

Luca Sartore | Alice Tordin

Progettare con le catastrofi naturali

Stato dell'arte e sperimentazione progettuale:
il caso di Limone Piemonte



Un ringraziamento a

Roberto Dini, per il costante sostegno
e per essere stato guida sempre presente

Valerio De Biagi, per il contributo specialistico e i
preziosi consigli

POLITECNICO DI TORINO
INTERFACOLTÀ DI ARCHITETTURA
A.A. 2020/2021

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN ARCHITETTURA PER
IL PROGETTO SOSTENIBILE



**POLITECNICO
DI TORINO**

Progettare con le catastrofi naturali
Stato dell'arte e sperimentazione progettuale
Il caso di Limone Piemonte

Relatore
Prof. Roberto Dini

Candidati
Luca Sartore
Alice Tordin

INDICE

Abstract IT	9
Abstract EN	11
Introduzione	
Parte I	
Gli eventi catastrofici	17
Implicazioni mentali e sociali nell'affrontare un disastro	
Rielaborare il trauma	21
Da catastrofe statica ad architettura dinamica	
Il luogo e la cultura del territorio	31
Abitare il rischio come metodologia di intervento: il contesto alpino	
L'occasione architettonica	
Parte II	
L'equilibrio precario	41
I cambiamenti climatici, il rischio idrogeologico e l'uomo	
Pensare la città resiliente	47
Da funzionalista ad ad-attiva	
Rischio idrogeologico	53
Problematiche italiane	
Dati ISPRA	56
Tecnica e progettualità	63
La sfida climatica	
Lo spazio dell'acqua e i suoi processi	
L'instabilità del territorio	
L'ingegneria naturalistica: applicazioni in ambiente alpino	
Catastrofe e Architettura	85
La retorica della tecnica vs la riconsiderazione dei luoghi, il caso di Giampileri	
Strategie e scenari progettuali	93
Un catalogo di idee	

Parte III

L'evento meteorologico	105
Le piogge del 2-3 ottobre	
Le conseguenze a Limone Piemonte	109
Galleria fotografica dei danni	
La lettura delle carte	121
La fragilità di un sistema	
Il piano di intervento	129
La scala comunale	
Scenari di intervento	
La questione cittadina: il progetto	133
Un intervento urbano	
Sezioni territoriali	
Scenario di intervento 1: l'ingresso al paese	
Scenario di intervento 2: il viale alberato	
Scenario di intervento 3: nuovi spazi urbani	
Scenario di intervento 4: nuovi spazi urbani di supporto	
Il progetto di Piazza San Sebastiano	
Scenario di intervento 5: nuova concezione di un tassello residenziale	
Modalità di approccio architettonico	
Stato dell'arte e progetto	
Il sistema di protezione integrato	
Il sistema parco	
Il nuovo complesso	
Scenario tipologico di tecnologia utilizzabile	
Conclusioni	190
Bibliografia	194
Sitografia	197

ABSTRACT IT

Il dissesto idrogeologico, collegato al cambiamento climatico, è diventato ormai da anni una questione continua e costante nel panorama italiano. Tale tematica causa ogni anno un dispendio economico non indifferente, senza considerare le molteplici problematiche a scala sociale, territoriale e a livello di patrimonio artistico/culturale. È fondamentale dunque comprendere come tale tematica abbia innumerevoli riscontri anche dal punto di vista architettonico, in quanto le aree colpite necessitano urgentemente di interventi ingegneristico-infrastrutturale massicci e massivi. Sottolineando la tematica del rischio, intendendolo non solo come una componente puramente psicologica, ma anche come occasione architettonica, si è voluto evidenziare la necessità di una nuova concezione di città e di architettura più resiliente ed elastica agli eventi che subisce. Tale prospettiva necessita, tuttavia, di una forte componente infrastrutturale che vede nell'ingegneria naturalistica e ambientale lo strumento di supporto adatto. L'analisi di diversi casi studio ha permesso di comprendere come tali interventi possano offrire spunti e nuovi spazi per la crescita della città stessa. Convivere e costruire con il rischio diventa, dunque, il *fil rouge* lungo il quale si sviluppa la componente progettuale. L'intero lavoro di tesi ha lo scopo di unire, dal punto di vista mentale e pratico, la progettazione e le catastrofi naturali, in particolare i dissesti idrogeologici, approfondendo come caso studio l'alluvione avvenuta a Limone Piemonte il 2 e il 3 ottobre 2020. La redazione di un masterplan a scala comunale evidenzia la volontà di agire non solo nelle zone colpite dallo straripamento dei torrenti presenti in loco, ma indica quanto sia fondamentale la progettazione di un sistema di difesa che coesista con l'ambiente naturale ed antropico della zona. Partendo da una di queste aree si è sviluppata, ad una scala più ravvicinata, una suggestione sulle possibili caratteristiche morfologico-architettoniche di tali componenti, suggerendo, quindi, le possibili trasformazioni e configurazioni dell'ambiente cittadino dopo la calamità. Il lavoro svolto vuole sì protendere ad una nuova concezione di città nell'arco alpino, ma soprattutto vuole proporre la consapevolezza che solo conoscendo e rispettando il territorio e l'identità dei luoghi, si possa generare una nuova chiave di lettura per far rivivere e rinascere le realtà colpite da tali disastri naturali

ABSTRACT EN

Hydrogeological instability, linked to climate change, has become for years now a continuous and constant issue in the Italian panorama. This issue causes a considerable economic expenditure every year, without considering the many problems on a social, territorial scale and at the level of artistic / cultural heritage. It is therefore essential to understand how this issue has innumerable confirmations also from an architectural point of view, as the affected areas urgently require massive engineering-infrastructure interventions. Underlining the issue of risk, meaning it not only as a purely psychological component, but also as an architectural opportunity, we wanted to highlight the need for a new conception of the city and architecture that is more resilient and elastic to the events it undergoes. This perspective, however, requires a strong infrastructural component that sees naturalistic and environmental engineering as the suitable support tool. The analysis of various case studies has allowed us to understand how these interventions can offer ideas and new spaces for the growth of the city itself. Living and building with risk thus becomes the common thread along which the design component develops. Therefore, the entire thesis work has the aim of combining, from a mental and practical point of view, planning and natural disasters, in particular hydrogeological instability, deepening as a case study the flood that occurred in Limone Piemonte on 2 and 3 October 2020. The drafting of a municipal-scale masterplan highlights the will to act not only in the areas affected by the overflow of the streams present on site, but indicates how fundamental is the design of a defense system that coexists with the natural environment and anthropic of the area. Starting from one of these areas, a suggestion on the possible morphological-architectural characteristics of these components has developed, on a closer scale, thus suggesting the possible transformations and configurations of the city environment after the disaster. The work carried out aims to reach out to a new concept of city in the Alpine arc, but above all it wants to propose the awareness that only by knowing and respecting the territory and the identity of the places, it is possible to generate a new interpretation to revive and be reborn the realities affected by such natural disasters.

