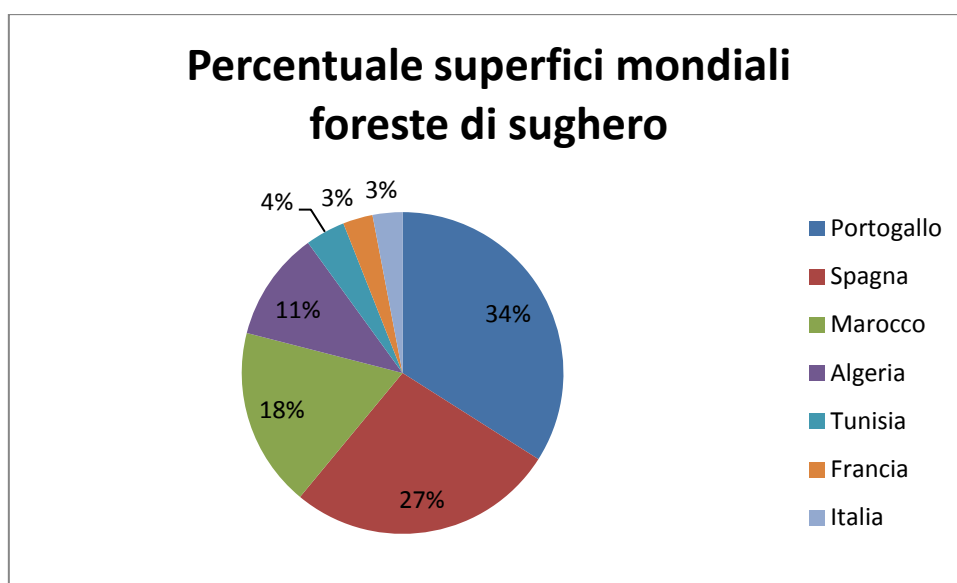


Figura 3. Principali detentori di foreste di quercia da sughero a livello mondiale. (riferimento sitografico ^b)

Paese	Area (ha) *
Portogallo	715,992
Spagna	574,248
Marocco	383,12
Algeria	230.000
Tunisia	85,771
Francia	65,228
Italia	64,8
Totale	2.119.089

Tabella 1. Estensione foreste da sughero in ettari.

* Fonte: Portogallo - AFN (2010); Espanha-MARM (2007); Italia - FAO (2005); França - IM Liegi (2005); Marrocos - HCEF Maroc (2011); Argélia - EFI (2009); Tunisia - Ben Jamaa (2011)

Le maggiori industrie per la lavorazione e la trasformazione del sughero si trovano fondamentalmente in Portogallo (nelle regioni dell'Alentejo e dell'Algarve) e nel nord della Sardegna (distretto industriale di Tempio Pausania, nel cuore della Gallura).

Il Portogallo resta il principale produttore mondiale di prodotti di sughero. Secondo i dati dell'Istituto portoghese di statistica, l'industria manifatturiera del sughero è distribuita tra dodici distretti, ma le più importanti sono Aveiro (Comune di Santa Maria da Feira) e Setúbal. (riferimento bibliografico⁵)

L'industria del sughero ha quasi 600 stabilimenti e 9000 lavoratori. Il principale prodotto dell'industria del sughero è il tappo per sigillare le bottiglie. Attualmente sono prodotti annualmente 3.500 milioni di tappi in tutto il Portogallo, che corrisponde al 70% della produzione mondiale. Il Portogallo è il più grande produttore internazionale ed esportatore internazionale di sughero, esportando attualmente più di 806.000.000 € all'anno in prodotti. Per questo motivo, l'industria del sughero è un elemento chiave del settore manifatturiero portoghese. Basti pensare che il 90% del sughero prodotto in Portogallo è per il mercato estero e solo il 10% per il mercato interno, tenendo conto che il 40% delle imprese portoghesi sono esportatori. In termini globali il 62% del commercio mondiale di sughero deriva dal sughero portoghese.

(riferimento bibliografico⁵)

1.4 Caratteristiche e proprietà del sughero

Il sughero è costituito da: 45% circa di suberina, 5% di cere, 30% di lignina, 10% di cellulosa e dal 6% di tannini. Si osserva la combinazione di buone proprietà termoisolanti con un'elevata capacità di accumulo del calore. Il sughero infatti, è in grado di accumulare una quantità di calore maggiore rispetto ad esempio al materiale isolante in fibre minerali. La suberina è dunque il componente maggiore del sughero, una miscela di acidi organici costituisce le pareti delle loro cellule, che impediscono così il passaggio dell'acqua e di gas. Inoltre, la suberina è praticamente insolubile nell'acqua, nell'alcol, nell'etere, nell'acido solforico concentrato, nell'acido cloridrico, etc., ed è composta da una struttura alveolare caratteristica. In un centimetro cubico di sughero si contano circa 40 milioni di cellule disposte in file perpendicolari al tronco di quercia-sughero. (riferimento bibliografico¹⁵) Ogni cellula ha la forma di un prisma minuscolo, pentagonale o esagonale, la cui altezza non supera i 40 a 50 micron (millesimi di millimetro). Tutte queste cellule sono riempite di un miscuglio di gas simile all'aria. Un pezzo di sughero contiene circa il 60% dei elementi gassosi, cosa che spiega la sua leggerezza straordinaria. È questo insieme di piccoli "cuscini" che dà al sughero una comprimibilità eccezionale. Di più, grazie all'impermeabilità della suberina, le pareti delle cellule sono ermetiche. Il gas resta prigioniero di queste cellule, cosa che da un lato garantisce la sua elasticità particolare e dall'altro spiega la sua cattiva conducibilità termica. (riferimento bibliografico¹⁵)

La composizione chimica del sughero secondario seccato all'aria è la seguente: acqua 8%; cellulosa greggia 22%; sostanze grasse e resinose 4,7%; sostanze non azotate 58%; sostanze azotate 6%; sostanze minerali 1,6%. (riferimento bibliografico¹⁵)

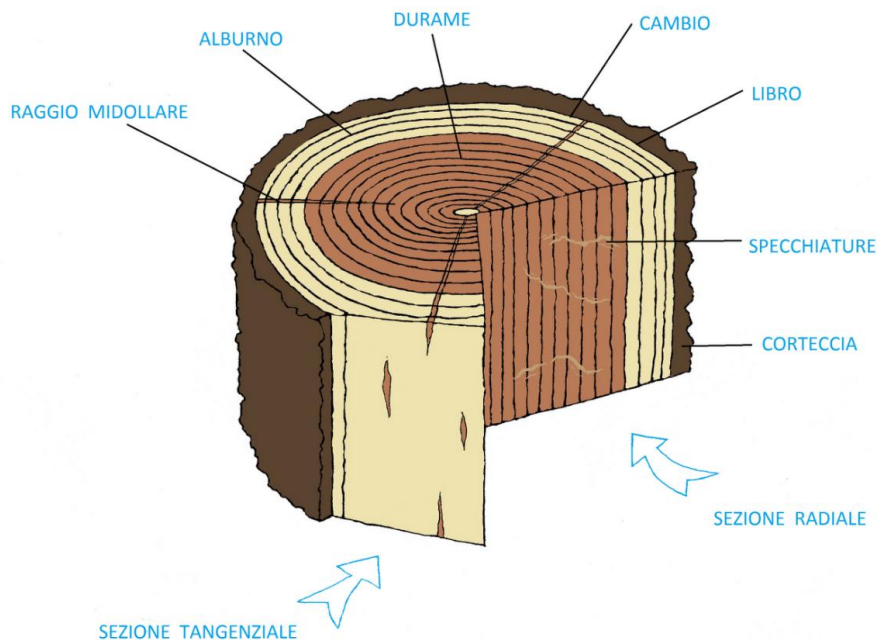


Figura 4. Sezione tronco quercia da sughero. (riferimento bibliografico²¹).

Esso è un materiale naturale e rinnovabile, impermeabile ai liquidi e ai gas, comprimibile, flessibile, ha una conduttività termica molto bassa, una capacità di assorbire energia e un'assente reattività chimica.

La sua peculiarità risiede proprio nel fatto che è stato appositamente creato dalla natura per proteggere il tronco della pianta da caldo, fuoco, freddo e gelo. Grazie alla sua particolare struttura cellulare, il sughero è leggero, elastico, comprimibile, resistente al fuoco, impermeabile ai liquidi, protegge gli ambienti dal caldo e dal freddo, in grado di assorbire le vibrazioni e durevole nel tempo. È inoltre rinnovabile, biodegradabile e riciclabile infinite volte.

Nessuna materia prima naturale eguaglia il sughero nella protezione della natura. La buona gestione contribuisce al mantenimento del fragile ecosistema. Ad esempio, le foreste di sughero resistono meglio agli incendi rispetto ad altre tipologie facili alla combustione come l'Eucalyptus, come sovente dimostrato in Portogallo durante le estati

calde. Scegliere il sughero è un passo che preserva allo stesso tempo l'ambiente e il patrimonio economico e culturale del bacino mediterraneo.

1.5 Stato dell'arte degli studi nel settore

Essendo il sughero una grande e redditizia risorsa per il Portogallo, la richiesta di studi, ricerche e brevetti in questo settore da parte soprattutto di aziende produttrici di tappi di sughero è considerevole. Gli argomenti soggetti di studi Life Cycle Assessment (LCA) spaziano dalla gestione delle sugherete alla valutazione della sostenibilità di innovativi prodotti in sughero. Questi studi sono condotti allo scopo di migliorare la produzione e di ottenere certificazioni riconosciute a livello europeo ed internazionale, le quali hanno il grande vantaggio di presentare i prodotti sotto un'ottica più "green" e ambientalmente sostenibile.

La coltura dei sughereti e l'estrazione di sughero sono attività perfette per incrementare la sostenibilità ambientale. Produrre sughero significa far crescere querce da sughero, le quali, oltre a produrre ossigeno attraverso la fotosintesi, fissano biossido di carbonio (CO₂) contribuendo così a mitigare l'impatto di questo gas serra sull'atmosfera. I 715992 ettari di foreste di sughero del Portogallo fissano annualmente 4653948 tonnellate di CO₂ eq. (6.5 t di CO₂/ha/anno) (riferimento bibliografico³⁵). Inoltre il sughero viene estirpato senza mettere in pericolo la vita dell'albero e senza danneggiare la biodiversità. Il sughero è un materiale naturale e rinnovabile capace di sostituire altri materiali non rinnovabili.

Nel campo delle chiusure di vini e spumanti, il sughero detiene il primo posto per qualità. Non c'è chiusura migliore che rispetti le proprietà del vino. Proprio per questa prestigiosa funzione le produzioni di tappi di sughero vengono analizzate e comparate con altre chiusure alternative. Da uno studio dell'università di Barcellona è risultato che per produrre un milione di tappi di sughero sono necessari 16892 kg di corteccia e vengono emessi 53886 kg di CO₂ eq. e che più della metà (57%-67%) degli impatti ambientali sono dovuti alla fase di fabbricazione del tappo, in particolare all'attività di incollaggio del disco in sughero alla base di esso. (riferimento bibliografico³⁴).

Un secondo importante prodotto è il sughero granulato. Le grandi quantità di rifiuti generati durante la produzione industriale di sughero e durante l'attività forestale costituiscono un sottoprodotto con un valore economico. Il sughero scartato viene triturato per costituire granulato di diverse dimensioni a seconda dell'uso che se ne farà.

Il sughero granulato viene tradizionalmente impiegato in edilizia per realizzare sottofondi isolanti di alta qualità, come riempitivo nelle intercapedini vuote delle pareti e come coibentante per l'isolamento dei tetti. Anche nel campo delle applicazioni innovative si effettuano numerose ricerche con protagonista il sughero. Ad esempio la NASA (National Aeronautics and Space Administration) ha condotto studi sul sughero e ad oggi lo utilizza negli shuttle spaziali con ottimi risultati.

Il gruppo Amorim negli ultimi anni si è impegnato a migliorare l'aspetto della sostenibilità ambientale dell'azienda certificando i suoi prodotti. Ne è un esempio la certificazione BRE Global ottenuta nel 2011 per tre pannelli di sughero usati come coibentanti acustici da riporre all'interno del pavimento. Questi tre prodotti (AcoustiCORK C31, AcoustiCORK C61, AcoustiCORK T61) differiscono tra loro per le dimensioni dei granuli di sughero di cui sono costituiti e per la tipologia dell'adesivo utilizzato per realizzarli. Dai risultati delle analisi LCA di questi tre pannelli, i più alti potenziali impatti ambientali ottenuti sono dovuti al largo uso dell'adesivo poliuretano e all'elettricità che incidono sul cambiamento climatico e sull'estrazione di acqua. (riferimento bibliografico¹).

Altro esempio vede protagonista l'azienda italiana Tecnosugheri (partner commerciale dell'azienda Amorim) che nel giugno 2014 ha ottenuto la certificazione per il pannello di sughero "Corkpan". Il profilo ambientale del pannello Corkpan è stato redatto da ICEA – Istituto per la Certificazione Etica ed Ambientale. (<http://www.icea.info/it/>). ICEA ha effettuato l'analisi ambientale attraverso la valutazione del ciclo di vita LCA, quantificando gli impatti ambientali di un pannello di sughero di 1m².

Il pannello Corkpan mostra degli ottimi valori ambientali che rispettano i requisiti fissati dall'ente certificatore europeo Natureplus e per questo è riconosciuto come prodotto per la Bio-edilizia cioè conforme alle prescrizioni dello "Standard dei materiali per la bioedilizia ANAB – Associazione Nazionale Architettura Bioecologica".

CAPITOLO 2 – L'azienda Amorim

2.1 Amorim Group

Amorim Cork Group è una delle più grandi multinazionali di origine portoghese, fondata nel 1870 da António Alves de Amorim. È tutt'oggi proprietà della famiglia Amorim, giunta alla 4° generazione. L'azienda ha sempre avuto una posizione di prestigio nel mercato internazionale dei tappi in sughero, che sono riconosciuti come prodotto di eccellenza per l'enologia, necessari per garantire l'alta qualità dei vini prodotti dalle migliori cantine. Il Gruppo Amorim detiene oggi una posizione di leadership nel settore del sughero a livello mondiale (Figura 5).



Figura 5. Presenza globale del gruppo Amorim nel mondo.

<http://www.amorimcorkitalia.com/azienda/amorim-portogallo>

Nell'industria Amorim più del 50% della lavorazione del sughero è dedicata alla produzione dei tappi, la restante metà è spartita tra: rivestimenti in sughero, composti agglomerati e pannelli per l'isolamento.

Tappi
59,85%



Rivestimenti
23,35%

Agglomerati
14,85%



Isolamenti
1,95%

Le foreste di sughero gestite da Amorim sono certificate FSC (Forest Stewardship Council), un'organizzazione internazionale non governativa che garantisce il prelievo del sughero proveniente da foreste correttamente gestite nel rispetto dell'ambiente.

Questa azienda ha alle sue dipendenze 3400 lavoratori, dei quali 2500 in Portogallo. Annualmente vendono 4 miliardi di tappi e 8500000 m² di rivestimenti.

(<http://amorimcorkitalia.com/azienda/amorim-portogallo>)

(<http://www.amorim.com/unidades-de-negocio>)

2.2 Caratteristiche prodotto Corkwall

Il Corkwall consiste in un'emulsione progettata per la finitura e il restauro di facciate esterne, pareti interne e tetti degli edifici. Possiede ottime proprietà ideali per coibentare gli edifici. Infatti esso garantisce un efficace isolamento termoacustico, evitando la dispersione di energia e nascondendo le fessure superficiali. È resistente al fuoco e appartiene alla classe M1 secondo la normativa francese NF P92-507 corrispondente alla classe europea B, cioè "infiammabile con molta difficoltà" (Tabella 18 Allegati). È un materiale largamente utilizzato anche per l'incapsulamento dei tetti con superfici in metallo o amianto, apportando un ulteriore isolamento termico ed acustico. L'uso di questo prodotto migliora significativamente le prestazioni termiche ed acustiche degli edifici, la sicurezza antincendio e la traspirabilità, per un ambiente interno più sano. Ha inoltre un gradevole impatto visivo e quindi svolge anche una funzione decorativa e viene ampiamente utilizzato per migliorare esteticamente le facciate degli edifici. È disponibile in 16 colori. È lavabile mediante spruzzo di acqua sotto pressione.

Il materiale di base del Corkwall è composto da cinque resine acriliche, sughero granulato e acqua (Tabella 2).

Materiale	Nome chimico	Effetti	Percentuale di peso
-----------	--------------	---------	---------------------

Sughero granulato	Particelle naturali di sughero	Isolante	10%
Crimea tiox	Diossido di titanio	Sbiancante	5%
Calcium carbonate	Carbonato di calcio	Riempitivo	4%
Exolit	Polifosfato di ammonio	Ritardante di fiamma	1%
Carboset	Polimero acrilico	Adesivo	54%
Celvol	Alcol polivinilico	Adesivo	1%
Acqua	Acqua	Solvente	25%

Tabella 2. Composizione Corkwall.

È un emulsione contenuta in fusti da 12 kg, da spruzzare tramite un macchinario sulle pareti o sulle terrazze. Risulta di facile e rapida applicazione e aderisce bene a qualsiasi tipo di superficie, dal metallo alla malta.

CAPITOLO 3 – Normativa

La realizzazione di ogni edificio comporta uno squilibrio sull'ambiente e proprio per questo motivo il settore edilizio si è preoccupato di risolvere alcuni aspetti come la riduzione dell'impatto ambientale dei materiali da costruzione, la tutela della salute dell'uomo e dello sfruttamento delle risorse, al fine di tutelare l'ambiente, ma anche di fare investimenti oculati, in linea con quello che ci chiede l'Unione Europea. In quest'ottica la scelta dei materiali da costruzione non è indifferente e ciascun materiale ha un proprio impatto sull'ambiente dovuto alle materie prime utilizzate e alle diverse fasi del processo produttivo. A tal proposito nel 2010 sono state redatte le norme europee per la valutazione della sostenibilità degli edifici e nel 2012 è stata stilata la norma europea EN 15804 che definisce le regole per le PCR (Product Category Rules) e l'EPD per i prodotti da costruzione.

3.1 PCR - Product Category Rules

Le PCR - Product Category Rules rappresentano le regole necessarie per rendere confrontabili gli studi LCA e le Environmental Product Declaration (EPD) riferite a

prodotti di una stessa categoria. Il documento contenente le PCR definisce le caratteristiche tecniche e funzionali che caratterizzano una stessa categoria di prodotti, relativamente alla quale sono stabilite le regole per lo sviluppo della LCA ed i riferimenti necessari alla redazione della EPD.



Nello specifico le PCR quadro:

- definiscono i parametri da dichiarare e le modalità con cui sono raccolti e comunicati;
- descrivono quali fasi del ciclo di vita sono considerate nella dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) e quali processi sono da includere;
- definiscono le regole per l'elaborazione degli scenari di valutazione;
- includono le regole per l'elaborazione dell'inventario e la valutazione di impatto nell'analisi del ciclo di vita, alla base della EPD, comprese le specifiche da applicare sulla qualità dei dati;
- includono, quando necessario, le regole per la comunicazione delle informazioni predefinite di carattere ambientale e sanitario, che non sono contenute nella valutazione del ciclo di vita di prodotto (LCA), di processo e di servizio;
- definiscono le condizioni per le quali i prodotti da costruzione possono essere confrontati sulla base delle informazioni fornite nella EPD.

Per quanto riguarda le EPD di servizi per le costruzioni, si applicano regole e requisiti identici a quelli dei prodotti.

3.2 Norma europea EN 15804: 2012

Per quanto concerne i prodotti da costruzione è stata redatta la EN 15804:2012, una norma europea che stabilisce gli standard per stilare una EPD nel settore edile.

Ad oggi la EN 15804: 2012 è aggiornata con la EN 15804: 2014.

La norma fornisce regole quadro per le categorie di prodotto (PCR), per l'elaborazione di dichiarazioni ambientali di terzo tipo (come le EPD) per ogni tipo di prodotto e servizio per le costruzioni. Il processo di standardizzazione definito nella EN 15804, è stato stabilito in accordo con EN ISO 14025 - "Dichiarazioni ambientali di Tipo III". Questa norma stabilisce i principi e specifica le procedure per lo sviluppo delle dichiarazioni ambientali di Tipo III e dei programmi corrispondenti. Tra le dichiarazioni ambientali di terzo tipo rientrano le EPD, redatte secondo gli standard e quindi confrontabili tra loro.

