

Verso la valutazione ambientale degli edifici. LCA a supporto della progettazione eco-sostenibile

Le banche dati ambientali dedicate all'edilizia



Antonio Basti, Architetto - a.basti@unich.it
Ricercatore presso il DiTAC – Dipartimento di Tecnologie per l'Ambiente Costruito
Università degli Studi “G. D’Annunzio” di Chieti –Pescara, Facoltà di Architettura

gli strumenti

Detailed LCA modelling tools

Includono una famiglia di software basati sull'LCA comprendenti database relativi a materiali e processi di lavorazione disaggregati e quindi personalizzabili.

Solitamente includono diversi modelli e metodologie di valutazione ambientale.

Esempi: SimaPro, Boustead, Gabi

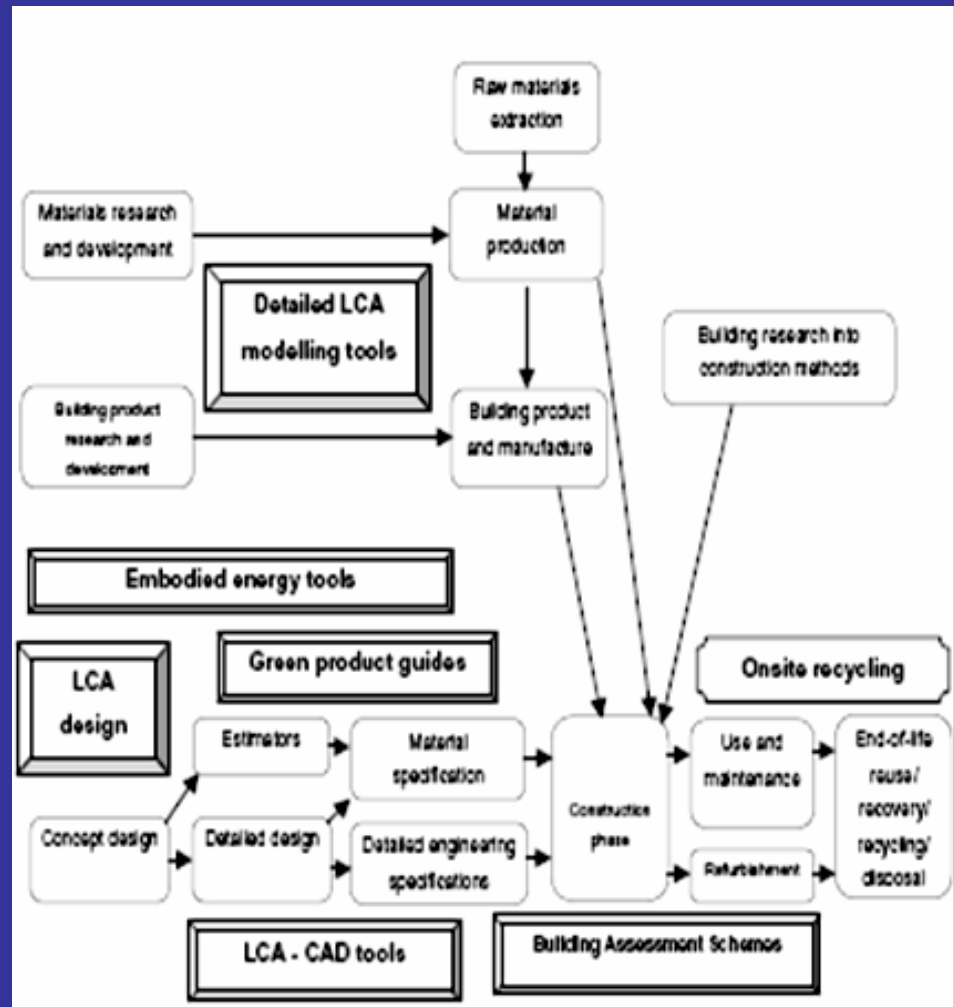
LCA design tools

Strumenti capaci di combinare l'uso di database relativi a materiali e processi con funzionalità di supporto alla simulazione operativa del ciclo di vita dei prodotti.

Adottano il rigore degli strumenti precedenti (Detailed LCA tools) abbinandoli ad un'interfaccia semplificata.

Obiettivo di questi strumenti è di facilitarne e semplificarne l'uso da parte di designers ed architetti. A tal fine includono un repertorio di dati pre-elaborati di cui analizzano solo alcuni valori maggiormente significativi.

Esempi: LCAid (ecotech), LISA, Ecolt, LcaIT, EcoQuantum, ATHENA, Envest



Fonte: Centre For Design at RMIT University, 2001

I tipi di dati

Materiali e processi di lavorazione

A questo livello di analisi, gli input e gli output risultano disponibili con riferimento ai singoli materiali (es. alluminio) e processi di lavorazione (es. laminatura a caldo), oltre che riguardo all'energia ed ai trasporti. Tali dati disaggregati necessitano di essere assemblati per descrivere il ciclo di vita del singolo prodotto analizzato.

Componenti

Molto spesso diversi materiali e processi di lavorazione concorrono alla configurazione di un singolo componente. Ad esempio nella realizzazione dei pannelli sandwich diversi fogli di lamiera metallica (lisci o corrugati) vengono uniti mediante incollaggio e pressatura a caldo ad una lastra di materiale isolante (come il polistirene) in modo da ottenere in componente prefinito, il pannello stesso, da utilizzare direttamente in opera per la realizzazione delle coperture.

Sarebbe quindi molto utile poter disporre di un database in cui un tale componente compaia direttamente assemblato (sub-assembly), assieme ad altri componenti simili, consentendone così un facile confronto e scelta senza dover procedere per ciascuno di questi alla definizione ed inventario delle singole materie prime e processi.