INTRODUZIONE

La tematica del rischio idrogeologico in ambito architettonico e non sta diventando sempre più attuale e studiata. La crescente consapevolezza, dimostrato dal gran numero di eventi, che l'Italia sia un territorio fortemente a rischio ha fatto sì che la questione divenisse di dominio pubblico, associata ad un sempre crescente numero di interventi architettonici ed ingegneristici per sopperire al problema. Questo tema riguarda gran parte del territorio italiano: sono in pericolo sia le grandi città, sia le aree periferiche, ma i rischi maggiori li corrono le aree cosiddette interne, dove una negligenza nella gestione del territorio, l'obsolescenza delle infrastrutture e un'urbanizzazione esagerata e disorganica rende i fenomeni di dissesto idrogeologico maggiormente incisivi e pericolosi. Ciò comporta problematiche dal punto di vista sociale ed economico, con un progressivo abbandono di tali aree e la perdita di un'identità territoriale di cui il suolo italiano è particolarmente caratterizzato.

Nel lavoro di tesi si è tentato di fornire una possibile risposta a tali fenomeni, partendo dal presupposto che il cambiamento climatico provocherà un aumento di precipitazioni e una sempre più difficile gestione di tali aree. Il *fil rouge* della tesi è la convivenza con il rischio in tali zone, in quanto essa appare come una alternativa valida per rispondere ad una necessità di sicurezza e di miglioramento delle città. Il rischio diventa, dunque, un'occasione architettonica per progettare nuovi spazi e nuovi tasselli urbani che vivano con il territorio in cui sono inseriti. È fondamentale, dunque, studiare il territorio con cui ci si rapporta e analizzare le tecnologie utilizzabili per comunicare con esso in maniera meno invasiva, ma quanto più sicura possibile.

Di fronte ad un quadro generale si sono proposte delle strategie di intervento attuate nel comune piemontese di Limone Piemonte, colpito da una disastrosa esondazione del torrente Vermenagna, pensate in modo da proporre nuovi scenari e ambizioni per altre realtà e offrire una nuova prospettiva per altre situazioni simili.

PARTE



catàstrofe s. f. [dal lat. tardo *catastrophā, catastrophē*, gr. καταστροφή, propr. «rivolgimento, rovesciamento», der. di καταστρεφω «capovolgere»]. – 1. Nome dato da alcuni scrittori antichi (e impropriamente attribuito ad Aristotele) alla soluzione, di solito luttuosa, del dramma. 2. estens. Esito imprevisto e doloroso o luttuoso di un'impresa, di una serie di fatti; grave sciagura; improvviso disastro che colpisce una nazione, una città, una famiglia, un complesso industriale o commerciale, ecc.

disastro s. m. [der. del lat. *astrum* «stella», col pref. *dis-*2]. – Grave sciagura che provochi danni di vaste proporzioni o causi la morte di parecchie persone; soprattutto con riferimento a scontri ferroviari, collisioni di navi, sciagure aeree, e sim.

cataclisma (ant. cataclismo) s. m. [dal lat. *cataclysmos, cataclysmus*, gr. κατακλυσμος, propr. «inondazione», der. di κατακλυζω «inondare, sommergere»] (pl. -i). – Grave e improvvisa catastrofe dovuta a cause naturali come eruzioni vulcaniche, terremoti, diluvi e simili.

GLI EVENTI CATASTROFICI

Implicazioni mentali e sociali nell'affrontare un disastro

I dibattiti architettonici sulla costruzione delle città hanno sempre cercato di comprendere quale fosse la relazione tra le componenti naturale e antropica presenti sul territorio, per far sì che risultino profondamente legate in un'unica entità e che raggiungano un equilibrio altrettanto profondo. Lo squilibrio fra queste due componenti si manifesta quando un evento naturale si connota di un aspetto distruttivo e catastrofico (un'alluvione, una frana o un terremoto) a contatto con attività di origine antropica, quando queste ultime non rispettano o non conoscono il territorio su cui si instaurano. Il disastro naturale non va quindi considerato come semplice prodotto di una forza incontrollabile, quanto più un risultato di processi storico-sociali che hanno contribuito a creare vulnerabilità.

Per poter trattare questi temi è dunque necessario andare a definire le implicazioni, materiali e non, che sono legate a tali avvenimenti. Per questo motivo, diversi sociologi si sono susseguiti nel tentare di dare una definizione coerente e applicabile a tutti i casi. Ciò che è emerso è come la componente comune è una dimensione sociale e psicologica legata alla tragedia, come afferma Michel Lechat (1989), ricercatore belga ed esperto di salute pubblica, infatti un aspetto costitutivo del disastro è la capacità di ridurre le possibilità di reazione della società: “il disastro [...] è una rottura dell'ecologia umana che la comunità colpita non è in grado di assorbire con le sue sole risorse”.¹

Infatti, ogni società è caratterizzata da un diverso grado di vulnerabilità, “dal latino vulnerare: ferire, in senso

1. M. Cuzzolaro, L. Frighi, 1998, *Reazioni umane alla catastrofe*, Gangemi editore, Roma

esteso, figura che può essere attaccata, lesa o danneggiata”(Treccani).² Suddetto grado è determinato da caratteristiche economiche, sociali, ambientali, che, messe in relazione con la portata dell’avvenimento, determinano le conseguenze e la gravità stesse della catastrofe.

Per valutare tale vulnerabilità va dunque considerata anche la componente del rischio, che relazionata ad un agente distruttivo, ne determina l’amplificazione o la diminuzione degli effetti fisici dell’impatto sulla comunità (Ligi, 2009)³.

Il rischio, definito come “eventualità di subire un danno connessa a circostanze più o meno prevedibili” (Treccani), è una componente fondamentale nella comprensione della società in quanto “andrebbe interpretato come una costruzione culturale, legata ai sistemi di significato che indirizzano le pratiche sociali, per poi evidenziare e analizzare la conseguente crisi del sistema di significati, di credenze e

valori di una società che l’evento catastrofico determina. Quando si è di fronte ad una catastrofe i riferimenti e le strutture razionali saltano, rivelando la fragilità della propria cultura.” (Ligi, 2009)⁴

È dunque chiaro come, in questo contesto, la catastrofe crei un delicato rapporto tra città (urbs), società (civitas), politica (res publica) e ambiente (natura): l’assorbimento della catastrofe e il ritorno alla normalità sono strettamente legate sia ad interventi di tipo architettonico, nel caso in cui vi sia una perdita di beni immobiliari, quanto soprattutto ad operazioni psicologiche, sociali e politiche per assicurare le popolazioni colpite, operazioni volte a preservare la tenuta di questo complesso tessuto di fattori e dunque ad evitare la disgregazione delle comunità stesse.