3.3 EPD - Environmental Product Declaration

La dichiarazione ambientale di prodotto è uno strumento di politica ambientale definito dalla norma ISO 14025 come un documento contenente informazioni precise, affidabili e comparabili sulle prestazioni ambientali di un prodotto o di un servizio. All'interno di una EPD le prestazioni ambientali dei prodotti e dei servizi vengono quantificate mediante opportune categorie di parametri calcolati attraverso la metodologia LCA in accordo con la norma ISO 14040. Quest'approccio richiede che i dati siano coerenti, riproducibili e paragonabili. La dichiarazione ambientale permette ai produttori di dimostrare la loro attenzione alle problematiche ambientali analizzando e descrivendo il proprio prodotto dal punto di vista degli impatti ambientali, e permette ai consumatori di avere dettagliate informazioni riguardo le caratteristiche ambientali del prodotto stesso. L'obiettivo principale delle dichiarazioni ambientali è di favorire, attraverso la comparabilità tra prodotti analoghi e la capacità di scelta dell'acquirente, un miglioramento costante dei prodotti da un punto di vista ambientale.

La EPD :

- è applicabile a tutti i prodotti o servizi, indipendentemente dal loro uso o posizionamento nella catena produttiva;
- consente confronti tra prodotti o servizi funzionalmente equivalenti;

- viene verificata e convalidata da un organismo indipendente che garantisce la credibilità e veridicità delle informazioni contenute nello studio LCA e nella dichiarazione.
- permette di realizzare un bilancio energetico e ambientale del prodotto/servizio applicando lo strumento LCA (Life Cycle Assessment - ISO 14040);
- consente di creare un sistema gestionale per il controllo delle prestazioni ambientali;

Vantaggi:

- la valutazione della qualità ambientale dei prodotti mediante identificazione e riduzione degli impatti ambientali connessi al sistema prodotto;
- la possibilità di ridurre costi di gestione e produzione;
- la valorizzazione dell'impiego di tecnologie e materiali eco-compatibili;
- la definizione di strategie aziendali anche in termini di progettazione di prodotti e/o processi alternativi e più sostenibili;
- la visibilità dell'etichetta sul prodotto, quale strumento credibile di comunicazione e marketing.

A livello europeo, le EPD per i prodotti da costruzione sono effettuate seguendo i requisiti di EN 15804. Lo scopo di un EPD nel settore delle costruzioni è quello di fornire le basi per valutare le prestazioni degli edifici, individuare i lavori e i materiali meno impattanti e più sostenibili.

MATERIALI E METODI

CAPITOLO 4 - Life Cycle Assessment

LCA - Life Cycle Assessment è una metodologia impiegata per valutare e quantificare gli impatti ambientali che ha un prodotto o un servizio, tenendo conto del suo intero ciclo di vita, ovvero delle diverse fasi del suo ciclo produttivo.

Questa metodologia utilizza un approccio LCT – Life Cycle Thinking, il quale, a differenza del tradizionale, ha il grande vantaggio di considerare l'intero ciclo di vita del prodotto.

Negli ultimi 10 anni l'LCT ha trovato un grande successo nel mondo scientifico e di conseguenza in quello produttivo. L'LCT è ad oggi alla base delle politiche ambientali europee e l'LCA è la metodologia più impiegata dell'LCT. In Italia gli standard di riferimento per la metodologia LCA sono: UNI EN ISO 14040 e UNI EN ISO 14044.

La prima definizione di LCA fu data dalla SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) nel 1993: “è un procedimento oggettivo di valutazione di carichi energetici ed ambientali relativi a un prodotto/processo/attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del prodotto/processo/attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso e lo smaltimento finale”.

La definizione proposta invece dallo standard UNI EN ISO 14040 nel 2006 è la seguente: “compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto”.

La metodologia LCA può assolvere quattro principali funzioni:

1. Serve per individuare gli hot spot e i punti dove è possibile intervenire per migliorare le prestazioni ambientali dei prodotti nei diversi stadi del loro ciclo di vita.

2. Funge da supporto per prendere decisioni non solo in ambito industriale ma anche nelle organizzazioni governative e non governative.
3. è di grande aiuto per scegliere indicatori rilevanti di prestazione ambientale insieme alle relative tecniche di misurazione.
4. Serve per il rilascio di etichette come EPD (Environmental Product Declaration) ed Ecolabel le quali si basano su studi di LCA.

All'interno dello standard UNI EN ISO 14040 troviamo la descrizione delle quattro fasi di cui si compone la procedura LCA, graficamente esposte in Figura 6.

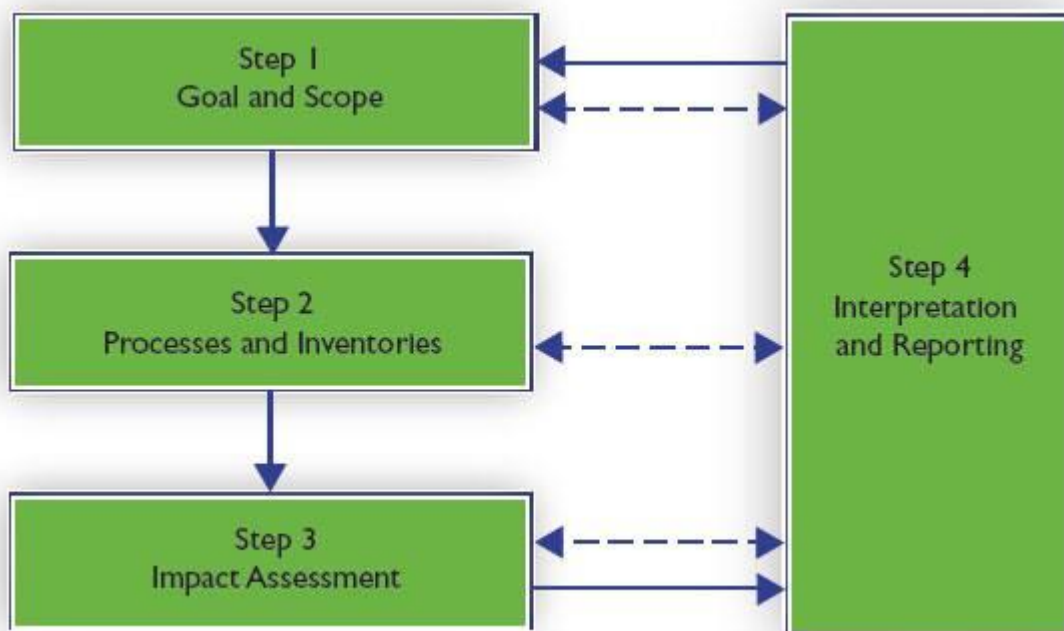


Figura 6. Le quattro fasi della metodologia LCA definite da EN ISO 14040- 2008.

Step 1. Definizione degli scopi e degli obiettivi: definisce le finalità e il campo di applicazione. All'interno del campo di applicazione vengono definite l'unità funzionale e il flusso di riferimento. L'unità funzionale viene definita come: prestazione quantificata di un sistema di prodotto da utilizzare come unità di riferimento in uno studio di valutazione del ciclo di vita.

L'unità di riferimento permette di paragonare differenti prodotti che sono in grado di eseguire la stessa funzione.

il flusso di riferimento è invece la quantità di prodotto necessaria a soddisfare la funzione scelta.

Questo primo step, inoltre, definisce e descrive il prodotto, processo o attività e identifica i confini del sistema del prodotto. I confini del sistema definiscono i processi che devono essere inclusi nel modello. Sono infatti costituiti da unità di processo connesse tra loro da flussi non elementari o intermedi. I confini di riferimento che di regola si considerano sono:

“From cradle to grave”: “dalla culla alla tomba”, dove si considerano tutte le fasi del ciclo di vita (dall'estrazione delle materie prime allo smaltimento finale)

“From cradle to gate”: “dalla culla al cancello”, dall'estrazione delle materie prime fino al processo produttivo.

“From gate to gate”: “dal cancello al cancello”, dove si considera solo il processo produttivo escludendo dall'analisi sia le fasi precedenti (estrazione, produzione e lavorazione delle materie prime) che quelle finali (distribuzione, uso e smaltimento).

Step 2. Analisi di inventario: è la fase in cui vengono raccolti i dati, ovvero i flussi in entrata ed in uscita. Si identificano e quantificano l'energia, il consumo di acqua e materiali, così come le emissioni ambientali (emissioni in aria, deposito di rifiuti, scarichi di effluenti, ecc). I dati migliori per effettuare l'analisi sono i dati primari, cioè quelli raccolti direttamente in azienda durante i processi. Per effettuare un'analisi completa è necessario avvalersi anche di dati secondari, cioè di dati forniti da database che è possibile trovare all'interno di software dedicati.

Spesso vengono utilizzati anche dati terziari, ovvero dati provenienti da enciclopedie, manuali tecnici o articoli scientifici. Si prediligono comunque di dati primari perché più attendibili e sicuri.

Nell'analisi di inventario rientrano delle regole di esclusione definite dalla UNI EN ISO 14040, che danno la possibilità di omettere flussi che rispondono a determinate caratteristiche. Queste regole vengono dette di regole di cut-off o criteri di cut-off e vengono applicate in modo da poter gestire inventari più semplici.

Generalmente vengono inclusi nello studio gli input che cumulativamente contribuiscono al raggiungimento di una certa percentuale della massa o dell'energia totale (almeno 95-98%) in input al sistema-prodotto modellato.

Può accadere che input ed output, pur essendo percentualmente trascurabili rispetto ai flussi totali, vengono inclusi nello studio perché ritenuti di particolare rilevanza ambientale.

Nella fase di inventario è compresa anche la procedura di allocazione, ovvero la ripartizione nel sistema-prodotto dei flussi in entrata e in uscita di unità di processo. Spesso in un sistema produttivo si possono avere in output più prodotti e sottoprodotti. È quindi necessario ripartire i flussi in input in base alla massa o al valore economico dei prodotti e sottoprodotti ottenuti.

Lo standard UNI EN ISO 14040 fornisce dei criteri da applicare quando nel sistema è presente un problema di allocazione. La normativa suggerisce dapprima di evitare di effettuare un'allocazione cercando se è possibile di espandere i confini del sistema. Se non è possibile ampliare il sistema si procede con un'allocazione su base fisica (massa o energia). Laddove non sia possibile o non sia corretto applicare l'allocazione su base fisica, si utilizza il valore economico.

Step 3. Analisi degli impatti: valuta i potenziali effetti sulla salute umana e sugli ecosistemi dell'uso delle risorse energetiche, idriche e delle materie prime, e le emissioni ambientali identificate nell'analisi di inventario. Di conseguenza sono ottenute chiare informazioni circa l'influenza che ha il prodotto e i suoi processi del ciclo di vita sugli impatti ambientali. Questa fase prevede quattro passaggi al fine di ottenere un indicatore aggregato di impatto ambientale. Questi passaggi sono chiamati classificazione, caratterizzazione, normalizzazione e ponderazione.

Classificazione: permette di attribuire a un determinato flusso un certo impatto potenziale.

Caratterizzazione: attraverso la caratterizzazione tutti i flussi che impattano sulla stessa categoria vengono quantificati rispetto a un flusso di riferimento. Ciò permette di esprimere un impatto potenziale attraverso un indicatore di riferimento in modo tale da ridurre il numero di indicatori da analizzare.

Quando applichiamo questa fase di impact assessment scegliamo un determinato metodo, definendo così le categorie di impatto che si vogliono analizzare e i fattori di caratterizzazione che si vogliono applicare. I metodi si possono distinguere in due grandi categorie: metodi midpoint e metodi endpoint. I primi sono metodi che sostanzialmente definiscono le pressioni e le categorie di impatto per questi metodi sono misurate secondo unità di sostanza equivalente. I metodi endpoint si focalizzano sull'impatto e cercano di trasformare le pressioni in effetti sull'ambiente. Le categorie di impatto per i metodi endpoint sono espresse mediante indicatori aggregati, raggruppati in tre categorie:

1 Salute umana

2 Utilizzo delle risorse

3 Qualità dell'ecosistema

Le altre due fasi che seguono sono normalizzazione e ponderazione e a differenza delle precedenti non sono obbligatorie in quanto non esiste ancora a livello scientifico un accordo su come effettuarle.

La normalizzazione permette di rendere adimensionale ogni punteggio relativo ad ogni categoria di impatto. Serve a rendere più comprensibile il risultato.

Il valore normalizzato si ottiene facendo il rapporto tra gli impact score sulla categoria *i*-esima e il valore di riferimento sulla categoria *i*-esima.

Con la ponderazione si attribuisce un peso ad ogni categoria di impatto.

Step 4. Interpretazione: valutare i risultati delle analisi dell'inventario e la valutazione degli impatti. Analizza i risultati, delinea le conclusioni, individua limiti e fornisce raccomandazioni basate sui risultati delle precedenti fasi di LCA. Questa fase ha lo scopo di trasmettere i risultati della valutazione impatto ambientale di un modo chiaro e trasparente, in accordo con lo scopo e l'ambito dello studio. Questa fase comprende anche un'analisi di sensitività, che mira a calcolare gli effetti delle scelte fatte, dei metodi e dei dati, sulla base dei risultati calcolati dall'impatto ambientale.

È possibile inoltre affiancare all'analisi del sistema un'analisi di incertezza, in modo da dare maggiore trasparenza ai risultati e individuare la fase dello studio da migliorare.

Sostanzialmente le incertezze sono apportate al sistema da numerose considerazioni. Si hanno:

- incertezze di parametro dovute all'utilizzo di dati che sono sempre affetti da incertezza;
- incertezze legate ai modelli applicati all'analisi;
- incertezze legate ad uno scenario nel caso in cui si facciano delle ipotesi.

(riferimento bibliografico¹¹)

CAPITOLO 5 – Metodologia applicata allo studio

Per eseguire l'analisi ambientale della produzione del prodotto da costruzione Corkwall è stata scelta la metodologia LCA, ad oggi ampiamente applicata in queste tipologie di analisi perché essa ha il grande vantaggio di valutare tutti gli impatti ambientali globali associati al prodotto, processo o attività, considerando e valutando il consumo di risorse ed emissioni coinvolte.

Lo studio si basa sulla normativa EN 15804:2012 (ad oggi sostituita con la EN 15804:2014), relativa ai materiali da costruzione, la quale definisce le PCR (Product Category Rules) da seguire.

L'azienda Amorim ha scelto il gruppo inglese BRE Global come ente certificante per ottenere una certificazione del prodotto Corkwall.

5.1 Definizione di obiettivo e scopo

Lo scopo di questa tesi è di collaborare alla realizzazione della EPD del prodotto Corkwall utilizzando la metodologia LCA. Nella realizzazione della EPD si sono tenuti in considerazione i confini del sistema del tipo "From gate to gate", dal cancello della fabbrica di tappi al cancello dell'ACC. In questo studio si sono valutati anche gli impatti delle fasi precedenti all'industria di tappi di sughero. È quindi stato effettuato uno studio base di valutazione degli impatti ambientali del tipo "From cradle to gate",

dall'estrazione del sughero nella foresta fino al cancello dell'ACC. Escludendo le fasi di gestione forestale, preparazione e produzione sughero è stato realizzato uno ScENARIO 1. Un secondo scenario (Scenario "treno") è stato realizzato sostituendo i mezzi di trasporto su gomma utilizzati nell'attività di trasporto di sughero, resine e Corkwall, con mezzi più sostenibili come i treni.

Infine, viste le buone qualità termoacustiche del Corkwall, esso è stato comparato con un pannello di sughero agglomerato in modo da individuare vantaggi e svantaggi di entrambi.

5.2 Campo di applicazione dello studio

5.2.1 Unità funzionale e flusso di riferimento

Secondo le direttive specifiche delle PRC per la realizzazione di EPD dei prodotti da costruzione, l'unità funzionale per questi è 1m^2 di superficie. (riferimento bibliografico¹³)

La superficie dove applicare il prodotto Corkwall deve essere coperta da due strati in modo da ottenere la copertura adeguata del prodotto sulla parete. Una volta applicato alla superficie, il Corkwall avrà uno spessore irrisorio di 0,003 m. L'unità funzionale stabilita nello studio è dunque 1m^2 di superficie coperta da due strati di Corkwall.

Il flusso di riferimento corrisponde a 1,8 kg di prodotto necessario a ricoprire con due strati 1m^2 di superficie.

5.2.2 Descrizione del sistema

Di seguito è riportato il diagramma di flusso dettagliato con le operazioni che concorrono a formare il sistema totale, flussi di input e di output. (Figura 7).

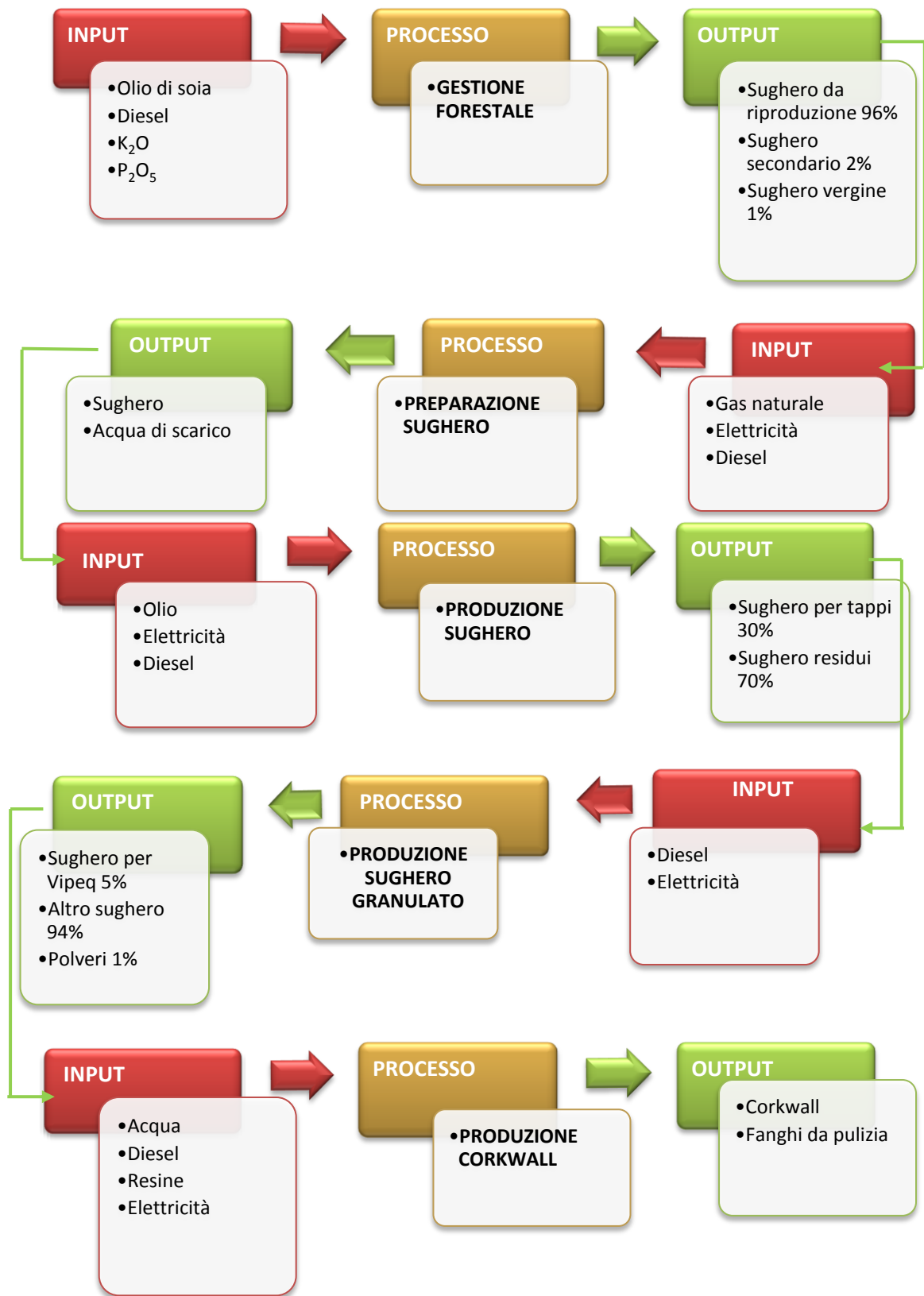


Figura 7. Schema generale del sistema studiato raffigurante processi e flussi.