Software e banche dati

Articolati per materiali e processi di lavorazione

SimaPro

Strumento prevalentemente orientato ad applicazioni di industrial design, comprende un esteso repertorio di dati sui materiali e processi provenienti da banche dati ambientali di origine europea, americana e olandese.

Lo strumento si presta anche allo sviluppo di LCA relative al settore edilizio, nonostante le banche dati siano state elaborate con riferimento al settore industriale.

Fonti dei dati d'inventario:

- PRE' - L'accento è posto su materiali, energia, trasporti, elaborazione e trattamento dei rifiuti. I dati sono provenienti da una varietà di report di ricerca pubblici (APME, BUWAL 132, ETH, SPIN, Chalmers, Kemna)
- Buwal – Dati europei su materiali da imballaggio (plastica, cartone, carta, vetro, placcati sottili in acciaio, alluminio), energia, trasporti, trattamento dei rifiuti
- Idemat - materiali per l'Ingegneria (metalli, leghe, plastica, legno), energia, trasporti. I dati sono raccolti da varie fonti controllate dal Dr Hans Remmerswaal, Facoltà di Industrial Design Engineering, Technical University Delft, Paesi Bassi.
- Franklin - dati di inventario NordAmericani riguardanti l'energia, i trasporti, l'acciaio, la plastica, e le relative lavorazioni. Dati raccolti da Franklin Associates, Stati Uniti d'America

Software e banche dati

Articolati per materiali e processi di lavorazione

SPINE (Sustainable Product Information Network for the Environment)

Sviluppato presso il Competence Centre CPM (Centre for Environmental Assessment of Product and Material System) svedese, il Data Base mira a fornire una base di conoscenza per sostenere le industrie interessate alla valutazione ambientale dei propri prodotti

Dati e processi disponibili:

- Freight transports (116)
- Electricity (17)
- Heat (18)
- Fuels (10)
- **Chemicals** (10)
- **Natural materials** (12)
- **Polymers** (16)
- Fertilisers (23)
- **Metals** (38)
- **Building materials** (17)
- Electronic component groups (18)
- Degradation of pulp based on a theoretical model (2)
- **Painting process** (1)
- Environmental reports of specific companies (25)
- Different types of activities, intended to be used in LCA exercises (42)
- Study on converted fuel oil (18)

NB

In rosso i dati relativi a materiali e processi riconducibili al settore edilizio

Software e banche dati

Articolati per materiali e processi di lavorazione

Boustead

Strumento di LCA sviluppato nel Regno Unito ed espressamente dedicato al settore delle costruzioni (B & C). Si presta anche per utilizzazioni diverse.

La banca dati contenente sui materiali è articolata per essere implementata in modo da poter ospitare fino a 12000 processi.

Questi sono individuati in modo univoco attraverso codici numerici in sequenza continua da 1 a 12.000. Ognuno dei 12.000 numeri, corrispondenti ad altrettanti spazi, contiene dati specifici relativi a materiali, processi e strategie di gestione dei rifiuti.

Invest

Strumento di LCA contenente una banca dati che fornisce informazioni sui vettori di energia, produzione e diverse modalità di trasporto. Fornisce inoltre informazioni su cicli di vita completi (dalla culla al cancello) per un limitato numero di prodotti chimici, materie plastiche, cellulosa e carta sono inclusi.

Gabi

Strumento dedicato per usi ingegneristici ed industriali.

Fonte: Centre For Design at RMIT University, 2001

DRAFT CONSTRUCTION OF THE LCAID MATERIALS LIBRARY

New Building Systems and Materials for LCAid

CONSTRUCTION

<i>BOUSTEAD CODE</i>	<i>BOUSTEAD OPERATION AND ASCII FILE NAME</i>
8251	ELEVATED TIMBER FLOOR (LOWEST LEVEL)
8252	ELEVATED TIMBER FLOOR (UPPER LEVEL)
8253	110 mm CONCRETE SLAB ON GROUND
8254	125 mm ELEVATED CONCRETE SLAB (USING TEMPORARY FORMWORK)
8255	TIMBER FRAME, TIMBER WEATHERBOARD WALL
8256	TIMBER FRAME, FIBRE CEMENT WEATHERBOARD WALL
8257	TIMBER FRAME, STEEL CLAD WALL
8258	STEEL FRAME, STEEL CLAD WALL
8259	TIMBER FRAME, CLAY BRICK VENEER WALL
8260	STEEL FRAME, CLAY BRICK VENEER WALL
8261	TIMBER FRAME CONCRETE BLOCK VENEER WALL
8262	CAVITY CLAY BRICK WALL
8263	CAVITY CONCRETE BLOCK WALL
8264	SINGLE SKIN STABILISED (RAMMED) EARTH WALL
8265	SINGLE SKIN AAC BLOCK WALL
8266	STEEL FRAME, COMPRESSED FIBRE CEMENT CLAD WALL
8267	150 mm TILT-UP PRECAST CONCRETE WALL
8268	GLASS CURTAIN WALL
8269	STEEL FACED SANDWICH PANEL WALL
8270	TIMBER FRAME, STEEL SHEET ROOF
8271	STEEL FRAME, STEEL SHEET ROOF (DOMESTIC)
8272	TIMBER FRAME, CONCRETE TILE ROOF
8273	TIMBER FRAME, TERRACOTTA TILE ROOF

Software e banche dati

Articolati per materiali e processi di lavorazione

I-LCA (APAT)

banca dati italiana a supporto della valutazione del ciclo di vita, contiene i dati di inventario di oltre quattrocento processi produttivi e di servizio, strutturati in quattro settori.