Il discorso vuole chiarire quanto siano fortemente collegati l’ambiente naturale con la realtà psico-sociale, tralasciando la visione dicotomica

2. <https://www.treccani.it/>

3. G. Ligi, 2009, *Antropologia dei disastri*, Editori Laterza, Roma-Bari.

4. ibidem

kantiana dell'uomo come mente morale della natura. L'ambiente circostante "non è più una proiezione dell'io, ma una dimensione autonoma" (Henry David Thoreau, *Walden. Vita nei boschi*, 1854) e, in tal modo, va ricercata una nuova forma di architettura che possa trasformare una calamità in occasione di rinnovamento e di rifunzionalizzazione.⁵

*Il progresso e la
catastrofe sono il
diritto e il rovescio
di una medesima
medaglia.*

Hannah Arendt

5. S. Pitzalis, 2012, *Lineamenti di antropologia del disastro. Un inquadramento teorico e alcune riflessioni dallo Sri Lanka al Modenese*. Dottorato in Storia, Università di Bologna. Rel. A. Destro



Leon Krier, *Roma interrotta*, 1977

RIELABORARE IL TRAUMA

Da catastrofe statica ad architettura dinamica

Nell'affrontare una ricostruzione, dopo una catastrofe naturale e non, è necessario confrontarsi con la funzione testimoniale e memoriale dell'architettura, oltre che con una ricostruzione del patrimonio architettonico e sociale perduto, quanto più rapida ed efficace possibile.

L'architettura del XX e XXI secolo è stata investita di una carica archivistica e commemorativa di eventi, notizie ed emozioni, risultando quindi immobile. (fig 1. P. Eisenman, *Memoriale dell'Olocausto*, Berlino. fig 2. M. Arad, P. Walker, *National September 11 Memorial & Museum*, New York). D'altro canto, all'architettura stessa viene affidata una fondamentale, vibrante carica rinnovatrice, capace di far rinascere interi quartieri abbandonati, trascurati e distrutti, per

trasformarli in elementi propulsivi: da *non luoghi a centralità*. (fig 3. *Landscapepark*, Duisburg, fig 4. J. Conen, *Quartiere Cèramique*, Maastricht)⁶

In Italia, terra martoriata da catastrofi naturali data la sua conformazione geomorfologica, si è spesso ricorso a diversi comportamenti talvolta diametralmente opposti tra loro: la monumentalizzazione di scenari tragici (5. R. Boico, *Risiera di San Sabba*, Trieste 6. A. Burri, *Grande Cretto*, Gibellina 7. G. Michelucci, *Chiesa di Santa Maria Immacolata*, Longarone) ha dato origine a diversi fenomeni architettonici interessanti, quanto discutibili che sono stati elevati a monumenti "catartici", da catarsi⁷ (s. f. [dal gr. καθαρισμός «purificazione», der. di καθαίρω «purificare»]. Nella religione greca, nella filosofia pitagorica

6. E. M. Davoli, 2018, *Il senso di colpa nell'architettura contemporanea*, (<http://www.faredecorazione.it/?p=9985>)

7. ibidem

e in quella platonica, il termine indica sia il rito magico della purificazione, inteso a mondare il corpo contaminato, sia la liberazione dell'anima dall'irrazionale.⁸ Nonostante l'intenzionalità di tale elevazione sia facilmente comprensibile, in quanto la componente mnemonica del ricordo è fondamentale per la comprensione e l'accettazione della catastrofe, in alcuni casi il ricorso ad un'architettura slegata dalla sfera collettiva, difficilmente comprensibile da parte dei fruitori (abitanti del luogo e non) non ha avuto altro effetto se non la costruzione di un sentimento nostalgico (e dunque idealizzato) nei confronti del passato. In molti casi tali architetture sono anche state accompagnate da una ricostruzione della componente insediativa non qualitativamente all'altezza. Non è bastato dunque ricomporre le città distrutte nella medesima forma o prevedere interi quartieri dislocati in zone più sicure dal punto di vista geomorfologico rispetto alla zona precedente: in alcuni casi ha portato al

peggioramento socioeconomico della zona e al progressivo abbandono di quest'ultima, in quanto è venuto meno un senso sociale di appartenenza a quel luogo.⁹

A livello più ampio, il rischio che un luogo venga abbandonato, dunque muoia e il modo che tale luogo ha di essere vissuto dopo una catastrofe è la nostalgia. Per quanto un luogo (inteso come identità culturale e geografica) sia stato riportato ad una completa riproposizione dello stato antecedente al disastro, la nostalgia del luogo che fu sarà sempre legata al tempo perduto più che al luogo lasciato, in quanto lo spazio può essere definito come reversibile, il tempo no.

Dunque, in Italia, il ripopolamento di aree interne abbandonate o di zone colpite da catastrofi naturali deve distaccarsi da un ripristino del passato, quanto volgere con attenzione il proprio sguardo innovativo verso la consapevolezza che l'architettura

8. <https://www.treccani.it/>

9. Rossi A. (1966), *L'architettura della città*, Quodlibet Macerata

può essere strumento per prevenire la cristallizzazione di una nostalgia malata, paralizzante.¹⁰

«Riabitare l'Italia», rifondare i luoghi, non può significare un ripristino del passato. Una storia di abbandoni e spopolamento, la crisi in cui versano le zone interne, le rovine, le macerie, assieme alla sensibilità che si va affermando per un nuovo senso dell'abitare indicano una sola prospettiva: riguardare i luoghi, conoscerli, ripensarli, averne cura. Questo comporta assumerli nella loro bellezza, ma anche nelle devastazioni e nelle dispersioni subite, nelle loro negatività. Con le loro ombre, anche con disincanto, senza retorica, senza rimpianti inautentici, per quello che sono diventati. (Teti, 2018)

La catastrofe deve e può essere dunque interpretata come pretesto per una ricostruzione e una riqualificazione attenta e curata di luoghi, che ne preservi le caratteristiche e ne amplifichi le qualità, nell'ottica di un'architettura come mezzo e non come

fine ultimo, sfruttando la memoria per imparare dai propri errori.