5.2.3 Confini del sistema

I confini considerati in questo studio sono del tipo “from cradle to gate”, precisamente dall'estrazione del sughero grezzo dagli alberi da sughero al “cancello” dell'industria Amorim Cork Composites quando il Corkwall lascia la fabbrica per essere venduto ed esportato in tutto il mondo.



Figura 8. Rappresentazione schematica dei confini di sistema del tipo “From cradle to gate”.

È importante inoltre definire bene il periodo di riferimento (temporal boundaries) perché esso può essere un vincolo nella scelta dei confini dell'analisi.

In questo studio vengono presi in considerazione 12 mesi ed esattamente l'intero anno 2013, dal 1 gennaio 2013 al 31 dicembre 2013.

5.2.4 Allocazione

Il processo di produzione include la presenza di due sottoprodotti riutilizzati e aventi valore economico. Si è quindi presentato un problema di allocazione. I carichi energetici e ambientali sono stati ripartiti sui diversi flussi in uscita applicando un'allocazione in massa, tramite coefficienti di allocazione λ . In questo studio è stato necessario mettere in atto tre allocazioni. La prima ripartizione degli input è stata fatta per i tre diversi tipi di sughero che si ottengono in uscita del processo di gestione forestale: sughero vergine; sughero secondario; sughero da riproduzione. Il sughero vergine e il secondario non sono sugheri validi per la produzione dei tappi e vengono utilizzati in settori di abbigliamento o design. Per la produzione di tappi viene utilizzato solo il sughero da riproduzione, cioè quello che deriva dalla terza estrazione in poi. È stata fatta quindi un'allocazione degli input per le tre diverse tipologie di sughero in uscita dal piano di gestione forestale così ripartita:

0,838% Sughero vergine

2,39% Sughero secondario

96,8% Sughero da riproduzione

La seconda allocazione è stata attuata per il piano di produzione sughero, dove si hanno due prodotti in uscita: i tappi di sughero e le lastre perforate. Sono quest'ultime a costituire la materia prima del Corkwall e rappresentano il 70% dei prodotti in output. In questa fase sarebbe stato più opportuno applicare un'allocazione su base economica, ma non disponendo di un valore economico delle lastre di sughero perforate e sapendo che alla fine il sughero utilizzato per realizzare il Corkwall sarà solo lo 0,3% di questo 70%, si è ritenuto possibile fare un'allocazione su base fisica. In una futura analisi LCA più dettagliata, sarà auspicabile utilizzare l'allocazione economica.

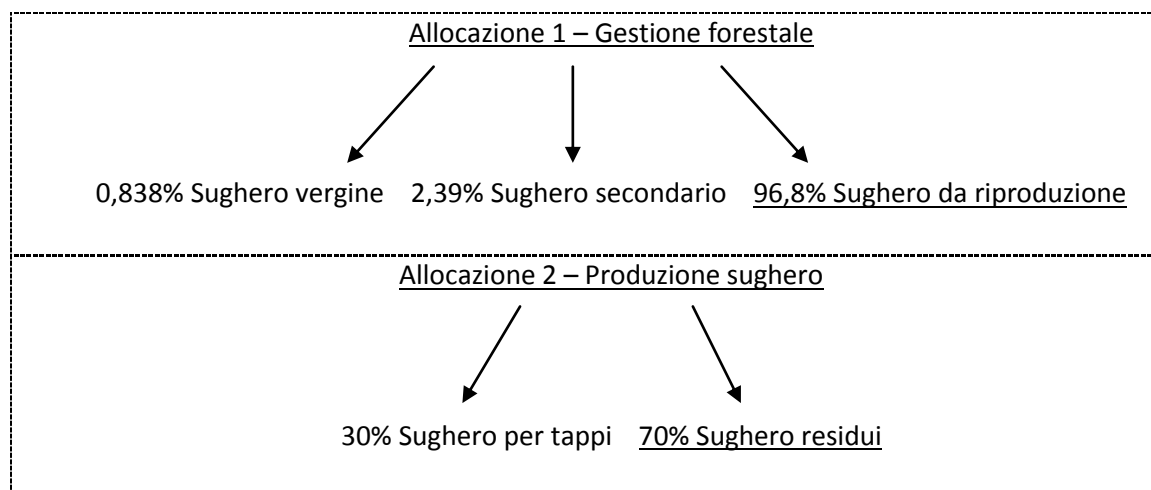
L'ultima allocazione si presenta nel piano di produzione sughero granulato in cui si hanno tre prodotti in output:

0,385% Sughero per realizzare il Corkwall

35,1% Altro sughero

64,5% Polveri

Il mio prodotto è il sughero che verrà trasportato all'industria Vipeq Hispania per realizzare il Corkwall. Le polveri costituiscono un sottoprodotto con valore economico, in quanto verranno bruciate per recuperare energia. Con il 94% dell'altro sughero verranno realizzati altri prodotti come pannelli in sughero agglomerato, oggetti, rivestimenti, ecc.



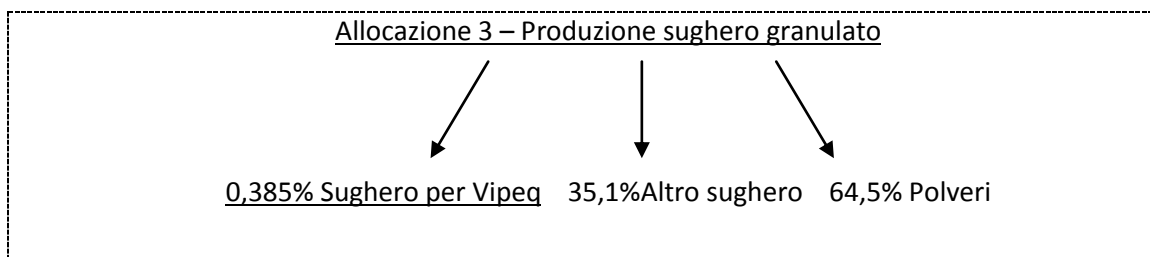


Tabella 3. Allocazioni effettuate nello studio. Evidenziati in grigio i prodotti principali della produzione Corkwall.

5.3 Analisi di inventario

Informazioni e dati sono stati raccolti in cinque diverse luoghi:

- Foresta Alentejo (Portogallo)
- Sito di stabilizzazione del sughero a Montijo (Portogallo)
- Industria tappi di sughero a Sao Paio de Oleiros (Portogallo)
- Industria produzione sughero granulato “Amorim Cork Composites” (Portogallo)
- Industria produzione Corkwall “Vipeq Hispania” (Spagna)

I dati acquisiti sono stati inseriti all’interno del modello realizzato in GaBi 6 ed stato adoperato il metodo CML 2001/Apr 2013. I processi e i flussi utilizzati derivano dal database Ecoinvent.

5.3.1 Dati di inventario gestione forestale

Input / Output	Flow / Process in GaBi	Quantity	Unit	Source
Input:				
Aratura	Tillage, harrowing, by disc harrow <u-so>	1	ha	Bibliografia ⁷
Piantagione	Tillage, harrowing, Planting operation <u-so>	1	ha	Bibliografia ⁷
Pulitura campo	Tillage, cleaning, by disc harrow <u-so>	56	ha	Bibliografia ⁷

Taglio	Power sawing, without catalytic converter <u-so>	687	hr	Bibliografia ⁷
Fertilizzante K ₂ O	Potassium chloride, as K ₂ O, at regional storehouse	1.8	kg	Bibliografia ⁷
Fertilizzante P ₂ O ₅	Single superphosphate, as P ₂ O ₅ , at regional storehouse	8.1	kg	Bibliografia ⁷
Trasporto trattori	Transport, tractor and trailer	279	tkm	Bibliografia ⁷

Output:

Sughero vergine	Virgin cork	0.324	kg	Bibliografia ⁷
Sughero secondario	Second cork	0.926	kg	Bibliografia ⁷
Sughero di riproduzione	Reproduction cork	37.42	kg	Bibliografia ⁷

5.3.2 Dati di inventario Preparazione sughero.

Input / Output	Flow / Process in GaBi	Quantity	Unit	Source
Input:				
Materia prima	Raw cork	37420	kg	Bibliografia ⁷
Elettricità	PT: electricity, medium voltage, production PT,	1.0321	kWh	Bibliografia ⁷

----- at grid [production mix]				
Gas naturale	RER: heat, natural gas, at boiler condensing modulating >100 kw [heating system]	35.95	MJ	Bibliografia ⁷

Trasporto materia prima	RER: transport, lorry>32 t, EURO5 [Street]	279	tkm	Bibliografia ⁷

Output:				
Plance di sughero	Cork planks	26194	kg	Bibliografia ⁷

Rifiuti	Liquid waste	11226	kg	Bibliografia ⁷

5.3.3 Dati di inventario produzione sughero

Input / Output	Flow / Process in GaBi	Quantity	Unit	Source
Input:				
Materia prima	Raw cork	26194	kg	Bibliografia ⁷

Elettricità	PT: electricity, medium voltage, production PT, at grid [production mix]	3.26052	MJ	Bibliografia ⁷

Olio lubrificante	RER: Lubrificant oil, at plant [operating material]	0.0496	kg	Bibliografia ⁷

Trasporto materia	RER: transport,	8.68	tkm	Bibliografia ⁷

prima	lorry>32 t, EURO5
-------	-------------------

Output:

Tappi di sughero	Cork at production	7858.2	kg	Bibliografia ⁷
Scarti	Cork residues	18335.8	kg	Bibliografia ⁷

5.3.4 Dati di inventario produzione sughero granulato

Input / Output	Flow / Process in GaBi	Quantity	Unit	Source
----------------	------------------------	----------	------	--------

Input:

Materia prima	Wasted cork	9121958.86	kg	ACC
Elettricità	PT: electricity, medium voltage, production PT, at grid [production mix]	1958400	MJ	ACC
Carburante	EU-27: Diesel mix refinery PE	3365	kg	ACC
Trasporto materia prima	RER: transport, lorry 3.5-7.5 t, EURO5 [Street]	27365	tkm	ACC

Output:

Sughero granulato	Cork granulate	3201807,56	kg	ACC
Polveri	Powder	5883663,46	kg	ACC
Sughero per Corkwall	Cork per Vipeq	35119,5416	kg	ACC

5.3.5 Dati di inventario produzione Corkwall

Input / Output	Flow / Process in GaBi	Quantity	Unit	Source
Input:				
Materia prima	Cork	213316	kg	Vipeq Hispania S.L.
Elettricità	PT: electricity, medium voltage, production PT, at grid [production mix]	3643.2	MJ	Vipeq Hispania S.L.
Water	RER: tap water, at user	5332900	kg	Vipeq Hispania S.L.
Trasporto resine e sughero	CH: transport, lorry >28 t, fleet average	229589.6961	tkm	Vipeq Hispania S.L.
Trasporto Corkwall ritorno ad ACC	RER: transport, lorry>16 t, fleet average	74148.6	tkm	Vipeq Hispania S.L.
Sbiancante diossido di titanio	RER: titanium dioxide, production mix, at plant	10650	kg	Vipeq Hispania S.L.
Riempitivo: Carbonato di calcio	DE: limestone flour (CaCO ₃); dried) PE	8532.64	kg	Vipeq Hispania S.L.
Adesivo: Alcol polivinico	RER: vinyl acetate at plant	2771.81	kg	Vipeq Hispania S.L.
	RER: ethanol from ethylene, at plant	1559,14	kg	
Ritardante di fiamma: Polifosfato di	RER: phosphoric acid industrial grade, 85% in H ₂ O, at plant	2158.55	Kg	Vipeq Hispania S.L. Vipeq Hispania S.L.

ammonio	RER: ammonia liquid, at regional storehouse	380.92	kg	
---------	--	--------	----	--

Adesivo: Polimero acrilico	RER: acrylic binder, 34% in H2O, at plant	115190	kg	Vipeq Hispania S.L.
-------------------------------	--	--------	----	---------------------

Imballaggio Corkwall	Polyethylene low density compound (LDPE/PE-LD)	107	kg	Vipeq Hispania S.L.
-------------------------	--	-----	----	---------------------

	Polypropylene film (PP)	175.002	kg	Vipeq Hispania S.L.
--	----------------------------	---------	----	---------------------

Output:

Corkwall	Corkwall	213316	kg	Vipeq Hispania S.L.
----------	----------	--------	----	---------------------

Fanghi di pulitura	Liquid waste	28800	kg	Vipeq Hispania S.L.
--------------------	--------------	-------	----	---------------------

5.3.6 Mix energetico del Portogallo

Il mix energetico è l'insieme di fonti energetiche primarie che vengono utilizzate per la produzione di energia elettrica. La produzione di energia elettrica del Portogallo proviene in gran parte dall'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili: petrolio, gas naturale, carbone (76,8%). Solo il 23,2% dell'energia consumata nel Portogallo proviene da fonti rinnovabili: idroelettrico, biomasse e altre piccole fonti rinnovabili. Nel mix energetico del Portogallo, le rinnovabili sono dunque la terza fonte di energia, dopo petrolio e gas. La situazione energetica del Portogallo non si discosta molto da quella dell'Italia dove le rinnovabili sono la quarta fonte dopo gas (39,9%), petrolio (39%) e carbone (8,2%).

Il Portogallo ha un ambizioso programma di investimenti nel settore delle energie rinnovabili, soprattutto nell'idroelettrico, nell'eolico e nello sfruttamento delle onde marine, ed è divenuto per questo uno degli attori europei più all'avanguardia in questo settore. Ha infatti sviluppato un sistema di incentivi fiscali che rende vantaggioso adottare impianti di energia rinnovabile. In particolare, il Portogallo ha sviluppato l'energia idroelettrica, l'eolica, cresciuta di sette volte in cinque anni, e la tecnologia fotovoltaica. Lisbona punta a produrre, entro il 2020, il 60% dell'elettricità da fonti rinnovabili.

(riferimento bibliografico³⁹)

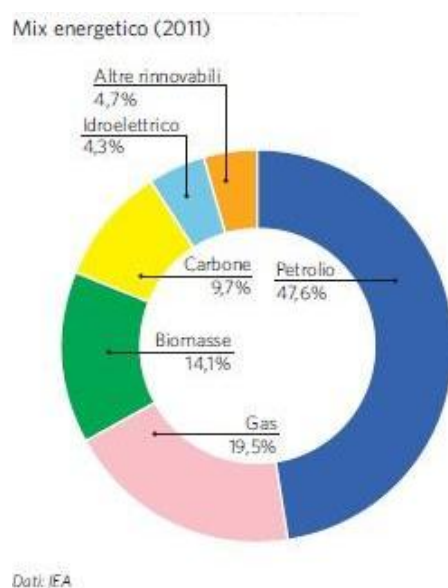


Figura 9. Percentuali fonti energetiche Portogallo 2011.

5.4 GaBi6

GaBi è un software di supporto per la valutazione della sostenibilità dei prodotti, creato da PE International 20 anni fa (riferimento sitografico⁰) e ad oggi ha raggiunto la sesta versione.

La parola GaBi deriva da due parole tedesche: “Ganzheitliche” (=Olistico) e “Bilanzierung” (=Contabilità). Quindi il termine “GaBi” esprime il concetto per cui mediante esso è possibile ottenere un bilancio considerando la totalità, ovvero tenendo conto delle interazioni tra le varie parti.

GaBi software permette di creare un modello semplice, chiaro e flessibile utilizzando 3 concetti:

- Piani
- Processi
- Flussi

Come mostra la Figura 10, un macro piano rappresenta il sistema analizzato, dove porre i processi che rappresentano le azioni. I processi sono collegati tra loro tramite flussi di materia e di energia che si muovono nel sistema.

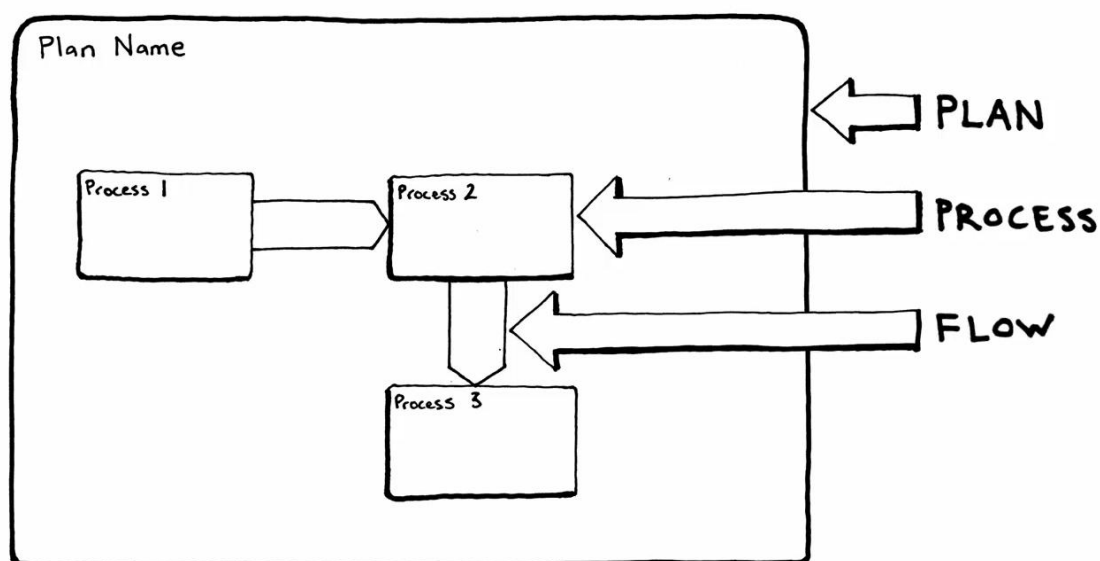


Figura 10. Struttura modello in GaBi.

Questo modello permette di creare e confrontare facilmente e velocemente differenti scenari del ciclo di vita del prodotto studiato.

Grazie a GaBi software si è in grado di realizzare una valutazione degli impatti ambientali utilizzando il metodo del Life Cycle Assessment, in maniera veloce ed efficiente, sfruttando le banche dati e visualizzando rapidamente i risultati.

GaBi software offre la possibilità di utilizzare diverse banche dati, ovvero raccolte di processi già costruiti. La banca dati utilizzata in questo studio è stata Ecoinvent 2.0, ma talvolta è stato necessario usufruire di PE Professional per ovviare all'indisponibilità di alcuni processi in Ecoinvent 2.0.

5.5 Categorie di impatto

Il sistema BRE, in conformità con le PCR, richiede che per redigere l'EDP venga usato il metodo di caratterizzazione CML2001–Apr.2013 e che vengano utilizzate sette specifiche categorie di impatto.

Dunque le categorie di impatto valutate in questo studio e le loro unità sono:

1. Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO₂-Equiv.]
2. Ozone Layer Depletion Potential (ODP, steady state) [kg R11-Equiv.]
3. Acidification Potential (AP) [kg SO₂-Equiv.]
4. Eutrophication Potential (EP) [kg Phosphate-Equiv.]
5. Photochem. Ozone Creation Potential (POCP) [kg Ethene-Equiv.]
6. Abiotic Depletion (ADP elements) [kg Sb-Equiv.]
7. Abiotic Depletion (ADP fossil) [MJ]

Categorie di impatto	Unità di misura	Abbreviazioni
Global Warming Potential	[kg CO ₂ -Equiv.]	(GWP 100 years)
Ozone Layer Depletion Potential	[kg R11-Equiv.]	(ODP, steady state)
Acidification Potential	[kg SO ₂ -Equiv.]	(AP)
Eutrophication Potential	[kg Phosphate-Equiv.]	(EP)
Photochem. Ozone Creation Potential	[kg Ethene-Equiv.]	(POCP)
Abiotic Depletion (elements)	[kg Sb-Equiv.]	(ADP elements)
Abiotic Depletion (fossil)	[MJ]	(ADP fossil)

Tabella 4. Categorie di impatto utilizzate (CML2001–Apr.2013).