Obiettivo della banca dati I-LCA è fornire dati di inventario a supporto della valutazione del ciclo di vita che siano rappresentativi dei processi produttivi e di servizio effettuati nel sistema Paese Italia.

Materiali e processi: contiene i dati di inventario dei più importanti materiali di base impiegati nell'industria (carte, plastiche, metalli, prodotti chimici).

Energia: processi produttivi di energia elettrica e termica, secondo la tipologia e l'origine delle fonti energetiche impiegate in Italia.

Trasporti: modelli dei diversi mezzi di trasporto di merci e passeggeri.

Fine vita: principali processi e tecnologie di trattamento rifiuti esistenti oggi in Italia, come raccolta, selezione, trattamenti termici, discariche.

L'APAT ha avviato lo sviluppo della presente versione della banca dati I-LCA, avvalendosi della collaborazione di Ambiente Italia, Boustead Consulting ed Ecobilan, per la parte metodologica e di raccolta ed elaborazione dati.

Software e banche dati

components database

IVAM 2.0

Data Base utilizzato in abbinamento con il software Eco – Quantum, include molti processi costruttivi specifici, compresi materiali da costruzione, trasporti e energia, in gran parte incentrati su dati olandesi.

I dati sono raccolti da IVAM Environmental Research in Amsterdam, Olanda

Fonte: Centre For Design at RMIT University, 2001

LCAid

Banca dati basata sul Boustead
comprende:

64 componenti edilizi dai solai ai cablaggi
(nuovi componenti)

9 componenti per coperture

10 componenti per pareti

6 componenti per Solai

8 componenti generici

Existing Building Materials for LCAid		
SYSTEM	BOUSTEAD CODE	BOUSTEAD OPERATION AND ASCI FILE NAME
Roof	8171	Metal roof sheeting system
	8174	Transport structural metal components
	8481	Timber roof framing
	8180	Clay roof tiles
	8211	fibreglass insulation
	8222	sisalation
	8194	particleboard (22mm)
	8197	compressed fibre cement (9mm)
	7762	plasterboard (13mm)
	Wall	8175
8482		timber wall framing
8189		masonry block
8127		bricks
7762		plasterboard (13mm)
8211		fibreglass insulation
8222		sisalation
8194		particleboard (22mm)
8197		compressed fibre cement (9mm)
8146		metal cladding
Floor	8123	Reinforced Concrete (100mm)
	8124	Reinforced Concrete (125mm)
	8125	Reinforced Concrete (150mm)

Software e banche dati

Components database

Athena

Database di prodotti articolati per sub-sistemi

structural elements

Legno - 16 componenti disponibili in varie lunghezze, spessori, e capacità di sollecitazione, alcuni disponibili in un certo numero di combinazioni. Banca Dati inizialmente sviluppata nel 1993 ed aggiornata nel 1999 per i prodotti da segazione delle conifere.

Acciaio - 17 componenti disponibili in varie lunghezze, spessori e capacità di carico delle denominazioni. Dati sviluppato nel periodo 1992-1995.

Calcestruzzo strutturale - 8 componenti in varie miscele, dimensioni e resistenza strutturale. Dati sviluppati nel 1993/94 ed aggiornati nel 1999.

envelope components

Rivestimenti - 14 prodotti in varie dimensioni, specie (legno), e tipo di cottura (ad esempio mattoni)

Pannelli in gesso e e Materiali da finitura- 10 prodotti disponibili in diversi spessori e dimensioni. Dati sviluppato nel 1996.

Isolanti e barriere al vapore - 5 prodotti in varie densità e spessori (R - valori). Sviluppato nel 1998 e ampliato e aggiornato nel 1999.

Infissi e e Curtain Walls - 4 tipologie di doppi vetri sigillati in lastre, abbinate con varie combinazioni di materiali per telai, di dimensioni variabili, da utilizzarsi per facciate trasparenti appese.. Dati sviluppati nel 1998 e ampliati nel 1999.