10. V. Teti, 2018, *Il sentimento dei luoghi, tra nostalgia e futuro* in *Riabitare l'Italia. Le aree interne tra abbandoni e riconquiste*, Donizzelli Editore, Roma



fig 1. P. Eisenman, *Memoriale dell'Olocausto*, Berlino foto di Arianna Gronchi

24

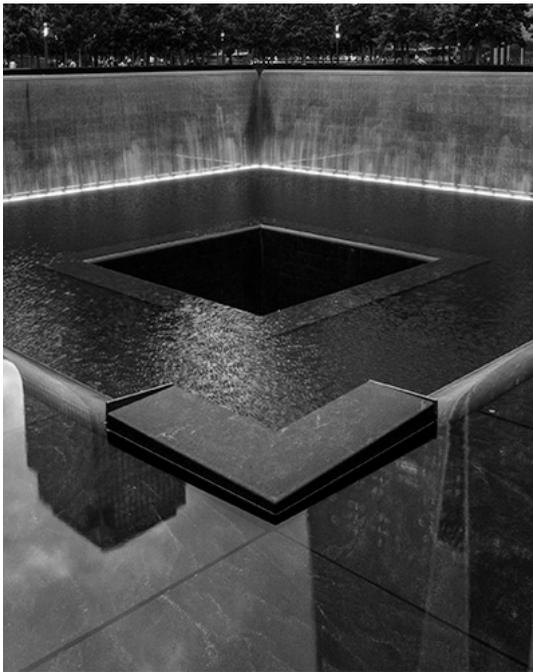


fig 2. M. Arad, P. Walker, *National September 11 Memorial & Museum*, New York
foto di Jin S. Lee



fig 3. *Landschaftspark*, Duisburg foto di Christa Panick



fig 4. J. Conen, *Quartiere Cèramique*, Maastricht foto di Atelier Kim ZWarts

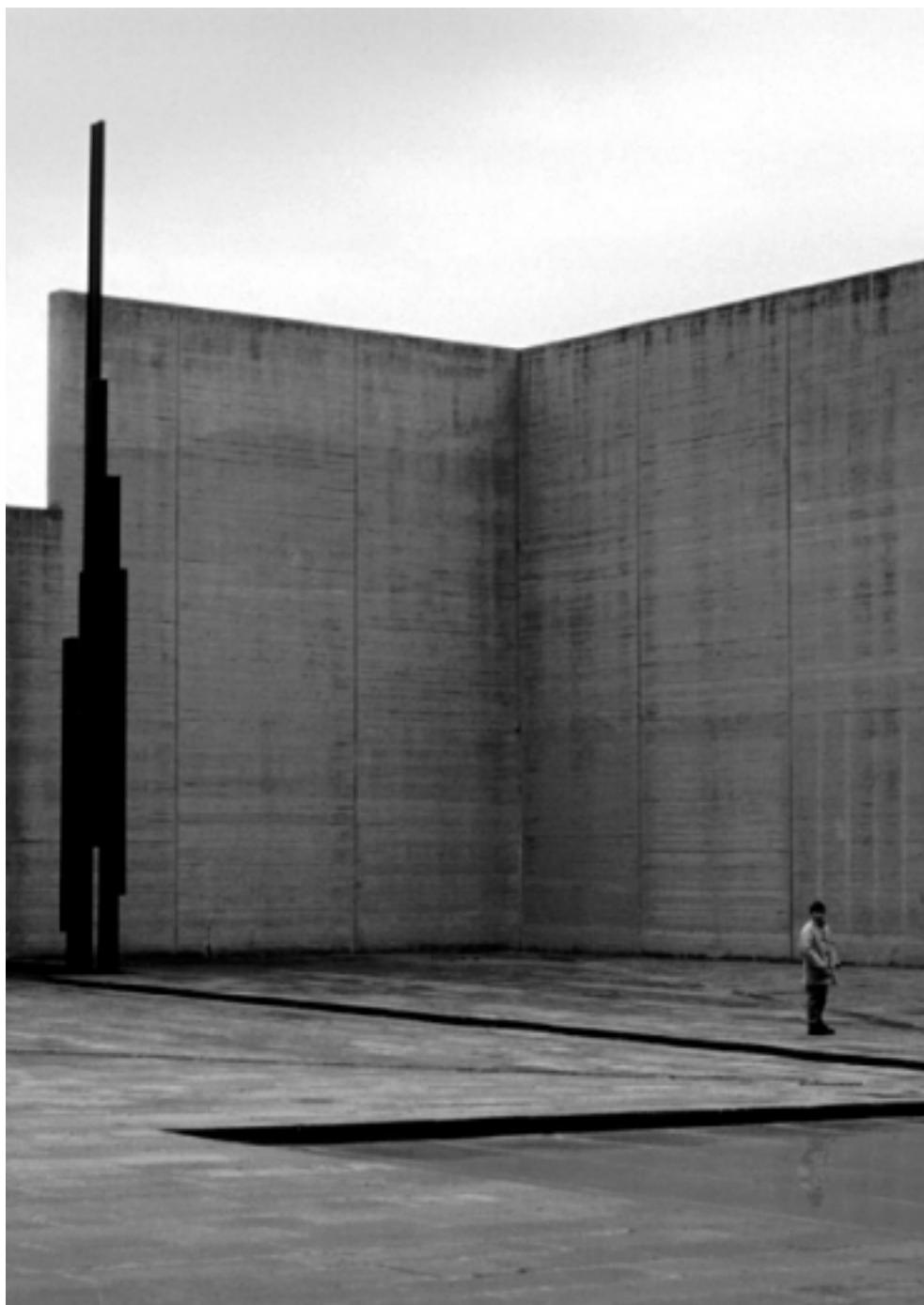


fig 5. R. Boico, *Risiera di San Sabba: la corte del forno e la Pietà*, Trieste
foto di Massimo Mucci



fig 6. A. Burri, *Grande Cretto*, Gibellina
foto di Daniel Farò



fig 7. G. Michelucci, *Chiesa di Santa Maria Immacolata*, Longarone
foto di looking for europe



Borgata Pequerel, Val Chisone, Fenestrelle (TO)

IL LUOGO E LA CULTURA DEL TERRITORIO

Abitare il rischio come metodologia di intervento: il contesto alpino

Nel comprendere le peculiarità di un insediamento urbano è importante capire come la sua immagine definitiva dipenda strettamente dalle caratteristiche topografiche, geografiche e culturali del territorio su cui sorge. Se le prime sono strettamente desumibili dalle forme morfologiche dell'ambiente, la cultura e la tradizione di un territorio agiscono trasversalmente rispetto alla morfologia dell'insediamento passando necessariamente attraverso una conoscenza esperienziale dell'ambiente e dei fenomeni ad esso connessi.

L'immagine di un abitato nasce, quindi, da una evoluzione delle tradizioni e delle tecniche costruttive che direttamente hanno studiato e si sono confrontate con il territorio stesso.

Tutti questi assunti sono intrinseci nel concetto di *locus* "intendendo con

questo quel rapporto singolare eppure universale che esiste tra una certa situazione locale e le costruzioni che stanno in quel luogo".¹¹

Gli eventi geomorfologici permettono di descrivere il comportamento del territorio e, nell'arco della storia, hanno determinato il rapporto tra antropico e naturale, orientando le scelte nel disegno delle città in cui viviamo. Nonostante questo, spesso si è costruito non considerando le attitudini dell'ecosistema, ottenendo come risultato una progettazione di città e paesaggio antropico privi di coerenza con le sue caratteristiche geomorfologiche.