Global Warming Potential (GWP 100) – Riscaldamento globale

Il termine inglese “global warming” sta ad indicare il riscaldamento del clima terrestre dovuto al contributo antropico, decisivo negli ultimi 100 anni. L'attività dell'uomo, già dalla rivoluzione industriale, ha incrementato l'ammontare di gas serra nell'atmosfera, quali: il vapore acqueo, l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄), l'ozono (O₃), il protossido di azoto (N₂O), gli alocarburi e gli aerosol. Questi gas consentono alle radiazioni provenienti dal Sole di filtrare, mentre ostacolano il ritorno delle radiazioni infrarosse riflesse dalla Terra, trattenendo quindi calore. L'emissione eccessiva in atmosfera di gas serra ha contribuito in maniera determinante all'aumento della temperatura globale. A partire dagli anni 80 la comunità scientifica si è attivata per contrastare il cambiamento climatico dovuto alle attività umane. Al giorno d'oggi vige il Protocollo di Kyoto, un trattato internazionale entrato in vigore nel 2005, il quale stabilisce precisi impegni di riduzione delle emissioni per i paesi industrializzati. I paesi firmatari sono tenuti a rispettare i vincoli di emissioni previsti nel protocollo e qualora non rientrassero entro i limiti loro assegnati, sono previste delle sanzioni. Il GWP indica quindi la capacità dei gas serra di contribuire al riscaldamento globale nei 100 anni successivi alla loro immissione in atmosfera. Il loro potenziale è espresso in kg CO₂ eq.

Ozone Layer Depletion Potential (ODP) - Assottigliamento della fascia di ozono stratosferico

Si tratta di un fenomeno che si è cominciato a studiare e rivelare a partire dalla fine degli anni settanta. L'ozono è una molecola triatomica di ossigeno in grado di assorbire la radiazione ultravioletta proveniente dal Sole. Tale radiazione ha sufficiente energia per danneggiare le molecole biologiche fondamentali quali il DNA causando tumori alla pelle e altri gravi danni. La presenza dell'ozono in atmosfera è quindi di fondamentale importanza. Molecole come clorofluorocarburi (CFC) e idroclorofluorocarburi (HCFC) e cloruri, in atmosfera, per effetto della radiazione UV, liberano il cloro in essi contenuto causando una trasformazione dell'ozono in molecola di ossigeno biatomica. In questo modo si genera una riduzione della quantità di ozono, comportando un aumento dei casi di tumore alla pelle, di deficienze immunitarie e danni alla biosfera. L'ozone layer depletion potential indica il potenziale di riduzione dello strato di ozono stratosferico che hanno CFC e HFC. Il loro potenziale è espresso in kg R₁₁ eq.

Acidification Potential (AP) - Acidificazione

Ossidi di zolfo (SO_x) e ossidi di azoto (NO_x) sono i responsabili del processo di ricaduta dall'atmosfera alla Terra di particelle, gas e precipitazioni acide. Queste precipitazioni, conosciute come "piogge acide" hanno un pH compreso tra 2 e 5, significativamente più basso del normale (pH 5,5). Ciò comporta un acidificazione delle acque e dei terreni con conseguente moria di esseri viventi (pesci, insetti, animali acquatici, microrganismi). L'acidification potential indica il potenziale di acidificazione di SO_x e NO_x, espresso in kg SO₂ eq.

Eutrophication Potential (EP) - Eutrofizzazione

È un fenomeno di arricchimento di nutrienti delle acque superficiali che comporta una crescita smisurata di alghe acquatiche le quali richiedendo un consumo di ossigeno maggiore, sottraggono O₂ all'acqua. Le fonti principali di questo fenomeno sono i fertilizzanti e gli scarichi industriali e urbani in genere ricchi di sostanze nutritive essenziali quali azoto e fosforo. L'Eutrophication Potential indica quindi il potenziale di eutrofizzazione di sostanze contenenti azoto e fosforo, espresso in kg PO₄³⁻ eq.

Photochemical Ozone Creation Potential (POCP) – Formazione di smog fotochimico

Gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (VOC), emessi in atmosfera da molti processi naturali e antropogenici, vanno incontro ad un complesso sistema di reazioni fotochimiche indotte dalla luce ultravioletta presente nei raggi del sole, che portano alla formazione di inquinanti secondari quali: ozono (O_3), perossiacetil nitrato (PAN), perossibenzoil nitrato (PBN), aldeidi e centinaia di altre sostanze. Il risultato di tutte queste reazioni è quello che viene definito smog fotochimico. Il potenziale è riferito a kg di etene (C_2H_4) eq.

Abiotic Depletion Potential (ADP) – Consumo di risorse rinnovabili e non rinnovabili

L'abiotic depletion è un impoverimento delle risorse inorganiche, in particolare elementi non rinnovabili di cui oggi facciamo ampio ed eccessivo uso, come petrolio, carbone, minerali (oro, ferro, rame), ecc. Il potenziale del consumo di risorse abiotiche è espresso in MJ per le sostanze fossili e in kg Sb eq per gli altri elementi.

5.6 Scenari e valutazione comparativa

Il modello base di questo studio considera l'intero sistema dei processi, dall'estrazione delle materie prime fino al cancello per la vendita del prodotto finito.

Dal modello base si sono poi realizzati due scenari:

Scenario 1: si pongono gli oneri del residuo pari a zero, quindi si considerano gli impatti ambientali partendo dalla produzione di sughero granulato.

Scenario "treno": i camion utilizzati per il trasporto di resine e sughero sono sostituiti con i treni, analizzando le differenze che si avrebbero se venisse cambiato mezzo di trasporto.

Il profilo ambientale dei prodotti ottenuto attraverso l'LCA è un utile strumento anche per confrontare i diversi materiali da costruzione in termini di impatto ambientale. La comparabilità dei risultati è garantita dalla standardizzazione del metodo con cui viene eseguita la Valutazione del Ciclo di Vita (LCA) conforme alle normative di riferimento. In questo studio è stata realizzata una valutazione comparativa tra il Corkwall e il pannello in sughero Corkpan utilizzato anch'esso negli edifici come coibente termoacustico.

CAPITOLO 6 – Processi

La materia prima del Corkwall è un sottoprodotto dei processi di fabbricazione dei tappi di sughero. La Figura 7 illustra le fasi in cui può essere scomposta la produzione del Corkwall e i relativi input ed output. La prima fase (fase1: gestione forestale) consiste nella raccolta del sughero grezzo nelle foreste dell'Alentejo. La corteccia di sughero estratta, subisce poi dei processi di bollitura (fase2: preparazione sughero) in modo da eliminare le impurità. Successivamente la corteccia viene trasportata alla fabbrica di produzione di tappi di sughero (fase3: produzione sughero) dove viene forata mediante un trapano per ricavare i tappi di sughero. Le lastre di sughero forate che ne derivano vengono trasportate alla industria di produzione del granulato (fase4: produzione sughero granulato) dove attraverso un processo di triturazione vengono ridotte in granuli di piccole dimensioni. Una volta ottenuto il granulato, questo viene unito con resine polimeriche e pigmenti coloranti per ottenere così il prodotto finito Corkwall (fase5: produzione Corkwall). L'intero processo produttivo non genera scarti o rifiuti: la polvere di sughero prodotta in fase di triturazione è utilizzata come combustibile per altri sistemi.

In Figura 11 sono mostrate le collocazioni delle industrie del Portogallo coinvolte nella produzione del Corkwall: il punto I e l'area tratteggiata indicano l'ubicazione delle foreste di sughero "Coruche"; al punto II è localizzato il sito di preparazione del sughero; nel punto III è segnata la fabbrica di produzione di tappi di sughero; il IV punto indica la fabbrica di produzione sughero granulato ACC (Amorim Cork Composites).

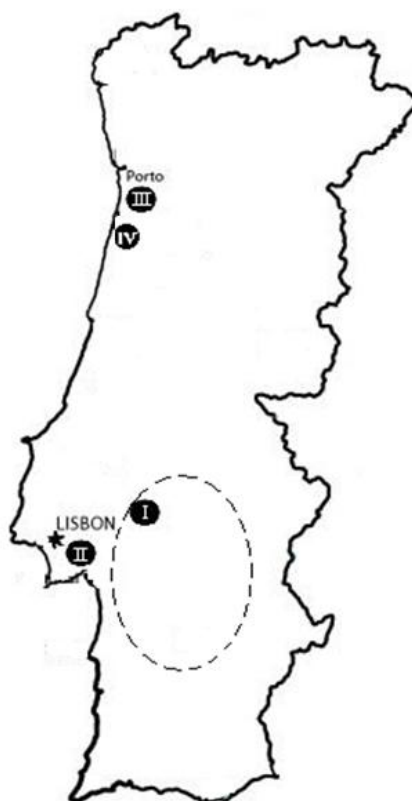


Figura 11. Localizzazione siti dello studio in Portogallo. I Coruche (foresta), II Montijo (sito di preparazione sughero), III São Paio de Oleiros (sito di produzione sughero), IV ACC (sito di produzione sughero granulato). La linea discontinua segna approssimativamente l'estensione dell'area della foresta.

6.1 Gestione forestale

In questa prima fase avviene la raccolta della materia prima: il sughero. Questa fase avviene nelle foreste di sughero "Coruche", localizzate in Alentejo, a sud del Portogallo. L'estrazione del sughero è una procedura semplice e per lo più avviene manualmente. Sono inclusi nei confini del sistema le operazioni di taglio, di coltivazione e pulitura del campo, la pulizia del terreno, aratura, piantagione, manutenzione del campo, l'abbattimento degli alberi a fine vita ed anche l'uso dei mezzi meccanici per questa fase (González-García et al. 2013).

Le operazioni che si effettuano in questa prima fase possono essere suddivise in sottofasi:

- I. Preparazione terreno: pulitura del terreno con strappaggio; creazione di buche e semina; fertilizzazione.

- II. Gestione del sughereto: rimozione della vegetazione spontanea; potatura; diradamento.
- III. Estrazione sughero
- IV. Abbattimento finale

I. Preparazione del terreno

È la prima sottofase, la quale include tutte le operazioni che vanno dalla preparazione del terreno fino all'estrazione e sistemazione delle cortecce in cumuli.

Inizialmente si prepara il terreno pulendolo dalle piante esistenti. Poi si passa alla semina a dimora: si mettono i semi in buche distanti 1m, larghe 20-25 cm e profonde 30cm. Prima della semina bisogna mettere per alcune ore le ghiande in acqua scartando quelle che galleggiano perché non buone.

La distanza delle piante deve essere tale che l'estremità dei rami si raggiungano appena; le piante troppo fitte danno sughero poco elastico, non pastoso, pieno di noduli.

Successivamente si immettono nel terreno fertilizzanti consentendo così una migliore crescita degli alberi e una maggiore vitalità delle foreste di sughero. I fertilizzanti comprendono calce, ossido di fosforo (P_2O_5), ossido di potassio (K_2O), calcio, magnesio e boro (Fonte: produttori foresta). La germinazione avviene rapidamente: nel 1° anno le piantine raggiungono un'altezza di 15 cm, nel secondo anno di 40-60 cm, dal terzo al sesto anno l'altezza raggiunge un metro, poi l'accrescimento diviene rapido e comincia a diminuire dopo i 60 anni, ma non cessa prima di due secoli.

II. Gestione del sughero

Durante la crescita è necessario ripulire il terreno dalla vegetazione spontanea e questo viene fatto utilizzando macchinari come erpici a dischi. È necessario inoltre, potare gli alberi ed effettuare il diradamento. Infatti poiché per produrre buone placche di sughero le piante debbono godere di luce uniforme, dopo 20 anni bisogna cominciare a diradare il sughereto e bisogna eseguire tale pratica periodicamente in relazione con lo sviluppo

delle piante. Le potature si fanno nei rami inferiori usando motoseghe, per avere tronchi più dritti possibili e levigati che forniscano molta scorza senza difetti. L'attività di potatura viene effettuata due o tre volte durante il ciclo di vita dell'albero.

III. Estrazione sughero

Lo scorticamento della quercia da sughero o prelievo del sughero viene effettuato ogni 9 anni. Quando l'albero raggiunge i 20-30 anni di età e il tronco dell'albero ha raggiunto una circonferenza di 30-40 cm nella parte basale e 70 cm a 1,5 metri dal suolo, si procede con il primo strippaggio della corteccia, conosciuto come "Desbòia". Da questa prima estrazione si ottiene il "sughero vergine" di scarsa qualità e non impiegato nell'industria dei tappi di sughero o per il Corkwall ma è utilizzato per applicazioni diverse come pavimenti, pannelli isolanti, ecc.

Nove anni dopo avviene il secondo raccolto, il quale produce materiale con una struttura regolare, meno duro, ma ancora non adatto per tappi di sughero. Questo è conosciuto come il sughero secondario.

È dal terzo e successivi raccolti che si ottiene il sughero con le migliori proprietà, adatto per la produzione di tappi di qualità, in quanto la sua struttura è regolare con una superficie liscia fuori e dentro. Questo è il cosiddetto "Amadia" o "sughero di riproduzione". Da allora in poi, la quercia da sughero fornirà buona qualità del sughero, ogni nove anni per circa un secolo e mezzo, producendo, in media, 15-16 estrazioni della corteccia per tutta la vita.

L'estrazione del sughero avviene manualmente e viene eseguita tra maggio e agosto, in quanto in questa stagione sono molto più semplici le operazioni di distacco della corteccia dal tronco. In media si estraggono circa 30 kg di corteccia di sughero per ogni albero. Il tutto viene eseguito con una speciale accetta attraverso delle incisioni sia in senso orizzontale che verticale del tronco all'interno delle quali si inserisce una leva e si stacca lentamente il sughero.



"Con l'aiuto di una semplice ascia, gli operai portoghesi realizzano con una rapidità notevole un taglio perfetto, difficile da eseguire servendosi di altri utensili più delicati o complicati da usare."

(Natividade, 1956).

Figura 12. Estrazione sughero dall'albero mediante accetta.

La spoliazione della quercia da sughero è un processo antico che può solo essere fatto da specialisti, i cosiddetti "Debarkers", dal momento che è richiesta competenza ed esperienza molto manuale al fine di non danneggiare l'albero. Il processo di strippaggio consiste in sei fasi:

1. Apertura
2. Separazione
3. Divisione
4. Estrazione
5. Rimozione
6. Segnare l'albero

1. Apertura



Figura 13. Processo di apertura della corteccia dall'albero.

Un taglio verticale è realizzato con un'ascia nella corteccia, scegliendo la crepa più profonda nel sughero.

2. Separazione



Figura 14. Processo di separazione della corteccia dall'albero.

La lastra di sughero è poi aperta inserendo il bordo dell'ascia che fa leva tra il tronco e la striscia di sughero da estrarre.

3. Divisione



Figura 15. Processo di divisione della corteccia dall'albero.

Un taglio orizzontale definisce la dimensione della tavola sughero da rimuovere e cosa deve rimanere sull'albero. Durante la fase di divisione, la corteccia interna è spesso marcata e queste mutilazioni a volte possono alterare la geometria del tronco.

4. Estrazione

La lastra di sughero è rimossa dall'albero con cura in modo che non si divida. Più grandi sono le tavole estratte, maggiore è il loro valore commerciale. La rimozione di interi assi dipende dalla abilità dei lavoratori. Estratta la prima tavola, l'operazione viene ripetuta su tutto il tronco.



Figura 16. Processo di estrazione della corteccia dall'albero.

5. Rimozione

Dopo lo strappaggio delle tavole, alcuni frammenti di sughero rimangono attaccati alla base del tronco. Per eliminare eventuali parassiti presenti in questi "cunei", l'operaio dà loro un paio di colpi con la sua ascia.

6. Segnare l'albero

Infine, l'albero è segnato, con l'ultimo numero dell'anno in cui l'estrazione è avvenuta.

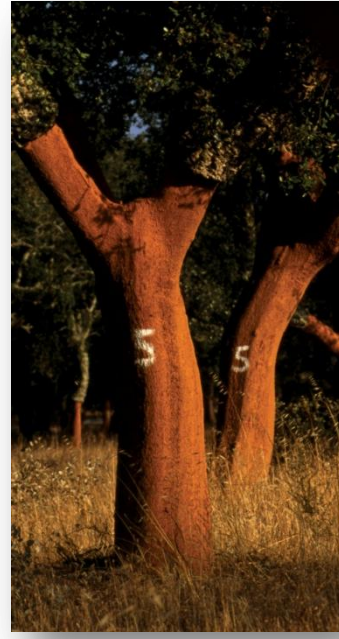


Figura 17. Fase in cui si segnano gli alberi. Alberi segnati.

6.2 Preparazione del sughero

Dalla foresta il sughero grezzo viene trasportato alla fabbrica di preparazione a Montijo (a circa 57 km dalla foresta). La corteccia di sughero viene sistemata manualmente in mucchi e sottoposta a due stabilizzazioni e a due bolliture.

- 2 Stabilizzazione I
- 3 Bollitura I
- 4 Bollitura II
- 5 Stabilizzazione II

1 Stabilizzazione I

Dopo la raccolta, le lastre di sughero vengono accatastate l'una sull'altra nei cantieri delle fabbriche e sono lasciate all'aria aperta per circa sei mesi fino ad ottenere un contenuto di umidità di circa 6-10%. In questo modo il sughero perde tutta la linfa naturale dell'albero, sia per asciugatura al sole che per lisciviazione mediante le acque piovane. I cumuli rimangono esposti a sole, vento e pioggia e secondo la normativa (Codice Internazionale di Cork Stopper Manufacturing Practice - ICCSMP), dovrebbero poggiare su materiali che non contaminano il sughero e impediscano il contatto con il

suolo. Il legno, per esempio, è espressamente vietato perché può trasmettere funghi. Durante questo periodo di stagionatura il sughero si stabilizza.



Figura 18. Cumuli di corteccia di sughero.

2 Bollitura I

Il processo di bollitura avviene utilizzando come carburante gas naturale. Le lastre di sughero vengono collocate dentro particolari vasche rivestite in acciaio inox ed immerse in acqua ad una temperatura di circa 100°C per un'ora. L'ebollizione viene eseguita per: pulire il sughero; estrarre sostanze idrosolubili; aumentare lo spessore e quindi ridurre la densità; migliorare la flessibilità e l'elasticità.

Con la bollitura il volume del sughero aumenta perché il gas contenuto dentro le cellule del sughero si espande. Di conseguenza, la struttura del sughero diventa più regolare e il suo volume aumenta di circa il 20 per cento. Il processo di bollitura migliora le proprietà meccaniche del sughero e assicura inoltre che la microflora sia significativamente ridotta. È solo tramite la fase della bollitura che si può garantire la perfetta pulizia del sughero da qualsiasi residuo e la debellazione del fungo *Armillaria mellea* responsabile della formazione del tricloroanisolo, sostanza che conferisce il cosiddetto "odore di tappo" nel vino.

Con questa operazione si producono acque di scarico con un alto carico organico, un'elevata quantità di fenoli e clorofenoli tali da dover essere trattate prima dello scarico.

Segue un tempo di settimane o mesi in cui le lastre di sughero vengono messe a riposo.

3 Bollitura II

Segue una seconda bollitura di 30 minuti nelle stesse condizioni. Questa seconda operazione è indicata anche con il nome di scottatura e anch'essa produce acque di scarico con un carico organico elevato.

4 Stabilizzazione II

Dopo la seconda bollitura segue un altro periodo di riposo che varia da una a tre settimane, in modo da ridurre la curvatura e appiattare le tavole. Il riposo delle lastre è utile di modo che la corteccia ottenga una consistenza necessaria per la successiva trasformazione in tappi di sughero.

6.3 Produzione sughero

La corteccia di sughero viene trasportata all'industria Cork Supply Portugal S.a., situata a São Paio de Oleiros (a circa 308 km da Montijo), dove viene tagliata in strisce e forata, per ottenere tappi di sughero.



Figura 19. Striscia di sughero forata e tappi di sughero Amorim.