Tinteggiature - 3 tipi di vernici sviluppate nel 1998

Software e banche dati

Applicazioni dedicate

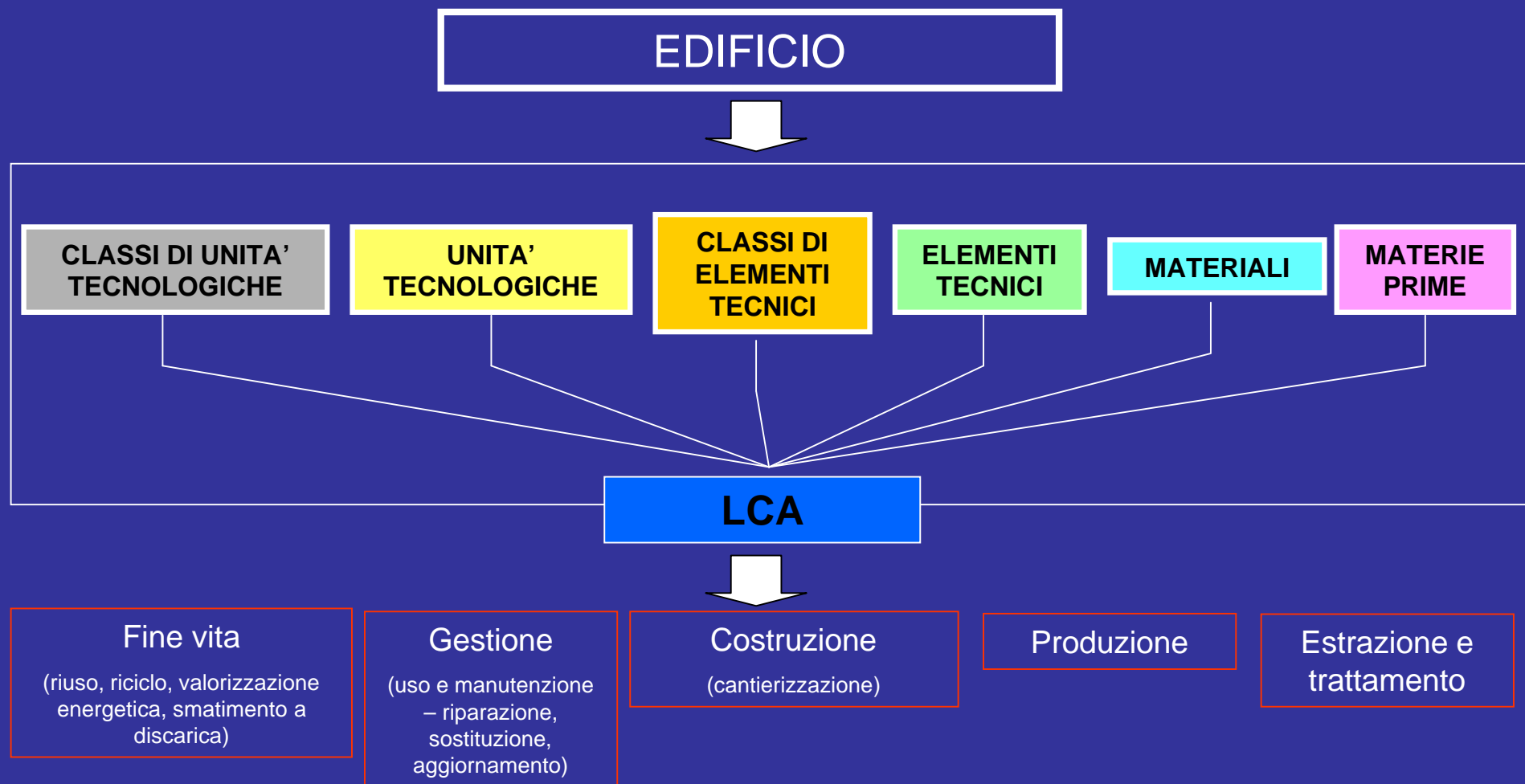
Athena Model tools classification	USER TYPE	BLCA categories	TOOLS	Summary of attributes														Database				
				Relevance		LCA covers			Impact categories used							Present	edit	DB	LCC			
				to Aust.	to B & C	materials	use	disposal	Green house	Energy	Air	Ozone depl.	Toxicity	Water pollution	Volume water	Solid waste	IAQ					
LEVEL 1 - product comparison tools	Material and building product R&D	1. Detailed LCA modelling tools - material product level	Boustead (UK)	medium	low	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	?	yes	no	yes		no		
			GaBi (GER)	low	low	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	?	yes	no	yes		no	
			KCL-ECO (FIN)	low	low	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	?	yes	no	yes		no	
			LCAiT (SE)	low	low	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	?	yes	no	yes		no	
			PEMS (UK)	low	low	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	?	yes	no	yes		no	
			SimaPro (NL)	medium	low	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	yes	yes	possible
			TEAM (Fra)	low	low	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	?	yes	no	yes		no	
			Assessed tool Japan	low	high	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	no	no	no	no	no	no	no	yes	?	no
LEVEL 2 - whole building design decision or decision support to	Designer, env professionals	1. Detailed LCA modelling tools - Building Component level	BRI- LCA (Jap)																			
			Athena (Can)	low	high	yes	yes?	yes	yes	yes	yes	no	yes	yes	no	yes	no	yes		no?		
			BEE 1.0 (FIN)	low	high	yes	no	yes	yes	no	yes	yes	yes	yes	?	yes	no	yes	?	no		
			ECO methods (Fra)	low	high	yes	yes	no	yes	yes	yes	no	yes	no	?	?	yes	Yes	Yes		Yes	
			EcoQuantum (NL)	low	high	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	?	yes	no	yes		no	
			LISA (Aus)	high	high	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	no	no	no	yes	no	no	yes	no	no	
			Optimize (CAN)	low	high	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	?	yes	yes	yes	?	yes	
			SIA D0123 (CH)	low	high	yes	no	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	yes?	?	no
Designer, env professionals	2. LCA Design tools	EcoScan (NL)	low	low	Yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	yes	no	yes	yes	no		
		Invest (UK)	low	high	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	yes	no?	yes		no?		
		ECOit (NL)	low	low	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	yes	no	yes	no	no		
		LCAit	low	low	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	no	yes	no	yes	no?	no		
																					limited	

Una proposta di classificazione della banca dati

La qualità dei dati

accessibilità – trasparenza – affidabilità – completezza – appropriatezza
correlazione

Scomposizione dell'edificio norma UNI 8290 e lo schema di classificazione di cui all'appendice 0051 - sistema tecnologico



Articolazione in fasi del ciclo di vita secondo la definizione proposta dalla SETAC

I contenuti



L'articolazione

LCI materiali e prodotti
(kg o n°)

LCIA materiali e prodotti

LCI soluzioni costruttive
(mq o mc)