L'aumento demografico unito al boom economico ha, infatti, richiesto un maggiore consumo di suolo e un'edificazione intensiva ha ignorato, consapevolmente o meno, le caratte-

11. A. Rossi, 1966, *L'architettura della città*, Quodlibet Macerata

ristiche del luogo e i suoi pericoli. Sebbene gli eventi naturali distruttivi e catastrofici in passato fossero rarefatti in archi temporali bene o male ampi, la cronaca attuale è invece cosparsa di episodi distruttivi sempre più frequenti. Il tema dell'azione antropica che produce squilibri sulla biosfera che a sua volta impatta direttamente le condizioni e le possibilità di vita è un argomento ormai all'ordine del giorno; il fenomeno del cambiamento climatico, e dell'emergenza da esso derivante, è un problema a cui svariate competenze (economiche, sociali, architettoniche, ingegneristiche, ecc) cercano di porre rimedio.

E' necessario però comprendere che il mutamento climatico può presentarsi come catastrofico e distruttivo unicamente nella circostanza in cui entra in contatto con un'attività di origine antropica. I due eventi, il cambiamento climatico e l'azione distruttiva, sono quindi estremamente

interconnessi alternandosi reciprocamente come elementi di azione e reazione.¹²

A questo punto ci si potrebbe domandare: non è forse più opportuno considerare come azione risolutiva alla fragilità ambientale il semplice adattamento umano?

È diventato estremamente necessario considerare gli effetti del cambiamento climatico, le peculiarità del territorio e il suo comportamento alla base della pianificazione territoriale, in alternativa all'irresponsabile consumo di suolo.¹³

Il cambiamento climatico è sempre più preoccupante in quanto, in continua e celata evoluzione, si manifesta con l'aumento di eventi estremi che si verificano in archi temporali condensati.

La sfida dal punto di vista architettonico è quella di capire come affrontare lo squilibrio tra la componente naturale e quella antropica che si è

12. R. Dini, S. Girodo, 2017, *Abitare il rischio: dissesto idrogeologico e progetto del territorio alpino in Urbanistica e/è azione pubblica la responsabilità della proposta*, XX Conferenza Nazionale SIU, Roma
 13. A. Di Gioia, 2020, *Riprogettare l'Antropocene* in *News magazine*, n.108/dicembre 2020 - gennaio 2021 (<http://www.dislivelli.eu/blog/newsletter>)

evoluto a partire dagli anni addietro.

Il tema del dissesto idrogeologico è drammaticamente attuale specialmente in ambito alpino.

Nonostante siano gli ambienti più antropizzati, le aree estremamente urbanizzate, quelle industriali e le metropoli, ad avere gli effetti più dannosi sull'ambiente, le alpi e gli appennini sono i sistemi più fragili che risentono delle conseguenze del cambiamento climatico e hanno minori opportunità di contrastarne gli effetti. In poche parole: subiscono senza essere la causa del problema.¹⁴

La fragilità del territorio alpino è dovuta, oltre che alla posizione geografica e alle caratteristiche topografiche, anche alla forte dinamicità con cui ambienti naturali e antropizzati si intervallano tra loro: coesistono spazi dalla forte pressione antropica, affiancati da altri in cui la componente naturale è altamente diffusa e predominante.

Il rischio, inoltre, è accentuato da

quella che è stata l'evoluzione antropica di alcuni territori montani, dalle opere di modificazione incontrollata dell'ambiente. L'aumento sempre crescente dello sfruttamento del suolo per il turismo alpino ha causato un eccessivo disboscamento delle valli, un radicale cambiamento nell'equilibrio della topografia montana che ha contribuito ad aumentare il rischio franoso.

In aggiunta all'aumento dell'interesse verso la montagna, è anche un incremento spropositato e inconsapevole dell'urbanizzazione. L'intensificazione di precipitazioni estreme, lo sviluppo diffuso, la mancanza di manutenzione ordinaria sono solo alcuni dei fattori che costituiscono i presupposti per esiti pericolosi che si riversano su ambiente alpino, fondovalle e pianure.

Il problema è affrontato, in quella che è la scenografia attuale, unendo discipline e saperi differenti: geologia, meteorologia, ingegneria naturalistica, architettura e pianificazione territoriale.

14. F. Pastorelli, 2020, *Eventi climatici estremi: urge potenziare le strategie di adattamento* in *Newsmagazine*, n.108/dicembre 2020 - gennaio 2021 (<http://www.dislivelli.eu/blog/newsletter>)



fig 8. Distacco franso sul Monte Vecchio, Limone Piemonte foto di Alice Tordin

L'occasione architettonica

Il modo in cui si è sempre costruito in montagna, come già accennato, segue la messa in pratica di nozioni esperienziali. Ogni territorio alpino ha costruito la propria tradizione architettonica che dipende dalle peculiarità del luogo abitato.

L'aumento sempre più frequente di episodi di dissesto ha reso necessario sviluppare un'adeguata pianificazione territoriale e comunale atta a imporre un sistema di prevenzione del rischio e a progettare una serie di interventi per la sua riduzione che devono necessariamente essere di origine strategica.¹⁵ L'atteggiamento consueto è sempre stato quello di costruire in aree considerate sicure (evitare di abitare in zone a rischio continuo come corsi d'acqua esondabili e versanti franosi) o modellare l'orografia del territorio creando segni architettonici e ingegneristici ben definiti.

Nei territori alpini o montani sono

ampiamente diffusi esempi di *landmark* che proteggono vaste aree di territorio dal rischio franoso o valanghivo. E' il caso di spartivalanghe a protezione di insediamenti più o meno vasti e ponti da neve che decorano alcuni versanti montani.¹⁶ In questi contesti, l'opera di protezione si presenta come un elemento distaccato dall'oggetto di interesse, un titolo di coda, la cui unica funzione è quella di proteggere.

Bisogna però prendere consapevolezza del fatto che una protezione totale del territorio alpino dal rischio non è realisticamente perseguibile; l'unica strada verosimile è quella di un adattamento al pericolo.

La reazione di fronte ad un pericolo geologico è sempre stata quella dell'intervento puntuale, la risistemazione reattiva e tecnica al dissesto.

Il rischio alpino può essere però reinterpretato come strumento progettuale, il tema della difesa può essere

15. protezione.civile.gov.it (www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/meteo-idro/descrizione)

16. R. Dini, S. Girodo, 2017, *Abitare il rischio: dissesto idrogeologico e progetto del territorio alpino in Urbanistica e/è azione pubblica la responsabilità della proposta*, XX Conferenza Nazionale SIU, Roma

inglobato all'interno di processi insediativi e si può considerare come elemento catalizzatore di forme e tecnologie innovative, per l'appunto: un'occasione architettonica.