Taglio

Le lastre di sughero appiattite possono ora essere tagliate in strisce tramite macchinari, in modo da ottenere pezzi più o meno uniformi tra loro che poi verranno classificati in base alle dimensioni e alla qualità. In questa fase gli scarti, i ritagli e gli avanzi sono

separati dal sughero buono per la produzione dei tappi. Questi scarti di sughero, quindi rifiuti, verranno mandati all'industria del granulato.

Perforazione

Per ottenere i tappi, le strisce di sughero vengono forate tramite un trapano. Questa perforazione può avvenire sia manualmente che meccanicamente.



Figura 20. Strisce di sughero forate.

Una volta ottenuti i tappi, ciò che resta sono strisce di sughero forate e sono considerate rifiuto (Decreto legislativo 73/2011 art.2, lett e) "rifiuti: qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi"). Tali rifiuti vengono trasportati per mezzo di camion all'industria Amorim a Mozelos (Portogallo) dove verranno lavorati e trasformati in granuli.

I sottoprodotti di sughero prodotti nella produzione di tappi di sughero, sono utilizzati come materie prime per l'industria che produce granulato, senza sprechi.

6.4 Produzione sughero granulato (ACC - Amorim Cork Composites S.A.)

Oltre la produzione di tappi di sughero, il più importante prodotto nel settore del sughero è il granulato, perché rappresenta un'ottima soluzione per la grande quantità di rifiuti generati nell'industria e durante le attività di estrazione nella foresta.

I processi con cui avviene la produzione di granulato di sughero possono essere raggruppate in cinque sottofasi:

1. Trasporto
2. Stoccaggio
3. Triturazione
4. Setacciatura
5. Classificazione

1. Trasporto

Gli scarti dei tappi della fabbrica Cork Supply Portugal S.a. vengono portati all'industria Amorim Cork Composites S.A. situata nella città di Mozelos, Comune di Santa Maria da Feira, a tre chilometri di distanza. Il trasporto avviene tramite camion Euro3 aventi una portata di 3-5 tonnellate e utilizzano combustibile diesel.



Figura 21. Localizzazione industrie ACC e CSP.

2. Stoccaggio

Gli scarti, una volta raggiunta la fabbrica vengono stoccati all'interno tramite carrelli elevatori pneumatici.



Figura 22. Scarti tappi di sughero.

3. Triturazione

Utilizzando elevatori telescopici, gli scarti vengono collocati direttamente dentro il macchinario di triturazione del sughero.



Figura 23. Macchina tritratrice a lame rotanti.

Si tratta di un macchinario di triturazione del sughero a lame rotanti, dove il sughero viene fatto passare nel verso opposto alle lame e viene ridotto in pezzi di dimensioni più piccoli. I pezzi di dimensioni ancora troppo grandi ritornano in circolo e rientrano nella macchina tritratrice per essere ulteriormente sminuzzati fino a quando non raggiungono dimensioni inferiori a 15 mm.

Durante questa fase si producono delle polveri, cioè sughero di dimensioni inferiori ai 0,5 mm. Tramite delle pompe aspiranti queste polveri sono convogliate in condotti che conducono a un forno. Le polveri sono utilizzate come combustibile secondario, infatti vengono bruciate a una temperatura di 370°C per ricavare energia che verrà usata in altri impianti.



Figura 24. Forno di combustione.

4. Setacciatura

Dopo la triturazione gli scarti sono diventati granuli di diverse dimensioni e con setacci meccanici vengono suddivisi in base alla loro granulometria.



Figura 25. Setacci meccanici, con pompe aspiranti per le polveri.

5. Classificazione

I granuli vengono poi fatti passare su tavole densimetriche. Questi dispositivi, basati sulla vibrazione e ventilazione dei granuli su di un piano inclinato, permettono una migliore separazione per peso specifico.



Figura 26. Tavola densimetrica.

Si ottengono così granuli separati per dimensioni: 0,5/1,1/2mm...fino a 15mm.

In Figura 27 si vedono i granuli più grandi di colorazione più scura, questo perché sono granuli che provengono dalla superficie più esterna della corteccia del sughero.



Figura 27. Granuli di diversa granulometria e diverso colore.

Sia nella fase di setacciatura che di classificazione si sollevano polveri (granuli inferiori a 0,5 mm), che verranno convogliate tramite le pompe aspiranti verso il forno. Stessa operazione effettuata in precedenza per le polveri rilasciate durante la fase di triturazione.

Solo i granuli con dimensioni comprese tra 0,5 mm e 1,0 mm vengono utilizzati per produrre il Corkwall.

Come si può vedere nei dati di inventario, dalle 371 tonnellate/anno di sughero che arriva ad ACC in input, solo 21,332 tonnellate/anno vengono inviate alla Vipeq Hispania.

6.3 Vipeq Hispania

Il sughero granulato viene caricato su camion e trasportato all'industria "Vipeq Hispania S.L." nella città di Tajonar, vicino Pamplona, in Spagna a circa 790 km dall'industria Amorim Cork Composites.

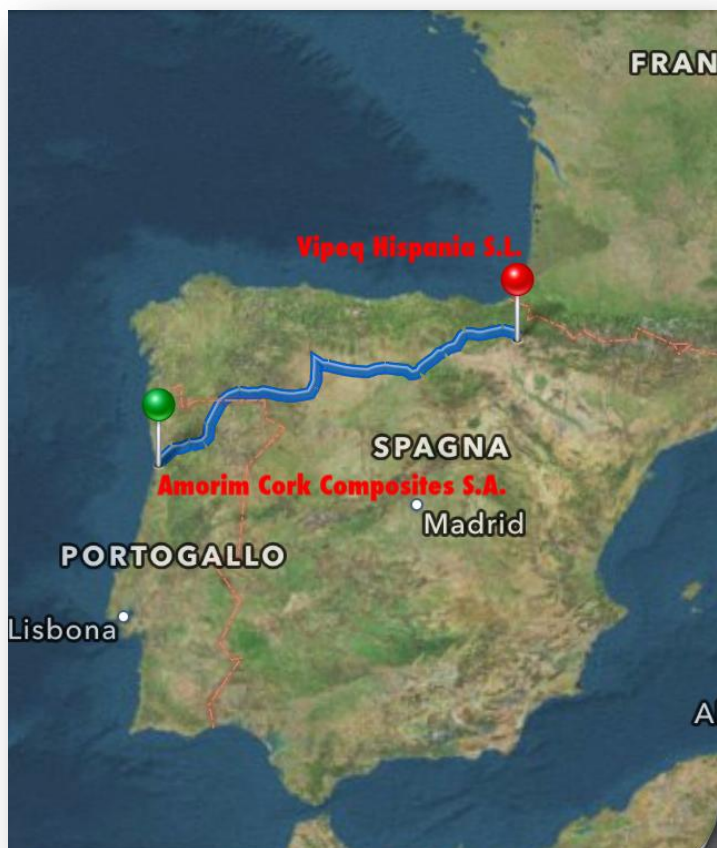


Figura 28. Percorso da Amorim Cork Composites a Vipeq Hispania (790Km).

La Vipeq Hispania si occupa della realizzazione finale del prodotto Corkwall.

Nel 2013, 21332 tonnellate di sughero granulato sono state trasportate in Spagna per essere mischiate a resine polimeriche ed acqua, al fine di ottenere un'emulsione.

Il sughero importato dal Portogallo viene unito a cinque resine polimeriche che secondo i dati forniti dalla Vipeq sono:

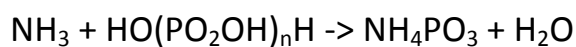
il diossido di titanio che è uno sbiancante

il carbonato di calcio che funge da filler

il polifosfato di ammonio che è un ritardante di fiamma

un polimero acrilico e un alcol polivinilico che sono due adesivi

La formula base del polifosfato di ammonio è NH_4PO_3 . Esso si forma facendo reagire ammoniaca (NH_3) e acido polifosforico ($\text{HO}(\text{PO}_2\text{OH})_n\text{H}$).



(<http://www.sinoharvest.com/products/Ammonium-Polyphosphate.shtml>)

Sapendo la quantità del polifosfato di ammonio da immettere come output e le quantità molari dei miei composti, ho calcolato le quantità di ammoniaca e di acido fosforico necessarie.

	Peso molare	%	Quantità
NH_4PO_3	97	84%	2133,16 kg
H_2O	18	16%	406,31 kg
NH_3	17	15%	380,92 kg
H_3PO_4	98	85%	2158,55 kg

Tabella 5. Peso molare e quantità di ammoniaca ed acido fosforico per calcolare il polifosfato di ammonio.

Dapprima le cinque resine vengono mischiate insieme ad acqua in un miscelatore verticale e poi vengono unite al sughero granulato in un secondo miscelatore (Figura 29 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).



Figura 29. Miscelatore verticale (sinistra), miscelatore per resine e sughero (destra).

Il secondo macchinario produce il prodotto finale. L'emulsione fuoriesce attraverso un rubinetto manuale e viene riempito il sacco di plastica trasparente posto nel secchio dove poi viene lasciato a riposo per 24 ore prima di chiuderlo. La chiusura avviene manualmente mediante una fascetta di plastica.

Insieme all'emulsione, nel secchio troviamo anche una bottiglietta da 0.5 L contenente il catalizzatore che accelera l'asciugatura del rivestimento dopo l'applicazione.

I colori base del Corkwall sono: bianco e naturale/marrone (Figura 30).



Figura 30. Secchi contenenti Corkwall bianco e Corkwall naturale/marrone.

Nel caso in cui si voglia un altro colore, sono a disposizione 16 colorazioni: sei colori da emulsione bianca (Figura 31) e 10 da quella marrone (Figura 32). Il colorante viene incluso nella confezione e la quantità varia in base al colore scelto (varia da 0.2 a 0.5L).



Figura 31. Colori da emulsione bianca.



Figura 32. Colori da emulsione naturale/marrone

7 RISULTATI E DISCUSSIONI

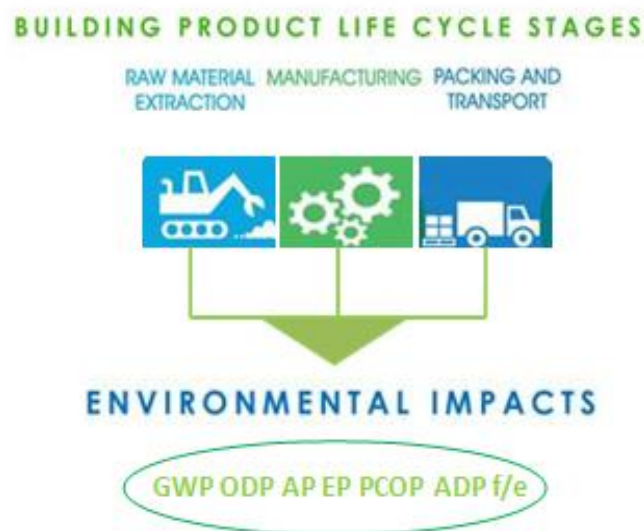


Figura 33. Immagine riassuntiva sistema studiato.

Tramite il software GaBi 6, utilizzando il metodo CML 2001 – Apr.2013 sono state analizzate le sette categorie di impatto richieste dal sistema BRE (Figura 33). Sono stati così ottenuti i valori degli impatti ambientali di ogni singola fase e di ogni processo, evidenziando gli impatti che ha ogni sottoprocesso. In seguito sono stati realizzati i due scenari e le comparazioni con materiali aventi la stessa funzione isolante del Corkwall.

7.1 Risultati relativi alla fase “Gestione forestale”

Come rappresentato in Figura 34, si denota che il processo di taglio incide per più del 50% su 5 delle 7 categorie di impatto analizzate. Mentre il contributo principale alle categorie AP ed EP è dato dal processo stesso di gestione forestale. Anche il processo di pulizia del terreno presenta delle percentuali rilevanti che incidono in particolar modo su sul riscaldamento globale (40,2%) e sull'assottigliamento dello strato di ozono (32,6%). Quindi nella fase di gestione forestale sono tre i processi rilevanti: taglio, pulizia e manutenzione del sughereto.

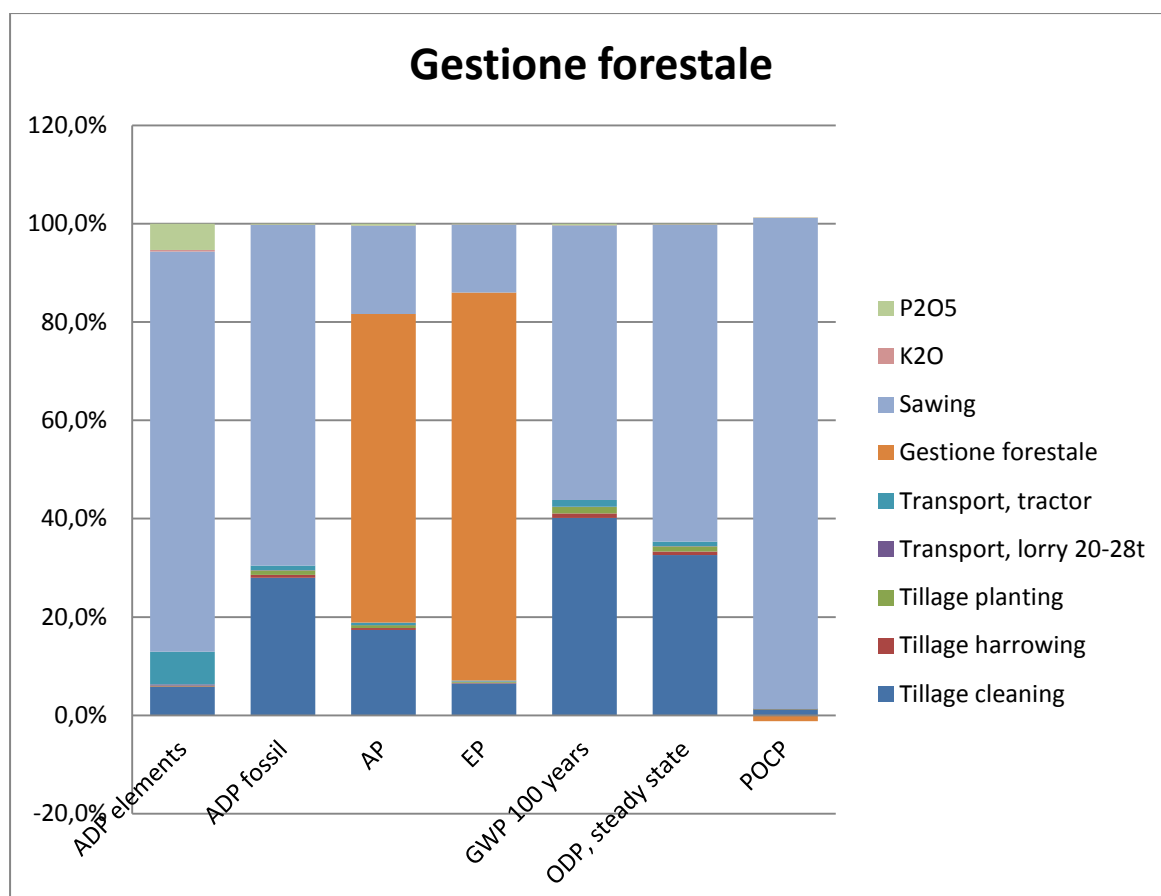


Figura 34. Istogramma. Processi generali della “Gestione forestale” che influenzano le categorie di impatto.

	ADP elements	ADP fossil	AP	EP	GWP 100 years	ODP, steady state	POCP
Tillage cleaning	1,02E-09	1,55E-01	7,69E-05	2,12E-05	1,13E-02	1,74E-09	9,09E-06
Tillage harrowing	2,24E-11	3,40E-03	1,68E-06	4,64E-07	2,47E-04	3,81E-11	1,99E-07
Tillage planting	3,38E-11	5,12E-03	2,53E-06	6,99E-07	3,72E-04	5,73E-11	2,99E-07
Transport, lorry 20-28t	3,63E-11	2,48E-04	9,20E-08	2,76E-08	1,67E-05	2,71E-12	1,55E-08
Transport, tractor	1,19E-09	5,24E-03	2,20E-06	7,55E-07	3,96E-04	4,73E-11	3,77E-07
Gestione forestale	0,00E+00	0,00E+00	2,77E-04	2,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	-9,02E-06
Sawing	1,45E-08	3,85E-01	7,97E-05	4,54E-05	1,57E-02	3,44E-09	7,65E-04
K2O	5,13E-11	6,21E-05	1,44E-08	6,88E-09	4,16E-06	5,79E-13	2,02E-09
P2O5	9,55E-10	1,24E-03	1,69E-06	4,59E-07	9,82E-05	9,07E-12	9,83E-08

Tabella 6. Valori assoluti “Gestione forestale”, processi generali.

In seguito sono stati analizzati i processi in modo capire nel dettaglio i flussi che impattano maggiormente (Figura 35).

Analizzando nel dettaglio il processi Manutenzione del sughereto (Figura 35) si nota che il più impattante dei sottoprocessi è il taglio a causa del consumo di benzina per il motore a due tempi e l'olio di soia, utilizzati entrambi per l'uso della motosega.

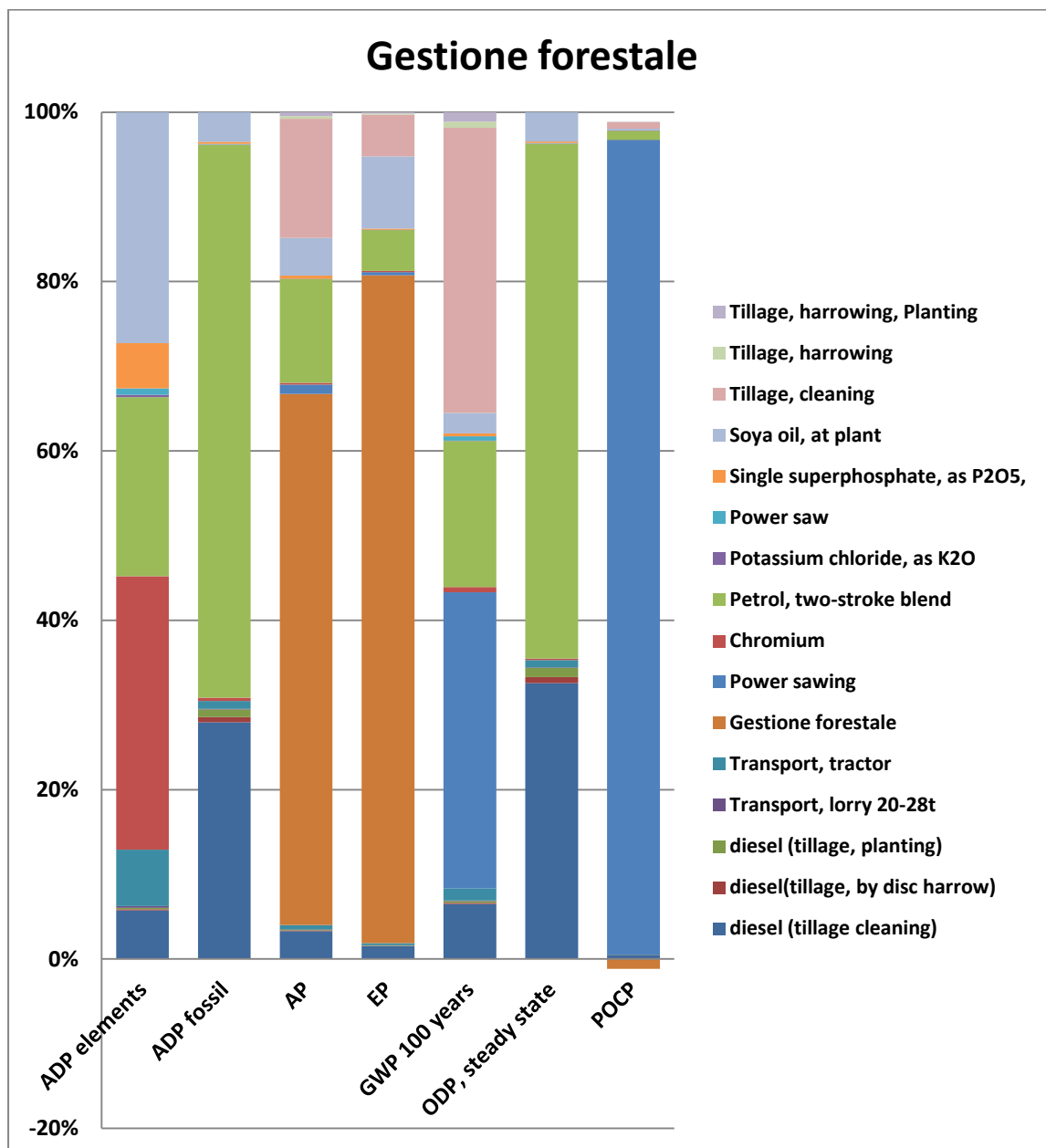


Figura 35. Istogramma. Processi in dettaglio della "Gestione forestale" che influenzano le categorie di impatto.