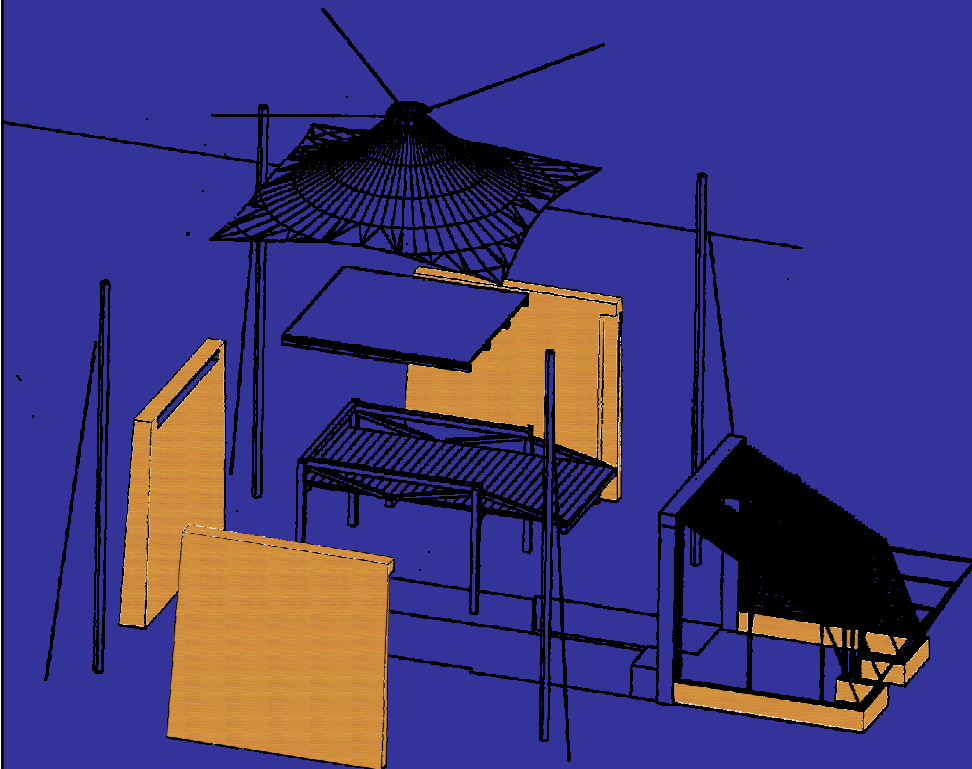
LCIA soluzioni
costruttive

LCI degli elementi tecnici

LCIA degli elementi
tecnici

LCI edificio

LCIA dell'edificio



I criteri

DOCUMENTAZIONE RELATIVA AI DATI RACCOLTI

Data	
Autore	
Periodo di tempo	
Geografia	Provincia e Regione d'Italia, per altre località fuori d'Italia basta lo Stato
Fonte dei dati	letteratura (autori, titolo, casa editrice, anno di stampa) o altro (esperienze dirette, aziendali o di maestranza)
Unità funzionale	Unità di misura
Confini del sistema	di secondo ordine (risorse, materiali, energie, emissioni(compreso l'uso del territorio)),
Confini con la natura	agricoltura è interna al sistema - agricoltura è esterna al sistema
Categoria del processo	risorsa, materiale o prodotto, soluzione costruttiva, elemento tecnico, edificio
Tecnologia	Appropriata, intermedia, consolidata
Rappresentatività	di un prodotto specifico (per esempio il processo per la produzione di un certo tipo di laterizio ottenuto dai dati di almeno 3 Aziende), di un'azienda specifica, di un processo ottenuto da un processo che produce risultati analoghi
Allocazioni di prodotto e co-prodotti	su basi fisiche (per esempio massa, volume, tempo, lunghezza, energia), o su basi socio-economiche
Regole di esclusione dei single score	danno minore dell'1% per almeno 3 su 4 dei Metodi di valutazione usati (EI-99, EPS, IMPACT2002+, EDIP)
	di terzo ordine (risorse, materiali, energie, emissioni e impianti)
Verificatore	
Commenti:	descrizione delle caratteristiche principali

I criteri

COMPILAZIONE DEI PROCESSI RELATIVI ALLE SOLUZIONI COSTRUTTIVE

Resources (da natura)	Acqua
Materials/Fuels (da tecnosfera)	Tutti i singoli materiali, prodotti ed opere compiute di cui è costituita l'Unità funzionale
Electricity/Heat (da tecnosfera)	trasporto dei materiali e prodotti dal produttore (o distributore) al cantiere Trasporto degli impianti dal produttore (o distributore) al cantiere Energia elettrica necessaria per la gestione del cantiere LCA degli impianti che lavorano nel cantiere dove viene prodotta l'UF: (p/peso totale U F prodotta nelle vita dell'impianto)*peso UF Energia per il riscaldamento invernale in 100 anni di vita dell'elemento tecnico (UF) Energia per il rinfrescamento estivo in 100 anni di vita dell'elemento tecnico (UF) Manutenzione dell'elemento tecnico (UF) in 100 anni di vita utile
Emissioni in aria, acqua e suolo:	Nella produzione dei materiali edilizi ci sono le polveri
Trattamento dei rifiuti	Il fine vita dei componenti separabili
	calcestruzzo e mattoni+malta, riciclo come sottofondo stradale con prodotto evitato "gravel"; isolanti in plastica separabili, incenerimento con prodotto evitato energia elettrica e termica; isolanti in lana minerale separabili, processo di inertizzazione e scarica per rifiuti pericolosi isolanti in lana minerale non separabili, processo di inertizzazione e scarica per rifiuti pericolosi per tutto l'elemento tecnico metalli, riciclo con prodotto evitato il metallo riciclato;

