



POLITECNICO DI TORINO
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA E DESIGN
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
ARCHITETTURA COSTRUZIONE CITTÀ

Tesi di laurea

ANALISI MULTISCALA DEL QUARTIERE
ECOLOGICO “EVA LANXMEER”
DAL PRINCIPIO AL MATERIALE NELLA COSTRUZIONE DI UN
VALORE

Relatore: prof. Andrea Bocco

Laureando: Riccardo Zonato

Anno Accademico 2018/2019

INDICE

ABSTRACT INTRODUTTIVO

IL LUOGO	1
Il valore di una risorsa	1
Droogmakerij	2
Culemborg, tappe e appunti storici	3
LA STORIA DI EVA LANXMEER	5
Paesi Bassi: al principio un contesto favorevole	5
Al tavolo di discussione: dinamiche del processo	7
Lo studio dell'ecosistema guida la definizione del piano	9
I lotti di costruzione	12
Cronologia degli edifici	15
GLI ASPETTI DELL' INTERVENTO	19
Comunità	19
Comunicazione e istruzione	19
Conoscenza e partecipazione	19
Lavoro	19
Permacultura	20
Paesaggio e spazi esterni	21
Sistemi di quartiere	23
Sistema delle acque	23
Un serbatoio di identità	28
Sistema di riscaldamento	30
Sistema di gestione e riciclo dei rifiuti	31
Mobilità	32
Abitazioni	34
Differenziazione architettonica	34
Un' occhiata alle residenze Kaswoningen	35
Usi, tecnologie e materiali	37
ANALISI TECNOLOGICA DI DETTAGLIO DI UN' UNITÀ ABITATIVA	38
Lodewijk Van Deysselhof, 19	39
Tecniche costruttive: il sistema strutturale	40

I materiali e l'impatto ambientale	49
Vegetali	49
Compositi	50
Ceramici	51
Metalli	53
Plastiche	54
Calcolo dei materiali	56
Un utile confronto	58
 CONCLUSIONE	 61
 FONTI BIBLIOGRAFICHE	 62
 SITOGRAFIA	 64

ABSTRACT INTRODUTTIVO

Lo scopo di questa tesi è comprendere, verificare e divulgare la storia e il funzionamento di un quartiere ecologico, introducendo le soluzioni tecnologiche ivi presenti come risposta a un problema, all'interno di un percorso ispirato dalla volontà di instaurare un rapporto equilibrato tra l'azione dell'uomo e l'ecosistema esistente.

Questo non può avvenire senza la conoscenza del valore e la consapevolezza dell'importanza delle risorse naturali nella definizione di un ambiente, dunque attraverso un percorso di studi bilanciato nei saperi ma teso a un'innovazione pratica che possa indurre il settore delle costruzioni ad agire in modo più responsabile, ampliando lo sguardo all'intero ciclo di vita del manufatto.

Il testo si struttura in due parti principali.

La prima raccoglie ed elabora gli studi e le osservazioni sul contesto, sulla storia, sugli approcci progettuali e sui sistemi tecnologici del quartiere ecologico Eva Lanxmeer di Culemborg, Gheldria, Paesi Bassi.

La seconda parte tratta l'analisi tecnologica di dettaglio di un edificio, tramite diverse scale di rappresentazione (1:100, 1:50, 1:10), testi di approfondimento sui materiali e le tecniche costruttive utilizzate e fogli di calcolo dell'impatto ambientale con relative osservazioni e conclusioni. Il calcolo dell'impatto ambientale si è limitato a considerare l'embodied energy, cioè il quantitativo di energia incorporata nel ciclo del prodotto (megajoule), e il global warming potential, cioè il quantitativo di emissioni nel ciclo del prodotto che causano il cambiamento climatico (chilogrammi di anidride carbonica equivalenti), relative alla produzione dei componenti dell'edificio nelle fasi di estrazione delle materie prime (A1), trasporto al sito manifatturiero (A2) e manifattura (A3).

IL LUOGO

IL VALORE DI UNA RISORSA

Il toponimo “Paesi Bassi” non è esclusivamente riconducibile agli attuali confini olandesi bensì alle terre depresse bagnate dal Mar del Nord.

La storia di queste zone è intimamente connessa alla presenza dominante dell’acqua; essa è stata infatti, fin dai primi insediamenti durante l’Età della Pietra, elemento determinante, come è ben visibile nei *Terpen*: abitazioni edificate su un innalzamento artificiale del terreno, il *Terp*, formato tramite l’apporto di concime e terra, per ripararsi dalle alluvioni (fig. 1). Questa tecnica contribuì alla nascita di piccoli insediamenti isolati, senza possibilità di espansione.



Figura 1. Insediamento su Terp a Ezinge, Groningen, Paesi Bassi.

Le cose cambiarono a partire dall’XI secolo con la costruzione dei primi argini, *dijken*, prima per fermare la penetrazione del mare lungo i canali marittimi, poi per contenere il flusso dei principali fiumi.

Mentre le terre arginate, chiamate *polder*, venivano protette dalle inondazioni e potevano così essere coltivate e abitate, si sviluppò il commercio fluviale che favorì la crescita di diversi insediamenti quali Utrecht, Tiel e Deventer.

I contadini oltre che coltivare le terre emerse, collaboravano in gruppi organizzati alla costruzione e alla gestione degli argini, guidati da un capitano, il *dijkgraaf*, per secoli la più rispettata autorità di quei liberi paesi.

Lo sviluppo maggiore si ebbe con la costruzione dei mulini a vento all’inizio del XV sec., che portò alla realizzazione di grandi polder nell’entroterra, tramite il *droogmakerij*, cioè la tecnica del prosciugamento. Nei secoli successivi questa tecnica permise la crescita dell’agricoltura intensiva che oltre a soddisfare il fabbisogno locale, alimentò lo scambio. La rete di beni e interessi che andò così formandosi pose le basi per la nascita della Repubblica delle Sette Province Unite nel 1588, all’interno dell’attuale territorio olandese, lo stato dei Paesi Bassi e l’impero coloniale nel secolo successivo (XVII).

Droogmakerij

L'azione dei mulini a vento permise di pompare l'acqua delle aree sommerse in un canale artificiale, posizionato a un livello superiore a quello del corso d'acqua a cui il flusso è destinato (fig. 2); nell'Ottocento l'operazione di bonifica venne affidata anche a macchine a vapore, mentre ora esistono impianti idrovori elettrici.

I campi coltivati all'interno dei polder vengono circondati da canali artificiali il cui livello d'acqua viene mantenuto specifico e costante, tramite pompaggio, in grado di garantire le migliori condizioni per le specie ivi coltivate (fig. 3).



Figura 2. Rappresentazione di un polder agricolo da droogmakerij.



Il caso descritto mostra come i popoli di questo territorio impararono col tempo a collaborare, prima per controllare, poi per gestire e utilizzare efficacemente l'abbondanza di una risorsa naturale.

Vedremo come lo studio dell'azione dell'uomo, a qualsiasi scala esso venga intrapreso, non possa prescindere dal considerare le caratteristiche dell'ecosistema su cui insiste.

CULEMBORG, TAPPE E APPUNTI STORICI

Culemborg è un comune di 28.000 abitanti situato nel Rivierenland, nella provincia del Gelderland, in una zona rurale a bassa densità abitativa bagnata dal fiume Lek, il ramo settentrionale del Reno, destinata principalmente all'allevamento, alla frutticoltura e alla floricultura. Il nome antico della città era Kuilen Burgh cioè “castello sulla fossa”, in riferimento ad una pozza d'acqua formata a causa di una breccia su una diga di contenimento del Lek. Dal 1318 per lungo tempo, Culemborg fu una “Vrijstad”, città libera, indipendente dai ducati e dalle contee dei Paesi Bassi, titolo conferito da Jan I van Beusichem ai Poorter (guardiani del castello) che garantiva alla città i diritti doganali e di asilo. Quest'ultimo la rese rifugio di molti debitori olandesi che si assumevano il rischio di essere dichiarati colpevoli dal sistema giudiziario di Culemborg ma con la sicurezza di non poter essere raggiunti dai rispettivi creditori. A causa di tale dinamica la frase “Near Culemborg gaan” (andare a Culemborg), divenne sinonimo di andare in bancarotta¹.

Nel XIV secolo fu costruita una cinta muraria per tenere fuori dalla città bande di fuorilegge e truppe nemiche.

La città fu poi ampliata due volte: intorno al 1370 con un distretto portuale sul lato nord, il cosiddetto Havendijk, e vent'anni dopo sul lato sud, con l'annessione delle frazioni di Lanxmeer e Paris, in un quartiere chiamato Nieuwstad. In questo modo fu creata una sorta di tricittadina ed anche l'Havendijk e il Nieuwstad furono murati.

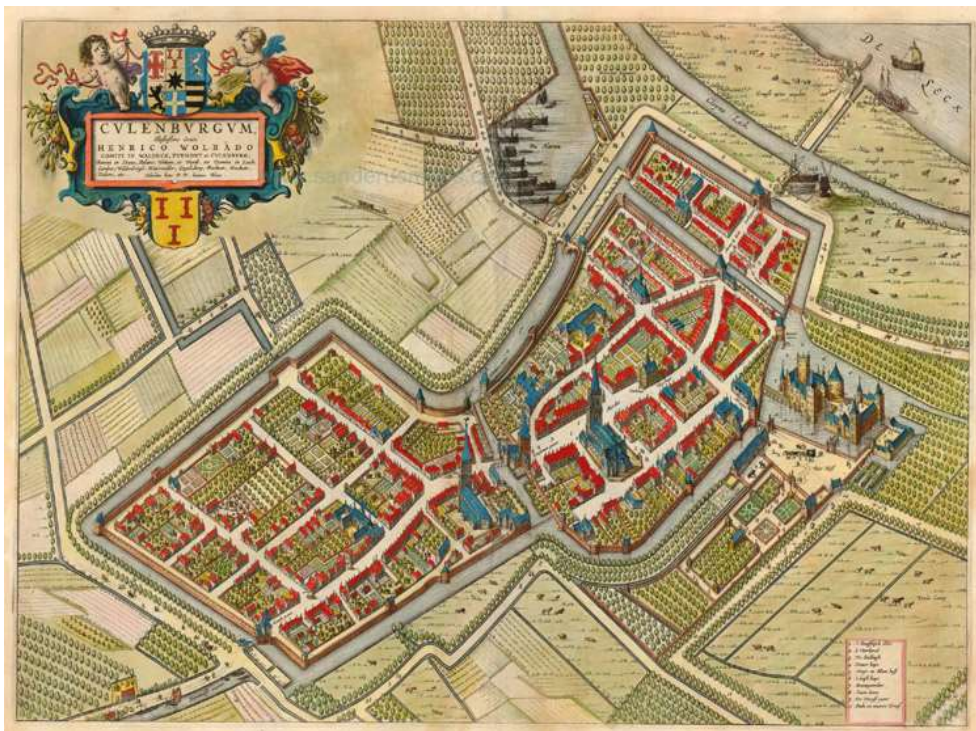


Figura 4. Mappa di Culemborg, 1649

¹ www.voetvanoudheusden.nl

Nella raccolta cartografica delle città olandesi di Joan Blaeu del 1649 (fig. 4) la configurazione di Culemborg, delimitata dalle mura e dai suoi canali, mostra i segni di città indipendente e luogo di rifugio. Altri elementi evidenti sono i due canali interni che la dividono in tre parti, i fronti compatti dell'edificato e la numerosa presenza di "market gardens", piccole aree coltivate, solitamente inferiori ad 1 acro (0,4 ettari) dove trovano spazio differenti colture che oltre a sfamare il nucleo familiare, garantivano la rivendita dei prodotti non consumati ².

Nel 1720 Culemborg perse la propria indipendenza venendo assoggettata al quartiere Nijmegen, parte del ducato di Gelre, nella Repubblica delle Province Unite, in quella che ora è la provincia del Gelderland, mantenendo tuttavia alcuni diritti sovrani; in seguito fu donata dal principato di Sassonia-Hildburghausen, proprietario della contea di Culemborg, all'ultimo generale ereditario Stadtholder delle Province Unite, Willem IV d'Orange.

La città fu occupata nell'inverno del 1795 dalle forze napoleoniche che riuscirono a superare la "Waterlinie" (fig. 6), l'area difensiva di allagamento artificiale passante per Culemborg, che si era congelata e a rovesciare la Repubblica delle Province Unite, osteggiata dagli stessi olandesi. Nel 1868 la costruzione del ponte ferroviario di Culemborg (fig. 5), a quel tempo il più lungo in Europa, che consentì di superare il fiume Lek, dando continuità alla tratta Utrecht – Boxtel fu un importante stimolo per l'industria di Culemborg e per l'espansione dei due secoli successivi.

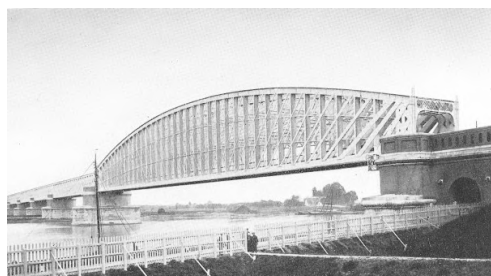


Figura 5. Foto del ponte di Culemborg, 1869.



Figura 6. Mappa Waterlinie con contesto

² www.voetvanoudheusden.nl

LA STORIA DI EVA LANXMEER

Paesi Bassi: al principio un contesto favorevole

Nel 1987 la Commissione mondiale su Ambiente e Sviluppo, coordinata da Gro Harlem Brundtland, pubblicò il rapporto “Our common future”, in cui si spiegavano i problemi ambientali in atto e si individuavano le due principali cause: la povertà del sud del pianeta e i modelli di produzione e di consumo dei paesi ricchi. La soluzione venne riassunta tramite il concetto innovativo di sviluppo sostenibile che viene così definito:

*Lo sviluppo sostenibile è un processo di cambiamento tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i cambiamenti istituzionali siano resi coerenti con i bisogni futuri, oltre che con gli attuali”*³.

Diversi stati risposero positivamente all'appello globale.

Il governo dei Paesi Bassi, a partire dal 1988, attuò una serie di politiche sostenibili di pianificazione, le quali favorirono iniziative e collaborazioni tra professionisti attenti e attivi sulla questione ambientale.

In questo clima Marleen Kaptein iniziò a Delft la propria collaborazione con il gruppo OBOM (Open Bouwen Ontwikkeling Model), impegnato nell'elaborazione di un modello di sviluppo urbano partecipativo per i residenti, per poi diventare membro del consiglio di amministrazione della VIBA (Association for Integrated Biological Architecture) e della Fondazione Mens & Architectuur, iniziandosi ai principi di progettazione che stanno alla base dell'architettura ecologica.

Nel 1994 Marleen Kaptein (fig. 7) con la consulenza e il supporto della Delft University of Technology (vedi articoli di Arjan Van Timmeren in bibliografia), il gruppo Kees Duivesteijn, Eric Goewie della Wagen Agricultural University e molti altri, fondò l'organizzazione EVA, *Ecologisch Centrum voor Educatie, Voorlichting en Advies*, cioè un centro ecologico per l'educazione, l'informazione e la consulenza al fine di promuovere e indirizzare piani e progetti di sviluppo urbano sostenibile, verso un approccio integrato e partecipato tra professionisti e residenti⁴. A questo scopo Marleen si rivolse a due agenzie: opMAAT che sviluppò il concetto di sistema idrico integrato e CORE International che definì gli aspetti di energia sostenibile.



Figura 7. Marleen Kaptein, 1996



Figura 8. Logo della fondazione E.V.A.

³ Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo, il futuro di noi tutti, Milano, Bompiani, 1988, pp. 32-78 e pp. 321-381.

⁴ www.eva-lanxmeer.nl

Nella brochure di EVA del 1995 si può leggere:

“Dovremmo pensare alla questione della segregazione lavorativa nei nostri quartieri, villaggi e città. La separazione tra lavoro, tempo libero e svago spesso porta ad un uso inefficiente dello spazio e delle risorse. Il risultato sono flussi di traffico non necessari, inquinamento e deterioramento dell’ambiente di vita. Come vediamo la separazione spaziale della produzione e del consumo di cibo? Come gestiamo i nostri flussi di acqua, energia e materiali? Ma anche problemi sociali come isolamento, vandalismo e noia spesso derivano dall’ignoranza, dall’alienazione e dall’incoscienza del nostro ambiente di vita. Per coinvolgere maggiormente le persone nei cicli naturali, è utile applicare più principi ecologici di costruzione e di gestione nei piani di sviluppo urbano”.

Gli approcci pratici:

- . Necessità di preservare e possibilità di rafforzare le qualità esistenti del luogo.
- . Chiusura e visibilità dei cicli naturali, per il contenimento degli scarti e l’efficienza energetica.
- . Riattivare la produzione alimentare locale e biologica, anche come esperienza da proporre a giovani e non.
- . Connessione ottimale tra architettura ed elementi del paesaggio.
- . Integrazione della gestione idrica sostenibile e della fornitura di energia da fonti rinnovabili nel piano di sviluppo urbano.

Appena fondata l’associazione EVA entrò in contatto con il direttore del settore edilizia residenziale del Comune di Culemborg, Jan Goed, poi con il direttore della pianificazione territoriale, il responsabile del portafoglio per l’ambiente ed infine con l’esecutivo comunale, attraverso un dialogo durato due anni. Il dialogo intrapreso fu favorito dal piano statale VINEX del 1993 che stanziava finanziamenti per la costruzione, nei 20 anni successivi, di 600.000-800.000 nuove abitazioni efficienti in termini di costi ed energia; la conoscenza del provvedimento fu diffusa ai cittadini attraverso spot televisivi e relazioni ambientali.

Fu individuata a Culemborg un’area libera di proprietà del Comune, che portava il nome Lanxmeer, parte di un territorio alluvionale divenuto polder, localizzato in posizione adiacente alla stazione ferroviaria, vicino al centro storico e fino a quel momento destinata all’agricoltura, al foraggio e sede di un impianto di estrazione e per questo non edificabile.

L’edificazione su un’area protetta di questo tipo la rende tuttora un caso raro in Olanda: un’importante concessione di fiducia ai costruttori e ai residenti, informati dei danni che una costruzione non ecologica o un comportamento incivile potrebbero portare al sistema idrico e ai 20.000 utenti che ne usufruiscono.

La municipalità, col supporto della Provincia di Gelderland e basandosi sulle indicazioni dell’associazione EVA, riuscì a definire la composizione del nuovo quartiere: 250 unità abitative, 40.000 metri quadrati di uffici, una city farm, un centro per l’informazione, un centro benessere, un centro congressi, luoghi di convivialità e strutture ricettive.

A partire dal 1996, prima attraverso il passaparola, poi attraverso tre laboratori dedicati, molte

persone si interessarono all'associazione EVA e al progetto. Tra gli interessati si formò un nucleo compatto di circa 60 individui, coordinati nella creazione di un libro che spiegasse il pensiero e il processo d'azione, in qualità di futuri residenti. Nell'estate del 1997, gli stessi fondarono un'associazione, denominata I.O., e diffusero il progetto EVA alla popolazione di Culemborg tramite l'allestimento di uno stand presso il Natuur – en Milieu Educatie Steunpunt per l'educazione ambientale ⁵.

La collaborazione tra EVA e la municipalità scaturì nella scelta di un team di progettazione composto da un rappresentante della municipalità, Jean Eigeman, da alcuni professionisti facenti parte dell'associazione EVA e da un capo progetto esterno, Hein Struben.

Nel settembre 1997 il team si incontrò per la prima volta con l'obiettivo di discutere il piano: il capo progetto Hein Struben, gli architetti Martin Dubbeling, Pieter van der Ree, Michael Schimmerlschmidt, Pierre Bleuze, Magrit Kennedy, Declan Kennedy e Joachim Eble, l'ingegnere agrario Fransje de Waard e l'esperto di energia Dick Sidler.

Al tavolo di discussione: dinamiche del processo

Il 3 ottobre 1997 furono presentati e discussi con i futuri residenti i risultati degli incontri del team di progettazione. Marleen Kaptein e Jean Eigeman fecero da mediatori.

Dopo che Declan Kennedy ebbe convinto i presenti a prendere decisioni non tramite votazione ma secondo un modello di consenso (che necessita di tempi più lunghi ma arricchisce il processo, portando ad un'idea condivisa piuttosto che a vincitori e perdenti), poté iniziare lo scambio sulla definizione del piano urbano.

Joachim Eble si soffermò sui concetti di densità e qualità, sull'uso di materiali naturali, sulla riconoscibilità degli edifici e dei processi di recupero delle acque; M. Schimmelschmidt diede un'interpretazione dell'area della stazione; F. de Waard spiegò i principi della zonizzazione nella permacultura e le possibili applicazioni nel quartiere nascente; P. Bleuze discusse sul piano idrico; Dick Sidler mostrò le opportunità di risparmio energetico; M. Dubeling individuò Lanxmeer come polmone verde di Culemborg.

A supporto del dialogo Pieter Van der Ree curò la comunicazione visiva ai residenti elencando e mostrando in sunto, le possibili linee progettuali per il quartiere: lungo la linea ferroviaria uno sviluppo più alto e più denso, a sud una costruzione più bassa e meno densa, immersa nel contesto; polarità tra aree edificate che fungono da membrana tra la mobilità veloce e l'area verde centrale che ospita edifici sparsi e giochi d'acqua. I canali bucano questa membrana e attraversano i vari blocchi edificati, formando un ciclo chiuso. Lungo il Rijksweg è stata disegnata una fila di abitazioni ipogee che si isolino dal rumore, mentre la cosiddetta Terra Santa (il pezzo di terra tra Rijksweg e il corso d'acqua De Meer) non viene edificata.

⁵ Stichting EVA, *Dynamiek van een ontwerpproces*, Culemborg, Gemeente Culemborg, novembre 1998.



Figura 9. Joachim Eble e Declan Kennedy,
3 ottobre 1997.



Figura 10-11-12. Schizzi di Pieter Van der Ree.

Di fronte alla stazione, la rappresentazione (fig. 12) mostra un edificio a corte destinato a ospitare un mix di funzioni; subito sotto il centro informativo e tecnologico dell'associazione EVA; altri edifici sono stati pensati per accogliere spazi di svago e di lavoro.

Il 3 ottobre 1997, dopo la presentazione dei ragionamenti maturati si riaprì la discussione. Joachim Eble sottolineò la necessità di porre maggior attenzione alla relazione tra energia ed acqua: in particolare prendendo l'acqua ancor più in considerazione, perché risorsa principale di quest'area e bene da preservare e migliorare in termini di purezza. A conferma di ciò Magrit Kennedy legò la possibilità di sviluppare la permacultura alla presenza di un buon piano idrico. Eble inoltre pensava che le masse costruttive sul lato nord, illustrate nello schizzo, fossero troppo lunghe e che avrebbero generato un'esperienza sociale ridotta; Declan Kennedy dunque suggerì di creare quattro nuclei di edifici più piccoli con una certa densità, al fine di favorire la comunicazione tra le persone e per garantire una maggiore economicità.