Il sistema di protezione viene così inteso come elemento generatore di spazi

urbani vivibili e funzionali, organico ed integrato all'interno del paesaggio alpino e tecnica induttrice di forme architettoniche unitarie alla scala del singolo edificio.



fig 9. DesignLab Architecture, *EVO_Mazot à Evolène*

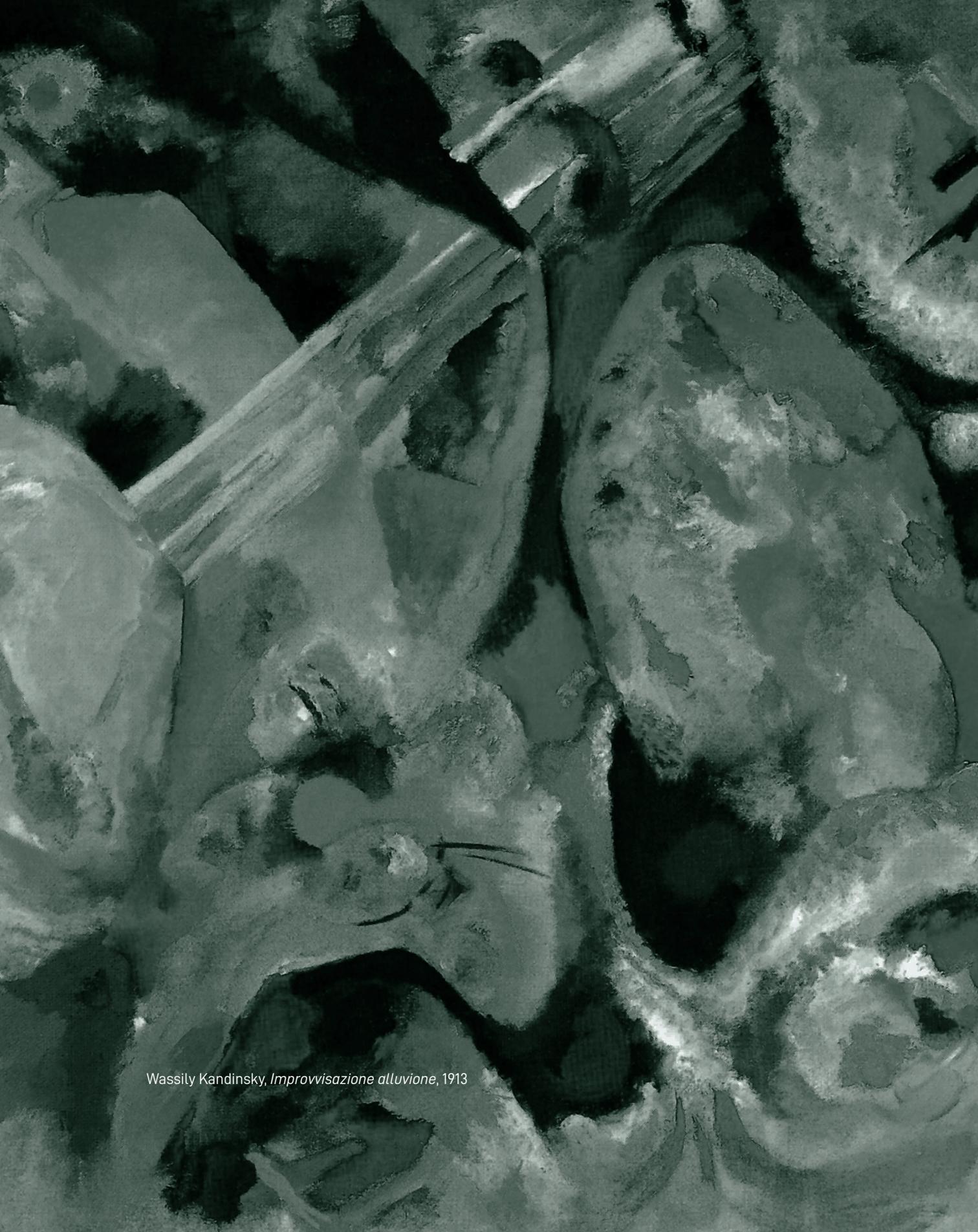
Completamente smontato e rimontato pezzo per pezzo, è stata inserita una struttura in cemento che funge da barriera contro le valanghe



fig 10. Chiesa di *Nostra Signora* a Davos
Distruita nell'inverno del 1602 da una valanga, fu ricostruita con un cuneo frangivalanghe
foto di Stefan Margreth

PARTE





Wassily Kandinsky, *Improvisazione alluvione*, 1913

L'EQUILIBRIO PRECARIO

i cambiamenti climatici, il rischio idrogeologico e l'uomo

Negli ultimi anni si è assistito ad una progressiva intensificazione di fenomeni ambientali estremi con una crescente ricaduta su agglomerati urbani, quindi sulla condizione umana e su ambienti naturali, sempre più sottoposti a eventi atmosferici di portata catastrofica. Tali fenomeni ambientali sono stati implementati e ingranditi dall'attività umana che, con l'emissione di imponenti quantità di gas serra, ha accelerato il riscontrarsi di condizioni ambientali drammatiche che nel passato si sono verificate molto più lentamente. L'elevata concentrazione di gas serra in atmosfera (attualmente intorno ai 410 ppm in opposizione ai 280 ppm in epoca preindustriale)¹⁷ consentono alla luce solare di filtrare liberamente fino alla Terra, ma impediscono la rifrazione del calore, causando un accumulo

eccessivo di calore che surriscalda il pianeta. L'innalzamento delle temperature su scala globale ha comportato lunghi periodi di siccità alternati con un aumento progressivo del tasso di umidità che aumenta la portata e l'intensità di precipitazioni, che spesso risultano sempre più estreme e improvvise. Grandi e improvvise quantità di acque meteoriche riversate al suolo mostrano il lato più vulnerabile della città contemporanea. A quest'ultima e ai territori più o meno urbanizzati è venuta meno la capacità di adattamento che tali fenomeni richiedono a causa di un eccessivo consumo e impermeabilizzazione del suolo, un'urbanizzazione esagerata e disorganica accompagnata dall'obsolescenza delle infrastrutture.¹⁸

17. <https://www.enea.it>

18. G. De Francesco, 2017, *Infrastrutture dell'acqua. Strategie adattive all'emergenza idrica dei mutamenti climatici. Progettare infrastrutture idriche di nuova generazione*, Dottorato in Architettura – Teorie e Progetto, Università degli studi di Roma. Rel. A. Saggio

42

Dunque, è chiaro come il tema dell'acqua all'interno del cambiamento climatico abbia una rilevanza molto importante e va trattato con estrema urgenza. Precipitazioni frequenti e intense, che le città con le proprie infrastrutture non riescono a far defluire naturalmente, accadono quotidianamente nel mondo causando conseguenze catastrofiche in termini di vite umane, di investimenti economici, di perdita di patrimonio artistico, storico-archeologico, architettonico e naturale. L'impossibilità di agire direttamente sulle variazioni climatiche se non sulla lunga distanza temporale fa sì che un cambio di modalità di intervento per quanto riguarda le problematiche legate all'acqua nel XXI secolo debbano diventare all'ordine del giorno.