I criteri

COMPILAZIONE DEI PROCESSI RELATIVI A MATERIALI E PRODOTTI

Resources (da natura)	Acqua Minerali Land use: Occupation e transformation relativa all'area occupata dall'edificio in cui avviene la produzione
Materials/ Fuels (da tecnosfera)	Materiali di cui è costituita l'Unità funzionale
Electricity/Heat (da tecnosfera)	Energia elettrica necessaria alla produzione dell'U.F. Energia termica necessaria alla produzione dell'U.F. LCA Edificio in cui avviene la produzione dell'U.F.: (p/peso totale U. F. prodotta nelle vita dell'edificio)*peso U.F. LCA Impianti che producono l'U.F.: (p/peso totale U. F. prodotta nelle vita dell'impianto)*peso U.F. Trasporto della quota parte degli impianti dalle Ditte produttrici alla Ditta che produce l'U.F. Trasporto dei materiali dalle Ditte produttrici alla Ditta che produce l'U.F.
Emissioni in aria, acqua e suolo	Nella produzione dei materiali edilizi ci sono le polveri e le emissioni degli additivi e alleggerenti
Trattamento dei rifiuti	Il fine vita degli scarti di lavorazione che non vengono riusati negli stessi, od in altri processi produttivi
	riciclo materiali edili(es. per sottofondo stradale con prodotto evitato gravel): plastica, incenerimento con prodotto evitato energia elettrica e termica; metalli, riciclo con prodotto evitato il metallo riciclato; lana minerale, processo di inertizzazione e discarica per rifiuti pericolosi

Un esempio applicativo - le analisi d'inventario

UT - Struttura di elevazione

CET - Struttura di elevazione verticale

Soluzione A

Parete in terra cruda realizzata con la tecnica del massone

Rif:

X_1mq di massone



Soluzione B

Parete in terra cruda realizzata con la tecnica dell'Adobe



Soluzione C

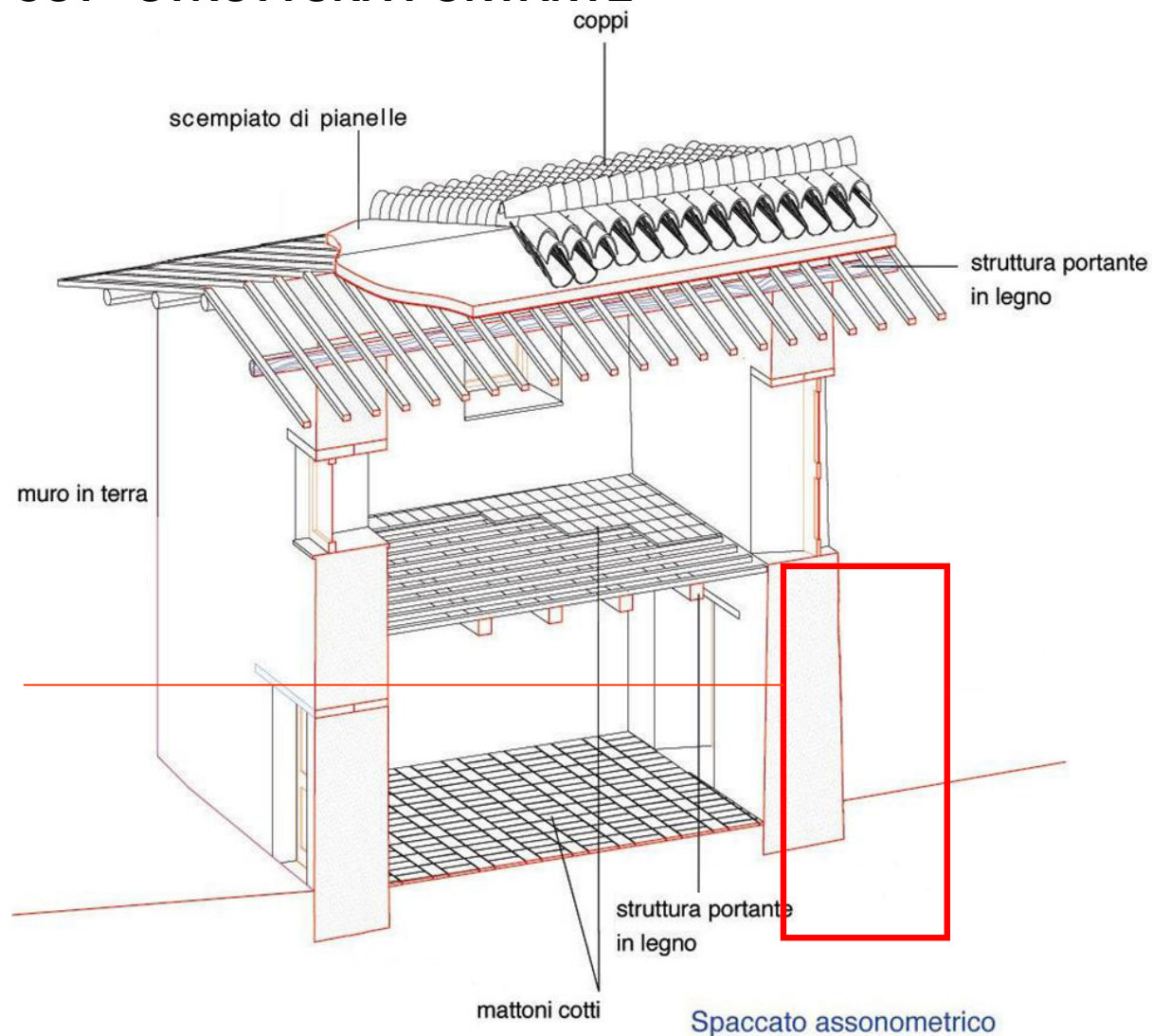
Parete in terra cruda realizzata con la tecnica del Pisè



Dati d'Inventario



CUT - STRUTTURA PORTANTE




Un esempio applicativo - I processi

Soluzioni costruttive

Process identifier eneaXXXX17478100846 – Generator milano-neri - SimaPro 5.0 - Date: 09/12/2004

X_1mq massone (70cm) (processo costruito)