La discussione tuttavia non si esaurì il 3 ottobre. Pieter van der Ree e Fransje de Waard infatti ritenevano insufficiente il tempo dedicato alla connessione tra l'area e il resto di Culemborg mentre Magrit Kennedy voleva che il principio ecologico della condivisione fosse approfondito. Martin Dubbeling concluse che sarebbero dovuti tornare nel luogo di progetto.

Lo schizzo era davvero forse più un disegno che un piano, risultato di compromessi tra le idee dei vari specialisti che per essere integrate, come ha detto Jean Eigeman, avrebbero necessitato di tempo per l'apprendimento.

Lo studio dell'ecosistema guida la definizione del piano

Alla fine del 1997, il team del progetto EVA-Lanxmeer si rafforzò ulteriormente con l'architetto paesaggista Hyco Verhaagen e la società Copijn di Utrecht con l'intenzione di analizzare più nel dettaglio l'ecosistema dell'area, per poi definire un nuovo piano di sviluppo urbano.

Importante è stato il rapporto della società Copijn, la quale ha messo in evidenza il valore ambientale dell'area e la possibilità di sviluppo, soprattutto grazie alla presenza di strati di sabbia nel sottosuolo (fig. 13) che avrebbero permesso la costruzione di edifici a struttura leggera, senza l'utilizzo delle tradizionali fondazioni indirette su plinto, non praticabili in un'area di estrazione. Verhaagen ha invece esplorato le possibilità di integrazione tra paesaggio esistente e architettura (fig. 14).

“L'area di estrazione dell'acqua costituisce il nucleo ecologico di Lanxmeer ed è importante collegare questa zona sia al canale De Meer che al terrapieno ferroviario, cosa che si può fare con un ampliamento dell'area boschiva, già presente nell'area di estrazione dell'acqua (nella zona detta “Terra Santa”) e verso l'angolo sud dell'area; a nord della zona forestale si propone di realizzare un'area pubblica con orticoltura e coltivazione di specie fruttifere su piccola scala, lasciate in gestione a una city farm.

Saranno realizzati spazi verdi semi-pubblici tra le case da costruire, che sono mostrate schematicamente sulla mappa del piano; questi spazi semi-pubblici avranno un layout comune

oltre che un uso comune. Si raccomanda che i siti archeologici siano inclusi nell' area pubblica come luoghi di valore storico, a cui dedicare una progettazione specifica"⁶.

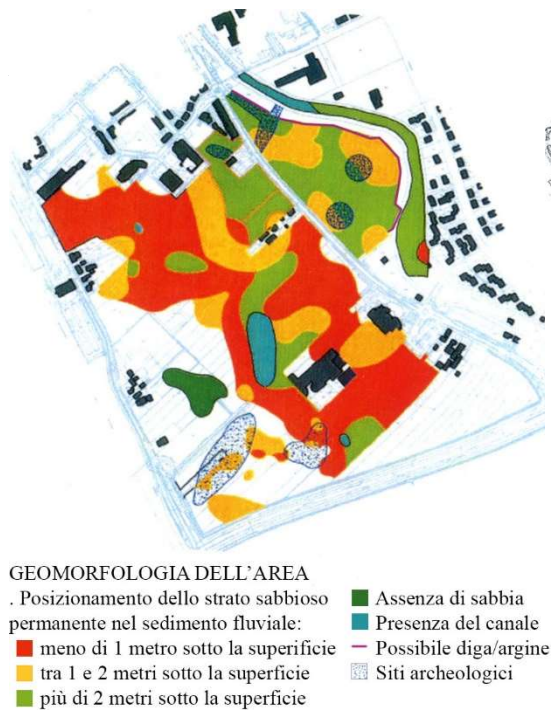


Figura 13. Sviluppi della rete ecologica di Lanxmeer.

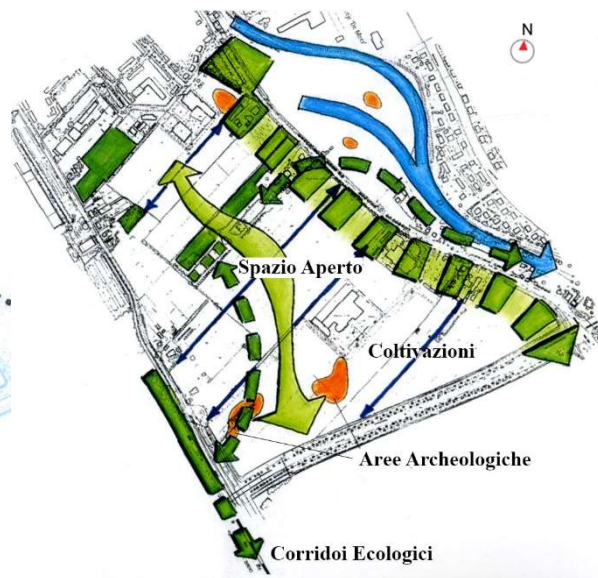


Figura 14. Sviluppi della rete ecologica di Lanxmeer.

Nel febbraio 1998, il Programma van Eisen (PvE), o programma dei requisiti, e il piano di sviluppo urbano redati dal team di progettazione sono stati presentati al consiglio comunale di Culemborg.

Le linee guida ambientali nel PvE seguivano sei direttrici: suolo, gestione delle acque, flora e fauna, struttura spaziale, infrastrutture sotterranee e l'ambiente del distretto. Mentre il piano di sviluppo urbano ha trattato i temi della zonizzazione, le funzioni e la mobilità.

Il consiglio comunale, oltre ad approvare all'unanimità il piano, si propose come committente per la progettazione dei primi 100 alloggi.

La provincia ha richiesto che la costruzione del primo lotto fosse iniziata entro la fine del 1998. A questo scopo nel marzo dello stesso anno furono selezionati due studi progettazione: ORTA Atelier di Bunnik e Joachim Eble Architektur di Tubinga.

Il mese successivo, con il sostegno della fondazione De Regie, fu istituito un sistema di assegnazione degli alloggi.

⁶ Stichting EVA, *Dynamiek van een ontwerpproces*, Culemborg, Gemeente Culemborg, novembre 1998.

Marcel Kastein (fondazione De Regie):

“Per un progetto del genere è molto importante che i residenti aderiscano agli obiettivi, per questo stiamo sviluppando insieme all’associazione dei residenti e al comune di Culemborg una selezione dei residenti per la manutenzione degli spazi condivisi del quartiere. Lavoriamo per conto dell’associazione dei residenti e siamo inizialmente pagati dal comune di Culemborg. Ogni parte nel processo svolge il suo ruolo con convinzione: poniamo attenzione ai loro desideri mentre i residenti tengono d’occhio i loro interessi e il comune vigila sui processi. Si sta intraprendendo una fruttuosa discussione in cui ogni parte ha trovato il suo posto e che può solo produrre qualcosa di bello”.

Dal momento che a Lanxmeer sarebbero state realizzate almeno 200 unità abitative, ci si propose di espandere il gruppo dei futuri residenti: per questo l’associazione dei residenti ha organizzato una campagna di reclutamento in collaborazione con l’agenzia di comunicazione Fundamenteaal e l’associazione abitativa Bcw, la quale ha portato il gruppo di potenziali futuri residenti a crescere fino a oltre 200.

Contemporaneamente alla realizzazione dei primi due cluster di edifici, nel novembre 1998 è stato completato il piano di sviluppo urbano (fig. 15) con l’obiettivo principale di combinare il più possibile la vita e il lavoro nel quartiere; la costruzione delle residenze era articolata in 4 fasi per un totale di 20 progetti.



Figura 15. Piano di sviluppo urbano, 1998.

I lotti di costruzione (tra parentesi i nomi dei progetti)

Il primo lotto, dal 1998 al 2000, ha visto la costruzione di 55 abitazioni progettate dai primi due studi incaricati, Joachim Eble Architektur (Vasalishof) e Orta Atelier (Nesciohof), su commissione del Comune di Culemborg, il quale ha venduto ai residenti, oltre all'alloggio, il terreno incluso tra i nuovi edifici a corte aperta ad un prezzo calmierato.

L'appalto è stato assegnato alla società Kingma Bouw.



Figura 16. Residenza Vasalishof, facciata sud-est.



Figura 17. Residenza Nesciohof, facciata sud-est.

L'edificazione del secondo lotto, protrattasi dal 2000 fino al 2005, ha visto ancora la committenza del Comune per 45 abitazioni. Tra i progettisti si trovano Kristinsson Architects and Engineers (Hendrik Marsmansweg) oltre che Joachim Eble Architektur (Lodewijk van Deijsselhof) e Orta Atelier (Toon Hermanshof).



Figura 18. Residenza Hendrik Marsmanweg, facciata sud-est.



Figura 19. Residenza Toon Hermanshof, facciata nord-est.

Il terzo e quarto lotto, in parte temporalmente coincidenti con i primi due lotti, hanno visto la realizzazione di progetti commissionati da privati, singoli o gruppi, a vari studi di progettazione. Il progetto Onderlandwoningen di Jasper Cremer è stato sviluppato all'interno di una collina artificiale alta 4 metri, risultato degli scavi per portare in luce la zona archeologica adiacente, mentre nel complesso Kaswoningen di KWSA Karssenbergh Wienberg Samenwerkende Architecten di Rotterdam gli alloggi sono inglobati all'interno di serre. Il progetto Werfhuis integra una casa unifamiliare, un appartamento, una scuola materna e una scuola elementare. E' l'elaborazione di un prototipo di Jasper Cremer e Marien Faase che incarna la volontà di integrare i differenti approcci al legno e alla pietra nella storia dell'edilizia olandese, utilizzando anche materiali di riciclo e garantendo una notevole efficienza energetica attraverso l'isolamento e la fornitura di acqua calda tramite il recupero di calore dallo scarico della stufa a legna. L'appalto è stato assegnato a Biologisch Bouw Collectief.



Figura 20. Residenza Onderlandwoningen, facciata est.



Figura 21. Residenza Kaswoningen, facciata sud-ovest.

Durante tutti i 4 lotti sono state edificate residenze sociali per persone con forme di disabilità e per anziani, su progetto dello studio Colorful Living.

Inoltre è possibile individuare un quinto lotto, non ancora concluso, che ha visto finora la costruzione di 23 tra alloggi a basso costo e case unifamiliari e 14 appartamenti, parte del complesso Quartet di M3 Architecten del 2014.



Figura 22. Residenza Rietwoningen, facciata nord-ovest.



Figura 23. Residenza Quartet, facciata sud-ovest.

Anche i progetti con altre funzioni, vengono realizzati nel rispetto dei principi che hanno dato vita a quartiere; vediamo gli interventi principali...

La comunità scolastica ORS Lek ha edificato tre nuove scuole dentro Lanxmeer; l'housing corporation Colorful Living, attiva nel quartiere, e la società industriale InFocus hanno costruito qui i propri uffici; sono state realizzate le sedi nazionali dell'assicurazione Union de Unie; di fronte alla stazione i nuovi uffici della società immobiliare KleurrijkWonen e a fianco l'edificio multi aziendale Panta Rhei; la nuova piscina de Waterlinie; gli edifici della società d'acqua potabile Vitens, in cui è presente anche la società Thermo Bello che gestisce l'impianto di teleriscaldamento del quartiere.



Figura 24. Edificio per uffici Infocus, facciata nord-est. Figura 25. Edificio per uffici Panta Rhei, facciata sud-est.

Cronologia degli edifici

RESIDENZIALE

- Primo lotto (1998, 2000)

- . Nesciohof (2000) di ORTA Nova Architectuur, Bunnik.
- . Vasalishof (2000) di Joachim Eble Architektur, Tubinga.

- Secondo lotto (2000, 2002)

- . Toon Hermanshof (2002) di ORTA Nova Architectuur, Bunnik.
- . Lodewijk Van Deijsselhof (2002), di Joachim Eble Architektur, Tubinga.
- . Hendrik Marsmanweg (2005) di Kristinsson Architects and Engineers, Deventer.

- Terzo e Quarto lotto

- . Tempelmanwoning (2000) di BJ Van den Brink, Almere.
- . Foresee Woning (2001) di Archi Service, Den Bosch.
- . Roze Kubus Woning (2001) di Jan Siebers/Isanul, Arnhem.
- . Kwarteel (2003) di opMAAT architecten, Delft.
- . Rosalie Lovelingpad (2004) di Archi Service, Den Bosch
- . Werfhuis (2005) di Marein Faasse, Jesper Cremer, Paul Kooyman.
- . Wilgenhoven (2006) di opMAAT Architecten, Delft.
- . Simon Carmiggelthof (2006) di Var Arnhem.
- . Paul Rodenkohof (2008) di Archi Service, Den Bosch.
- . Onderlandwoningen (2009) di CK architecten, Culemborg.
- . Achterberghof (2009) di BNA Peter Agterberg, Lemmer.
- . Kaswoningen (2002 – 2005 – 2009) di KWSA Karssenberg, Rotterdam.

- Quinto lotto

- . De Trein (2011) di Alexandra Dietzsch Architecture, Spijk.
- . Rietwoningen (2011) di Yaike Dunselman, Amersfoort.
- . Het Houten Huis (2014) di Origins, Schipluiden.
- . Quartet (2016) di M3 architecten, Rijswijk.

SERVIZI

- . Water Tower (1909); non più in attività.
- . Gebr Van Santen & ZN (1998); impresa di costruzioni.
- . Infocus Office (2000) di Bransvart BNA, Amerongen; uffici.
- . Union Plaza Office (2003) di Architecten BNA, Eindhoven; uffici di De Unie.
- . Panta Rhei Office (2004) di Alexandra Dietzsch Architecture, Vianen; uffici.
- . Vitens (2002); impianto di estrazione e distribuzione acque.
- . Office Colorful Living (2006) di Krijger & Wagter Architecten BV, Buren; uffici.
- . Caetshage city farm (2006).

- . VMBO ORS Lek e Linge School (2008?); scuola superiore.
- . Bridge ORS Lek e Linge school (2000?); scuola superiore.
- . HAVO ORS Lek e Linge (2010) di Van den Berg Group, Rotterdam; scuola superiore.
- . De Waterlinie (2016); piscina.



RESIDENZIALE		SERVIZI	
① Vasalishof	⑪ Paul Rodenkohof	②② Union Plaza office	③① Caetshage urban form
② Nesciohof	⑫ Wilgenhoven	②③ De Waterlinie	③② Van Santen building society
③ Quartet	⑬ Werfhuis	②④ Havo ORS Lek and Linge School	③③ ElkWelzijn social service
④ Kwartel	⑭ Kaswoningen	②⑤ VMBO ORS Lek and Linge School	③④ Office Colorful
⑤ Lodewijk van Deysselhof	⑮ Tempelmawoning	②⑥ Bridge ORS Lek and Linge School	③⑤ Panta Rhei office
⑥ Rietwoningen	⑯ Rosalie Lovelingpad	②⑦ De Waterlinie (demolito nel 2016)	③⑥ Infocus office
⑦ Hendrik Marsmanweg	⑰ Roze Kubus Woning	②⑧ Vitens pomp station	③⑦ SKPC kindercentrum
⑧ Toon Hermanshof	⑱ De Trein	②⑨ Watertoren Culemborg	③⑧ Primary school Praathuis
⑨ Het Houten Huis	⑲ Achterberghof		
⑩ Simon Carmiggelthof	⑳ Foresee Woning		
	㉑ Onderlandwoningen		

Figura 26. Mappa delle funzioni e dei nomi.



LEGENDA

Cronologia degli edifici

	Edifici preesistenti
	Edifici fino al 2001
	Edifici dal 2001 al 2005
	Edifici dal 2005 al 2011
	Edifici dal 2011 al 2019

Uso del suolo

	Verde pubblico		Pavimentazione pertinente
	Verde pertinente		Acqua
	Zona di estrazione		Wadi
	Frutteto in concessione		Area archeologica
	Pavimentazione pubblica		

Figura 27. Mappa cronologica.



LEGENDA

Altezza degli edifici

- 1 piano fuori terra
- 2 piani fuori terra
- 3 piani fuori terra
- 4 piani fuori terra
- 5 piani fuori terra

Uso del suolo

- | | |
|--|---|
| Verde pubblico | Pavimentazione pertinenziale |
| Verde pertinenziale | Acqua |
| Zona di estrazione | Wadi |
| Frutteto in concessione | Area archeologica |
| Pavimentazione pubblica | |

Figura 28. Mappa altezza edificato.

GLI ASPETTI DELL'INTERVENTO

COMUNITA'

Comunicazione e istruzione

Ciò che ha dato forma a questo progetto è stata la comunicazione tra i futuri residenti, gli abitanti di Culemborg, il consiglio comunale, i progettisti e l'ente provinciale. Questo scambio di informazioni, conoscenze ed esperienze continua tuttora, arricchito di una nuova componente: i visitatori e i ricercatori esterni. La volontà della fondazione EVA è quella di dare a Lanxmeer un ruolo esemplare che possa essere proposto e adattato; le iniziative dei residenti danno continuità a questo obiettivo tramite lavori di gruppo, visite guidate, programmi educativi e attività culturali. E' stato inoltre creato un sito aggiornato annualmente per raccogliere informazioni necessarie sul quartiere e per promuoverne le attività svolte all'interno o all'esterno dai residenti stessi. Questo modus operandi si riflette anche sui nuovi residenti che, attratti dal concetto di EVA-Lanxmeer, sono tuttavia estranei alle dinamiche che hanno dato vita al quartiere e riescono tramite l'associazione BEL (Bewonersvereniging EVA Lanxmeer) ad integrarsi con facilità.

Conoscenza e partecipazione

Abbiamo visto come i residenti siano stati interlocutori attivi nel disegno del quartiere, per volontà di tutte le parti interessate: i professionisti hanno così potuto indirizzare il progetto nell'ottica di chi poi lo andrà ad abitare e, viceversa, i futuri residenti hanno raccolto saperi e conoscenze specifiche in un clima di partecipazione, favorevole alla formazione di legami coi loro vicini.

Prima e contemporaneamente agli alloggi privati, discussi con la committenza comunale e con i rispettivi progettisti, l'azione partecipativa ha saputo influenzare la definizione del paesaggio e dello spazio pubblico.

A questo scopo nel giugno del 1997 fu assegnato a ciascuno, anche ai più giovani, il compito di creare un'immagine dello spazio esterno che avrebbero voluto vivere. Le idee furono poi esposte nella scuola locale con tanto di spiegazione: emerse la volontà condivisa di muoversi liberamente a piedi nel verde e di poter sostare in spazi di "catchall", cioè intimità e piacere. In questo scenario condiviso, alcuni preferivano prati naturali, alberi da frutta e giardini di fiori selvatici a bassa manutenzione, altri sentieri immersi in giardini curati. Anche in questo caso non ci fu una volontà prevalente: i progettisti realizzarono entrambi gli ambienti immaginati.

Lavoro

La scelta partecipativa dei residenti e il desiderio della fondatrice di EVA, Marleen Kaptein, hanno trovato continuità a partire dal 2004, con l'associazione dei residenti, la Bewonersvereniging EVA Lanxmeer (BEL). Questa ha poi dato vita a diverse aziende cooperative nel quartiere: Terra Bella (dal 2004) si occupa della manutenzione del verde; Klein Lanxmeer si occupa della progettazione dei giardini; Thermo bello (dal 2009) si occupa della gestione dell'impianto di teleriscaldamento; i volontari di Sociaal Lanxmeer sono impegnati nell'assistenza sociale; la fattoria Caetshage (dal 2000) dà lavoro a persone con forme di disabilità e accetta volontari, in prevalenza studenti; altri membri della BEL fanno da guida ai turisti mentre altri fanno tenere aggiornato il Comune di Culemborg sulla situazione del quartiere.

Oltre all'associazione dei residenti e alle sue ramificazioni, in questi 20 anni il quartiere ha accolto numerose attività private. Alcuni edifici adibiti ad uffici sono di proprietà dell'azienda insediativisi, in altri la proprietà affitta gli spazi a diverse aziende; tra quest'ultimi Panta Rhei ospita diversi uffici e diverse unità abitative per i lavoratori. Tra gli edifici residenziali il complesso Paul Rodenkohof include una piccola casa di cura per anziani e 8 appartamenti di residenza assistita, il complesso Kwaartel una residenza per anziani e la falegnameria Werkplaats voor de Wereld che col realizzato sostiene i bambini della Tanzania, l'edificio Werfhuis ospita la scuola materna e la scuola elementare "De Werfklas" che collaborano con la fondazione Caetshage per far conoscere e far partecipare i bambini alla realtà agricola di quartiere.



Figura 29. Falegnameria Werkplaats voor de Wereld



Figura 30. Punto vendita della fattoria Caetshage.

Permacultura

Il termine "permacultura" è una contrazione di *permanent agriculture* cioè *un sistema agricolo che si può sostenere per un tempo illimitato* (Wikipedia).

Nonostante ogni intervento che si rifaccia alla permacultura differisca in base all'ambiente e dunque nelle tecniche applicate, i tre pilastri etici comuni sono *"la cura della terra, cioè riconoscere il valore dei sistemi naturali nella loro complessità e dunque preservarne gli equilibri, la cura degli esseri umani, in termini di soddisfazione dei bisogni fondamentali e dei rapporti sociali, e la condivisione delle risorse in eccesso in modo equo con tutti"* (Fransje de Waard)⁷.

La storia e gli elementi di Lanxmeer si confrontano di continuo con questo approccio integrato. Oltre all'assunzione del quadro ecologico come guida alla pianificazione del quartiere, i residenti appartenenti ad un cluster curano i giardini collettivi e li gestiscono in modo creativo pagando al Comune una quota annuale in cambio della proprietà condivisa; diffusa è la coltivazione di fiori e alberi da frutto. Vietato è l'uso di fertilizzanti e pesticidi.

I giardini privati, solitamente sul retro delle rispettive abitazioni, a loro volta vivono in continuità con lo spazio pubblico grazie alla scelta condivisa di non creare confini duri attraverso muri o alte barriere; sono invece concesse siepi e staccionate. Questo, insieme all'innesto artificiale di molte specie, alla disposizione di luoghi per la nidificazione nelle aree verdi pubbliche o sulle

⁷ Stichting EVA, *Dynamiek van een ontwerpproces*, Culemborg, Gemeente Culemborg, novembre 1998.

case e alla bassa frequenza di falciatura, favorisce anche una grande varietà biologica, della quale ciascuno è partecipe e responsabile.

Gli spazi del verde pubblico vengono curati dall'associazione Terra Bella che collabora col Comune nella stesura di un piano di gestione annuale.

La società Vitens, oltre ad accogliere nelle sue strutture l'impianto idrotermico del quartiere, si affida ai residenti per la manutenzione del verde nell'area di estrazione, confidando in loro per quanto riguarda il rispetto delle acque, e in cambio concede l'usufrutto del frutteto ivi piantato.