I NUMERI

Per comprendere l'entità e la portata di tali disastri naturali è sufficiente considerare che nel decennio dal 2008 al 2017 il verificarsi di questi è stato pressoché identico a quello dell'intero 2018 (CRED Natural Disaster, 2018) e considerando questi dati emerge come la componente legata alle alluvioni e inondazioni è la componente più influente all'interno del grafico. Alluvioni e tempeste appaiono come le catastrofi più devastanti e frequenti che colpiscono il maggior numero di persone e hanno un impatto economico devastante.¹⁹

19. CRED Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2018, Natural Disasters 2018.

Occurrence of natural disasters

Figure 1

Number of disasters by continent and top 10 countries

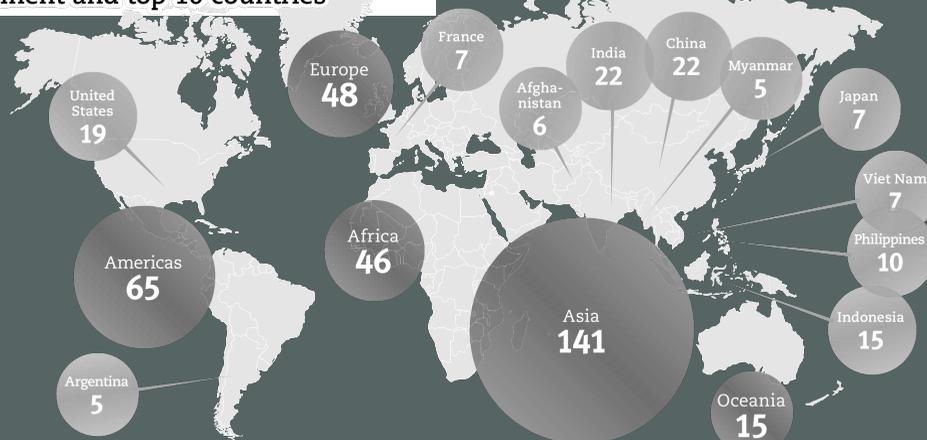


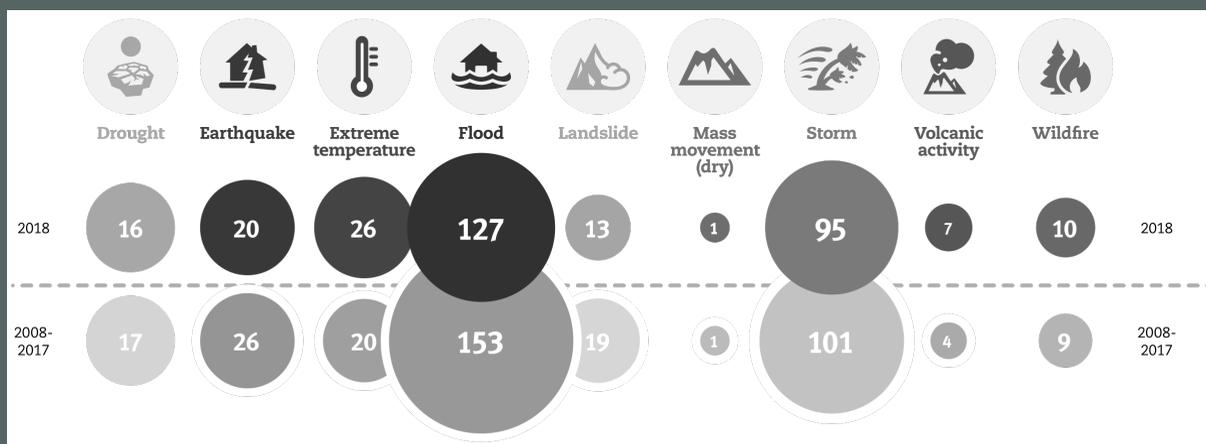
Figure 2

Occurrence by disaster type: 2018 compared to 2008-2017 annual average

348
2008 to 2017

>

315
in 2018



Dati: CRED Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2018, Natural Disasters 2018.

Human impact: total deaths ⁴

Figure 3

Share of deaths (%)
by continent

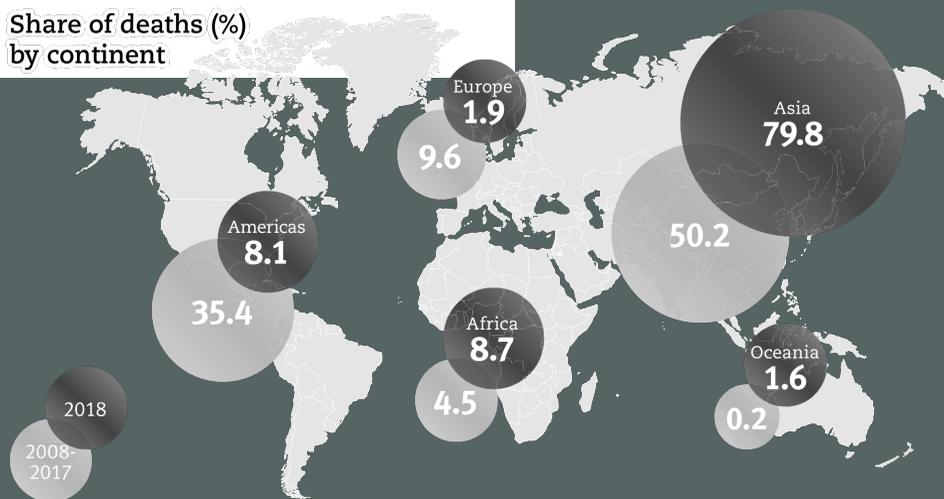
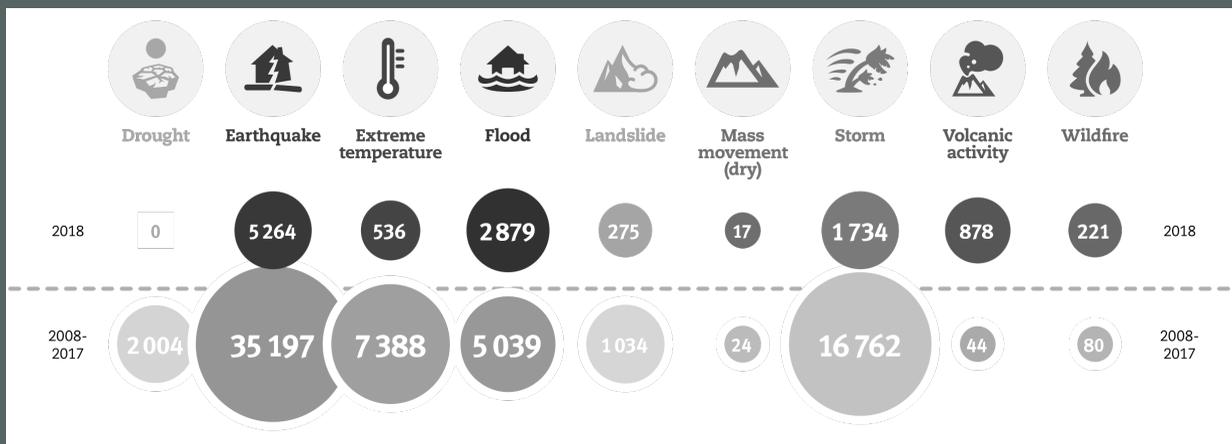