Comment: Porzione di muratura in terra cruda (tecnica del massone) corrispondente ad 1mq di unità di prodotto, dello spessore di 70 cm

	quantità	note
Resources		Analizzate nel processo://_(1kg) Terra alleggerita (massone)
Materials/fuels		
//_(1kg) Terra alleggerita (massone) (processo costruito) 	875 kg	Peso specifico per unità di volume • 900-1600 kg/mc - valore medio:1250kg/mc Volume dell'unità di prodotto • 1m x 1m x 0.70m= 0.70mc Peso dell'unità di prodotto • 0.70mc x 1250kg/mc= 875kg
Electricity/heat	0	Il fabbisogno energetico legato ai trasporti si considera pari a zero, in quanto si assume la coincidenza tra luogo di estrazione (cava) e di costruzione (cantiere)
Emissions to air, Emissions to water, Solid emissions, Emissions to soil, Non material emission		Analizzate nelle fasi di processo relative a Materials ed Electricity
Waste to treatment		
Solid building material Riciclo terra cruda (0.012%) (processo costruito)	875 kg	Riciclo per la produzione di nuova muratura: 98,8% (????) Conferimento a discarica: 1,2%

Un esempio applicativo - I processi

Materiali e prodotti

Process identifier eneaXXXX17478100760 – Generator milano-neri- SimaPro 5.0 - Date:19/11/2004		
//_(1kg) Terra alleggerita (massone) (processo costruito)		
Comment: materiale per la realizzazione di muratura in terra cruda (tecnica del massone) corrispondente ad 1kg di unità di prodotto		
	quantità	note
Resources		
water - (Processo richiamato – DB)	0,35 kg	35% del peso dell'unità di prodotto
inerti vegetali - (Processo richiamato – DB)	0,02 kg	2 % del peso dell'unità di prodotto
Materials/fuels		
clay, at mine - (Processo richiamato – DB)	0,0945 kg	Argilla di cava, 15% del peso della miscela secca (1 kg – 0,37 kg (acqua e inerti)= 0,63 kg) $0,63 \text{ kg} * 0,15 = 0,0945 \text{ kg}$
Sand I - ((Processo richiamato – DB. IDEMAT 2001)	0,1890 kg	Sabbia, 30% del peso della miscela secca: $0,63 \text{ kg} * 0,30 = 0,1890 \text{ kg}$
Silt - (Processo richiamato – DB)	0,3465 kg	Limo, 55% del peso della miscela secca: $0,63 \text{ kg} * 0,55 = 0,3465 \text{ kg}$
Electricity/heat		
Electricity LV use in I + imports (Processo richiamato – Database ETU-ESU 96)	0,00035 kWh	Macinazione e impasto eseguiti con molazza <ul style="list-style-type: none"> • azienda: Officine Polieri - modello compact 200 potenza 2.5HP= 1.86KW (2.5/1.34) • produzione: 0.85mc ogni 12 minuti di lavorazione Volume occupato dall'unità di prodotto $1.00\text{kg} : X_{\text{mc}} = 1250 \text{ kg} : 1\text{mc}$ <ul style="list-style-type: none"> • $1.00\text{kg} = > 1.00\text{kg}/(1250\text{kg}/\text{mc})=0.0008 \text{ mc}$ Tempo di lavorazione per unità di prodotto <ul style="list-style-type: none"> • $(0.85 \text{ mc} : 12\text{minuti} = 0.0008 \text{ mc} : X)$ • $X = (12\text{minuti} \times 0.0008 \text{ mc})/0.85\text{mc}=0.0113 \text{ min}$ Energia consumata per unità di prodotto <ul style="list-style-type: none"> • $1.86\text{kW} * 0.0113/60\text{h} = 0,00035 \text{ kWh}$
Emissions to air		
dust (SPM) - (Processo richiamato – DB)	0,00006 kg	Si assume una produzione di emissioni pari alla metà di quelle prodotte nel processo di lavorazione del mattone in argilla "brick (clay)" <ul style="list-style-type: none"> • $1/2 * 0.012\% = 0.00006 * 1\text{kg} = 0.00006\text{kg}$
Emissions to water, Solid emissions, Emissions to soil, Non material emission		Analizzate nelle fasi di processo relative a Materials ed Electricity
Waste to treatment		Analizzati nel processo: X_1mq massone (70cm)

Un esempio applicativo - I dati d'inventario

Soluzioni costruttive

Classe di unità tecnologica: struttura portante

Unità tecnologica: struttura di elevazione

Classe di elementi tecnici: pareti perimetrali verticali (parete sud)

PROCESSO	ELEMENTI TECNICI	MATERIALE	DESCRIZIONE	ANNOTAZIONE	VOLUME (mc) o SUP.(mq)	PESO TOTALE Kg
X_1mq massone (70 cm)	Parete in terra cruda realizzata con la tecnica del massone	Terra cruda Acqua Paglia	Sistema costruttivo utilizzato per erigere murature portanti. Prevede l'esecuzione di un impasto di terra paglia denso impilato e gettato a costituire una muratura spessa, modellata a mano senza casseformi. La superficie viene parificata e raddrizzata tagliando eventuali parti in eccesso	Struttura di elevazione verticale, parete sud (parete rastremata) Dimensioni: largh. alla base 5.12 m / largh. In sommità 4.92 altezza media 5.15 m superficie muro: $[(4.92m + 5.12m) * 5.15m] / 2 = 25.853$ mq $25.853mq - 0.60mq - 0.60mq = 24.65mq$ Peso specifico del massone : 900-1600kg/mc considero il valore medio:1250kg/mc spessore medio 70cm $1m \times 1m \times 0.70m = 0.70mc$ Peso di un mq di muro in massone dello spessore di 70cm: $0.70mc \times 1250kg/mc = 875kg$ Peso muro: $24.65mq \times 875kg = 21568.75K$	24.65mq	21568.75 Kg
X_1mq muratura di mattone in terra cruda (43cm)	Parete in mattoni di terra cruda	Terra cruda Acqua	Mattone in terra cruda prodotto industrialmente	Struttura di elevazione verticale, parete sud (parete rastremata) Dimensioni: largh. alla base 5.12 m / largh. In sommità 4.92 altezza media 5.15 m superficie muro: $[(4.92m + 5.12m) * 5.15m] / 2 = 25.853$ mq $25.853mq - 0.60mq - 0.60mq = 24.65mq$	24.65mq	
X_1mq muratura in pisè (70 cm)	Parete in terra cruda compressa in opera	Terra cruda Acqua	Tecnica costruttiva che consiste nel compattare strati di terra costipandoli in casseforme	Struttura di elevazione verticale, parete sud (parete rastremata) Dimensioni: largh. alla base 5.12 m / largh. In sommità 4.92 altezza media 5.15 m superficie muro: $[(4.92m + 5.12m) * 5.15m] / 2 = 25.853$ mq $25.853mq - 0.60mq - 0.60mq = 24.65mq$	24.65mq	