	ADP elements	ADP fossil	AP	EP	GWP 100 years	ODP, steady state	POCP
Diesel (tillage cleaning)	1,02E-09	1,55E-01	1,46E-05	5,02E-06	1,83E-03	1,74E-09	3,30E-06
Diesel (tillage, by disc harrow)	2,24E-11	3,40E-03	3,20E-07	1,10E-07	4,00E-05	3,81E-11	7,22E-08

Diesel (tillage, planting)	3,38E-11	5,12E-03	4,82E-07	1,66E-07	6,02E-05	5,73E-11	1,09E-07
Transport, lorry 20-28t	3,63E-11	2,48E-04	9,20E-08	2,76E-08	1,67E-05	2,71E-12	1,55E-08
Transport, tractor	1,19E-09	5,24E-03	2,20E-06	7,55E-07	3,96E-04	4,73E-11	3,77E-07
Gestione forestale	0,00E+00	0,00E+00	2,77E-04	2,58E-04	0,00E+00	0,00E+00	-9,02E-06
Power sawing	0,00E+00	0,00E+00	4,80E-06	1,25E-06	9,85E-03	0,00E+00	7,54E-04
Chromium	5,76E-09	2,06E-03	9,47E-07	3,77E-07	1,75E-04	9,28E-12	9,39E-08
Petrol, two-stroke blend	3,77E-09	3,63E-01	5,41E-05	1,58E-05	4,85E-03	3,24E-09	8,32E-06
K2O	5,13E-11	6,21E-05	1,44E-08	6,88E-09	4,16E-06	5,79E-13	2,02E-09
Power saw	1,35E-10	5,52E-04	1,29E-07	5,50E-08	1,45E-04	4,20E-12	2,44E-08
P2O5	9,55E-10	1,24E-03	1,69E-06	4,59E-07	9,82E-05	9,07E-12	9,83E-08
Soya oil	4,86E-09	1,95E-02	1,97E-05	2,79E-05	6,84E-04	1,85E-10	1,84E-06
Tillage cleaning	-6,74E-14	0,00E+00	6,23E-05	1,62E-05	9,47E-03	0,00E+00	5,79E-06
Tillage, harrowing	-1,48E-15	0,00E+00	1,36E-06	3,54E-07	2,07E-04	0,00E+00	1,27E-07
Tillage Planting	-2,23E-15	0,00E+00	2,05E-06	5,33E-07	3,12E-04	0,00E+00	1,91E-07

Tabella 7. Valori assoluti "Gestione forestale", tutti i processi.

7.2 Risultati della fase "Preparazione sughero"

Nella fase di preparazione sughero (Figura 36), dove la corteccia estratta subisce processi di bollitura e stabilizzazione, le categorie di impatto ODP, GWP e ADP fossili sono alterate sostanzialmente dall'utilizzo del gas naturale impiegato nella bollitura.

Gli impatti inerenti AP ed EP sono causati prevalentemente dal consumo di elettricità utilizzata per il funzionamento dei macchinari.

L'alterazione della categoria POCP è dovuta per il 48% al gas naturale e per il 37% al consumo di elettricità.

Mentre i trasporti contribuiscono per il 65% al potenziale di consumo delle risorse abiotiche.

È possibile quindi concludere che nella fase di preparazione sughero non si osserva una netta predominanza di un processo come causa di impatto: si osserva un contributo importante da parte di tutti e tre i processi, particolarmente rilevanti appaiono il consumo di gas naturale e dell'elettricità. Si tratta sempre di emissioni collegate al consumo di combustibili fossili. Un aumento dell'utilizzo di fonti rinnovabili

comporterebbe un miglioramento delle prestazioni ambientali.

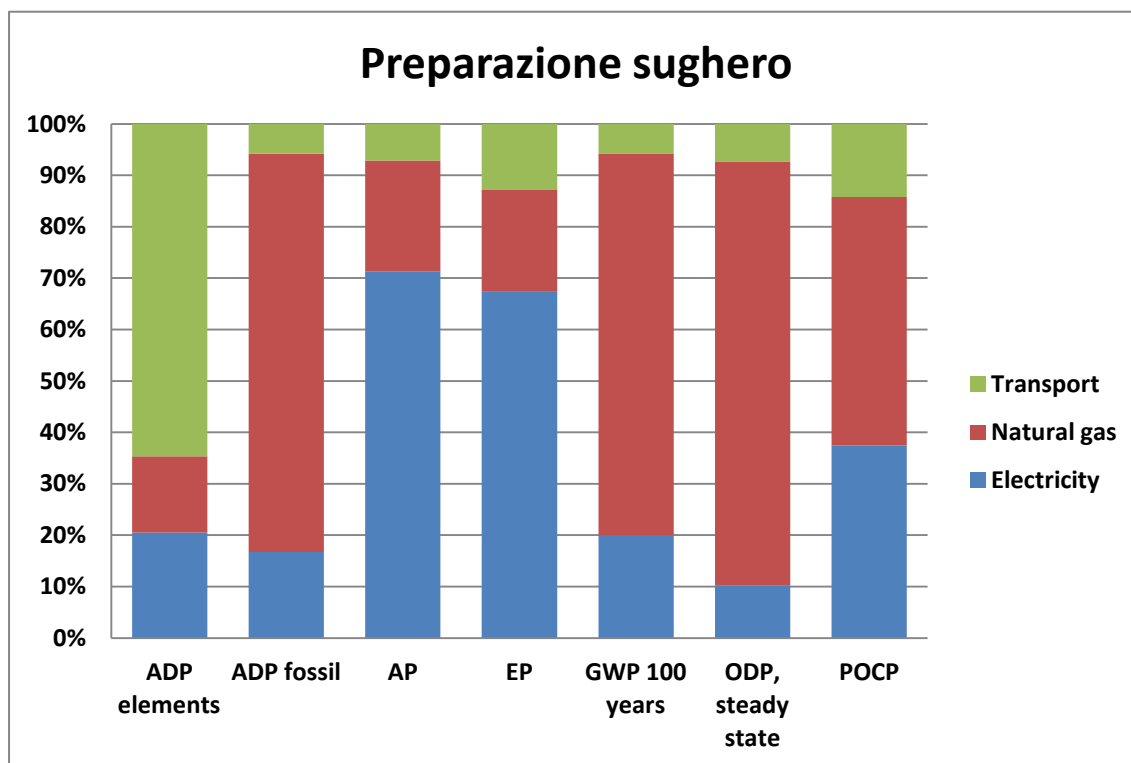


Figura 36. Istogramma. Processi della fase di “Preparazione sughero” che influenzano le categorie di impatto.

	ADP elements	ADP fossil	AP	EP	GWP 100 years	ODP, steady state	POCP
Electricity	7,34E-13	3,91E-05	2,81E-08	5,05E-09	3,12E-06	2,07E-13	1,54E-09
Natural gas	5,28E-13	1,81E-04	8,47E-09	1,48E-09	1,16E-05	1,66E-12	1,99E-09
Transport	2,31E-12	1,36E-05	2,81E-09	9,61E-10	8,94E-07	1,47E-13	5,85E-10

Tabella 8 . Valori assoluti “Preparazione sughero”.

7.3 Risultati della fase “Produzione sughero”

Nella fase di “Produzione sughero” (Figura 37) il processo che incide di più è il trasporto (dall’industria di produzione tappi all’industria ACC), dove per la categoria di impatto ADP fossil incide per l’88%. Anche l’elettricità incide su tutti gli indicatori ambientali in quantità disuguale, variando dal 60% nella categoria AP al 5% nella categoria ADP elements. Gli impatti derivanti dall’olio lubrificante sono quelli che incidono meno, dal 3% nel riscaldamento globale al 21% nella formazione di smog fotochimico. L’elettricità in questa fase viene impiegata per tagliare in lastre la corteccia e per eseguire le perforazioni ed ottenere i tappi di sughero. Avrebbe un impatto sull’ambiente minore l’utilizzo di elettricità proveniente da fonti rinnovabili, piuttosto che l’elettricità

derivante dal mix energetico del Portogallo, che, come visto al paragrafo 5.3.6, si avvale per il 76,8% di fonti non rinnovabili come petrolio, gas naturale e carbone.

Nella fase di produzione del sughero si possono quindi imputare come più intensi nell'aver un'incidenza sulle categorie di impatto, i processi di trasporto e l'utilizzo di elettricità.

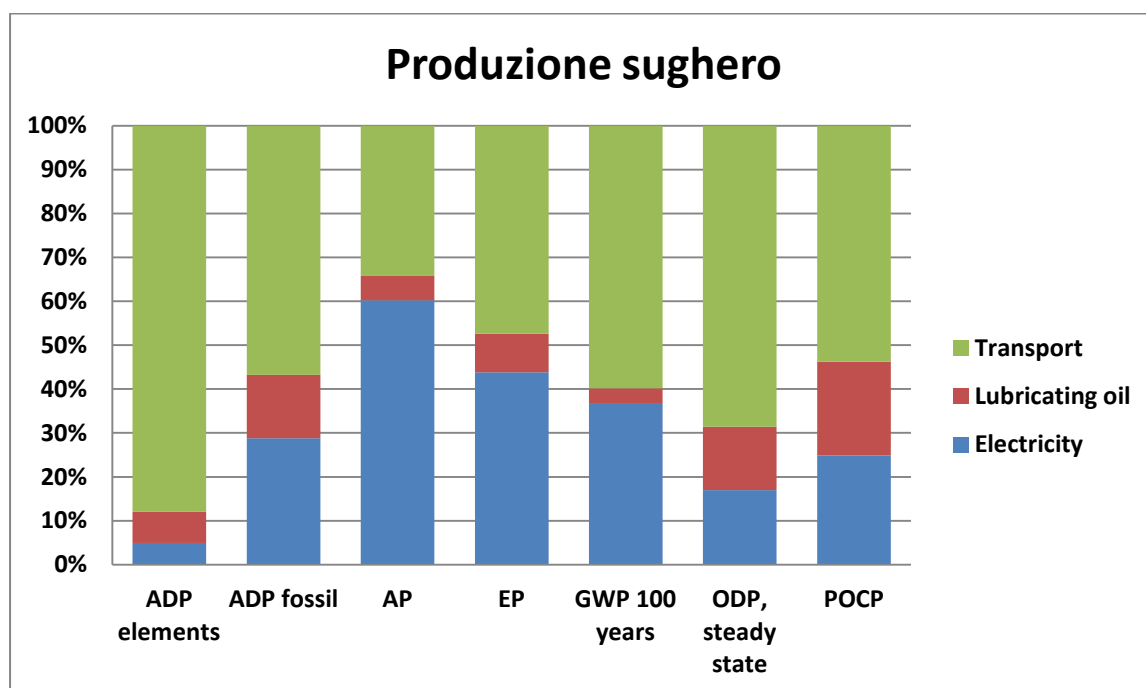


Figura 37. Processi della "Produzione sughero" che influenzano le categorie di impatto.

	ADP elements	ADP fossil	AP	EP	GWP 100 years	ODP, steady state	POCP
Electricity	9,20E-13	4,91E-05	3,52E-08	6,33E-09	3,91E-06	2,59E-13	1,93E-09
Lubricating oil	1,35E-12	2,46E-05	3,21E-09	1,27E-09	3,57E-07	2,21E-13	1,66E-09
Transport	1,65E-11	9,66E-05	2,00E-08	6,85E-09	6,37E-06	1,05E-12	4,17E-09

Tabella 9. Valori assoluti "Produzione sughero".

7.4 Risultati della fase "Produzione sughero granulato"

Nella produzione del sughero granulato (Figura 38), si riscontra un'elevatissima incidenza da parte dell'energia elettrica usata nelle fasi di triturazione, setacciatura e

classificazione, su tutte le categorie di impatto ad eccezione dell'ADP elements dove si osserva un maggiore peso degli impatti dovuti al trasporto del sughero granulato dall'Amorim Cork Composites alla Vipeq Hispania (790 km). Anche in questa fase l'elettricità impiegata proviene da fonti fossili non rinnovabili. In questa fase vengono prodotte enormi quantità di polveri che vengono bruciate e utilizzate per generare energia elettrica. Questa energia però non è utilizzata in questo sistema, ma va ad alimentare un altro sistema/processo. Se venisse utilizzata in questo sistema si avrebbe una diminuzione degli impatti del 92,58%.

In questa fase di produzione del sughero granulato si nota una predominanza degli impatti da parte dell'elettricità in maniera quasi assoluta.

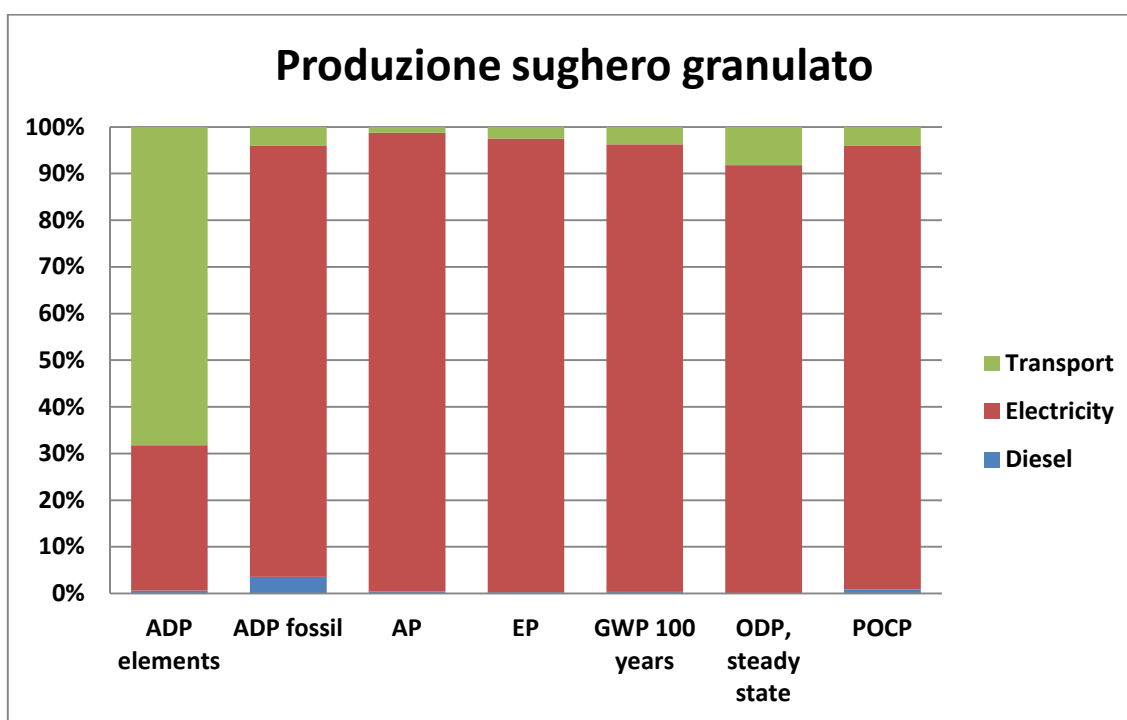


Figura 38. Processi della "Produzione sughero granulato" che influenzano le categorie di impatto.

	ADP elements	ADP fossil	AP	EP	GWP 100 years	ODP, steady state	POCP
Diesel	8,80E-12	3,22E-03	2,48E-07	2,86E-08	2,21E-05	1,12E-15	3,08E-08
Electricity	4,60E-10	8,26E-02	5,92E-05	1,05E-05	6,55E-03	4,37E-10	3,24E-06
Transport	1,01E-09	3,65E-03	7,43E-07	2,67E-07	2,55E-04	3,88E-11	1,40E-07

Tabella 10. Valori assoluti "Produzione sughero granulato".

7.5 Risultati della fase "Produzione Corkwall"

Nella fase di produzione Corkwall (Figura 39) sono le produzioni del polimero acrilico e del diossido di titanio a predominare nelle sette categorie di impatto considerate. Il polimero acrilico costituisce il 54% del mio prodotto finale e funge da adesivo. Il diossido di titanio rappresenta invece il 5% del Corkwall e serve da sbiancante. Meno impattanti sono invece i processi di trasporto, che nonostante le lunghe distanze rappresentano comunque in percentuali un contributo minore rispetto alla produzione del polimero acrilico e del diossido di titanio. La produzione del diossido di titanio incide su tutti e sette gli indicatori ambientali in particolar modo su acidificazione e assottigliamento dello strato di ozono

La sostituzione di queste resine acriliche con resine naturali diminuirebbe l'incidenza sulle categorie di impatto, ma allo stesso tempo comporta degli svantaggi durante l'applicazione del prodotto. Infatti l'uso di resine naturali implica tempi più lunghi per l'asciugatura del Corkwall, problema ovviato dall'utilizzo di resine acriliche.

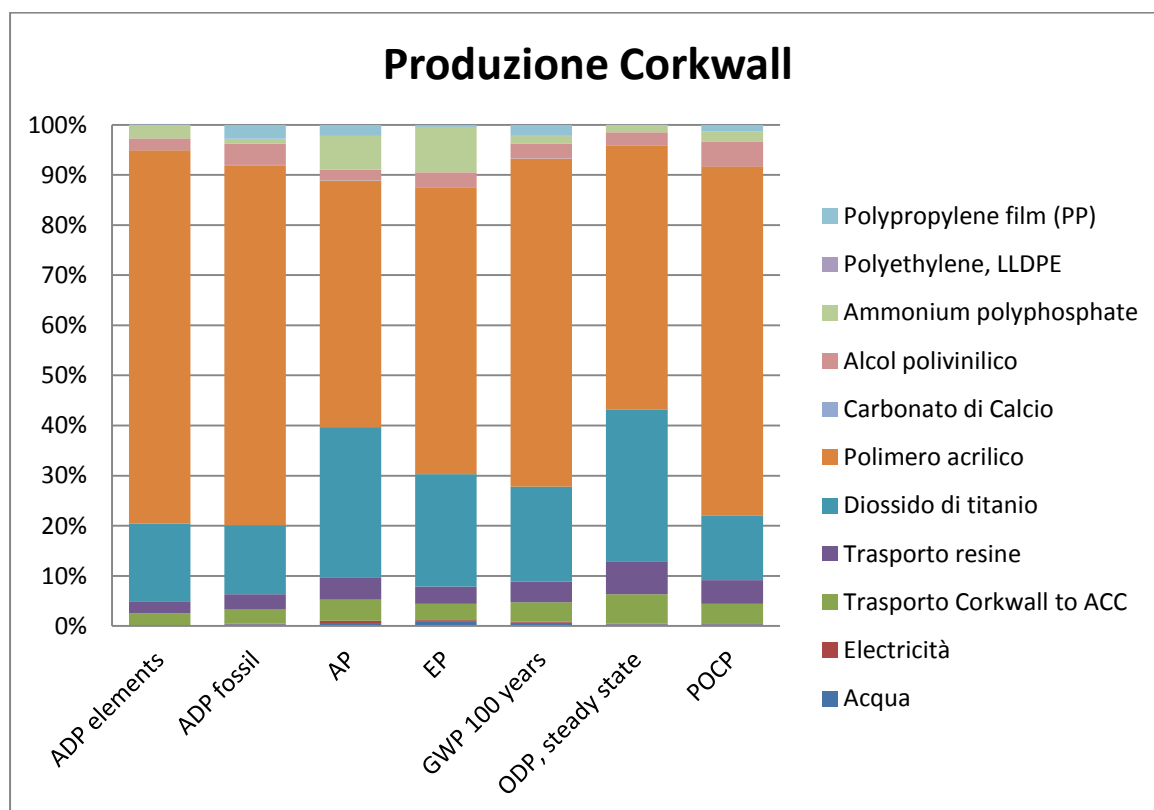


Figura 39. Processi della "Produzione Corkwall" che influenzano le categorie di impatto.