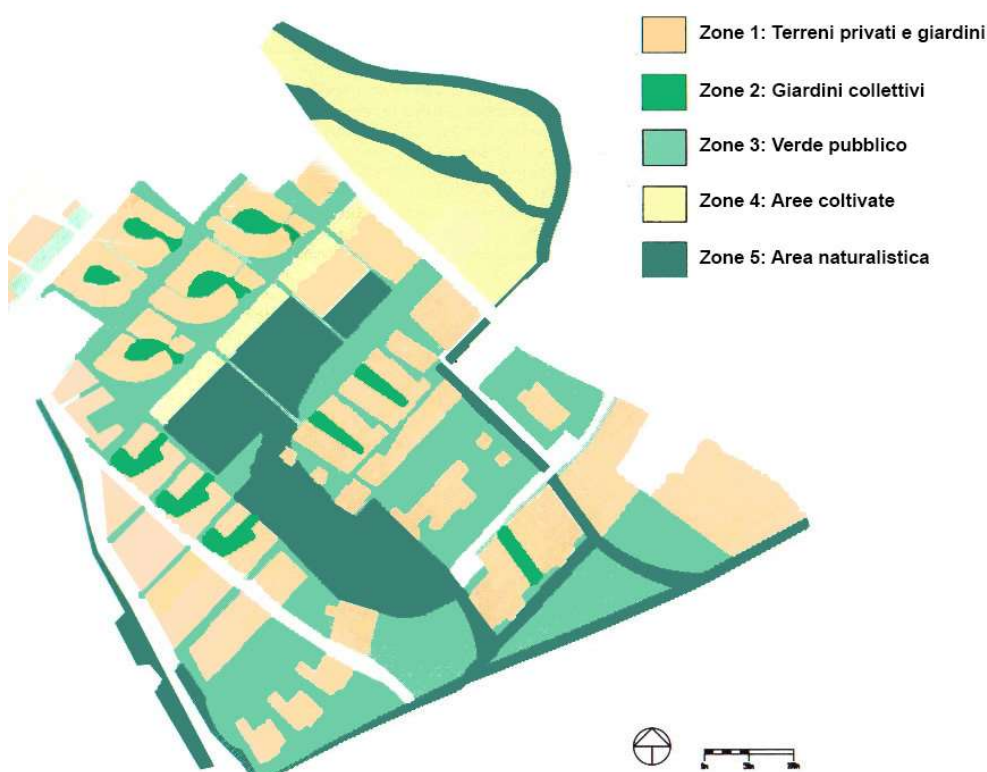


Figura 31. Schema di utilizzo del suolo.

La Fondazione Caetshage gestisce la fattoria didattica oltre la Rijksweg; è una realtà fondamentale del quartiere, in grado di soddisfare una parte del fabbisogno locale di cibo e di rafforzare i legami sociali. Essa cura 5 ettari di coltivazioni biologiche, vende i prodotti agricoli, organizza attività di supporto sociale e lavorativo, mette a disposizione l'area come parco cittadino, la cucina e la terrazza all'interno e una casa di terra e paglia per il gioco dei più piccoli. Fattoria e quartiere sperimentano dal 2006 un importante rapporto di interdipendenza.

Paesaggio e spazi esterni

La combinazione delle caratteristiche territoriali di Lanxmeer, in quanto polder, area di estrazione dell'acqua e quartiere periferico di Culemborg, ha determinato le scelte dei progettisti, impegnati a mettere in risalto il valore paesaggistico e a infondere i principi della permacultura.

A seguito di uno studio approfondito è stata elaborata una valutazione dell'impatto storico-

culturale che ha indirizzato il progetto verso una grande diversità biologica, la creazione di una rete ecologica e l'integrazione con il costruito.

Il progetto ha definito il tessuto spaziale con spazi esterni riconoscibili, che generassero attrazione e senso di appartenenza: mentre i campi coltivati oltre la Rijksweg e ancor più l'area di estrazione dell'acqua in posizione centrale, volgono lo sguardo alla realtà del luogo e al suo passato agricolo che diventa attuale, gli altri spazi vivono un rapporto stretto con le abitazioni. Tra questi possiamo distinguere i percorsi pedonali e ciclo-pedonali, i giardini privati di fronte o dietro le residenze singole, i giardini semi-pubblici o collettivi al centro dei cluster di edifici e i giardini pubblici lungo i percorsi e i blocchi di case. Il progetto delle aree verdi invece gioca con altri elementi di diversificazione, tra loro in relazione.

. La definizione più o meno specifica della funzione e delle attività degli utenti.

. La presenza o meno di aree attrezzate.

. Il livello di flessibilità degli spazi.

. Il rapporto quantitativo e qualitativo tra spazi di circolazione e spazi di sosta.

. Il livello di manutenzione delle aree verdi.

Tutte queste attenzioni progettuali incidono su tempi e orari di permanenza, affollamento, fasce d'età e omogeneità dei fruitori e necessità manutentive.



Figura 32. Area di sosta in giardino di pertinenza ad alto livello di manutenzione.



Figura 33. Area gioco a bassa manutenzione.



Figura 34. Area di circolazione divisa tramite diversa pavimentazione per tipologia di mobilità.



Figura 35. Sentiero ricondito a basso livello di manutenzione.

SISTEMI DI QUARTIERE

Sistema delle acque

Abbiamo già introdotto l'acqua come fattore determinante della vita nei Paesi Bassi; la morfologia non fa eccezione e solo grazie ai sistemi di regolazione introdotti dall'uomo Lanxmeer divenne un'area coltivabile.

Possiamo leggere la creazione del distretto come un nuovo stadio di antropizzazione del luogo che ha richiesto un approccio ancor più integrativo nei confronti delle risorse naturali rispetto al sistema agricolo preesistente.

Come viene garantito il ciclo dell'acqua, riducendo al minimo l'impatto ambientale?

Il quartiere è percorso da un sistema che cattura l'**acqua piovana** proveniente dalle coperture degli edifici. Questa fluisce attraverso un percorso chiuso di tubature, in quattro bacini di ritenzione (*retention pools*) dove viene filtrata. In seguito allo scarico quotidiano dei filtri, questi vengono puliti dalla società Vitens tramite il pompaggio di acqua di risciacquo (*rinse water*), ricca di manganese e ferro, nei bacini di ritenzione.

Quest'acqua è inoltre adatta per il rabbocco delle vasche di contenimento in periodi di siccità, così da garantire la continuità dei flussi e il buono stato della fauna e della flora sulla fascia ripariale.

L'acqua filtrata e l'acqua di risciacquo fluiscono dai bacini di ritenzione in un grande bacino d'infiltrazione (*infiltration pool*), costruito dove si trovava il letto storico del fiume Lek. L'acqua, che non viene assorbita dal terreno, penetra per capillarità fino alla falda sotterranea, dove viene estratta dalla società Vitens con un flusso pari al deflusso originario dalla zona quando era ancora dedicata all'agricoltura, lasciando così tempo di nutrirsi al terreno e ai microrganismi in esso.

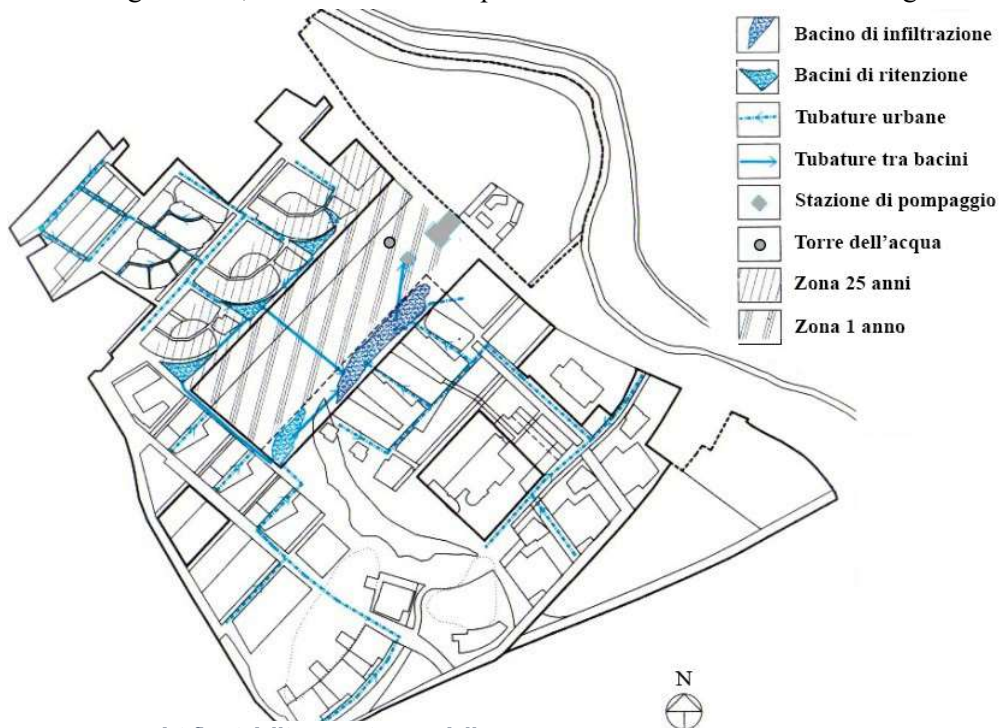


Figura 36. Mappa dei flussi dell'acqua piovana dalle coperture

Per il percorso completo, dalla raccolta all'estrazione, ci vogliono circa 25 anni; da questo dato si può capire anche l'insistenza sul danno apportato da un eventuale agente inquinante.

Parte delle case e degli edifici commerciali del distretto sono predisposti per una doppia fornitura d'acqua: l'acqua potabile per i rubinetti e l'acqua di processo per sciacquare il gabinetto. In pratica tutti i sanitari sono attualmente forniti di acqua potabile perché l'irrigidimento dei regolamenti edilizi olandesi ha reso impossibile gestire a livello distrettuale l'acqua di processo proveniente dall'azienda idrica o dalle vasche di ritenzione.

Per regolare il flusso diretto di acqua piovana, la maggior parte dei magazzini e parte degli edifici residenziali sono dotati di un tetto verde che trattiene l'acqua, anche con un effetto favorevole sul microclima dell'area circostante.

Anche il flusso d'acqua piovana dalle strade viene assorbito e filtrato o veicolato alla falda. Per garantire ciò sono state posate pavimentazioni permeabili, bioswales e un percorso di fossati (*wadi*) dove l'acqua penetra il terreno solo in parte a causa del terreno salino e argilloso, scarsamente permeabile. L'eccedenza scorre lungo i wadi per essere poi immessa nel grande bacino di infiltrazione.

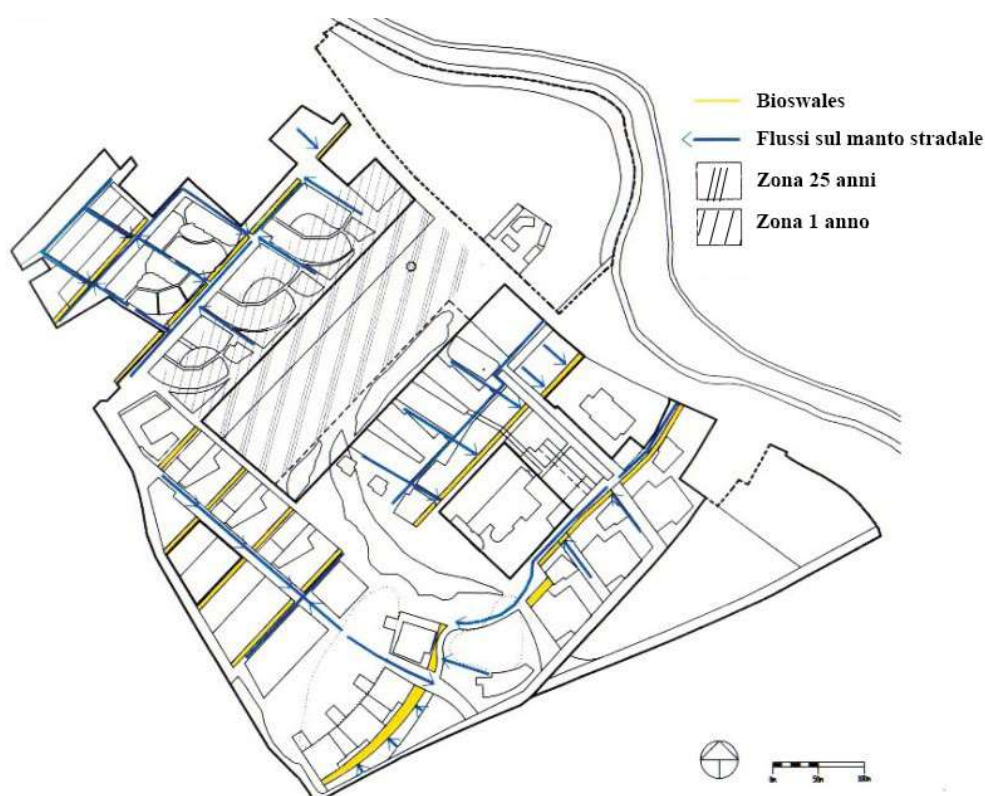


Figura 27. Mappa dei flussi dell'acqua piovana dalle strade



Figura 38-39. Tetti verdi del complesso Paul Rodenkohof.



Figura 39. Bioswale nel complesso Paul Rodenkohof.



Figura 40. Tetto verde della residenza Foresee Woning



Figura 41. Retention pool dietro a Lodewijk van Deijsselhof

L'azienda idrica Vitens ha quattro fonti d'acqua nel distretto di EVA-Lanxmeer che pompano le acque sotterranee per fornire acqua potabile all'intera città di Culemborg. Viene estratto un massimo di 2 milioni di metri cubi di acque sotterranee all'anno tramite filtraggio e aerazione delle falde acquifere. L'acqua prima di essere distribuita viene immagazzinata in un serbatoio sotterraneo di 2500 metri cubi.

Per garantire l'efficienza dei filtri, questi devono essere risciacquati regolarmente dall'acqua di processo che viene poi riciclata e utilizzata più volte.

Le acque nere e le acque grigie vengono invece condotte fuori dall'area di estrazione.

L'**acqua grigia** (da lavastoviglie, docce e cucine), proveniente da oltre 300 abitazioni, viene in parte filtrata (100 abitazioni) da due ampie filtri di piante elofite di circa 1500 metri quadri ciascuno e da tre più piccoli di circa 300 metri quadri, distribuiti lungo i confini dell'area, lontani dall'area di estrazione; uno è stato posizionato vicino al liceo Bridge ORS a scopo educativo. Dai filtri l'acqua, fluisce direttamente alle acque superficiali dei corsi limitrofi, ricca di nutrienti naturali.



Figura 42. Mappa dei flussi delle acque grigie.

I filtri di elofite sono aiuole di canne su ghiaia e sabbia su cui viene distribuita l'acqua di scarico. Le sostanze vengono assorbite dalle radici, convertite dai batteri o filtrate attraverso la sabbia. I residenti hanno quindi ricevuto un elenco di sostanze nocive che non possono essere utilizzate.

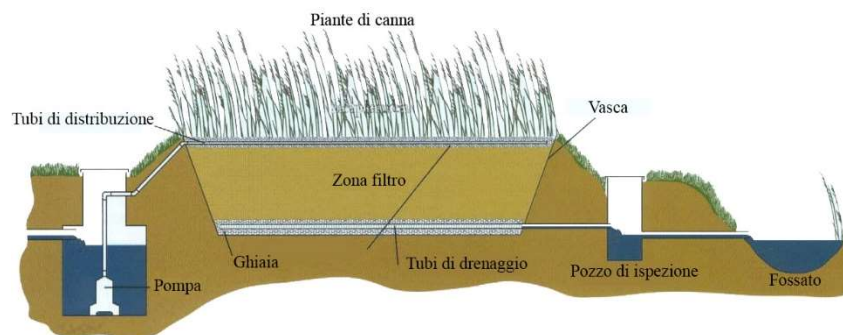


Figura 43. Schema di funzionamento dei filtri di elofite.

Il piano prevedeva che le **acque nere**, provenienti dai servizi igienici, venissero utilizzate da un impianto di produzione di biogas, collegato al Centro EVA per l'ecologia integrale, il cui progetto risale al 2003. Il Centro EVA non è stato realizzato e tuttora l'acqua nera viene pompata dal punto di raccolta previsto per l'impianto di biogas alla fognatura principale sul Parallelweg, adiacente alla ferrovia.

Oltre che dagli scarichi fognari, l'impianto di biogas sarebbe stato alimentato con rifiuti vegetali provenienti da aree verdi pubbliche.

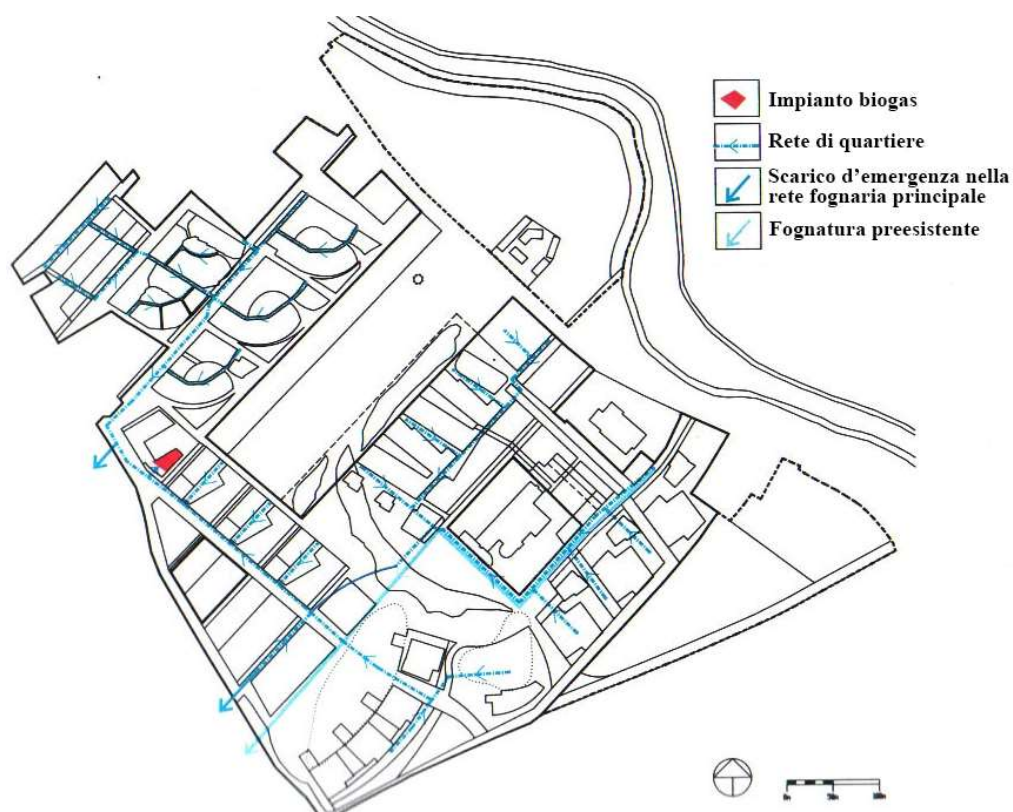


Figura 44. Mappa dei flussi delle acque nere.

Un serbatoio di identità

L'arrivo a Culemborg via treno è segnato in lontananza dalla torre dell'acqua di Lanxmeer. Questa spicca dal 1911 per altezza, 35 metri, e per forma, due serbatoi da 200 metri cubi. Questi venivano riempiti durante la notte per garantire durante il giorno la fornitura e la pressurizzazione dell'acqua, la quale così poteva fluire senza pompaggio agli edifici allacciati.

L'importanza della torre emerge a uno sguardo ravvicinato anche attraverso il suo apparato decorativo, oggi non completamente visibile a causa dell'intervento di restauro del 1971 che ha visto l'aggiunta di un bordo in alluminio di sicurezza, per contenere il processo di sgretolamento della merlatura retrostante.

Il suo utilizzo è stato interrotto nel 2005 per motivi di obsolescenza e nel 2018 è stata venduta a un privato che vorrebbe modificarne la funzione.



Figura 45. Water tower dalla "Terra Santa" di Caetslage.



Figura 46. Water tower e casa del vecchio gestore.



Figura 47. Water tower.

Questo stesso destino è toccato a molte torri nei Paesi Bassi, in seguito allo sviluppo delle tecniche di estrazione e immagazzinamento dell'acqua che le hanno rese non indispensabili negli impianti odierni. Il riconoscimento del loro valore architettonico e paesaggistico ha portato alla rifunzionalizzazione di questi manufatti storici.



Figura 48. Water tower convertita in residenza privata, Overijssel, Paesi Bassi



Figura 49. Water tower di Middleburgh convertita in ufficio al piano terra ed alloggi ai piani superiori.

Sistema di riscaldamento

Vitens ospita un impianto che recupera calore dall'acqua sotterranea. Quest'acqua, destinata a tutta Culemborg, presenta infatti una temperatura che supera di 12° la normale temperatura di erogazione e questo permette di utilizzare parte del calore per il riscaldamento degli edifici del distretto; si stima che due metri cubi di acqua estratta permettano di scaldare di due gradi centigradi l'acqua per il riscaldamento del distretto.

La creazione del sistema dedicato ha visto la collaborazione della società Vitens e dell'associazione BEL, culminata nel 2009 con la fondazione di Thermo Bello, start-up gestita da un gruppo degli stessi abitanti, che si occupa di gestire l'impianto. Questo distribuisce acqua calda, tramite pompa di calore (capacità: 750 kWth, produzione calore: 9000 GJ/anno), a 192 case e 8 locali commerciali attraverso tubature sotterranee. L'acqua raffreddata di rientro viene nuovamente riscaldata dalla pompa di calore, supportata in caso di necessità da due caldaie industriali a gas.

La temperatura dell'acqua erogata dipende dalla temperatura esterna e si attesta solitamente intorno ai 40 °C, con picchi di 50°C; adatta a impianti a bassa temperatura che richiedono ampie superfici di scambio termico all'interno dell'edificio.

Questo sistema è insufficiente alla fornitura di acqua calda sanitaria; ogni edificio è dotato di un sistema autonomo di pannelli solari termici sulle coperture.