Un esempio applicativo - L'articolazione dei processi

Materiali e prodotti

tipologia	descrizione	fonti dei dati
Terra alleggerita (massone)	Materiale per la realizzazione di muratura in terra cruda (tecnica del massone) corrispondente ad 1kg di unità di prodotto	Letteratura, ced-terra, esperti locali, aziende: Officina polieri
Mattone terra cruda (adobe)	Mattone crudo industriale (tecnica dell'adobe) corrispondente ad 1kg di unità di prodotto	Letteratura, ced-terra, esperti locali, aziende: Geosana, Di Muzio Laterizi, Bongioanni macchine, Vam
Terra battuta (pisè)	Materiale per la realizzazione di murature compresse meccanicamente (tecnica del pisè), corrispondente ad 1kg di unità di prodotto	Letteratura, ced-terra, esperti locali, aziende: Officine polieri, Bongioanni macchine, Bosch
Mattone alleggerito in terra cruda	Mattone in terra cruda alleggerito corrispondente ad 1kg di unità di prodotto	Letteratura, ced-terra, esperti locali, aziende: Geosana, Di Muzio Laterizi, Bongioanni macchine, Vam
malta d'argilla	Materiale per la realizzazione di malta di argilla corrispondente ad 1kg di unità di prodotto	Letteratura, ced-terra, esperti locali, aziende: Officina Polieri
intonaco d'argilla esterno	Materiale per la realizzazione di rivestimento per esterno in intonaco di argilla e calce, corrispondente ad 1kg di unità di prodotto	Letteratura, ced-terra, esperti locali, aziende: Officina Polieri
intonaco d'argilla interno	Materiale per la realizzazione di rivestimento per interno in intonaco di argilla, corrispondente ad 1kg di unità di prodotto	Letteratura, ced-terra, esperti locali, aziende: Officina Polieri

Un esempio applicativo - L'articolazione dei processi

Soluzioni costruttive

tipologia	descrizione	fonti dei dati
Muratura in massone (70cm)	Porzione di muratura in terra cruda (tecnica del massone) corrispondente ad 1mq di unità di prodotto, dello spessore di 70 cm	Letteratura, ced-terra, esperti locali, maestranze locali
muratura di mattoni in terra cruda (43cm)	Porzione di muratura in mattone crudo industriale (tecnica dell'adobe) corrispondente ad 1mq di unità di prodotto, dello spessore di 43 cm	Letteratura, ced-terra, maestranze locali
muratura in pisè (70cm)	Porzione di muratura in terra compressa meccanicamente (tecnica del pisè) corrispondente ad 1mq di unità di prodotto, dello spessore di 70 cm	Letteratura, ced-terra, esperti locali, maestranze locali
muratura di laterizio pieno (0.70m)	Porzione di muratura in laterizio per fondazione, corrispondente ad 1mq di unità di prodotto dello spessore di 70 cm	Letteratura, banca dati ambientali
pavimento in mattoni (3cm)	Porzione di pavimento in laterizio, corrispondente ad 1mq di unità di prodotto dello spessore di 3 cm	Letteratura, banca dati ambientali
muratura di mattoni alleggeriti in terra cruda (8cm)	Porzione di muratura in mattone alleggerito in terra cruda (produzione industriale) corrispondente ad 1mq di unità di prodotto, dello spessore di 8 cm	Letteratura, ced-terra, maestranze locali
massetto portante terra/legno (10cm)	Porzione di elemento portante a base di terra e legno, corrispondente ad 1mq di unità di prodotto dello spessore di 10 cm	Letteratura, ced-terra, maestranze locali
intonaco in terra e calce esterno (1,5cm)	Porzione di rivestimento per esterno, in intonaco di argilla e calce, corrispondente ad 1mq di unità di prodotto dello spessore di 15 mm	Letteratura, ced-terra, maestranze locali
intonaco in terra interno (1,5cm)	Porzione di rivestimento per interno in intonaco di argilla,, corrispondente ad 1mq di unità di prodotto dello spessore di 15 mm	Letteratura, ced-terra, maestranze locali

Riferimenti bibliografici e fonti delle illustrazioni

Neri P. (a cura di), 2007, La valutazione ambientale LCA a supporto della progettazione eco-sostenibile degli edifici - Procedure, strumenti e casi applicativi, Alinea, Firenze

Annex 31, 2004, Energy-Related Environmental Impact of Buildings. Final report, CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation) on behalf of IEA ECBCS (International Energy Agency-Energy Conservation in Buildings and Community), Canada

Centre For Design at RMIT University, 2001, LCA Tools, Data and Application in the Building and Construction Industry: Background Report. Environment Australia, Department of Environment and Heritage, Australia