	ADP elements	ADP fossil	AP	EP	GWP 100 years	ODP, steady state	POCP
Acqua	1,21E-08	1,49E-01	6,71E-05	4,01E-05	1,40E-02	7,26E-10	6,35E-06
Elettricità	1,26E-09	6,73E-02	4,83E-05	8,69E-06	5,37E-03	3,56E-10	2,65E-06
Trasporto Corkwall ad ACC	2,12E-07	1,24E+00	4,53E-04	1,39E-04	8,32E-02	1,34E-08	7,00E-05
Trasporto resine	2,17E-07	1,37E+00	4,75E-04	1,45E-04	8,98E-02	1,49E-08	8,36E-05
Diossido di titanio	1,39E-06	6,14E+00	3,26E-03	9,51E-04	4,10E-01	6,90E-08	2,29E-04
Polimero acrilico	6,67E-06	3,21E+01	5,34E-03	2,43E-03	1,42E+00	1,20E-07	1,24E-03
Carbonato di Calcio	2,30E-10	2,21E-02	4,11E-06	7,56E-07	1,78E-03	8,20E-14	4,33E-07
Alcol polivinilico	6,68E-06	3,22E+01	5,39E-03	2,44E-03	1,42E+00	1,21E-07	1,25E-03
Polifosfato di ammonio	2,42E-07	1,23E-08	2,29E-07	1,39E-06	6,89E-06	1,39E-06	6,71E-06
LLDPE	1,45E-10	5,87E-02	5,18E-06	4,47E-07	1,67E-03	5,30E-13	1,34E-06
PP	1,04E-09	1,24E+00	2,35E-04	1,74E-05	4,71E-02	0,00E+00	2,29E-05

Tabella 11. Valori assoluti "Produzione Corkwall".

7.6 Modello base

In Figura 40 si può vedere come il piano "Produzione Corkwall" sia quello che in tutte le categorie di impatto ha un'incidenza sostanziale rispetto agli altri piani. Ciò è dovuto soprattutto al grande impatto che hanno le produzioni delle resine acriliche, in particolare 115190 kg del polimero acrilico necessari nel 2013 per produrre il Corkwall. Sono stati già fatti dei tentativi di produzione di Corkwall utilizzando resine naturali piuttosto che le sintetiche, ma i risultati non sono qualitativamente gli stessi dato che l'emulsione necessita di maggior tempo di asciugatura.

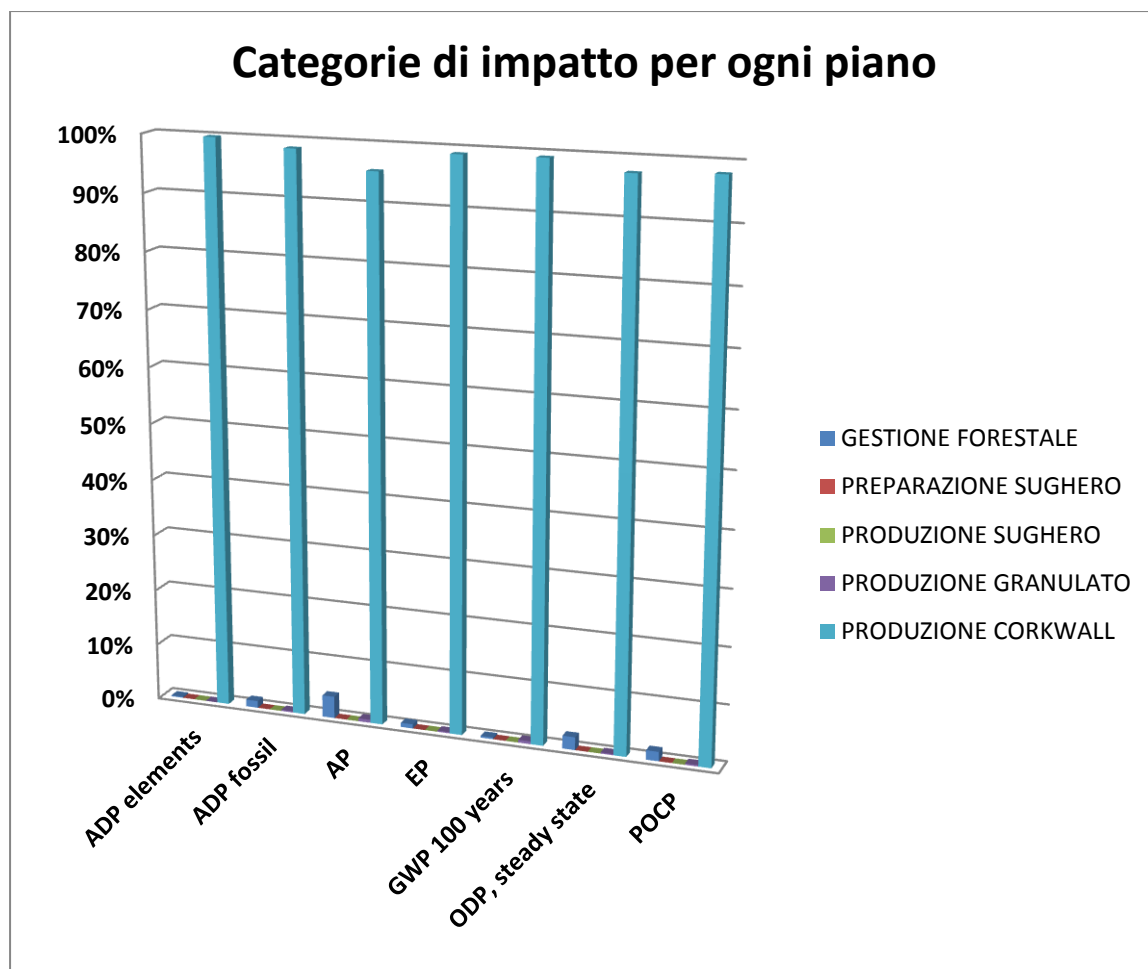


Figura 40. Istogramma. Processi generali del modello base.

	ADP elements	ADP fossil	AP	EP	GWP 100 years	ODP, steady state	POCP
Gestione forestale	1,78E-08	5,56E-01	4,42E-04	4,87E-03	5,00E+00	5,34E-09	2,72E-04
Preparazione sughero	3,57E-12	2,34E-04	3,94E-08	8,61E-07	4,42E-03	2,01E-12	3,22E-08
Produzione sughero	1,87E-11	1,70E-04	5,84E-08	1,53E-06	6,69E-03	1,53E-12	5,48E-08
Produzione granulato	1,48E-09	8,95E-02	6,02E-05	1,36E-03	8,15E+00	4,75E-10	4,03E-05
Produzione Corkwall	8,96E-06	4,47E+01	1,08E-02	6,52E-01	1,68E+03	2,28E-07	1,61E-02

Tabella 12. Valori assoluti "Modello base".

7.7 Scenario 1: Impatti produzione sughero granulato e produzione Corkwall

Nello scenario 1 viene effettuata una valutazione dei potenziali impatti ambientali del sistema escludendo le prime tre fasi iniziali e analizzando solamente le fasi di produzione granulato e produzione Corkwall. Si riducono quindi i confini del sistema e si tengono

conto solo gli oneri a partire dal cancello dell'ACC fino al ritorno del prodotto in Portogallo assumendo che gli scarti provenienti dalla fabbrica di produzione tappi siano la materia prima.

In Tabella 13 sono riportati i valori assoluti degli impatti delle singole fasi e quelli totali del modello base e dello scenario 1. Si nota che i risultati del modello base differiscono da quelli dello scenario 1 solamente di pochi decimali che in termini di percentuale corrispondono allo 0,3%. Ciò dimostra, come era prevedibile, che gli impatti derivanti dallo scenario 1 sono quasi simili a quelli del modello base, in quanto è l'ultima fase ad avere i valori più elevati e quindi un peso maggiore sull'ambiente. Allocare quindi tutti gli impatti derivanti dalle prime tre fasi alla produzione di tappi di sughero non cambia in maniera significativa il risultato finale. Considerando questi risultati è consentibile una semplificazione dell'elaborazione del modello allocando interamente le prime tre fasi (gestione forestale, preparazione sughero, produzione sughero) alla produzione dei tappi di sughero.

Indicatori di impatto ambientale	Gestione forestale	Preparazione sughero	Produzione sughero	Produzione granulato	Produzione Corkwall	Totale scenario 1	Totale modello base
Consumo risorse abiotiche (elementi)	1,78E-08	3,57E-12	1,87E-11	1,48E-09	8,96E-06	8,96E-06	8,98E-06
Consumo risorse abiotiche (fossili)	5,56E-01	2,34E-04	1,70E-04	8,95E-02	4,47E+01	4,48E+01	4,53E+01
Acidificazione	4,42E-04	3,94E-08	5,84E-08	6,02E-05	1,08E-02	1,09E-02	1,13E-02
Eutrofizzazione	4,87E-03	8,61E-07	1,53E-06	1,36E-03	6,52E-01	6,54E-01	6,59E-01
Riscaldamento globale 100 anni	5,00E+00	4,42E-03	6,69E-03	8,15E+00	1,68E+03	1,68E+03	1,69E+03
Consumo dello strato di ozono	5,34E-09	2,01E-12	1,53E-12	4,75E-10	2,28E-07	2,29E-07	2,34E-07
Creazione dell'ozono fotochimico	2,72E-04	3,22E-08	5,48E-08	4,03E-05	1,61E-02	1,61E-02	1,64E-02

Tabella 13. Valori assoluti fasi del sistema con valori totali modello base e scenario 1. Linea rossa indica lo scenario 1, mentre la linea nera il modello base.

7.8 Scenario “Treno”: Sostituzione mezzi di trasporto nel piano produzione Corkwall.

In questo studio le resine e il sughero che costituiscono il prodotto Corkwall provengono da luoghi distanti fra loro. Il sughero proviene dal Portogallo, dall’industria di lavorazione sughero granulato ACC e percorre una distanza di 790 Km prima di raggiungere la Vipeq Hispania s.a. ubicata in Spagna. Le resine provengono invece da aziende ubicate a Barcellona e Zaragoza, come mostra la Tabella 14 dove sono riportati anche i chilometri che le separano dalla Vipeq. Una volta pronto per la vendita, il 44% del Corkwall ritorna all’azienda ACC in Portogallo. Tutti questi trasporti avvengono mediante camion.

Prodotto	Città di provenienza	Distanza (Km)
Diossido di titanio	Barcellona	463
Carbonato di calcio	Zaragoza	174
Polifosfato di ammonio	Barcellona	474
Polimero acrilico	Barcellona	457
Alcol polivinilico	Barcellona	468

Tabella 14. Distanza produzione resine.- Vipeq Hispania s.a.

Nello scenario analizzato in questo paragrafo, tutti i trasporti sono effettuati su rotaia invece che su gomma.

Utilizzando il metodo CML2001-Apr. 2013 nel software GaBi 6, sono stati comparati i valori delle due tipologie di mezzi di trasporto (Tabella 15). In generale si nota che gli impatti ambientali nel trasporto mediante treno sono circa di un ordine di grandezza inferiori rispetto a quelli effettuati su camion.

Indicatori di impatto ambientale	Trasporto treno	Trasporto camion	% differenza
ADP elements	5,64E-08	4,29E-07	-77%
ADP fossil	6,05E-01	2,61E+00	-62%
AP	2,76E-04	9,28E-04	-54%
EP	1,41E-04	2,84E-04	-34%
GWP 100 years	5,05E-02	1,73E-01	-55%
ODP, steady state	3,66E-09	2,83E-08	-77%
POCP	2,89E-05	1,54E-04	-68%

Tabella 15. Valori assoluti categorie di impatto in confronto tra il trasporto camion del modello base e trasporto con treno dello scenario “treno”.

È evidente che il trasporto mediante camion comporta un incremento complessivo del consumo di risorse non rinnovabili, attribuibile all'alimentazione dei mezzi di trasporto su gomma. Sostituire quindi i camion con i treni aumenterebbe le prestazioni ambientali della produzione.

7.9 Valutazione comparativa Corkwall - Corkpan

Il Corkpan è un pannello di sughero agglomerato utilizzato in edilizia come isolante termico e acustico nelle pareti esterne ed interne degli edifici. Possiede qualità termoisolanti uguali a quelle del Corkwall. Entrambi hanno una conducibilità termica pari a 0,040 W/mK (watt/metro*kelvin).

Utilizzando come unità funzionale 1m² di superficie, e prendendo in considerazione gli stessi confini del sistema ("From cradle to gate"), è stato possibile comparare i valori degli impatti ambientali di entrambi i prodotti ottenuti utilizzando il metodo CML 2001 e la banca dati di Ecoinvent. Dai riportati in Tabella 16. Si nota una sostanziale differenza nella categoria di impatto del riscaldamento globale, dove il Corkwall presenta valori quattro ordini di grandezza più alti del Corkpan. Uguali valori si hanno nell'acidificazione, mentre per le altre categorie di impatto la produzione del Corkwall incide sicuramente di più.

Indicatori di impatto ambientale	Totale Corkwall	Totale Corkpan	%
Acidificazione	1,13E-02	1,35E-02	-2%
Eutrofizzazione	6,59E-01	2,79E-03	99%
Riscaldamento globale 100 anni	1,69E+03	8,25E-01	100%
Riduzione dello strato di ozono	2,34E-07	9,35E-08	48%
Smog fotochimico	1,64E-02	4,85E-04	95%

Tabella 16. Comparazione Corkwall–Corkpan. Valori Corkpan riferimento bibliografico²³.

Utilizzati come isolanti termici, i due prodotti sono quindi qualitativamente uguali, ma la produzione del Corkwall ha un'incidenza maggiore sugli indicatori ambientali.

Inoltre il Corkpan presenta maggiore sostenibilità ambientale rispetto al Corkwall in quanto la sola materia prima di cui è costituito è il sughero stesso, senza l'aggiunta di

collanti ausiliari come nel caso del Corkwall. I grani di sughero nel pannello Corkpan sono tenuti assieme dalle sostanze cerose rilasciate dal sughero stesso durante la fase di tostatura, rendendo così il pannello compatto ed impermeabile.

Altra considerevole differenza tra i due prodotti è la modalità di smaltimento, dove per il pannello Corkpan è possibile il recupero totale del materiale, mentre il Corkwall va smaltito come materiale inerte in discarica. Essendo il Corkwall un' emulsione che aderisce al substrato, al momento della dismissione non può essere separato dal materiale con cui è a contatto e va per questo smaltito in discarica per inerti.

Il Corkpan è invece un pannello posto tra le intercapedini dei muri e può essere recuperato e reinserito nel ciclo produttivo di recupero del materiale di scarto.

Queste considerazioni rendono il pannello di sughero Corkpan un prodotto con un'elevata sostenibilità ambientale.

Il Corkwall ha il pregio di poter essere utilizzato esternamente come riempitivo di crepe e fessure delle pareti e quindi trova grande uso nella ristrutturazione delle facciate degli edifici. Aderendo al substrato funge da rivestimento impermeabile all'acqua e protegge dalle avversità climatiche. A differenza del Corkpan, il Corkwall viene largamente utilizzato per incapsulare substrati di amianto. Per di più, avendo la possibilità di aggiungere un colorante all'emulsione, è disponibile in 16 colorazioni, decorando gli edifici e migliorandone l'aspetto esteriore.

CONCLUSIONI

In questo studio è stato analizzato il sistema di produzione del Corkwall un materiale utilizzato in edilizia avente ottime qualità termoacustiche, coibentanti, impermeabili e di resistenza al fuoco. Lo studio ha incluso cinque fasi: gestione forestale, preparazione del sughero, produzione del sughero, produzione del sughero granulato e produzione del Corkwall. Le emissioni e il consumo di risorse naturali del sistema sono stati convertiti in potenziali impatti ambientali utilizzando sette indicatori: riscaldamento globale, assottigliamento della fascia di ozono stratosferico, acidificazione, eutrofizzazione, formazione di smog fotochimico, consumo di risorse abiotiche, distinte in elementi e combustibili fossili. È stato poi realizzato uno scenario 1 in cui gli impatti dei primi fasi

sono stati allocati alla produzione di tappi di sughero. Sono stati attribuiti alla produzione del Corkwall solo gli oneri a partire dalla produzione di sughero granulato, considerando così gli scarti della fabbrica di produzione tappi, la materia prima del sistema senza oneri a monte. Inoltre è stato realizzato uno scenario “treno” dove i mezzi di trasporto su gomma utilizzati per il trasporto di sughero, resine e Corkwall, sono stati completamente sostituiti con il trasporto su rotaia. Infine è stata attuata una comparazione con il pannello di sughero agglomerato Corkpan e un'altra con il polistirene espanso, al fine di valutare le prestazioni ambientali, tecniche ed economiche.

Le principali conclusioni di questo studio e i possibili miglioramenti da eseguire sono i seguenti:

- Dai risultati dell'analisi LCA si deduce che in tutte le categorie di impatto gli impatti ambientali dominanti sono dovuti ai processi direttamente coinvolti nella produzione del Corkwall. Ciò è dovuto prevalentemente all'elevato impatto ambientale che hanno le produzioni del polimero acrilico e del diossido di titanio utilizzati per l'impasto del Corkwall. I trasporti su gomma, di sughero, resine e Corkwall rappresentano la terza principale causa di impatto.
- L'utilizzo di resine naturali eviterebbe l'impiego, per la produzione del Corkwall, di sostanze chimiche come adesivi acrilici e comporterebbe un miglioramento degli impatti ambientali. Di contro le resine naturali hanno dei tempi di asciugatura molto lenti e ciò comprometterebbe la corretta applicazione del Corkwall sulle pareti. È stato già provato l'utilizzo di resine naturali senza ottenere una resa adeguata. Ecco perché al momento la migliore soluzione tecnica resta l'utilizzo di resine acriliche.
- Sono ben 790 i km che separano le due aziende principalmente coinvolte nella produzione del Corkwall (Amorim Cork Composites e Vipeq Hispania). Questi chilometri vengono percorsi in un primo momento per trasportare il sughero granulato da Porto (PT) a Pamplona (SP) e successivamente in direzione opposta, per portare il Corkwall dalla Spagna al Portogallo per essere poi commercializzato. Al fine di ottimizzare questa distanza la soluzione più opportuna sarebbe quella di avvicinare la fabbrica di produzione Corkwall il più possibile al Portogallo dove sono presenti le foreste di sughero.

- Nella fase di produzione sughero granulato si producono grandi quantità di polveri, circa 5900 t. Queste rappresentano un coprodotto avente valore economico e vengono riutilizzate come fonte energetica in un altro sistema interno all'ACC. Utilizzare queste polveri all'intermo della fase di produzione del sughero granulato stesso, in modo da ricavare elettricità da fonti rinnovabili, comporterebbe una diminuzione degli impatti del 92,8%.
- Nei sottoprocessi di bollitura e di scottatura della fase di preparazione del sughero viene utilizzata acqua riscaldata mediante gas naturale. In sostituzione al gas naturale sarebbe utile predisporre un impianto di cogenerazione (riferimento sitografico^l) che sfrutti il calore di scarico che produce energia elettrica per produrre acqua calda. È comunque sempre vantaggioso utilizzare le migliori tecnologie disponibili, le cosiddette BAT (Best Available Technologies).
- In seguito all'applicazione del Corkwall questo aderisce alla superficie di contatto e una volta giunto al fine vita sarà impossibile separarlo e recuperarlo distintamente. Il Corkwall verrà smaltito insieme agli altri materiali da demolizione come inerti nelle discariche adibite agli inerti. Per cercare quindi di recuperare il Corkwall una possibile soluzione sarebbe quella di riutilizzarlo come inerte. Un attuale esempio è quello del Comune di Roma che ha avviato degli appalti pubblici per l'utilizzo di scarti da demolizione per il riempimento e la riparazione delle buche del manto stradale (riferimento bibliografico^m).
- Una soluzione per contribuire al miglioramento delle prestazioni ambientali del ciclo produttivo sarebbe quella di sostituire interamente i trasporti in gomma con trasporti su rotaia. Si è visto che ciò apporterebbe un miglioramento dei carichi ambientali variabile dal 34% sull'eutrofizzazione, al 77% sull'assottigliamento dello strato di ozono stratosferico.
- Dalla valutazione comparativa tra il Corkwall e il Corkpan i risultati mostrano che il Corkpan è più vantaggioso ed ecosostenibile. Essendo il Corkpan costituito esclusivamente da sughero, la sua produzione non comporta i carichi ambientali che derivano dalla produzione delle resine acriliche utilizzate per realizzare il Corkwall. Precisamente il Corkpan ha degli impatti ambientali migliori del Corkwall che variano dal 48% sulla riduzione dello strato di ozono, al 100% sul riscaldamento globale, ad

esclusione della categoria di acidificazione in cui il Corkpan è peggiore del 2%. Il Corkpan risulta essere più sostenibile anche perché, a differenza del Corkwall, a fine vita può essere recuperato e riutilizzato.