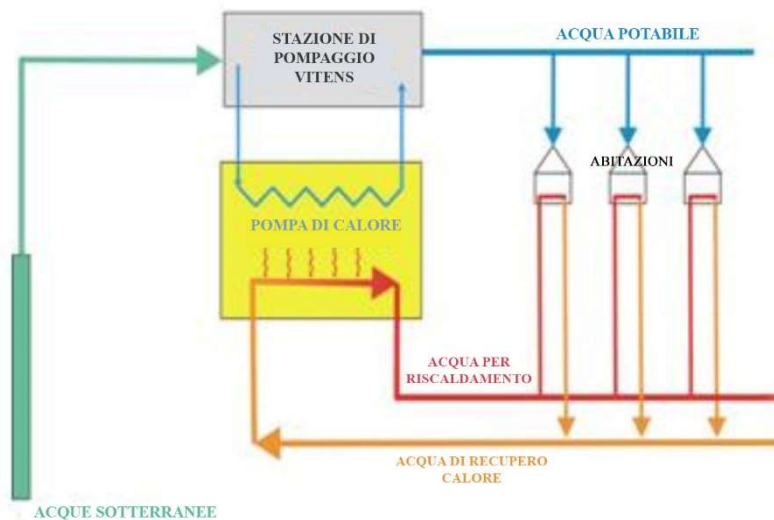


Figura 50. Schema di funzionamento del teleriscaldamento.

Sistema di gestione e riciclo dei rifiuti (non realizzato)

Si prevedeva la creazione di un impianto per la produzione di biogas (biodigestore) e una centrale termica per la produzione di energia elettrica. Entrambi costruiti all'interno del centro ecologico EVA. Nonostante la mancata realizzazione risulta interessante vedere come era stata pensata la gestione dei rifiuti e le dinamiche di funzionamento dell'impianto, grazie al quale il distretto non si sarebbe dovuto connettere alla rete fognaria pubblica.

Oltre ai tubi per il flusso delle acque nere, l'associazione Caetsbage avrebbe dovuto svolgere la raccolta dei rifiuti vegetali e trasportarli all'impianto di trattamento. Anche la gestione dello stesso sarebbe stata compito dell'associazione agricola.

Si pensava di poter rivendere alla rete una parte dell'energia elettrica prodotta dai rifiuti.

Il professor Van Timmeren dell'università di Delft ha ben riassunto in un suo articolo ("Sustainable Urban Decentralization. Case Eva Lanxmeer, Culemborg, The Netherlands") le fasi del trattamento delle acque reflue e i risultati previsti:

- 1- Recupero delle acque nere dalle abitazioni e raccolta dei rifiuti verdi dai giardini.
- 2- Trasporto al sistema di produzione del biogas.
- 3- Processo di fermentazione in serbatoi anaerobici, i quali producono gas, liquido e fango.
- 4a- Purificazione del gas in gas fossile naturale.
- 4b- Purificazione della parte liquida affinché possa fluire nelle acque superficiali.
- 4c- Compostaggio del fango utilizzabile nel giardinaggio.
- 6- Utilizzo del biogas in una centrale termica combinata per la produzione di energia elettrica; l'anidride carbonica prodotta sarebbe stata utilizzata nelle coltivazioni in serra.

Dopo uno studio del progetto si verificò che da un punto di vista economico la quantità di gas ottenuta sarebbe stata troppo scarsa in relazione all'investimento e allo sfruttamento dell'installazione e l'energia elettrica ricavata non sarebbe stata venduta alla rete ma utilizzata all'interno del Centro EVA. I benefici per gli abitanti del distretto sarebbero derivati dallo smaltimento dei rifiuti in termini di anidride carbonica per abitazione (194 kg di CO₂ in meno all'anno per abitazione) e da un risparmio energetico, non dovendo trasportare i rifiuti in discarica, stimato in 8 Gigajoule all'anno per abitazione.

Infine era prevista la creazione di una nuova water tower per lo stoccaggio dell'acqua necessaria al risciacquo dell'impianto; in cima alla stessa si ipotizzava l'installazione di un mulino a vento per la produzione di energia elettrica.⁸

L'unico progetto sui rifiuti attivo in questo momento è la rivendita degli oggetti riutilizzabili alla rete di recycle shop.

⁸ Van Timmeren A., *Urban sustainability through decentralisation and interconnection of energy, waste and water related solutions. Case EVA Lanxmeer*, in *Sustainable Urban Environments: an ecosystem approach*, Glasgow, 2007, p. 314-332.

Mobilità

La realizzazione dei percorsi all'interno del distretto persegue due obiettivi: 1) La comoda accessibilità a servizi e residenze. 2) Una percorrenza ciclopedonale sicura e diffusa per gli abitanti.

Anche a questo scopo il quartiere sviluppa una configurazione tripartita, con gli edifici lavorativi nella fascia più esterna, le residenze più interne e l'area di estrazione al centro. In questo modo è stato possibile definire una "ripartizione modale", cioè una definizione della viabilità in base alla modalità di trasporto scelta, escludendo le automobili dall'area residenziale.

Il traffico lento è supportato da un sistema di sentieri e piste ciclabili che, tramite percorsi brevi e attraenti, collega le case al cuore del quartiere, alla stazione, al centro di Culemborg e alla periferia.

Il traffico motorizzato non dispone di strade secondarie nella zona residenziale, anche se tutte le case sono accessibili per il carico e scarico e ai mezzi di soccorso.

I parcheggi sono disposti lungo i bordi del sito e raggiungibili per mezzo di brevi strade con limite di 30 km/h ramificate dal bordo. La massima distanza tra un'abitazione e un gruppo di parcheggi è di 200 metri ed è stata disposta quota di 0,7 parcheggi per unità abitativa. L'efficiente rete di trasporto pubblico e per il traffico lento e la vicinanza alla stazione riescono a scoraggiare l'uso dell'automobile.

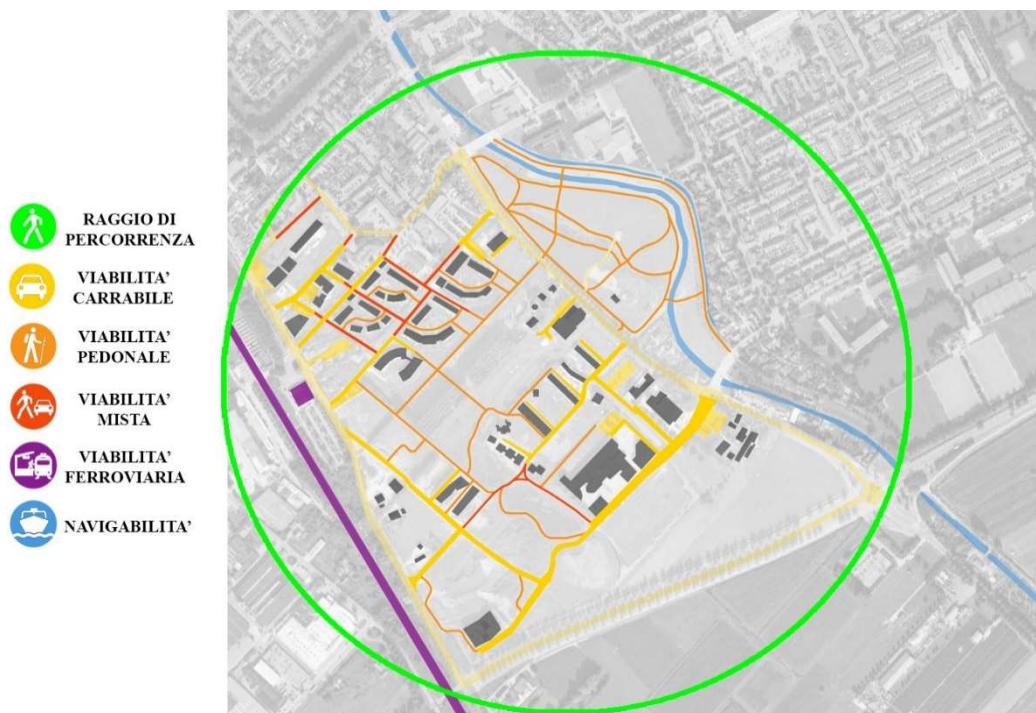


Figura 51. Mappa delle tipologie di mobilità di Lanxmeer.

Alcuni parcheggi sono dedicati a un servizio di car sharing svolto con autovetture elettriche; anche a questo scopo nel 2018 è stata edificata una grande tettoia fotovoltaica, a copertura di un ampio parcheggio.



Figura 52. Copertura fotovoltaica, 2018.



Figura 53. Servizio di carsharing.

ABITAZIONI

Differenziazione architettonica

“Da una visione della sostenibilità, i progetti architettonici dovranno cercare l’equilibrio tra collettività e individualità, tra pragmatismo e bellezza; dove l’utente ha la massima influenza sul suo ambiente. La mutevolezza e l’adattabilità di una casa sono principi architettonici importanti. Ci sarà anche, entro certi limiti, la possibilità di praticare l’auto-costruzione. L’intenzione è fissare dei principi nella costruzione che offrano grandi possibilità di variazione in senso architettonico, così che ogni casa possa in effetti essere "assemblata" in modo diverso. Il vantaggio di questo efficiente approccio in serie è che si possono realizzare risparmi finanziari. Questa resa può quindi essere tradotta in maggiore qualità nella costruzione e nelle dimensioni. Questo approccio dà ai residenti la massima influenza sull’architettura e sull’esecuzione della loro futura casa.” (Hyco Verhaagen, Joachim Eble, Martin Dubbeling, Ad Bouwmeester. 3 ottobre 1997) ⁹.

La prima scelta nella pianificazione dell’abitato è stata definire le tipologie abitative: furono previsti 30% di alloggi sociali di proprietà o in locazione, 20% di unità abitative per la fascia media e 50% per la fascia abbiente.

Il primo e il secondo lotto furono finanziate dal Comune di Culemborg, affidate agli studi ORTA e Joachim Eble Architektur (già attivi nella stesura del piano) e compresero 100 unità abitative, 7 differenti in ogni gruppo di 25, distribuite in 4 complessi simili a corte aperta che incarnano la visione sull’abitare condivisa da tutti i pianificatori in azione sul quartiere.

Le costruzioni dei due lotti successivi sono state finanziate privatamente e assegnate a diversi progettisti. Questa ha generato una grande varietà tipologica e di forme architettoniche. I risultati raggiunti non si scostano dai principi del quartiere, anzi ne esprimono allo stesso tempo l’integrità e la flessibilità; troviamo infatti villette unifamiliari e bifamiliari, case a schiera, edifici distinti pluripiano e un altro complesso a corte aperta, con spazi esterni condivisi e privati, anteriori e posteriori.

L’edificazione del quinto lotto satura quasi completamente le aree edificabili nel quartiere.

Un apporto importante alla differenziazione degli edifici residenziali giunse dalla definizione di un piano per il colore degli edifici, ideato dell’artista Barbara Eble-Graebener che riuscì a differenziare con il colore le diverse zone del quartiere, creando degli elementi di richiamo.

⁹ Stichting EVA, *Dynamiek van een ontwerpproces*, Culemborg, Gemeente Culemborg, novembre 1998.

Un'occhiata alle residenze Kaswoningen

Il nome “Kaswoningen” è stato attribuito a tre complessi residenziali costruiti rispettivamente nel 2002, 2005 e 2009 su progetto dello studio di architettura olandese KWSA.



Figura 54. Kaswoningen, 2002.



Figura 55. Kaswoningen, 2005.



Figura 56. Kaswoningen, 2009.

Ciò che li caratterizza maggiormente, come suggerisce il nome “case serra”, è la pelle vetrata con struttura in acciaio zincato che avvolge le abitazioni. Questa scelta produce effetti positivi sul clima interno in quanto tra il vetro e l’abitazione si forma uno spazio buffer. L’accumulo di calore è regolabile grazie alla presenza di aperture automatizzate alla base e all’apice della doppia falda vetrata. Inoltre sulle falde vetrate è possibile montare pannelli fotovoltaici e collettori solari. Il consumo di energia primaria per casa è di circa 40 Gigajoule all’anno (Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie).

In termini ambientali e economici, l’assenza di contatto tra gli ambienti interni e l’esterno favorisce l’utilizzo di materiali ecologici leggeri e non trattati; inoltre la stessa serra, grazie alla tradizione secolare maturata nei Paesi Bassi, ha costi di produzione e montaggio molto contenuti. In termini architettonici una scelta di questo tipo permette di ampliare la superficie coperta

dell'abitazione con un giardino coperto che viene personalizzato in moltissimi modi dagli abitanti.



Figura 57. Vista sul soggiorno.
Una sottile struttura in acciaio sorregge il modulo abitativo con il minimo ingombro; l'ampia porta finestra scorrevole amplia l'area giorno verso la parete vetrata della serra.



Figura 58. Si notano il rivestimento in legno tropicale e la leggerezza strutturale della serra.



Figura 59. Lo spazio buffer dialoga visivamente e fisicamente con il giardino; sullo sfondo una parete di mattoni di silicato, con ottime prestazioni acustiche, separa dall'unità abitativa adiacente.



Figura 60. Il modulo abitativo si stacca dalla struttura su tutti i suoi lati; la semplice pavimentazione cementizia in questi spazi poggia direttamente sul terreno.

E' interessante notare che la vegetazione, in modo più o meno prorompente, anche in base all'età dell'edificio, entra in tutte le foto di Kaswoningen, in tutti gli ambienti; le piante non fungono solo da abbellimento ma spesso svolgono il ruolo di schermature, interne ed esterne.

Usi, tecnologie e materiali

Il processo progettuale di Eva Lanxmeer si è arricchito di indicazioni, limiti e possibilità sull'utilizzo, il funzionamento e la composizione degli edifici. In particolare per i primi due lotti, i principi e le idee iniziali hanno influenzato profondamente la sostanza dei progetti; nelle fasi successive invece il ventaglio delle scelte architettoniche si è ampliato per includere nuovi abitanti, nuove idee e nuove forme.

L'integrazione delle funzioni abitativa e lavorativa è stata stimolata e favorita attraverso la conformazione degli ambienti e la promozione delle varie attività; così molte persone hanno trasformato una parte della propria dimora in spazio lavorativo a un uso più intensivo dello spazio e una maggiore vivacità sociale.

Per quanto riguarda i consumi energetici dai combustibili fossili è stato stabilito in 40 gigajoule (circa 3000 kWh e 750 metri cubi di gas naturale) il massimo dispendio annuale per unità abitativa; nel 1997 in Olanda la media di consumo energetico annuale di un'abitazione era di 85 gigajoule (3300 kWh e 1800 metri cubi di gas naturale). A sostegno dell'obiettivo sono stati previsti dai 5 m² ai 15 m² di pannelli fotovoltaici per abitazione e pannelli solari termici coadiuvati da caldaia a gas.

Le case devono essere orientate a sud (sud-est, sud-ovest).

Il funzionamento a bassa temperatura (55/35° C) del riscaldamento idrotermico di quartiere avviene tramite impianti a parete o a pavimento; inoltre sono state studiate configurazioni che favoriscono una ventilazione naturale bilanciata delle case.

Per la scelta dei materiali, è stato suggerito l'uso di legni europei, in particolare larice e pino, massello per le pavimentazioni, vietato invece l'uso di legni tropicali e del cedro rosso occidentale; diffusa l'applicazione di strati isolanti di almeno 21 cm (R=5) di fibra di cellulosa, ricavabile da vecchi giornali; vietato l'uso di schiume poliuretaniche; vietato installare tapparelle in plastica o alluminio; EPDM per l'impermeabilizzazione e le grondaie; intonaci naturali e vernici a basso contenuto di solventi¹⁰

Informazioni da *Maatregelen Duurzaam Bouwen, programma Van Eisen. Eva-Lanxmeer Culemborg*, opuscolo sulle misure di edilizia sostenibile fornito da Orta Nova Architectuur ai residenti di EVA Lanxmeer del primo lotto di costruzione, nel novembre del 1998 e in seguito aggiornato nel dicembre del 2000.

¹⁰ Orta Nova Architectuur, *Maatregelen Duurzaam Bouwen, programma Van Eisen. Eva-Lanxmeer Culemborg*, Culemborg, 15 febbraio 2001.

**ANALISI TECNOLOGIA DI DETTAGLIO
DI UN'UNITÀ ABITATIVA**

LODEWIJK VAN DEYSELHOF, 19



Figura 62. Inquadramento dell'edificio



Figura 63. Foto della facciata sud, 01/07/2019, Culemborg



Figura 64. Foto panoramica del complesso, 01/07/2019, Culemborg

Il quartiere si sviluppò a partire dall'area nord occidentale con i complessi residenziali a corte aperta. Questi incarnano al meglio la volontà di sostenere un senso di comunità tra gli abitanti attraverso i giardini semipubblici all'interno della corte, senza rinunciare alla permeabilità. I progetti ad opera degli studi ORTA Nova Architectuur e Joachim Eble Architektur scaturiscono direttamente dalle idee e dai principi maturati nella fase di pianificazione di Lanxmeer, rispettivamente dal team ORTA e dall'architetto Joachim Eble. Il complesso Lodewijk van Deysselhof, realizzato nel 2002 su progetto di Joachim Eble, si compone di tre edifici con forma e composizione guidate dall'orientamento. L'ampia facciata prevalentemente opaca verso nord genera un'ampia falda captante verso sud, utile al posizionamento dei pannelli fotovoltaici con un angolo di 20° rispetto all'orizzonte e del solare termico a ridosso della zona di colmo, appositamente inclinata fino a 35°. Il soleggiamento della facciata meridionale è regolato da una copertura strutturalmente indipendente. Le aperture di tutti i piani su entrambi gli affacci garantiscono la ventilazione delle unità abitative, in particolare quelle che affacciano sull'area di estrazione dell'acqua, particolarmente ventosa in tutte le stagioni. L'ecologia del progetto è inoltre garantita dalla scelta dei materiali naturali e delle tecniche costruttive a secco. Il complesso è ben connesso con i sistemi di quartiere: l'acqua dai tetti viene riutilizzata, ed il riscaldamento a parete è collegato al teleriscaldamento (vedi pg. 23).

TECNICHE COSTRUTTIVE: IL SISTEMA STRUTTURALE

Lo studio geologico del suolo di Lanxmeer è stato un momento fondamentale nella pianificazione del quartiere: la presenza di substrati sabbiosi in grado di limitare la porosità del terreno ha determinato la possibilità di edificare in quest'area così delicata.

La presenza di acque di estrazione tra i 2 e i 6 metri di profondità, ha reso necessario l'utilizzo di materiali leggeri e ha limitato lo sviluppo in altezza degli edifici e la profondità delle fondazioni.

FONDAZIONE DIRETTA

Il sistema di fondazione ha previsto l'asportazione del terreno fino ad una profondità di 1,2 metri.

Il terreno di fondazione è costituito da una gettata di calcestruzzo leggero, affinché non sprofondi nel terreno sottostante, spessa 0,9 metri e da 0,2 metri di magrone. La platea in c.a. spessa appena 0,1 metri, è affiancata da cordoli di maggiore spessore e copri cordoli lungo il perimetro dell'edificio, anch'essi in calcestruzzo armato (fig. 1).

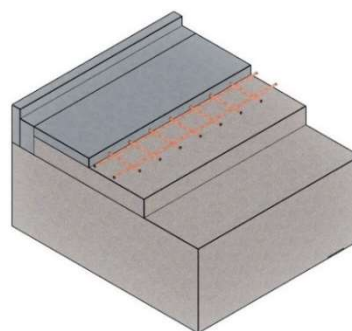


Figura 1. Assonometria stratigrafica fondazione.

BRETTSTAPEL

Per i solai di Lodewijk van Deysselhof è stata utilizzata la tecnica del Brettstapel. E' interessante scoprire da dove nasce e come si sviluppa questo intelligente metodo costruttivo.

Negli anni '60 del secolo scorso il professore e ingegnere tedesco Julius Natterer sperimentò la possibilità di costruire un piano strutturale inchiodando assi di legno affiancate, tecnica in passato utilizzata per brevi passerelle nelle miniere e nei passaggi ferroviari. Questo sistema permetteva di utilizzare e riutilizzare legname di scarsa qualità, ponendo attenzione a non affiancarne i nodi. Un limite del sistema era rappresentato dalle connessioni tra gli elementi che avvenivano tramite inchiodatura e non permettevano alcuna modifica in cantiere.

Nel 1999 un'azienda tedesca innovò la tecnica Brettstapel introducendo il sistema Dubelholz (Dowel Laminated Timber): l'inserimento di tasselli di legno duro attraverso preforni ortogonali alla direzione delle assi. Questa soluzione sfrutta la tendenza dei tasselli e dei montanti a riequilibrare il grado di umidità, definendo un diverso livello di essiccamento tra le due tipologie di elementi.

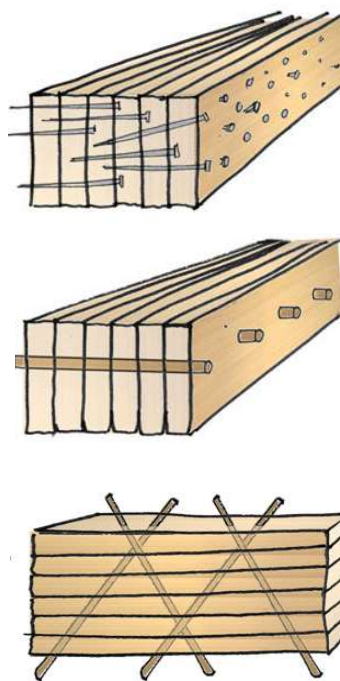


Figura 2. Schemi di sviluppo tecnica brettstapel.

I tasselli maggiormente essiccati (8% di umidità) assorbono umidità dai montanti (12-15% di umidità) dilatandosi; in questo modo si vanno a formare pannelli larghi 60 centimetri e spessi 8-30 centimetri che permettono di coprire luci fino a 8 metri e possono essere personalizzati in cantiere. Le variazioni di temperatura ed umidità dell'aria possono creare dei problemi di separazione degli elementi nel sistema Brettstapel, a causa delle proprietà di dilatazione e contrazione del legno. Nel 2001 un'azienda austriaca è riuscita ad arginare questo problema inserendo i tasselli in formazioni a "V" o "W" all'interno dei montanti (fig. 2).

Nonostante ciò la modalità ora più diffusa in Austria, Germania e Svizzera prevede i tasselli trasversali¹¹.

Questo è anche il caso dei solai nel complesso Lodewijk van Deysselhof.

Nell'edificio analizzato sul Brettstapel è stato steso un telo di polietilene, sopra il quale, per le pavimentazioni interne, è stato pompato il massetto autolivellante in anidrite su cui è stato posato il parquet in larice o le piastrelle di ceramica (fig. 3), per le pavimentazioni della terrazza e del balcone è stata posata un massetto isolante in polistirolo e una pavimentazione in piastrelle lastricate a base cementizia.

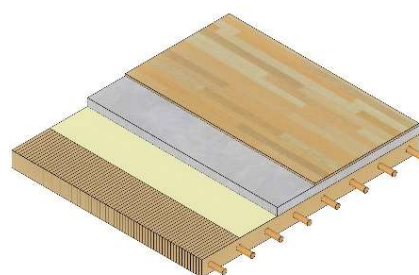


Figura 3. Assonometria stratigrafica solaio.

TIMBER FRAMING

Il telaio strutturale ligneo degli edifici di Lodewijk van Deysselhof è una delle più antiche tecniche costruttive adottate dall'uomo.

I telai strutturali in legno hanno visto una lunga fase di sperimentazione; i primi esempi di questo tipo nell'Europa centrale e settentrionale, come anche in Giappone, risalgono al Neolitico.

Nei Paesi Bassi queste tecniche si affermarono a partire dal XV secolo per la struttura dei mulini a vento, molti dei quali vennero adibiti a segheria, permettendo la diffusione a buon prezzo dei pezzi per la costruzione.

A partire dalla fine del XVII secolo, gli olandesi e le popolazioni britanniche introdussero l'utilizzo di pannelli lignei per il rivestimento del telaio, prima lasciato esposto in quella che viene definita struttura a graticcio (fig. 4).

Nel Novecento i pannelli di compensato, OSB e cartongesso acquisirono la funzione di



Figura 4. Casa a graticcio, Ulm, Baden-Württemberg, Germania.

¹¹ www.brettstapel.org

elastico, quali abete rosso, larice e quercia, e dalla luce tra gli elementi verticali del telaio in un intervallo compreso tra 0,3 e 1,2 m, la quale può essere poi riempita con diverse tipologie di isolante.

Gli aspetti positivi del timber framing sono molteplici: precisione, rapidità e personalizzazione nelle fasi di cantiere; prefabbricazione, modularità e produzione in serie; durabilità nel tempo testimoniata dai diversi edifici pluricentenari ancora presenti nel mondo; possibilità di riuso e riciclo degli elementi.

La principale limitazione nell'utilizzo più diffuso del legno strutturale dipende dalle normative nazionali sul rischio di incendi che contengono in 3-4 piani lo sviluppo in altezza di queste costruzioni.

Negli ultimi anni tuttavia si sono raggiunti ottimi risultati nella protezione del legno in caso di incendio e questo sta spingendo ad un utilizzo più libero del materiale in edilizia. Le caratteristiche del timber framing fanno sì che sia oggi la metodologia più utilizzata per le strutture in legno.



Figura 5. Interno abitazione in timber frame, Burlington, Connecticut.

Nel complesso Lodewijk van Deysselhof è stata utilizzata la tecnica del timber framing, costituita da puntelli verticali ed inclinati per muri e coperture, giuntati di testa.

La grande quantità di questi elementi, posizionati ad una distanza compresa tra i 45 e i 60 cm e contenuti per dimensione distribuisce i pesi e ben si adatta alla sistema indiretto di fondazione; permette inoltre di ridurre gli sprechi di costruzione e facilita il riciclo degli elementi a fine vita. La controventatura e la protezione sono garantite dal fissaggio di pannelli prefabbricati sui puntelli, l'isolamento delle pareti tramite l'insufflaggio di cellulosa. Nella figura 6 notiamo anche, spostandoci verso l'esterno, un secondo strato isolante in lana minerale, un pannello in compensato, la membrana impermeabilizzante e il rivestimento in mattoni che si alterna con un rivestimento in doghe inclinate in alcune parti dell'edificio.

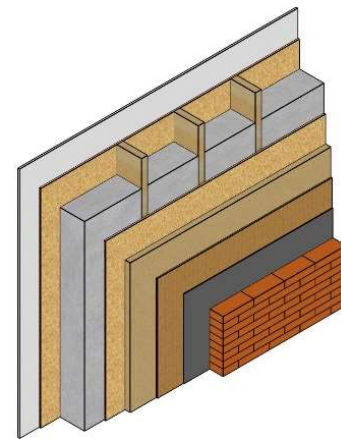


Figura 6. Assonometria stratigrafica parete.

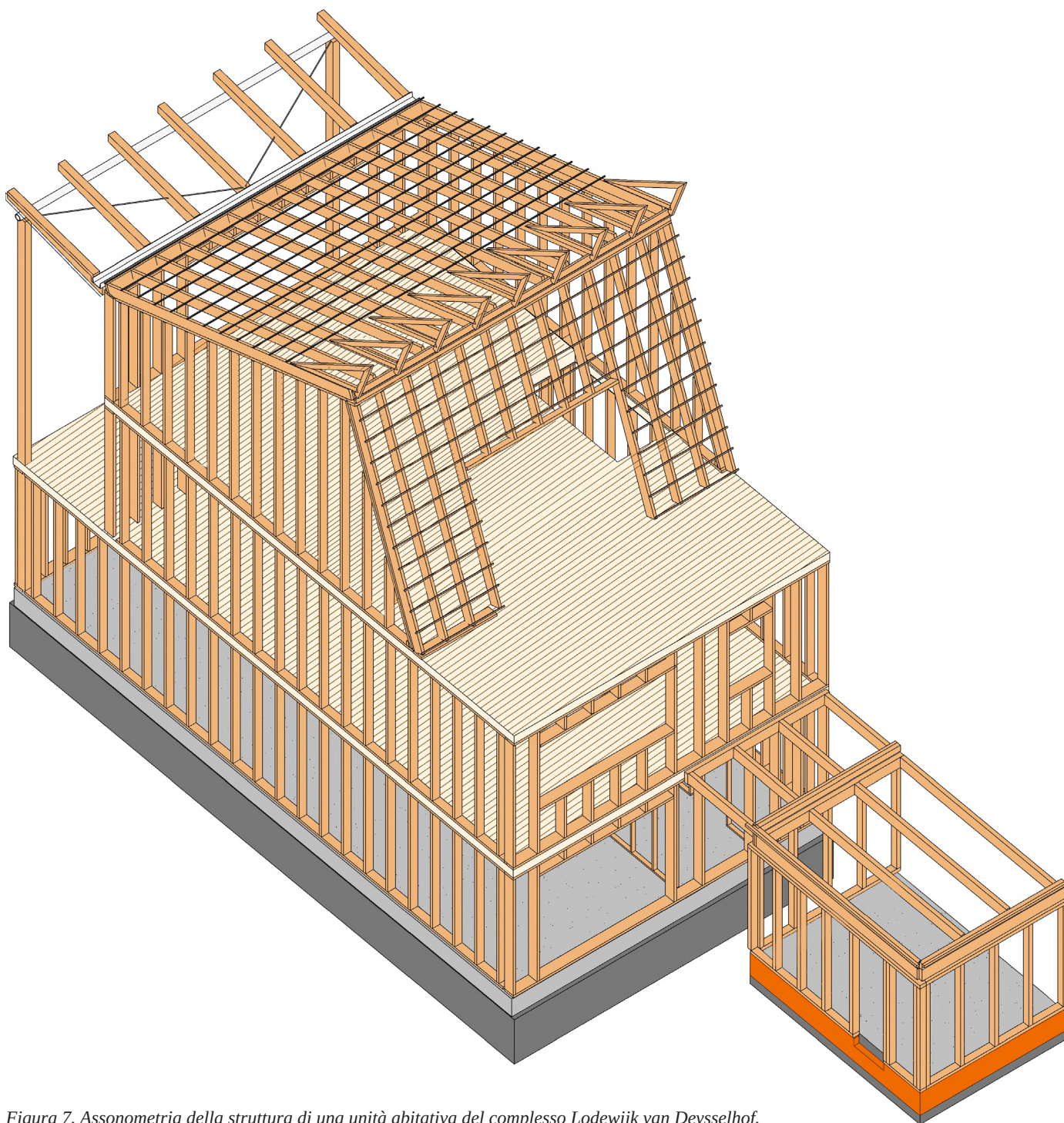


Figura 7. Assonometria della struttura di una unità abitativa del complesso Lodewijk van Deysselhof.

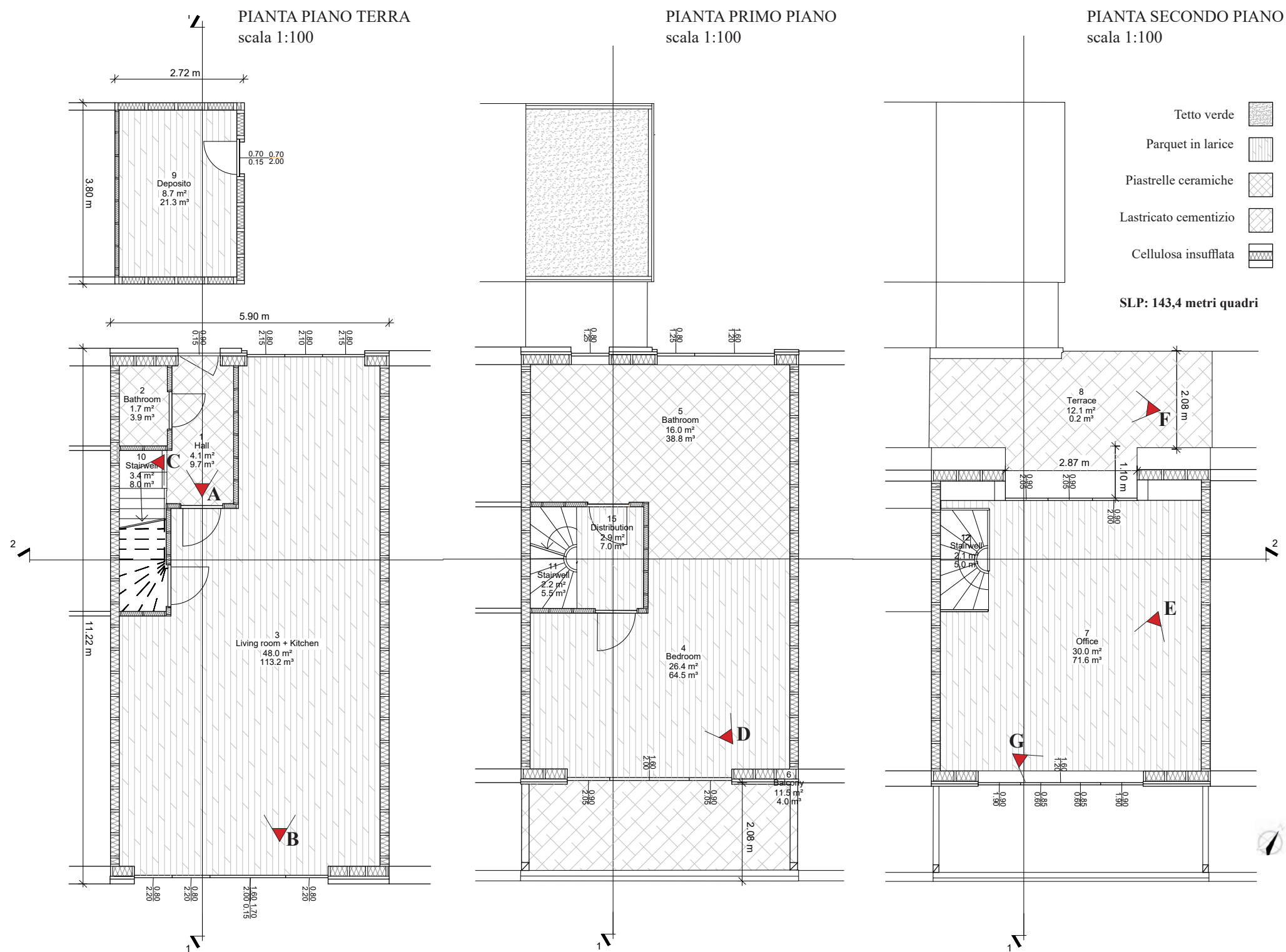


Foto terrazza ed affaccio sud, 01/07/2019, Culemborg.



Foto balcone, 01/07/2019, Culemborg.



Foto dell'ingresso, 05/07/2019, Culemborg.



Foto della zona giorno, 05/07/2019, Culemborg.



Foto vano scala, 05/07/2019, Culemborg.



Foto zona notte e bagno, 05/07/2019, Culemborg.



Foto ufficio, 05/07/2019, Culemborg.