- Il Corkwall offre il vantaggio di poter essere impiegato sulle facciate esterne ed aderendo al substrato funge da riempitivo di crepe e fessure apportando anche un miglioramento estetico agli edifici. Inoltre è largamente utilizzato per isolare materiali potenzialmente pericolosi come l'amianto. Pannelli di sughero o di polistirene non potrebbero mai essere adeguati per adempiere a queste necessità.

ALLEGATI

Allegato1: Dati composizione Corkwall forniti dalla Vipeq Hispania.

CONSTRUCTION PRODUCT / COMPONENT: _____

DATE: _____



Deutsches Institut für Bautechnik

CHEMICAL COMPOSITION:

Serial. N°	Trade name of the raw material	Manufacturer (Address + Tel.N°)	Precise chemical name* (IUPAC/Trivialname) and CAS-Number	Effect	Classification (acc. to DIR 67/548/EEC or Regulation (EC) No 1272/2008**)	Percent by weight %
1	CORCHO BD 0,5	AMORIM CORK COMPOSITES 351-227475300	NATURAL CORK PARTICLE	INSULATION		10
2	CRIMEA TIOX 271	EMSA TECNOLOGIAQUIMICA SA 93-4701196	TITANIUM DIOXIDE	WHITENING		5
3	CALCIUM CARBONATE	ADIEGO HERMANOS SA 976-504040	CALCIUM CARBONATE	FILLER		4
4	EXOLIT AP422	CAMPI Y JOVE SA 93-4766666	AMMONIUM POLIPHOSPHATE	FIRE RETARDER	68333-79-9	1
5	CARBOSET 7107	LUBRIZOL ADVANCED MAT EUROPE BVBA 93-5902923	ACRYLIC POLYMER	ADHESIVE		54
6	CELVOL 523 S	IMCD 93-2413858	POLYVINYL ALCOHOL	ADHESIVE	9002-89-5	1
7	WATER		WATER	SOLVENT		25
8						
9						
10						

* For preparations, the details shall also include - in addition to the active component - solvents as well as other components such as plasticizer, emulsifiers, residual monomers, impurities etc. in percentage.

** Please underline the respective direction or regulation you have used for the classification.

Tabella 17. Dati composizione Corkwall forniti dalla Vipeq Hispania.

Allegato2: Classificazione della reazione al fuoco

BOLLETTINO TECNICO 1.31

Classe europea	Germania	Classe europea	Francia	Classe europea	Regno Unito (Galles ing. N.I.)	
EN1350-1-1	DIN 4102-1	Nessun fumo Nessun gocciolamento	EN1350 1-1	NF P92-507	EN 1350 1-1	BS 476/6 BS 476/7
A1	A1	v v	A1	non combustibile	A1	non combustibile
A2 - s1.d0	A2	v v	A2 - s1, d0	M0	A2 - s1/s2/s3, d0/d1/d2	combustione limitata
			A2 - s1/s2/s3, d0/d1	M1		
B/C-s1.d0		v v	B - s1/s2/s3, d0/d1		B - s1/s2/s3, d0/d1	Classe 0
A2/B/C - s2/s3/d0		v				
A2/B/C - s1 d0/d1	B1	v	C - s1/s2/s3, d0/d1	M2	C - s1/s2/s3, d0/d1/d2	Classe 1
A2/B/C - s3/d2		v				
D - s1/s2/s3/ d0		v	D - s1/s2/s3, d0/d1	M2	D - s1/s2/s3, d0/d1/d2	Classe 3
D - s1/s2/s3/ d1/d2	B2		D - s1/s2/s3, d0/d1	M4 (nessun gocciolamento)		
E			E	M4	E	
			E - d2			
F	B3		F		F	

Classe europea	Classificazione per fumi e gocciolamento
A1 Non infiammabile	s1 Nessun fumo
A2 Pressoché non infiammabile	s2 Produzione limitata di fumo e aumento del fumo
B Infiammabile con molta difficoltà	s3 Nessuna limitazione richiesta per la prescrizione di fumo
C Moderatamente infiammabile	
D Abbastanza infiammabile	d0 Nessun gocciolamento ammesso
E Molto infiammabile	d1 Nessun gocciolamento per un periodo dato
F Estremamente infiammabile	d2 Nessuna limitazione richiesta per il gocciolamento

Tabella 18. Classificazioni resistenza al fuoco.

(<http://graphics.averydennison.it/content/dam/averydennison/graphics/eu/it/Instructional-Bulletins/General/TB-1.31-Firecertification-rev-82012-IT.pdf>)

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Quercus suber L. : portamento (A); ramo con foglie e infiorescenze maschili (B); fiori femminili (C); ghiande (D) – (riferimento bibliografico ¹⁵).....	17
Figura 2. Diffusione Quercus Suber L. lungo le coste del Mediterraneo.	18
Figura 3. Principali detentori di foreste di quercia da sughero a livello mondiale. (riferimento sitografico ^b)	19
Figura 4. Sezione tronco quercia da sughero. (riferimento bibliografico ²¹).	22
Figura 5. Presenza globale del gruppo Amorim nel mondo.....	25
Figura 6. Le quattro fasi della metodologia LCA definite da EN ISO 14040- 2008.....	33
Figura 7. Schema generale del sistema studiato raffigurante processi e flussi.....	39
Figura 8. Rappresentazione schematica dei confini di sistema del tipo “From cradle to gate”	40
Figura 9. Percentuali fonti energetiche Portogallo 2011.....	48
Figura 10. Struttura modello in GaBi.	49
Figura 11. Localizzazione siti dello studio in Portogallo. I Coruche (foresta), II Montijo (sito di preparazione sughero), III São Paio de Oleiros (sito di produzione sughero), IV ACC (sito di	

produzione sughero granulato). La linea discontinua segna approssimativamente l'estensione dell'area della foresta.....	55
Figura 12. Estrazione sughero dall'albero mediante accetta.....	58
Figura 13. Processo di apertura della corteccia dall'albero.....	59
Figura 14. Processo di separazione della corteccia dall'albero.....	60
Figura 15. Processo di divisione della corteccia dall'albero.....	60
Figura 16. Processo di estrazione della corteccia dall'albero.....	61
Figura 17. Fase in cui si segnano gli alberi. Alberi segnati.....	62
Figura 18. Cumuli di corteccia di sughero.....	63
Figura 19. Striscia di sughero forata e tappi di sughero Amorim.....	64
Figura 20. Strisce di sughero forate.....	65
Figura 21. Localizzazione industrie ACC e CSP.....	66
Figura 22. Scarti tappi di sughero.....	67
Figura 23. Macchina trituratrice a lame rotanti.....	68
Figura 24. Forno di combustione.....	69
Figura 25. Setacci meccanici, con pompe aspiranti per le polveri.....	69
Figura 26. Tavola densimetrica.....	70
Figura 27. Granuli di diversa granulometria e diverso colore.....	71
Figura 28. Percorso da Amorim Cork Composites a Vipeq Hispania (790Km).....	72
Figura 29. Miscelatore verticale (sinistra), miscelatore per resine e sughero (destra).....	73
Figura 30. Secchi contenenti Corkwall bianco e Corkwall naturale/marrone.....	74
Figura 31. Colori da emulsione bianca.....	75
Figura 32. Colori da emulsione naturale/marrone.....	75
Figura 33. Immagine riassuntiva sistema studiato.....	76
Figura 34. Istogramma. Processi generali della "Gestione forestale" che influenzano le categorie di impatto.....	77
Figura 35. Istogramma. Processi in dettaglio della "Gestione forestale" che influenzano le categorie di impatto.....	78
Figura 36. Istogramma. Processi della fase di "Preparazione sughero" che influenzano le categorie di impatto.....	80
Figura 37. Processi della "Produzione sughero" che influenzano le categorie di impatto.....	81
Figura 38. Processi della "Produzione sughero granulato" che influenzano le categorie di impatto.....	82
Figura 39. Processi della "Produzione Corkwall" che influenzano le categorie di impatto.....	83

Figura 40. Istogramma. Processi generali del modello base.	85
---	----

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Estensione foreste da sughero in ettari.	20
Tabella 2. Composizione Corkwall.	28
Tabella 3. Allocations effettuate nello studio. Evidenziati in grigio i prodotti principali della produzione Corkwall.	42
Tabella 4. Categorie di impatto utilizzate (CML2001–Apr.2013).....	51
Tabella 5. Peso molare e quantità di ammoniaca ed acido fosforico per calcolare il polifosfato di ammonio.....	73
Tabella 6. Valori assoluti “Gestione forestale”, processi generali.....	77
Tabella 7. Valori assoluti “Gestione forestale”, tutti i processi.	79
Tabella 8 . Valori assoluti “Preparazione sughero”.....	80
Tabella 9. Valori assoluti "Produzione sughero".....	81
Tabella 10. Valori assoluti “Produzione sughero granulato”.....	82
Tabella 11. Valori assoluti “Produzione Corkwall”.....	84
Tabella 12. Valori assoluti “ Modello base”.....	85
Tabella 13. Valori assoluti fasi del sistema con valori totali modello base e scenario 1. Linea rossa indica lo scenario 1, mentre la linea nera il modello base.	86
Tabella 14. Distanza produzione resine.- Vipeq Hispania s.a.	87
Tabella 15. Valori assoluti categorie di impatto in confronto tra il trasporto camion del modello base e trasporto con treno dello scenario “treno”.....	87
Tabella 16. Comparazione Corkwall–Corkpan. Valori Corkpan riferimento bibliografico ²³	88
Tabella 17. Dati composizione Corkwall forniti dalla Vipeq Hispania.....	93
Tabella 18. Classificazioni resistenza al fuoco.....	94

BIBLIOGRAFIA

¹Accompanying Report for the BRE Global Environmental Profiles of: AcousticCORK C31, C61 and T61 underlays. November 2011.

²Al-Kassir, A., Ganan-Gomez,j., Mohamad, A.A., Cuerda-Correa, E.M., 2010. A study of energy production from cork residues: sawdust, sandpaper dust and triturated wood. Energy 35 (1), 382-386.

³APCOR. 2009. Cork yearbook. Portuguese Cork Association, Santa Maria de Lamas, Portugal.

⁴APCOR. 2010. Cork as primary material. Portuguese Cork Association, Santa Maria de Lamas, Portugal.

⁵APCOR. 2010. Cork sector in numbers. Portuguese Cork Association, Santa Maria de Lamas, Portugal.

⁶APCOR. 2010. Cork, culture, natura, futeure. Portuguese Cork Association, Santa Maria de Lamas, Portugal.

⁷APCOR. 2011. Characterization study of the cork sector. Portuguese Cork Association, Santa Maria de Lamas, Portugal.

⁸APCOR. 2013. Cork – Cortica. Portuguese Cork Association, Santa Maria de Lamas, Portugal.

⁹Aranda A., Zabalza I.,Scarpellini S.. 2005. Economics and environmental analysis of the wine bottle production in Spain by means of life cycle assessment. International Journal of Agriculture Resouces Governance and Ecology. ISSN: 1462-4605 4 (2).

¹⁰Aronson J., Pereira J., Pausas G.. 2009. Cork oak woodlands an the edge: ecology, adaptive management and restauration. Island Press, Washinton D.C., USA.

¹¹Baldo Gian Luca, Marino Massimo, Rossi Stefano. 2008. Analisi del ciclo di vita LCA. Edizioni Ambiente.

¹²Bosco S., Di Bene C., Galli M.Remoridi D., Massai R., Bonari E.. 2011. Green house gas emission in the agriculture phase of wine production in the Maremma rural district in Tuscany, Italy. Italian Journal of Agronomy6.

¹³BRE Environmental Profiles 2013: Product Category Rules (PCR) for Type III environmental product declaration of construction products to EN 15804:2012.

¹⁴CEN,2012. European Standard – EN 15804

¹⁵Cortesi Fabrizio, Calleri Eugenio. 1936. Sughero. Enciclopedia Italiana Treccani.

¹⁶Demertzi Martha, Rui Silva, Neto Belmira, Dias Ana Claudia, Arroja Luis. Cork stopper supply chain: potential scenarios for environmental impact reduction. Articolo ancora non pubblicato.

¹⁷Duijve, M. 2012. Comparative assessment of insulation materials on technical, environmental and health aspects for application in building renovation to the passive house level. Utrecht University.

¹⁸Ecobilancio. 2010. Valutazione del ciclo di vita di un tappo ad uso enologico in sughero naturale monopezzo. Ecobilancio, Roma.

¹⁹European Commission. 2011. Green public procurement, thermal insulation technical background report. European Commission, Brussels, Belgium.

²⁰Fassi Alessandro, Maina Laura. 2009. L'isolamento ecologico- Edizioni Ambiente.

²¹Gemelli Anna Maria, "Le Anfore del Liceo Ginnasio Statale Vittorio Emanuele II di Napoli", 2010, pag 10/25

²²Gonzalez-Garcia S., Dias A., Arroja L.. 2013. Life cycle assessment of typical Portuguese cork oak woodlands.

²³Gonzalez-Garcia Sara, Dias Ana Claudia, Arroja Luis, 2013. Life –cycle assessment of typical Portuguese cork oak woodlands. Science of the Total Environment 452-453 (2013) 355-364

²⁴Google eBook - Teofrasto primo botanico discorso letto alla Sezione di botanica e fisiologia vegetale del terzo Congresso scientifico italiano dal cavaliere Carlo Speranza, Carlo Speranza, Tipografia della Speranza, 1841, digitalizzato il 26giugno 2013, 32 pag.

²⁵Jonsson A., Tillman A.M., Svensson T. 1997. Life cycle assessment of flooring materials: case study. Building and Environment. 32: 245-55.

²⁶Leitner Walter and Philip G. Jessop. 2010. Green solvents. Volume4: Supercritical solvents. Handbook of green chemistry. Edizioni: Anastas.

- ²⁷Mazzoleni V., Maggi L.. 2007. Effect of wine style on the perception of 2,4,6-trichloroanisole, from cork stoppers and the formation of 2,4,6-trichloroanisole involved in the cork taint of wine. *Food Microbiol* 40(6): 694-699
- ²⁸PCR for construction products EPD (to EN 15804:2012) – Final Version, “BRE environmental Profiles 2013 Product Category Rules for Type III environmental product declaration of construction products to EN 15804:2012 FINAL VERSION”
- ²⁹Pereira H.. 2007. *Cork: biology, production and uses*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, Netherlands.
- ³⁰Pereira, H.. 2007. *Production of cork stoppers and discs*. Elsevier Science B.V., cork, Amsterdam, pp. 263-288.
- ³¹Quaderno tecnico prodotto dalla POLI SUD s.r.l. 2010. Il polistirene espanso sinterizzato, caratteristiche termo-fisiche e meccaniche, impiego nell’isolamento termoacustico. Il polistirene espanso sinterizzato EPS, proprietà e caratteristiche.
- ³²Rives Jesus, Fernandez-Rodriguez Ivan, Rieradevall Joan, Gabarrell Xavier, 2010. Environmental analysis of the production of natural cork stoppers in southern Europe (Catalonia-Spain). *Journal of Cleaner Production* 19 (2011) 259-271
- ³³Rives Jesus, Fernandez-Rodriguez Ivan, Rieradevall Joan, Gabarrell Xavier, 2011. Environmental analysis of the production of champagne cork stoppers. *Journal of Cleaner Production* 25 (2012) 1-13
- ³⁴Rives Jesus, Fernandez-Rodriguez Ivan, Rieradevall Joan, Gabarrell Xavier, 2011. Environmental analysis of cork granulate production in Catalonia-Northern Spain. *Resources, Conservation and Recycling* 58 (2012) 132-142
- ³⁵Rives Jesus, Fernandez-Rodriguez Ivan, Rieradevall Joan, Gabarrell Xavier, 2012. Environmental analysis of raw cork extraction in cork oak forest in southern Europe (Catalonia-Spain). *Journal of Environmental Management* 110 (2012) 236-245

³⁶Rives Jesus, Fernandez-Rodriguez Ivan, Rieradevall Joan, Gabarrell Xavier, 2013. Integrated environmental analysis of the main cork products in southern Europe (Catalonia-Spain. Journal of Cleaner Production 51 (2013) 289-298

³⁷Rizzo Martino M. 2010. Il rischio di amianto. Tecniche di bonifica e norme. Sistemi Editoriali. Ambiente e territorio.

³⁸Silva S.P, Sabino M.A., Fernandes E.M., Correlo V.M., Boelsel L.F., Reis R.L.. 2005. Cork properties, capabilities and applications. International material Reviews 50, 345-365.

³⁹Treccani. Atlante geopolitico, 2013. Mondadori

SITOGRAFIA

^a<http://www.italiaatavola.net/articolo.aspx?id=26421>

^b<http://www.apcor.pt/home/>

^c[http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCMS018.pdf/\\$FILE/FCMS018.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCMS018.pdf/$FILE/FCMS018.pdf)

^d<http://www.bre.co.uk/page.jsp?id=383>

^e<http://www.treccani.it/geopolitico/paesi/portogallo.html>

^f<http://graphics.averydennison.it/content/dam/averydennison/graphics/eu/it/Instructional-Bulletins/General/TB-1.31-Firecertification-rev-82012-IT.pdf>

^ghttp://www.tecnosugheri.it/wp/wp-content/uploads/2014/01/Corkwall_apresentacao-ENG_def_it_REV-FINAL.pdf

^h[http://books.google.it/books?id=ZjiAgAAQBAJ&lpg=PR8&ots=e7e1H3laQe&dq=12%20%E2%80%93%20Life%20cycle%20assessment%20\(LCA\)%20of%20building%20thermal%20insulation%20materials%20R.%20Dylewski%2C%20J.%20Adamczyk&pg=PA276#v=onepage&q=12%20%E2%80%93%20Life%20cycle%20assessment%20\(LCA\)%20of%20building%20thermal%20insulation%20materials%20R.%20Dylewski,%20J.%20Adamczyk&f=false](http://books.google.it/books?id=ZjiAgAAQBAJ&lpg=PR8&ots=e7e1H3laQe&dq=12%20%E2%80%93%20Life%20cycle%20assessment%20(LCA)%20of%20building%20thermal%20insulation%20materials%20R.%20Dylewski%2C%20J.%20Adamczyk&pg=PA276#v=onepage&q=12%20%E2%80%93%20Life%20cycle%20assessment%20(LCA)%20of%20building%20thermal%20insulation%20materials%20R.%20Dylewski,%20J.%20Adamczyk&f=false)

ⁱ<http://costruiamoimobili.blogspot.it/2012/11/il-tronco-dellalbero.html>

^j<http://www.amorimcorkitalia.com/azienda/amorim-portogallo>

^khttp://www.tecnosugheri.it/wp/wp-content/uploads/2014/07/Approfondimento-3_Testo_v11.pdf

^l<http://titano.sede.enea.it/Stampa/skin2col.php?page=eneaperdettagliofigli&id=114>

<http://www.energiaenergetica.enea.it/generazione-distribuita/tecnologie/cogenerazione.aspx>

^m<http://www.ecoseven.net/ambiente/riciclo/via-le-buche-dalle-strade-con-il-materiale-riciclato>

ⁿ<http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AQuecussuberArea.png>

^owww.gabi-software.com/international/overview