PROSPETTO NORD-OVEST
scala 1:100

8,25 m ▼ 3 - Copertura

5,50 m ▼ 2 - Secondo Piano

2,75 m ▼ 1 - Primo piano

0,00 m ▼ 0 - Piano Terra

PROSPETTO SUD-EST
scala 1:100

8,25 m ▼ 3 - Copertura

5,50 m ▼ 2 - Secondo Piano

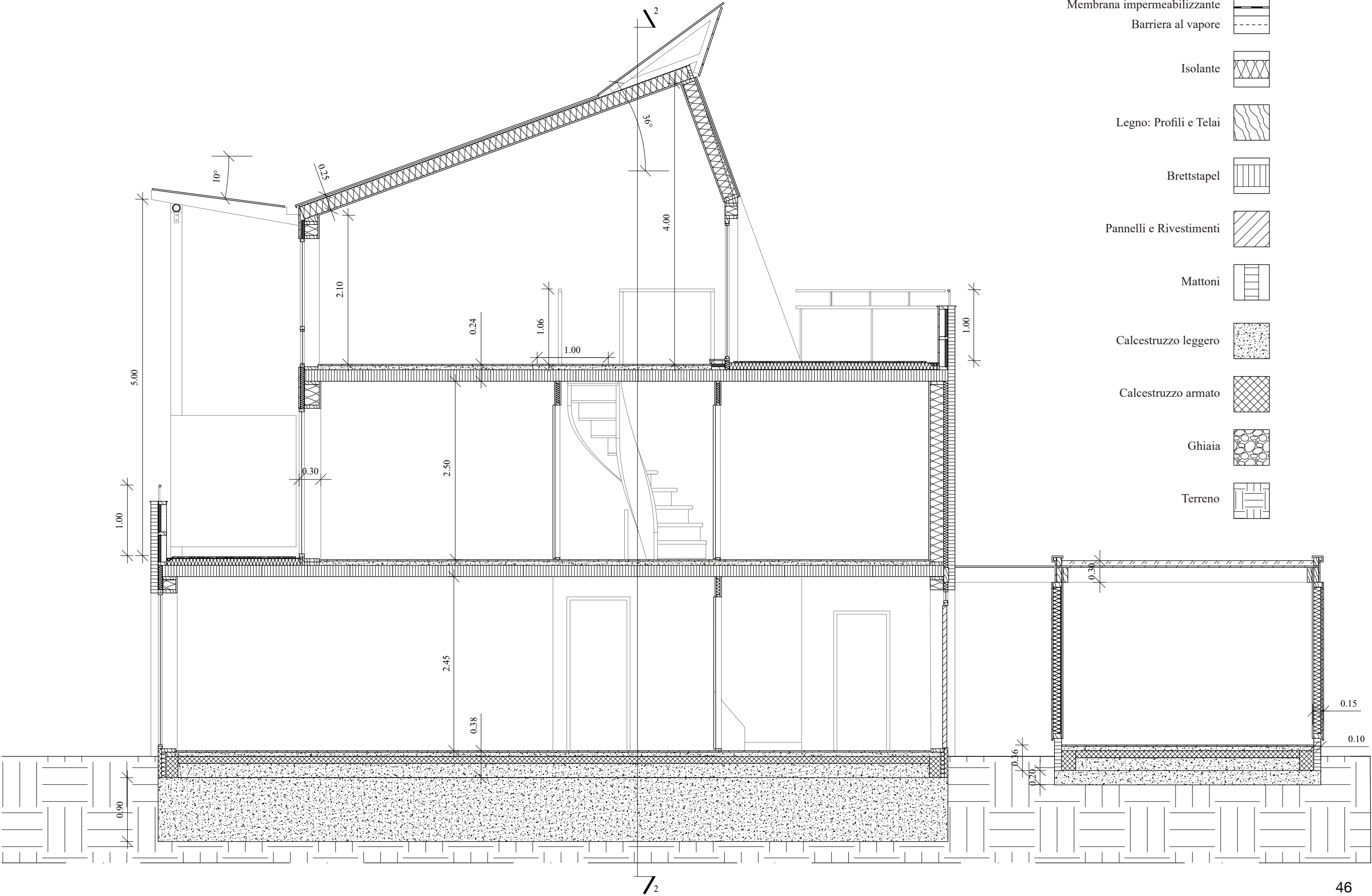
2,75 m ▼ 1 - Primo piano

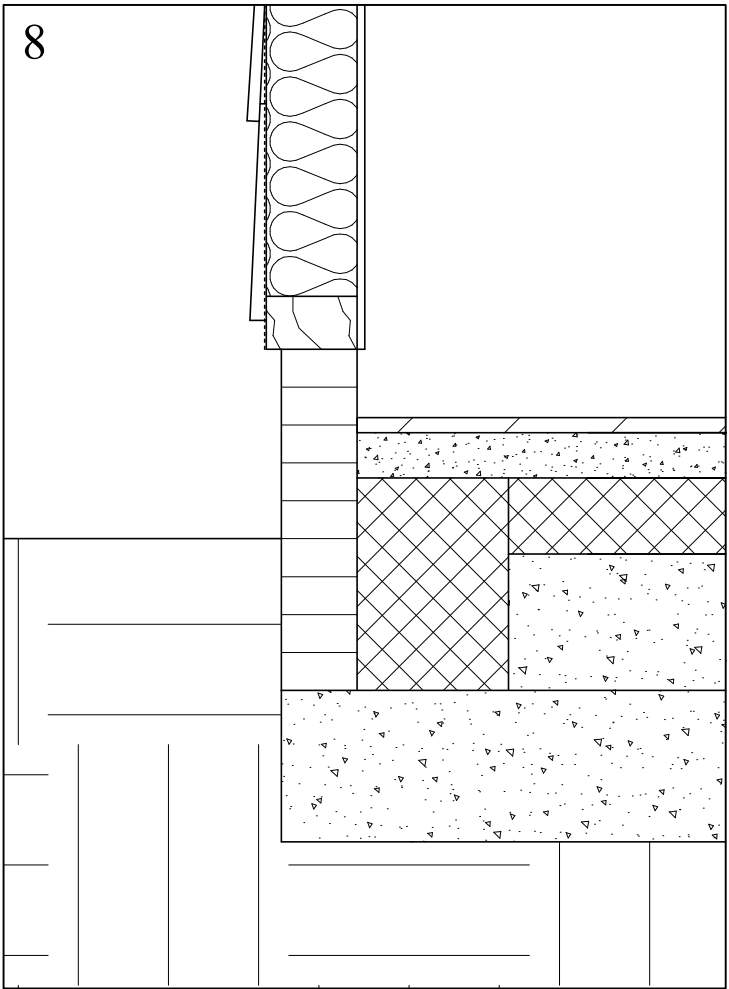
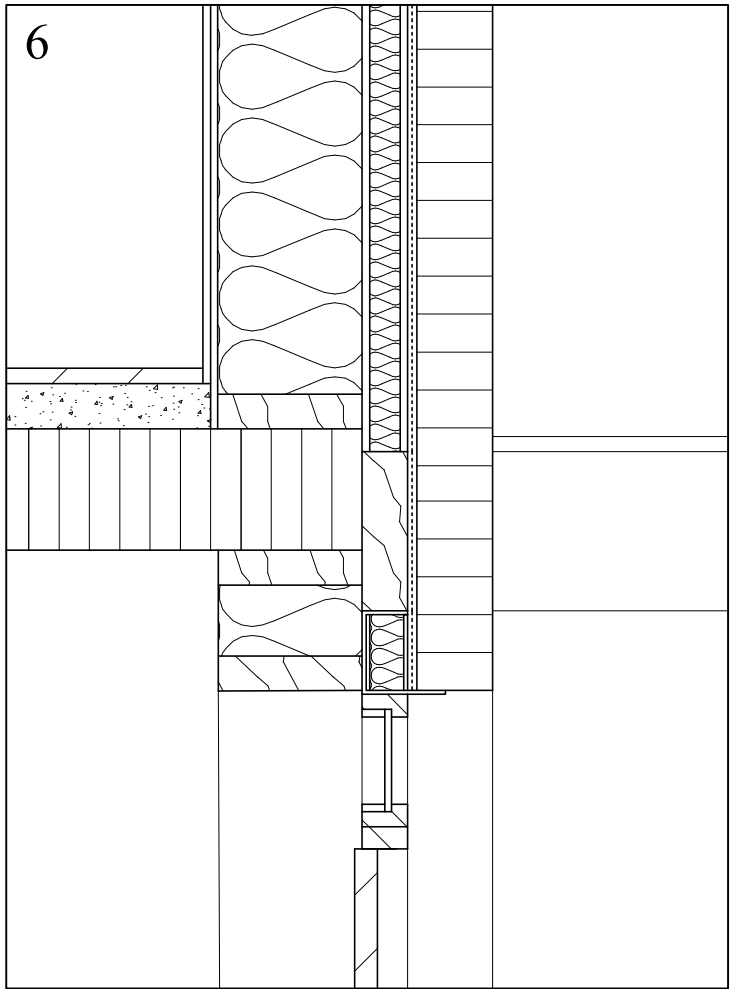
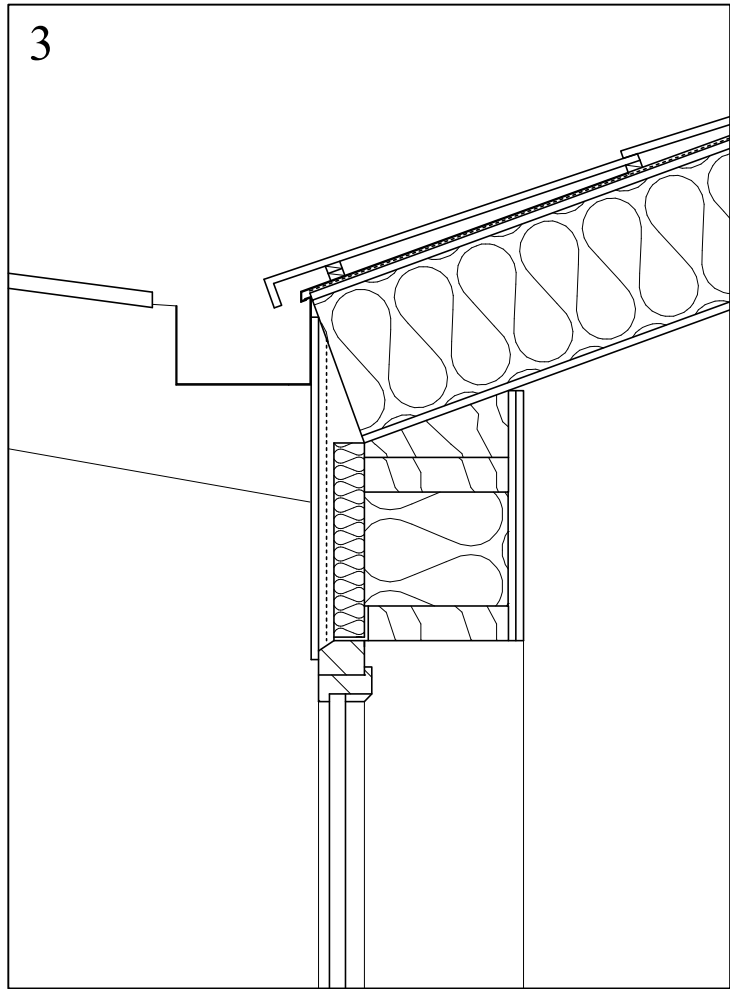
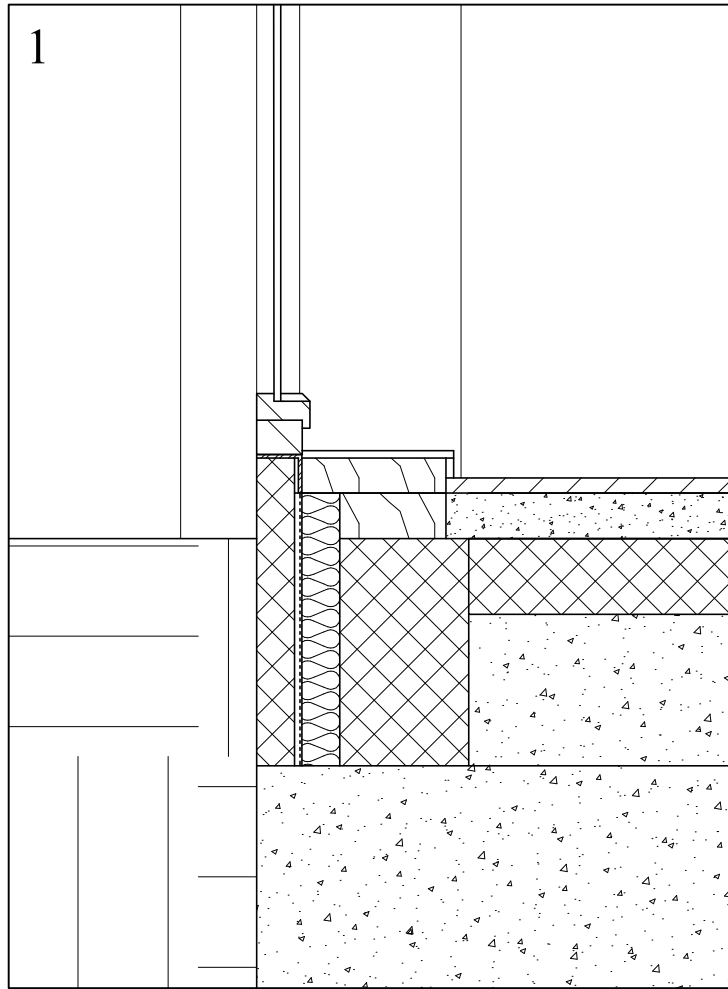
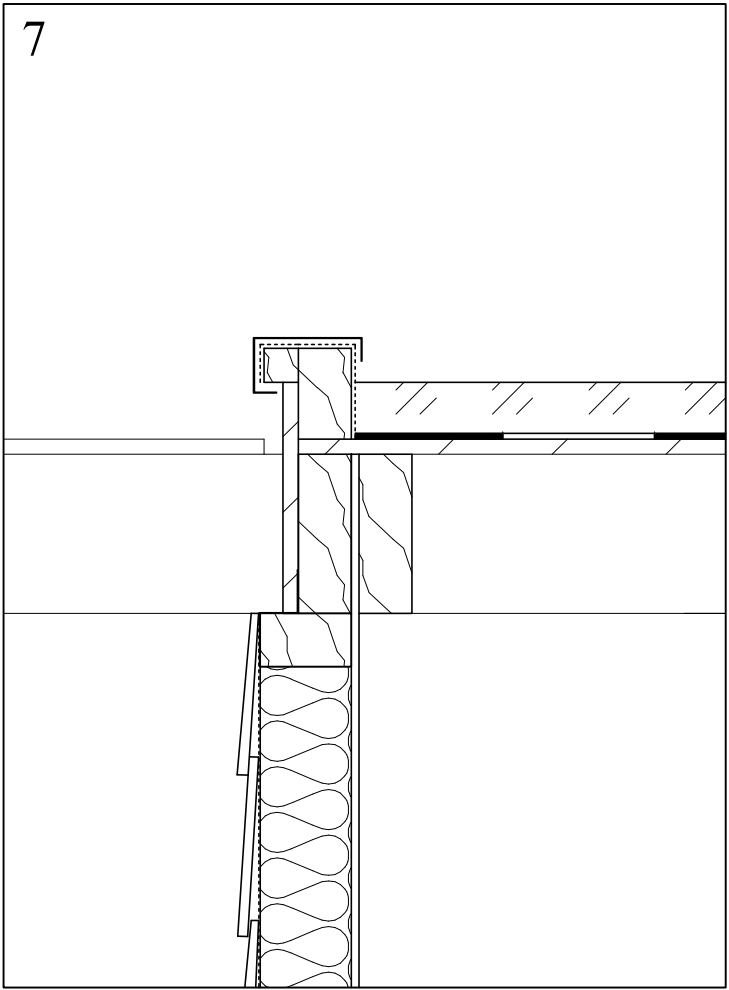
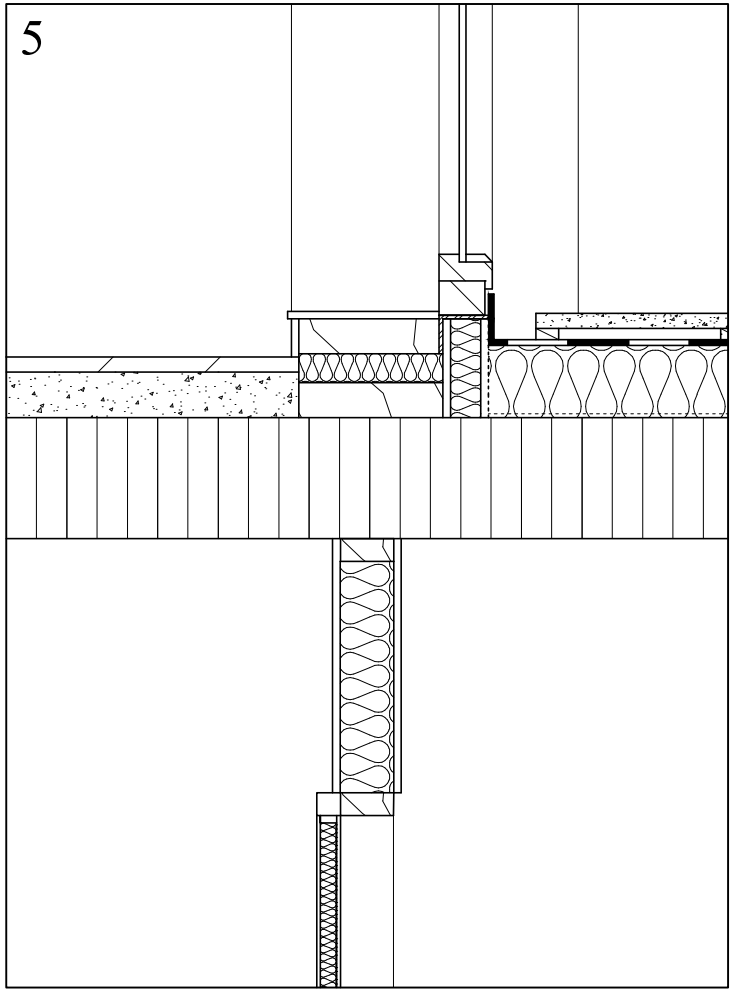
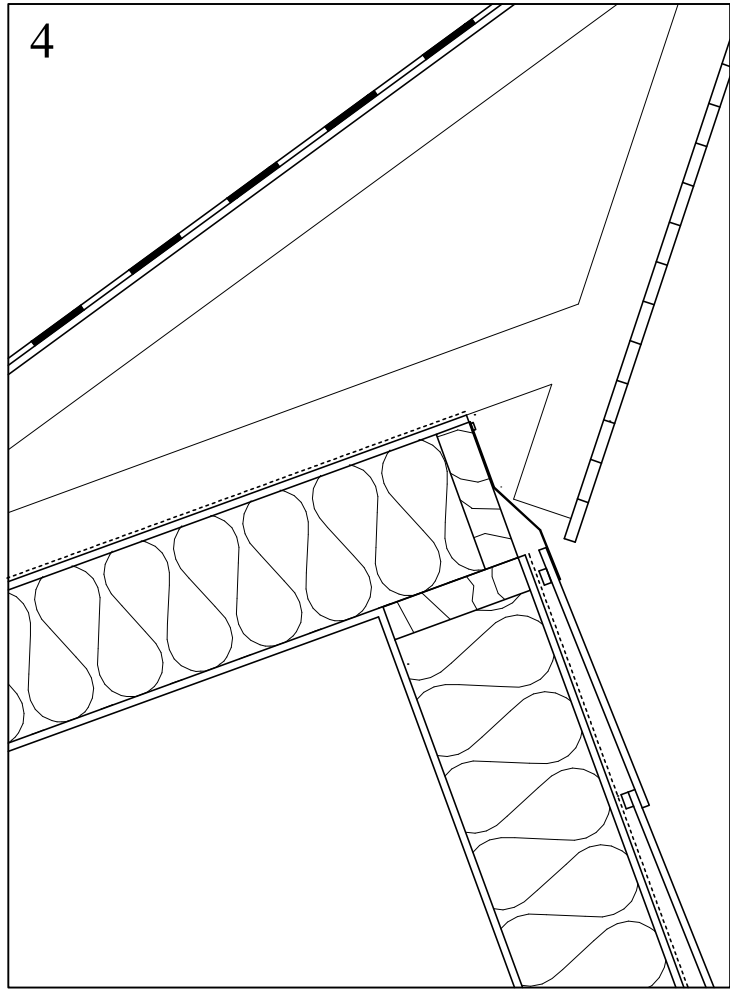
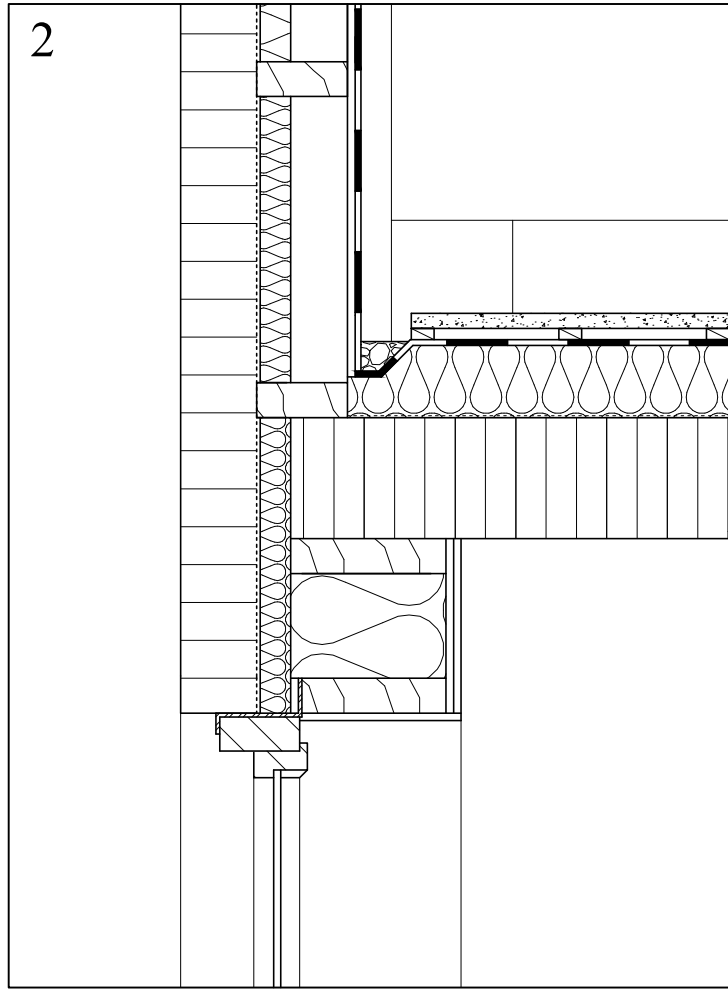
0,00 m ▼ 0 - Piano Terra

SEZIONE 1 scala 1:50

LEGENDA DELLE CAMPITURE

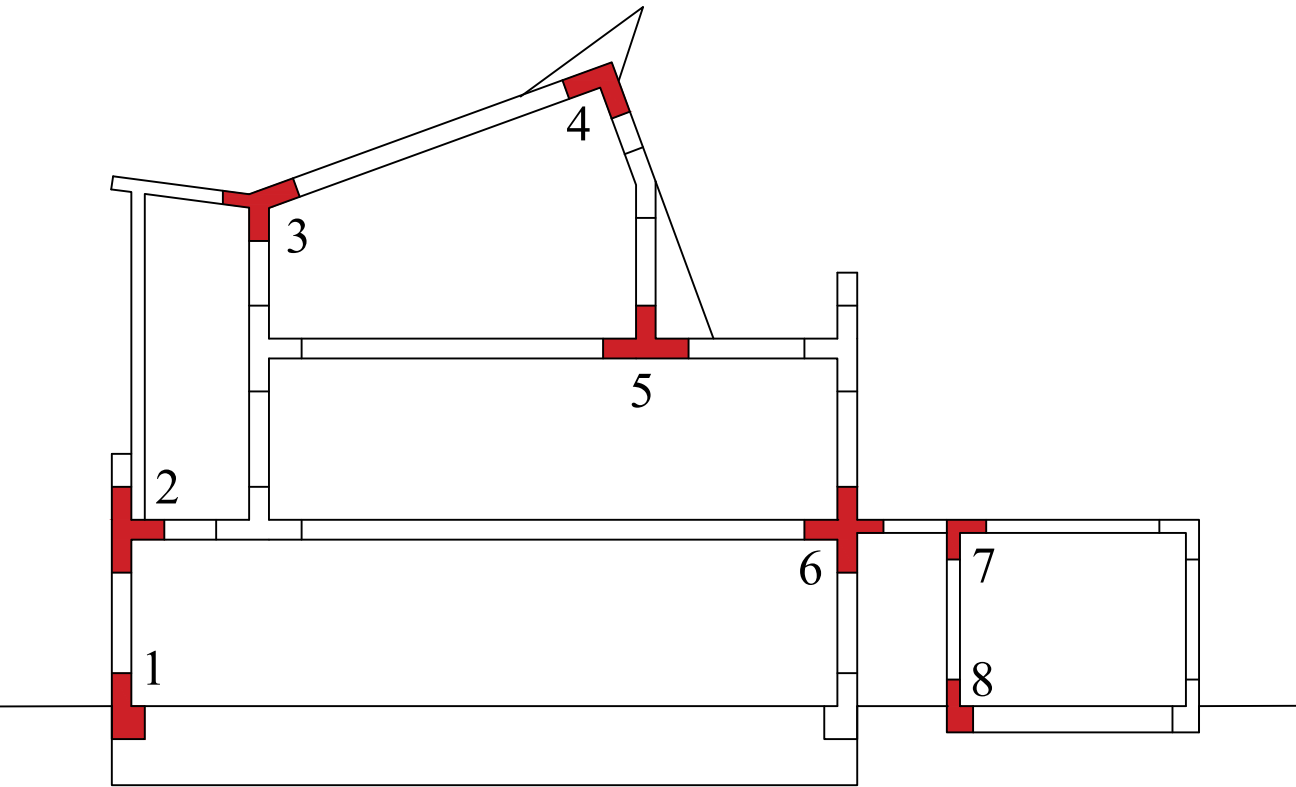
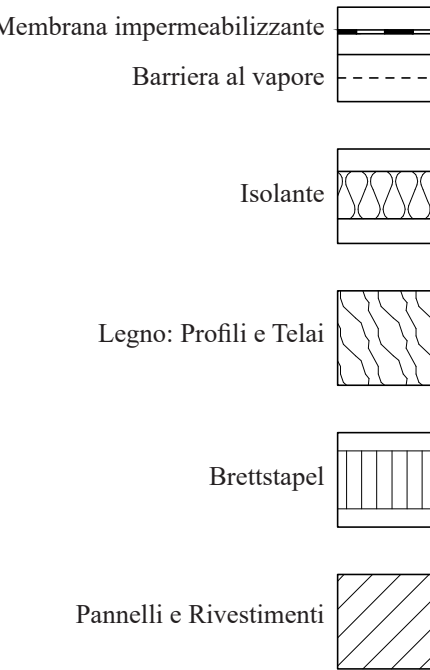
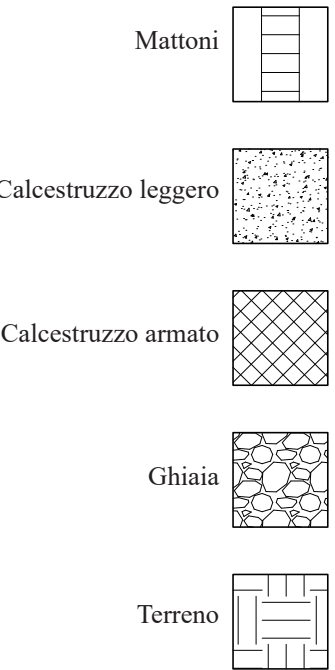
- Membrana impermeabilizzante
- Barriera al vapore
- Isolante
- Legno: Profili e Telai
- Brettstapel
- Pannelli e Rivestimenti
- Mattoni
- Calcestruzzo leggero
- Calcestruzzo armato
- Ghiaia
- Terreno

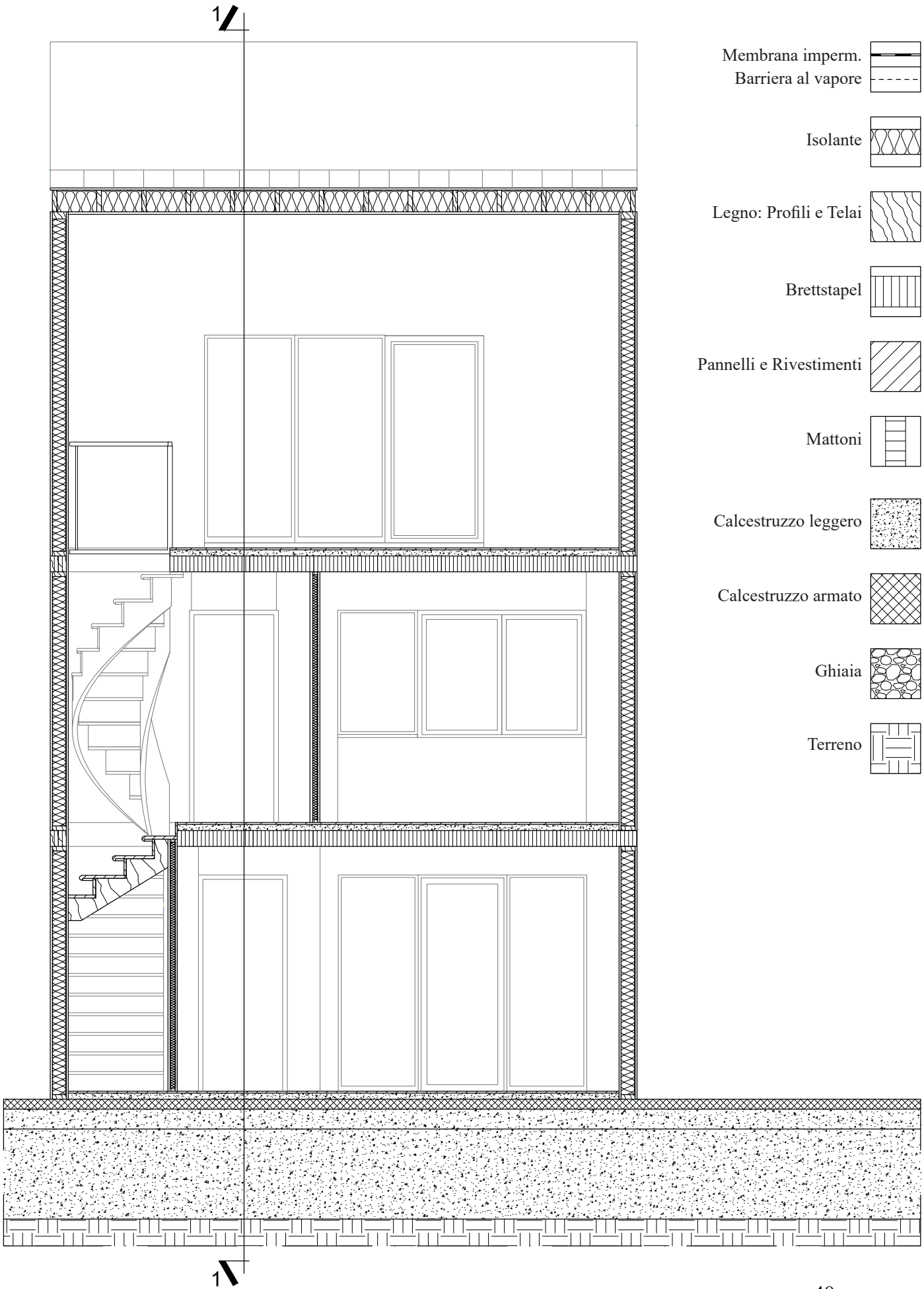




NODI SEZIONE 1 scala 1:10

LEGENDA DELLE CAMPITURE
alla pagina precedente o alla successiva





I MATERIALI E L'IMPATTO AMBIENTALE

L'impatto ambientale dell'edificio analizzato, viene qui affrontato, introducendo i principali aspetti caratteristici di ciascuna famiglia di materiali e dei singoli materiali in uso.

I materiali vegetali sono stati utilizzati per la struttura, l'isolamento, le pavimentazioni, i telai di porte e finestre, i pannelli nelle murature e una parte del rivestimento esterno; i ceramici per le fondazioni, i massetti, le pavimentazioni, parte dell'isolamento termico per le pareti perimetrali, l'isolamento acustico dei tramezzi interni e parte del rivestimento esterno.

Il cartongesso è stato utilizzato per i pannelli di rivestimento interno delle murature e verrà nei calcoli considerato materiale composito (vegetale + ceramico); è stato invece sapientemente limitato l'uso dei metalli all'armatura della platea e dei cordoli di fondazione, a parte delle ringhiere esterne e ai profili di aggancio e rinforzo. Le membrane, la copertura del balcone e il massetto isolante delle pavimentazioni esterne sono di materiale plastico.

VEGETALI

Le piante sono costituite di materia organica che alla fine del proprio ciclo di vita torna alla natura. Durante questo ciclo oltre ad assimilare l'acqua e le sostanze nutritive dal terreno, le piante compiono la fotosintesi grazie al sole, durante la quale trasformano l'anidride carbonica e l'acqua in glucosio, che fornisce loro l'energia per vivere. In questo processo la pianta libera in atmosfera la maggior parte dell'ossigeno dei reagenti e trattiene la CO₂; parallelamente l'organismo vegetale svolge la respirazione cellulare, in cui viene assorbito ossigeno e rilasciato carbonio.

Il bilancio del carbonio tende a favore dell'assorbimento, in quanto parte di esso rimane fissato in forma di cellulosa e lignina all'interno della pianta.

Le piante sulla terra sono ampiamente presenti e diffuse, basti pensare che il 27% delle terre emerse sono coperte da boschi e il 13% da foreste sparse, dunque l'energia necessaria per il trasporto come anche per la lavorazione non è molta ed è nelle possibilità di molti; inoltre il legno può essere riutilizzato o riciclato per produrre energia o pannelli per l'edilizia (in Olanda il legname vecchio costa fino al 75% del nuovo).

Questa intelligibilità del materiale vegetale ne ha motivato l'ampio utilizzo nelle costruzioni; i grandi incendi del passato e le alternative rese più economiche a partire dalla rivoluzione industriale, ne hanno però limitato l'impiego.

Negli ultimi decenni è in atto una riscoperta del legno, non più solo legata alla reperibilità ma anche alle sue proprietà e come alternativa ecologica per rallentare il cambiamento climatico. Uno dei processi nella lavorazione del legno che maggiormente influisce sul consumo di energia e sull'impatto ambientale è l'essiccazione artificiale che permette di velocizzarne la disponibilità fino a 3 volte ma lo rende più fragile. Nel legname segato l'umidità va ridotta fino al 70-90% e la soluzione ideale sarebbe applicare il taglio in inverno e lasciarlo asciugare all'aperto.

TIMBER: abete, abete rosso e larice

L'abete ed il larice si apprezzano entrambi per la loro elasticità e resistenza che ne facilitano l'impiego per elementi strutturali, come nel caso in questione. L'abete, a differenza del larice, viene anche tagliuzzato per la produzione di pannelli.

L'abete insieme al pino sono gli alberi più utilizzati, tanto che le coltivazioni industriali di queste

specie minacciano l'esistenza di molte altre¹². A tal proposito è importante considerare che delle 35 specie di alberi presenti nel Nord Europa, i due terzi sono adatte all'utilizzo in edilizia. I dati sull'impatto ambientale (EE, GWP), estratti dal catalogo online Okobaudat, considerano l'essiccazione artificiale.

PANNELLI LIGNEI: OSB e compensato (spessore: 1cm)

L'OSB, Oriented Strand Board, è un pannello costituito da strati di trucioli, ottenuti da taglio tangenziale dei tronchi delle conifere oppure riciclati da elementi in legno massello, che vengono incollati con resine sintetiche termoindurenti e pressati, garantendo l'uniformità del pannello. La densità e la rigidità che l'elemento raggiunge lo rende adatto come controvento; può essere lavorato per garantirne la resistenza all'umidità



Figura 1. Oriented Strand Board.

Il compensato è un semilavorato costituito da sottili strati di legno lamellare incollati con le fibre disposte perpendicolarmente tra loro. Questa tecnica permette di compensare la differente resistenza del legno massello alle sollecitazioni trasversali o parallele alle fibre.

Entrambe le lavorazioni implicano un impatto ambientale maggiore rispetto al legno massello.

ISOLANTE VEGETALE: cellulosa insufflata

Il legname viene macinato, cotto sotto pressione e trattato per rilasciare la lignina. La cellulosa così ottenuta viene lavata, sbiancata e mescolata con colla per ottenere le fibre per l'edilizia.



Figura 2. Cellulosa da insufflaggio.

L'impatto ambientale di questi processi industriali è dovuto soprattutto al grande consumo di acqua; spesso alcune sostanze utili alla produzione vengono rilasciate nei fiumi e nei laghi nei pressi dell'impianto.

COMPOSITI

PANNELLI in cartongesso (spessore: 12,5 mm).

Il cartongesso è composto da uno strato di gesso cotto rinforzato con fibre di vetro, coperto da un foglio di cartone per lato. E' importante distinguere tra il gesso naturale che è un deposito salino della pietra che si può trovare sul fondale di fiumi e laghi, e il gesso solforoso che è un prodotto di scarto industriale, meno puro rispetto al naturale ma comunque adatto per la produzione di cartongesso e cemento Portland.

Il cartongesso è particolarmente apprezzato in edilizia per la sua leggerezza, la possibilità di applicarne facilmente fori e scanalature e per le sue proprietà di isolamento acustico e termico. Il suo potenziale di riciclaggio è limitato al 5-15% per un nuovo componente.

Nei calcoli si sono presi in considerazione pannelli gesso naturale cotto.

¹² Berge B., *The Ecology of Building Materials*, Oxford, Architectural Press, 2000.

CERAMICI

I materiali ceramici generalmente derivano dalla cottura e l'impasto di diversi minerali. Sul nostro pianeta si trova grande abbondanza e varietà di minerali ma l'estrazione e la lavorazione richiedono molta energia e spesso combustibili fossili, danneggiando gli ecosistemi locali e i lavoratori impegnati a proteggersi dal rumore, le vibrazioni e le grandi quantità di polveri. I minerali puri una volta estratti sono più facili da utilizzare ma solitamente si trovano all'interno di rocce di diversa composizione. E' utile distinguere i materiali ceramici tradizionali a base di argilla o silice che presentano proprietà non eccellenti, dai ceramici avanzati, di recente sviluppo, risultato di cotture ad altissima temperatura che ne aumentano la purezza e le proprietà.

In edilizia prevale nettamente il consumo di minerali per la produzione di ceramici tradizionali. I materiali ceramici non metallici dopo la posa sono generalmente innocui per l'ambiente, tranne l'amianto e le sostanze al boro; sono difficilmente riciclabili alla fine della loro vita tranne il vetro e lo zolfo che possono essere fusi facilmente.

MASSETTO AUTOLIVELLANTE: **anidrite**

L'anidrite è un minerale composto da solfato di calcio anidro, cioè privo di acqua, a differenza del gesso. In edilizia è utilizzato nella produzione del cartongesso, del cemento Portland e per creare superfici lisce, infatti la fluidità che assume a contatto con l'acqua e i brevi tempi di asciugatura la rendono particolarmente adatta come massetto autolivellante, soprattutto in presenza del sistema scaldante a pavimento. Ha un impatto ambientale contenuto.



Figura 3. Colatura massetto in anidrite.

FONDAZIONI: **calcestruzzo**

Il calcestruzzo è composto da cemento, aggregati, acqua ed eventualmente additivi. Le principali proprietà che possiede sono l'elevata resistenza a compressione, al fuoco e la capacità di accumulare calore.

La produzione di questo materiale determina elevate emissioni di anidride carbonica che vengono in parte riassorbite durante la vita dell'edificio tramite il processo di carbonatazione; si può inoltre ridurre leggermente il potere inquinante sostituendo i materiali a base di calce che lo compongono con materiali pozzolanici, oppure sostituendo il cemento Portland con geopolimeri derivanti da ceneri volanti o utilizzando lo zolfo come legante.

Con il calcestruzzo si possono anche produrre elementi prefabbricati che solitamente implicano un trasporto più lungo e dunque più inquinante rispetto al calcestruzzo prodotto in situ, tuttavia i primi hanno anche un maggiore valore di riciclo, grazie ai giunti metallici che ne permettono lo smontaggio.

La durabilità del calcestruzzo è strettamente legata alle condizioni ambientali, in particolare alla presenza di inquinanti nell'aria.

L'edificio analizzato presenta due classi di resistenza di calcestruzzo: C20/25 per la colata di 90 centimetri sotto la fondazione e il magrone; C30/35 con armatura per platea e cordoli.

LASTRE DI COPERTURA: **cemento, fibre e sabbia**

Le lastre cementizie di copertura sono costituite per il 45% di cemento e per il resto da sabbia, fibre organiche e acqua. Questa soluzione ha negli ultimi sostituito l'amianto rivelatosi cancerogeno ed anche le tegole essendo più costose.

Le lastre cementizie possono essere smontate e riutilizzate.



Figura 4. Foto della copertura.
05/07/2019

LASTRICATO CEMENTIZIO: **cemento ed aggregati**

Questa soluzione utilizza aggregati grossolani e riduce considerevolmente l'utilizzo di cemento e l'inquinamento ambientale derivante dalla sua produzione. Nell'edificio analizzato viene utilizzata per le pavimentazioni del balcone e della terrazza.

Ceramica monocottura

Il ciclo produttivo della ceramica comprende la frantumazione, macinazione, vagliatura e miscelazione delle materie prime, quali argilla con acqua, smagranti (sabbia silicea o laterizi già cotti e macinati) e fondenti (calcare). Successivamente avviene la formatura, l'essiccamento, il rivestimento e la cottura a 1200-1450 °C. Quest'ultima richiede elevate quantità di energia con conseguenti emissioni di CO₂ a cui vanno a sommarsi le emissioni di anidride solforosa. La resistenza di questi prodotti è molto alta e per essere sfruttati a pieno devono essere montati e riparati in modo da poter essere smontati e riutilizzati. Nei calcoli viene analizzato il suo utilizzo per le pavimentazioni interne.

RIVESTIMENTO: **laterizio**

Per la produzione di mattoni non strutturali, all'argilla cotta a circa 1000 °C si aggiungono sostanze come segatura e pezzi di sughero, che creano pori interni. La presenza di quest'ultimi e l'apporto di calce sono direttamente proporzionale alla leggerezza ed alla capacità di regolare l'umidità. L'impatto ambientale della cottura dell'argilla è sempre elevato, da qui l'importanza del riutilizzo dei mattoni integri.

ISOLANTE MINERALE: **lana minerale**

La lana minerale è un ottimo isolante termico ed un buon isolante acustico.

La lana di vetro si compone di sabbia di quarzo, calce, dolomite, soda e per il 60% da vetro riciclato. Questa massa viene fusa e formata in fibre con l'aggiunta di colla.

La lana di roccia si compone di carbone, diabase e calcare; la produzione è all'incirca uguale alla lana di vetro. Tutte le rocce utilizzate in questi processi sono ampiamenti presenti sul nostro pianeta.

Alla lana minerale viene addossata una barriera al vapore sia per garantire una buona prestazione igrometrica della parete sia per evitare che la lana entri in contatto con l'umidità, la quale può indurne il rilascio di sostanze cancerogene.

La produzione di questo materiale è talmente centralizzata che il riciclo, per quanto possibile,



Figura 5. Pannello in lana minerale

non è considerato sostenibile a livello economico.

TINTEGGIATURA base *argilla*

L'argilla naturale viene colorata per essere resa resistente al contatto non prolungato con l'acqua. Mantiene la propria capacità igrometrica ed ha un basso impatto ambientale.

A Lanxmeer è stata scelta la tinteggiatura della marca "Auro".

Vetro

La composizione del vetro analizzato è 15% di carbonato di sodio, 15% di calcare e dolomite e 70% di sabbia di quarzo. Questi componenti vengono macinati finemente, miscelati e fusi. Il vetro per le finestre può essere prodotto con una percentuale di circa il 20% di vetro riciclato e utilizza materie ampiamente presenti, tuttavia consuma molta energia, ancor di più se vengono aggiunti ossidi metallici per la colorazione che tra l'altro limitano il riciclo alla produzione di bottiglie, o se vengono utilizzati gas isolanti nei vetri camera che possono avere un bilancio ambientale positivo solo in climi freddi, considerando l'intero ciclo di vita dell'edificio. In questo caso il vetrocamera è composto da 2 lastre di vetro da 4 millimetri con un'intercapedine di aria di 16 millimetri.

METALLI

I metalli vengono estratti da alcune tipologie di minerali ampiamente presenti in natura con tecniche avanzate e grande dispendio di energia; questo li ha resi spesso inaccessibili e di grande valore fino all'Ottocento. Con l'industrializzazione i metalli hanno occupato e occupano un ruolo centrale nelle costruzioni come anche nel deterioramento di molti ambienti e nell'emissione di sostanze inquinanti sia in fase di estrazione tramite combustione delle risorse non rinnovabili sia nella successiva fusione per la formatura.

Una parte del consumo di energia derivante da questi processi è compensata dalla capacità di riciclo dei metalli: con il riciclo del ferro, rame, zinco e piombo viene recuperata dal 20% al 40% dell'energia di produzione, percentuale che per l'alluminio può arrivare fino al 90%. In opera i metalli possono costituire un fattore inquinante se esposti alla pioggia che ne lava via dalle superfici alcune particelle dannose per l'ambiente.

Acciaio

L'acciaio è l'unico materiale a base di ferro utilizzato in edilizia. Il ferro ha una buona diffusione ma le riserve facilmente accessibili sono in rapida diminuzione, fenomeno che sta coinvolgendo anche altri metalli che hanno riserve decisamente più limitate, come il nichel e lo zinco a cui il ferro si lega.

La produzione dell'acciaio comprende l'estrazione dei minerali ferrosi, la pulizia, la sinterizzazione e la cottura in altoforno a 1700-1800 gradi insieme al carbone ed altri elementi che ne modificano le proprietà. Il quantitativo di carbone necessario deve essere molto elevato al fine di ridurre il quantitativo di ossigeno, formando anidride carbonica. L'impatto ambientale è elevatissimo considerata anche la grande necessità di acqua e di aria durante il processo. L'acciaio si può ottenere dalla ghisa, lo stadio che precede l'acciaio nella trasformazione dal ferro, e rottami dello stesso.

Alluminio

La produzione dell'alluminio sfrutta la bauxite, un minerale localizzato prevalentemente nelle foreste pluviali di Brasile, Suriname e Venezuela. Essa provoca grandi emissioni di anidride carbonica, perfluorocarburi, anidride solforosa, idrocarburi poliaromatici, fluoruri e polvere; inoltre rilascia sostanze inquinanti nel suolo e quindi nelle acque sotterranee.

Gli impianti di produzione sono centralizzati localizzati a grande distanza dalle zone di estrazione, generando un consistente impatto ambientale nelle varie fasi di trasporto, anche nel momento del riciclaggio.

PLASTICHE

Le plastiche sono prodotti chimici organici creati in laboratorio. Esse sono oggi prevalentemente distillate a partire dal petrolio greggio e dal gas naturale con l'aggiunta di additivi, mentre in passato si utilizzavano il carbone e materie prime naturali quali mais, cellulosa e proteine animali, che si sta provando a reintrodurre negli ultimi anni.

I polimeri sono distinti in termoplastici, che se scaldati diventano malleabili, se raffreddati tornano ad essere rigidi, in un processo ripetibile molte volte, e in termoindurenti, che rammolliscono quando vengono scaldati, vengono deformati tramite pressione e poi induriscono in un processo che se ripetuto li carbonizza.

Come suggerisce il nome, la caratteristica comune alle materie plastiche è la grande facilità di modellazione; oltre a questo esse possono essere composte per ottenere una grande varietà di proprietà.

L'effetto inquinante nella produzione di questi composti è legato all'estrazione e la raffinazione del petrolio greggio e del gas naturale, alle emissioni di gas serra in fase di produzione e all'elevato dispendio di energia.

Il processo di abbattimento della plastica e la sua durata variano molto in base alla tipologia di polimero e alle condizioni climatiche a cui è esposta. Molti tecnici del settore si sono mossi negli ultimi anni per controllarne l'invecchiamento ma dall'altro lato nascono sempre nuovi additivi che durante il ciclo di vita del prodotto possono penetrare nel terreno o disciogliersi in acqua. Risulta sempre più importante controllare il sistema di riciclaggio, reso complicato dalle impurità diffuse tra i materiali plastici; la qualità di questi materiali diminuisce considerevolmente ad ogni riciclo.

MEMBRANE: epdm e polietilene

L'Ethylene-Propylene Diene Monomer è un polimero termoplastico ad alta densità con alta resistenza al calore, all'ozono ed agli agenti atmosferici. Questi come la maggior parte dei materiali plastici derivano dalla raffinazione di petrolio e gas naturale, dunque un processo inquinante che utilizza materie prime che scarseggiano. Le membrane plastiche in etilene, polietilene non causano danni una volta in opera. Si sta ancora sperimentando



Figura 6. Pellicola in polietilene

senza troppa convinzione il riciclo nei conglomerati bituminosi dell'epdm, mentre dal polietilene solitamente si recupera calore.

FOGLI di policarbonato

Il policarbonato, qui utilizzato per la copertura del balcone e della soglia d'ingresso, è un polimero termoplastico apprezzato per leggerezza, resistenza e trasparenza. Il potere inquinante deriva dai fattori visti in precedenza per gli altri materiali plastici.

SCHIUMA di polistirene

La schiuma di polistirene rigida è stata utilizzata sotto la pavimentazione del balcone e della terrazza. La sua struttura è molto leggera (98% di aria) ed ha ottime proprietà in termini di isolamento termico e acustico.

Il prodotto di scarto può essere dannoso per l'ambiente in quanto perde gli additivi. Difficile è il riciclo.

MATERIALI	ELEMENTI	VOLUMI [m³]	PESO SPECIFICO [kN/m³]	PESI [Kn]	R.U.	rPEI [MJ] A1-A3	nrPEI [MJ] A1-A3	GWP [kgCO2eq] A1-A3	FONTI	DESCRIZIONE	
						Renewable Primary Energy Index	Primary No Renewable Energy Index	Embodied Energy			
ABETE	Listelli 1x2 cm rivestimento copertura	0,02	3,7	0,07	m³	9.485,0	330,0	-	784,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Legname segato secco
	Listelli 1,5x3 cm sostegno pav. esterno	0,05	3,7	0,19	m³	9.485,0	330,0	-	784,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Legname segato secco
ABETE ROSSO	Struttura orizzontale: Brettstapel	18,05	4,8	86,81	m³	9.693,0	1.433,0	-	694,1	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Abete rosso da costruzione
ACCIAIO	Armatura di fondazione	0,02	78,5	1,28	kg	3,7	8,9		0,7	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Maglia di acciaio saldata
	Armatura cordolo	0,00	78,5	0,37	kg	3,7	8,9		0,7	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Maglia di acciaio saldata
	Armatura copricordolo	0,00	78,5	0,03	kg	3,7	8,9		0,7	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Maglia di acciaio saldata
	Ringhiera	0,02	78,5	1,85	kg	3,1	11,0		1,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Profili in acciaio
	Barra circolare 12,5mm copert. balcone	0,00	78,5	0,25	kg	3,1	11,0		1,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Profili in acciaio
	Sezioni circolari cave copert. balcone	0,02	78,5	1,49	kg	3,1	11,0		1,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Profili in acciaio
	Altri elementi metallici	0,04	78,5	2,87	kg	3,1	11,0		1,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Profili in acciaio
ALLUMINIO	Maniglie porte e finestre	0,00	27,0	0,00	kg	47,8	150,0		10,9	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Forme in alluminio
ANIDRITE	Massetto autolivellante	8,12	21,0	170,58	kg	0,1	1,6		0,1	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Massetto in solfato di calcio
CALCESTRUZZO C25/30	Cordolo	1,86	24,0	44,56	m³	190	999		197,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Calcestruzzo C25/30
	Copricordolo	0,16	24,0	3,86	m³	190	999		197,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Calcestruzzo C25/30
	Platea	6,39	24,0	150,87	m³	180	912		178,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Calcestruzzo C20/25
CALCESTRUZZO C20/25	Terreno di fondazione	61,07	14,0	855,01	m³	180	912		178,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Calcestruzzo C20/25
	Magrone	12,79	14,0	179,00	m³	180	912		178,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Calcestruzzo C20/25
CARTONE ALVEOLARE	Riempimento porte interne	0,23	0,5	0,06	kg	27			0,5	Bjorn Berge, The ecology of building	Fogli di cartone
CARTONGESSO	Faccia interna muri portanti	3,31	6,8	22,51	m²	9,0	30,5		1,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello in cartongesso
	Facce tramezzi	0,89	6,8	6,05	m²	9,0	30,5		1,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello in cartongesso
	Scala assemblata: Alzata	0,08	6,8	0,52	m²	9,0	30,5		1,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello in cartongesso
CELLULOSA SOFFIATA	Muro: Isolante 12	1,60	0,5	0,72	m³	805,2	79,6	-	74,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolante per soffiaggio in cellulosa
	Muro: Isolante 14	16,29	0,5	7,33	m³	805,2	79,6	-	74,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolante per soffiaggio in cellulosa
	Muro: Isolante 19	14,49	0,5	6,52	m³	805,2	79,6	-	74,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolante per soffiaggio in cellulosa
	Copertura: Isolante 19	8,94	0,5	4,02	m³	805,2	79,6	-	74,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolante per soffiaggio in cellulosa
	Copertura: Isolante 19 triangolo	0,25	0,5	0,11	m³	805,2	79,6	-	74,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolante per soffiaggio in cellulosa
CEMENTO	Piastrelle esterne	0,50	14,0	7,00	m³	1.134,5	5.445,0		1.034,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pietre per lastricati in cemento
	Piastrelle di copertura	1,34	14,0	18,72	kg	0,2	1,4		0,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Tegole cemento
CERAMICA MONOCOTTURA	Rivestimento pavimentazione PT	0,16	18,7	3,02	m²	18,2	220,3		12,9	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Piastrelle in ceramica
	Rivestimento pavimentazione 1P	0,16	18,7	3,02	m²	18,2	220,3		12,9	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Piastrelle in ceramica
COMPENSATO - MULTISTRATO DI PIOPPO	Murature deposito	0,18	4,9	0,87	m³	14.740,0	3.200,0	-	742,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello di compensato
	Faccia verticale interna muri	3,31	4,9	16,22	m³	14.740,0	3.200,0	-	742,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello di compensato
	Faccia inclinata interna muri	0,10	4,9	0,51	m³	14.740,0	3.200,0	-	742,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello di compensato
	Copertura (sostegno collettori)	0,13	4,9	0,64	m³	14.740,0	3.200,0	-	742,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello di compensato
	Copertura	0,20	4,9	0,97	m³	14.740,0	3.200,0	-	742,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello di compensato
	Parapetto	0,07	4,9	0,32	m³	14.740,0	3.200,0	-	742,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello di compensato
	Pannelli porte interne	0,13	4,9	0,66	m³	14.740,0	3.200,0	-	742,2	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Pannello di compensato
LANA MINERALE	Cordolo: isolante 5 cm	0,16	0,5	0,07	m³	130,4	809,6		70,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolamento della facciata in lana minerale
	Muri: Isolante 4 cm	1,65	0,5	0,76	m³	130,4	809,6		70,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolamento della facciata in lana minerale
	Muro inclinato: Isolante 4 cm	1,18	0,5	0,55	m³	130,4	809,6		70,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolamento della facciata in lana minerale
	Parapetto: Isolante 4 cm	0,36	0,5	0,17	m³	130,4	809,6		70,0	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolamento della facciata in lana minerale
	Tramezzi - isolante acustico	2,13	1,0	2,13	m³	76,7	475,8		40,1	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Isolamento interno in lana minerale
LARICE	Muro deposito: Doghe in larice	1,15	6,5	7,49	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Trave 12x7	0,20	6,5	1,29	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Pilastro 12x7	0,32	6,5	2,10	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Trave 7x21	0,54	6,5	3,50	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Trave 19x4.6	1,90	6,5	12,38	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Pilastro 19x4.6	0,89	6,5	5,76	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Pilastro 14x4.6	1,72	6,5	11,17	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Trave 14x4.6	0,73	6,5	4,71	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Pilastro 12x16	0,29	6,5	1,89	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Trave 19x4.6 inclinata	0,10	6,5	0,66	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Trave 12x4.6	0,14	6,5	0,92	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Pilastro 12x4.6	0,05	6,5	0,34	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Trave 4x4.6	0,01	6,5	0,07	m³	13.500,0	2.724,0	-	897,3	https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DA	Larice da costruzione
	Pilastro 4x4.6	0,01	6,5	0,08	m³						

MATERIAL		QUANTITY	R.U.	rPEI [MJ]	nrPEI [MJ]	PEI tot o EE [MJ]	GWP [kgCO2eq]
V E G E T A L	TERRENO	75,25	kg	161	112	273	- 4
	ABETE	0,07	m^3	654	23	677	- 54
	ABETE ROSSO	18,05	m^3	174.930	25.861	200.791	- 12.526
	LARICE	12,57	m^3	169.664	34.234	203.899	- 897
	CARTONE	6,62	kg	-	-	179	3
	CELLULOSA	41,56	m^3	33.461	3.307	36.768	- 3.088
	COMPENSATO	4,12	m^3	60.749	13.188	73.938	- 3.059
	OSB	1,48	m^3	18.682	12.158	30.840	- 858
	CARTONGESSO	561,02	m^2	5.049	17.105	22.155	696
C E R A M I C	ANIDRITE	17.394,35	kg	1.564	28.179	29.743	2.140
	CALCESTRUZZO C25/30	8,41	m^3	1.598	8.402	10.000	1.657
	CALCESTRUZZO C 20/25	73,86	m^3	14.033	73.784	87.817	14.550
	CEMENTO	1.909,25	kg	302	2.577	2.879	399
	CERAMICA	32,40	m^2	591	7.138	7.728	419
	LASTRICATO CEMENTIZIO	0,50	m^3	567	2.724	3.291	517
	MATTONI	2,95	m^3	1.650	23.650	25.300	1.555
	LANA MINERALE	5,47	m^3	714	4.431	5.145	383
	TINTEGGIATURA BASE ARGILLA	59,65	kg	51	710	761	34
	VETRO	14,24	m^2	421	7.234	7.655	380
P L A S T I C	MEMBRANA EPDM	110,05	m^2	1.015	27.072	28.087	951
	PELLICOLA IN POLIETILENE	199,74	m^2	179	2.692	2.871	80
	POLICARBONATO	0,29	m^3	546	3.851	4.398	1.804
	SCHIUMA IN POLISTIRENE	2,50	m^3	69	5.577	5.646	189
M E T A L	ACCIAIO	829,73	kg	2.546	9.135	11.682	824
	ALLUMINIO	0,22	kg	10	33	43	2
TOTALI				489.206	313.180	802.565	6.095

Nella tabella in alto sono raccolti e ordinati per famiglia di materiale i risultati dei calcoli dell'embodied energy (EE) e del global warming potential (GWP) relativi alle fasi di estrazione (A1), trasporto (A2) e manifattura (A3) dei materiali utilizzati nell'unità abitativa analizzata.

Nella tabella a destra sono stati calcolati l'embodied energy e il global warming potential per abitante, per unità di massa (kg), per unità di volume (metri cubi) e unità di SLP (metri quadri).

Nella conclusione del capitolo questi verranno confrontati con le medie europee.

	EE	GWP
n. abitanti	(MJ/ab)	(KgCO2eq/ab)
1	802.565	6.095
kg di materiali	(MJ/kg)	(KgCO2eq/kg)
188.084	4,27	0,03
m^3 di mat	(MJ/m^3)	(KgCO2eq/m^3)
187,38	4.281,70	32,55
m^2	(MJ/m^2)	(KgCO2eq/m^2)
143,4	5.597	42,51

UN UTILE CONFRONTO

L'edilizia è uno dei settori con un maggiore impatto sull'ambiente. Basti pensare che, secondo i dati Eurostat del 2010, la fase di utilizzo degli edifici contribuisce per il 41% del consumo di energia dell'UE e in questo senso si stanno facendo importanti passi avanti attraverso l'efficientamento dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento e la riduzione delle dispersioni termiche.

Spesso però non si considera l'intero ciclo di vita del manufatto e non ci si accorge che l'innovazione nel campo dei materiali e degli impianti per migliorare le prestazioni dell'edificio, va ad aumentare l'impatto ambientale che questo ha nelle fasi di produzione, costruzione, manutenzione e dismissione.

In questa tesi è stata affrontata una piccola parte del problema cioè il contributo al cambiamento climatico, calcolato in chilogrammi di anidride carbonica equivalenti, che ha comportato la produzione (A1-estrazione delle materie prime, A2-trasporto al sito manifatturiero e A3-manifattura) di un'unità abitativa in un edificio composto da 18 unità abitative. Attraverso una recente ricerca, un team di ricercatori italiani del Politecnico di Milano e del Joint Research Center ("Benchmarks for environmental impact of housing in Europe: Definition of archetypes and LCA of the residential building stock") ha affrontato il problema dell'impatto ambientale medio, relativo all'intero ciclo di vita degli edifici residenziali in Europa. Per fare ciò sono partiti da alcuni dati; qui riporto quelli relativi all'impatto sul cambiamento climatico.

Il global warming potential di tutti gli edifici residenziali nell'EU27 nell'anno 2010 è stato di $1,24 \cdot 10^{12}$ kg CO₂eq; di cui 8% per la produzione, 0,9% per la costruzione, 91% per l'utilizzo, 1,3% per la manutenzione, -1,4% per la dismissione (il valore della dismissione è inferiore a zero perché considera i benefici derivanti dal riciclo dei materiali). La percentuale sull'impatto ambientale relativa alla produzione aumenta fino al 45% negli edifici a basso consumo energetico.

Il team di ricercatori ha dunque calcolato l'impatto ambientale di un edificio unifamiliare e di un edificio plurifamiliare, in differenti epoche storiche e in differenti zone climatiche, costruiti con i materiali e le tecniche di maggior uso nell'epoca di riferimento, al metro quadro per anno (fissando a 100 anni la vita utile delle costruzioni).

Il dato che permette un confronto con il calcolo effettuato in questa tesi è quello relativo al cambiamento climatico causato dalla produzione (8% del totale) di un edificio multifamiliare, al metro quadro, nel periodo storico compreso tra il 1990 e il 2010, in una zona climatica di fascia 2 (intermedia tra le tre fasce climatiche considerate).

Quello totale relativo al cambiamento climatico di un edificio è di $4,12 \cdot 10^1$ kgCO₂eq. Possiamo dunque facilmente calcolare l'8% relativo alla sola produzione, pari a 3,296 kgCO₂eq; a questo punto per confrontarlo con i 42,51 kgCO₂eq/m² dell'unità abitativa analizzata, lo moltiplichiamo per i 100 anni di vita considerati e questo si attesterà sui 329,6 kgCO₂eq/m². Il confronto effettuato mostra che l'impatto sul cambiamento climatico dell'unità abitativa analizzata è di quasi 8 (7,75) volte inferiore alla media europea. Per quanto questo sia un risultato più che rassicurante nei confronti dell'approccio ecologico utilizzato a Lanxmeer, può considerarsi solo indicativo. Questo per i limiti di precisione del calcolo effettuato in questa tesi e perché nel valore calcolato dai ricercatori è stata considerata anche la produzione degli impianti. Supponendo che questa influisca per il 25% sul totale di produzione, il gwp dell'unità analizzata, compresi gli impianti, si attesta sui 53,14 kgCO₂eq/m², pari a 6,2 volte la media europea.

Un altro dato riportato nell'articolo citato che può essere utile a un confronto è quello relativo all'impatto medio sul cambiamento climatico per la produzione di un edificio, per persona, per anno. Questo è pari a 207 kgCO₂eq; moltiplicato per i 100 anni di vita dell'edificio risulta pari a 20700 kgCO₂eq, pari a più di 3 volte (3,4) i 6095 chilogrammi di CO₂eq dell'edificio analizzato. Il doppio confronto effettuato rende i risultati un po' più credibili. La riduzione del gap tra il primo ed il secondo confronto è in parte spiegabile con il fatto che l'unità abitativa di Lanxmeer nonostante abbia una S.L.P pari a 143,4 metri quadri, è abitata da una sola persona, contro una media europea di 71 m² di SLP per abitante.

MATERIALI
TERRENO
TIMBER
CARTONE
CELLULOSA
PANNELLI VEGETALI
CARTONGESSO
ANIDRITE
CALCESTRUZZO
ALTRI PRODOTTI CEMENTIZI
CERAMICA
MATTONI
LANA MINERALE
VETRO
MEMBRANE PLASTICHE
POLICARBONATO
SCHIUMA EPS
ACCIAIO
ALLUMINIO
Totale

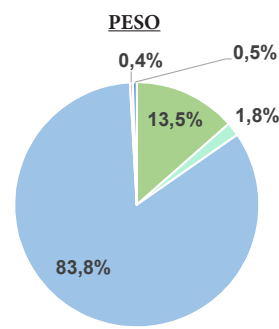
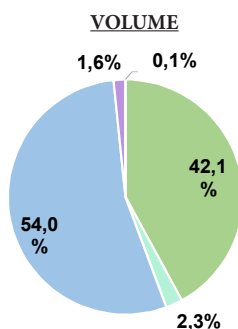
m ³	%
0,74	0,4
30,68	16,4
0,23	0,1
41,56	22,2
5,60	3,0
4,28	2,3
8,12	4,3
82,27	43,9
1,84	1,0
0,32	0,2
2,95	1,6
5,47	2,9
0,22	0,1
0,19	0,1
0,29	0,2
2,50	1,3
0,10	0,1
0,00	0,0
187,38	100,0

Dal confronto tra il peso e il volume dei materiali risulta evidente la leggerezza dei vegetali che hanno percentuali di volume minori rispetto a quelle relative al peso, lo stesso vale per il polistirene espanso e la lana minerale; al contrario gli altri ceramici e l'acciaio hanno una percentuale più alta sul peso totale dell'edificio, rispetto al volume. Cinque volte maggiore nel caso dell'acciaio.

kN	%
0,5	0,0
168,7	10,5
0,1	0,0
18,7	1,2
29,1	1,8
29,1	1,8
170,6	10,6
1.082,4	67,3
25,7	1,6
6,0	0,4
53,1	3,3
3,7	0,2
5,6	0,3
2,4	0,1
3,4	0,2
0,7	0,0
8,1	0,5
0,0	0,0
1.607,9	100,0

MATERIALI
VEGETALI
COMPOSITO (veget+ceram)
CERAMICI
PLASTICHE
METALLI

m ³	%
78,8	42,1
4,3	2,3
101,2	54,0
3,0	1,6
0,1	0,1



kN	%
217,0	13,5
29,1	1,8
1.347,2	83,8
6,5	0,4
8,1	0,5

MATERIALI
TERRENO
TIMBER
CARTONE
CELLULOSA
PANNELLI VEGETALI
CARTONGESSO
ANIDRITE
CALCESTRUZZO
ALTRI PRODOTTI CEMENTIZI
CERAMICA
MATTONI
LANA MINERALE
VETRO
MEMBRANE PLASTICHE
POLICARBONATO
SCHIUMA EPS
ACCIAIO
ALLUMINIO
Totale

MJ	%
273	0,0
405.367	50,6
179	0,0
36.768	4,6
104.778	13,1
22.155	2,8
29.743	3,7
97.817	12,2
6.170	0,8
7.728	1,0
25.300	3,2
5.145	0,6
7.655	1,0
30.959	3,9
4.398	0,5
5.646	0,7
11.682	1,5
43	0,0
801.804	100,0

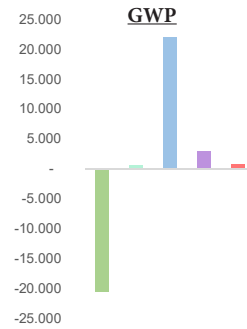
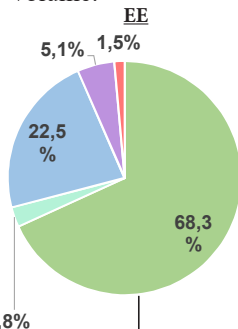
La produzione di timber e di pannelli vegetali ha un consumo energetico elevato, oltre la metà del totale; percentuale ben diversa da quelle relative al peso e il volume dello stesso materiale. Questo si osserva, in ordine decrescente, anche per l'epdm, l'acciaio, il vetro, la ceramica e i mattoni. Tra i vegetali la cellulosa ha un basso consumo energetico, tra i ceramici il calcestruzzo e la lana minerale.

Il grafico relativo al global warming potential attribuisce alla produzione dei ceramici la maggior parte delle emissioni, ben contrastata dalla capacità dei vegetali di assorbire carbonio. L'acciaio è quello che è inquinante maggiormente in relazione a peso e volume.

kgCO ₂ eq	%
- 3,69	-
- 13.478	-
3	0,0
- 3.088	-
- 3.917	-
696	2,5
2.140	7,7
16.207	58,3
399	1,4
419,26	1,5
1.555	5,6
383	1,4
380	1,4
1.031	3,7
1.804	6,5
189	0,7
824	3,0
2	0,0
5.545	93,6

MATERIALI
VEGETALI
COMPOSITO (veget+ceram)
CERAMICI
PLASTICHE
METALLI

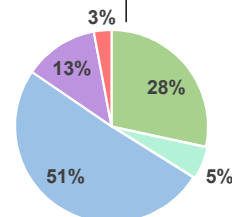
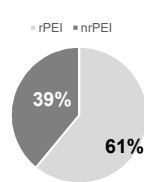
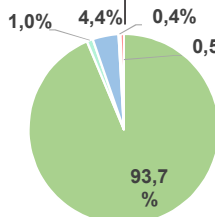
MJ	%
547.364	68,3
22.155	2,8
180.319	22,5
41.002	5,1
11.725	1,5



kgCO ₂ eq	%
- 20.484	-
696	3,0
22.034	82,9
3.023	11,4
826	3,1

MATERIALI
VEGETALI
COMPOSITO (veget+ceram)
CERAMICI
PLASTICHE
METALLI

rPEI
MJ
458.301
5.049
21.489
1.809
2.557
489.206



nrPEI
MJ
88.884
17.105
158.829
39.194
9168
313.180

L'utilizzo di energia rinnovabile per la produzione dell'edificio è relativa quasi interamente ai vegetali e in piccola parte ai ceramici. Nell'utilizzo di energia rinnovabile prevalgono i ceramici ma con una percentuale in linea con la presenza in volume nell'edificio e inferiore alla percentuale del peso. In questo confronto sono i materiali plastici e i materiali metallici che comportano un alto consumo di energia non rinnovabile. Si apprezza dal grafico a torta centrale che il 61% dell'energia utilizzata per la produzione degli elementi dell'edificio, è rinnovabile. Questo dipende dal grande utilizzo di materiali vegetali che non richiedono combustibili.

CONCLUSIONE

Il focus di questa tesi è duplice: esplorare il funzionamento del quartiere ecologico EVA Lanxmeer di Culemborg e affrontare l'analisi tecnologica di dettaglio di un edificio di alta qualità ambientale.

In primo luogo è stato affrontato un breve studio sulla storia di Culemborg e sulle caratteristiche geografiche della regione del Gelderland.

Per giustificare le scelte e le opere nel quartiere è stato fondamentale studiarne gli sviluppi storici e i protagonisti attivi nella pianificazione e comprenderne i principi e gli obiettivi. Per facilitare la comprensione delle dinamiche che hanno dato vita al quartiere è stato sviluppato il capitolo "la storia di EVA Lanxmeer".

Dopo lo studio introduttivo, sono stati svolti una serie di sopralluoghi, nell'arco di una settimana, che hanno permesso di verificare le informazioni spaziali sulla natura, la viabilità, gli edifici e i sistemi tecnologici raccolte in precedenza e di notarne i cambiamenti più recenti. Percorso conoscitivo riportato tramite fotografie e mappe aggiornate degli edifici nel quartiere. L'esperienza in loco ha inoltre reso possibile entrare in contatto con i residenti e organizzare tre visite in altrettante abitazioni; una di queste, residenza di Marleen Kaptein, fondatrice dell'associazione che ha reso possibile la nascita del quartiere, è stata oggetto di analisi in dettaglio.

Le informazioni e le rappresentazioni raccolte a Lanxmeer riguardo all'edificio si sono rivelate insufficienti a comprenderne per intero il funzionamento ma, nonostante l'impossibilità di entrare in contatto con Joachim Eble, progettista del complesso dove si trova l'abitazione, e il suo studio, la proprietaria Marleen Kaptein ha reso disponibile un opuscolo sui materiali utilizzati ed è riuscita a farsi inviare dal Comune di Culemborg alcune sezioni dettagliate con nodi strutturali delle fondazioni, dei muri, dei solai e della copertura. Questo ha permesso di creare, tramite il programma Revit Autodesk, un modello tridimensionale abbastanza fedele dell'unità abitativa, inserendo gli elementi e i rispettivi parametri. Da questo sono state estrapolate le rappresentazioni; nel caso delle sezioni il livello di dettaglio è stato incrementato fino al disegno dei nodi strutturali in scala 1:10.

Dal modello è stato inoltre generato il computo dei materiali che, una volta riordinato, ha permesso di quantificare i pesi e i volumi dei materiali all'interno dell'edificio. Tramite i dati dell'embodied energy e il global warming potential dei materiali forniti dal catalogo online "Okobaudat", in alcuni casi confrontati con i dati di "Inventory of carbon & energy" dell'Università di Bath e con le tabelle riportate nel libro "The ecology of building material" di Bjorn Berge, è stato calcolato l'impatto ambientale della produzione dell'edificio (fasi A1, A2, A3). Questi dati sono stati poi confrontati per capirne le relazioni con le proprietà dei materiali e i metodi di produzione.

Il calcolo dell'embodied energy e del global warming potential al metro quadro e per abitante, si è rivelato utile al confronto con i dati medi europei calcolati nello scritto "Benchmarks for environmental impact of housing in Europe. Definition of archetypes and LCA of the residential building stock". Questo ha confermato che l'impatto ambientale dell'unità abitativa analizzata è contenuto, ben sotto la media europea.

FONTI BIBLIOGRAFICHE

Aalbers F., *Duurzaam en energiezuinig bouwen*, in rivista “Stedebouw & architectuur”, anno 18 numero 2, Zwolle, marzo 2001, p. 3-5.

ACT Groep 556, *Flora en fauna in EVA Lanxmeer*, Culemborg, Wur.nl, 2009.

Anquetil V., *Neighbourhood social cohesion through the collective design, maintenance and use of green spaces. A case study of EVA-Lanxmeer neighbourhood*, Rennes, Agro Campus Ouest, 2009.

Baldassarri C., Campioli A., Lavagna M., *Benchmarks for environmental impact of housing in Europe. Definition of archetypes and LCA of the residential building stock*, Milano, Politecnico di Milano, 2018.

Barton H., *Sustainable Communities. The potential for Eco-Neighbourhoods*, London, Earthscan Publications Ltd, 2000.

Berge B., *The Ecology of Building Materials*, Oxford, Architectural Press, 2000.

Beylot A., Corrado S., Crenna E., Sala S., Sanyé-Mengual E., Secchi M., *Indicators and assessment of the environmental impact of EU consumption*, Lussemburgo, Publications Office of the European Union, 2019.

Bevilacqua F., Mitterer W., *eco-city slow-city*, in rivista “Bio architettura” n. 56, Bolzano, 2004, p. 17-21.

Bocco A., Cavaglià G., *Cultura tecnologica dell'architettura*, Roma, Carocci editore, 2008.

Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo, *il futuro di noi tutti*, Milano, Bompiani, 1988, pp. 32-78 e pp. 321-381.

De Graaf P.A., De Vries G., Van Timmeren A., *Spatial conditions for the integration of combined decentralised energy generation and waste (water) management in city districts*, Bologna, 2005.

Gerace M., Pollini S., rel. A. Bocco, *Valutazione della sostenibilità dell'ecovillaggio Sieben Linden*, Torino, Politecnico di Torino, 2017.

Guiochon C., Eva-Lanxmeer. *Un ecoquartier conçu par ses habitants*, in rivista “Le journal des énergies renouvelables” n.191, Parigi, maggio-giugno 2019, p.33-40.

Kramer M., Van den Ende J., *Klimaatadaptieve bouwprojecten*, Deen Haag, Platform 31, 2019.

Nanninga T.A., *Helophyte filters, sense or non-sense?*, Wageningen, MSc afstudeerscriptie Wageningen Universiteit, 2011.

Noorduyn L., Wals E. J. A. *Social learning in action: a reconstruction of an urban community moving towards sustainability*, Rotterdam, Engaging Enviromental Education, 2008.

Orta Nova Architectuur, *Maatregelen Duurzaam Bouwen, programma Van Eisen. Eva-Lanxmeer Culemborg*, Culemborg , 15 febbraio 2001.

Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, *Project 4: Kaswoningen, Culemborg*, in Senter novem, num pubblicazione: 2KPWB0704, Sittard, giugno 2007, p. 18-21.

Pungetti G., *Water environment landscape. A comparison between Dutch and Italian planning*, Bologna, Pitagora Editrice, 1991.

Schropfer T., *ecological urban architecture. Qualitative approaches to sustainability*, Basel, Birkhauser, 2012.

Roling W., *Introducing urban agriculture related concepts in the built environment: the park of the 21st century*, Haarlem, Wiek Roling Architect, 2012.

Sertorio L., *Vivere in nicchia, pensare globale*, Torino, Bollati Boringhieri editore, 2005.

Stichting EVA, *Dynamiek van een ontwerpproces*, Culemborg, Gemeente Culemborg, novembre 1998.

Stitching EVA, RVA-Lanxmeer. Pilotproject for sustained urban development, Culemborg, EVA Lanxmeer Information & advice, 2010.

Van Timmeren A., *Urban sustainability through decentralisation and interconnection of energy, waste and water related solutions. Case EVA Lanxmeer*, in *Sustainable Urban Environments: an ecosystem approach*, Glasgow, 2007, p. 314-332.

SITOGRAFIA

Associazione per il teleriscaldamento, <http://www.thermobello.nl>

Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat>

Mappe del sistema idrico, <https://flamingo.bij12.nl/risicokaart-viewer/app/Risicokaart-openbaar>

Sito web del quartiere EVA Lanxmeer, <http://www.EVA-Lanxmeer.nl>.

Società idrica, <https://www.vitens.com>

Tecnica Brettstapel, <http://www.brettstapel.org>

Storia di Culemborg, <https://www.voetvanoudheusden.nl/>

Storia dei Paesi Bassi, <https://www.entoen.nu/>