Figure 4

Number of deaths by disaster type: 2018
compared to 2008-2017 annual average

67,572 > 11,804
2008 to 2017 in 2018



Dati: CRED Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2018, Natural Disasters 2018.

Economic Losses

Figure 7

Share of economic losses (%) by continent



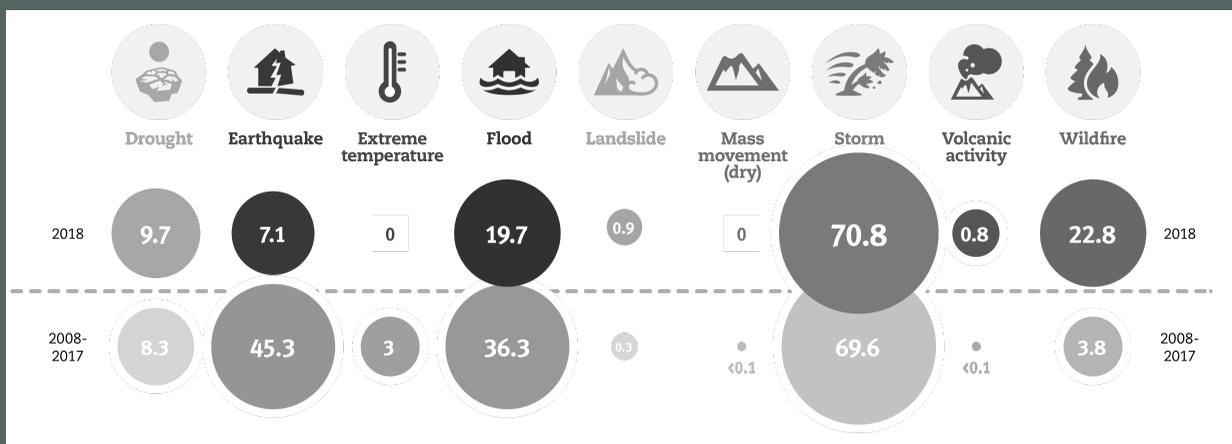
Figure 8

Economic losses (billion US\$) by disaster type: 2018 compared to 2008-2017 annual average

167
2008 to 2017

>

132
in 2018



Dati: CRED Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2018, Natural Disasters 2018.

“ *La città è la scena
fissa delle vicende
dell'uomo, carica
dei sentimenti di
interi generazioni,
di eventi pubblici,
di tragedie
provate, di fatti
nuovi ed antichi* ”

Aldo Rossi, *L'architettura della città*

PENSARE LA CITTÀ RESILIENTE

da funzionalista ad ad-attiva

Le città, fin dalla loro genesi, hanno ricercato ed utilizzato l'elemento acqua: quest'ultimo ha sempre offerto condizioni di sostentamento per gli abitanti del luogo, in particolare i fiumi e le coste marittime fornivano le caratteristiche morfologiche (golfi e baie marittime utili al controllo territoriale, fiumi e torrenti per un commercio più rapido, etc.) adatte a rispondere alle necessità dei cittadini e della città stessa. È, quindi, facile intuire come le città siano fortemente esposte alle problematiche idrogeologiche che stanno diventando, sempre più, quotidiane. Nel corso della storia le calamità naturali hanno portato gli abitanti dei luoghi a ricorrere a diverse soluzioni per risolvere tali problematiche; molto spesso la risposta è ricaduta su massicce opere ingegneristiche all'avanguardia, ma è ormai chiaro che l'enorme infrastrutturazione di fiumi e coste è stata tarata su modelli idraulici che non reggono il confronto con le ti-

pologie di precipitazioni odierne, risultando così anacronistica, oltre che estremamente impattante sul territorio. Inoltre, un'impermeabilizzazione massiccia dei suoli, ha aumentato la quantità di acque reflue che, non essendo più assorbite dal terreno va a sommarsi con il grande volume di acqua trasportato da fiumi e torrenti, causando così gravi problematiche dal punto di vista sociale e morfologico.

È diventato primario, dunque, per architetti ed urbanisti affrontare tale argomento per cercare di dare una risposta ad un problema sempre più crescente. Il tema della città resiliente è diventato primario: come può dunque la città essere ripensata e riorganizzata in modo che possa assorbire tali catastrofi e che possa continuare a funzionare. Il *ri-pianificare* la città considerando la componente del rischio e della resilienza è, dunque, la nuova frontiera dell'architettura.

La nuova città non è più da intendere come la città di Le Corbusier (fig 11. Le Corbusier, *La ville radiuse*, 1930) costituita da acciaio e cemento armato, estranea alle dinamiche ambientali, sociali e culturali, che, espandendosi, conquistava pezzi di territorio (Saggio, 2007).²⁰ In questo caso, bisogna evitare di ricadere in un modello puramente funzionalista. La città deve essere ripensata come elastica, mutevole e adattiva. Essa deve rispondere agli stimoli esterni convivendo con essi, rispettandoli e proteggendo i cittadini che abitano quest'ultima²¹.

Fin dagli anni 50 del secolo scorso diversi architetti si sono impegnati nell'immaginare una città lontana dal funzionalismo e dal sistema infrastrutturale gerarchico del CIAM dove "la cultura era ridotta ad una sorta di pluralismo consumista, che si diletta della tecnologia come un giocattolo" (Curtis, 2006): a partire

dalle visioni surreali dei viadotti desertici, ma in grado di promuovere dinamiche e processi evolutivi poiché lontane da pretese di un ordine assoluto del gruppo fiorentino "Superstudio" (fig 12. Superstudio, *Viaggio da A a B*, 1971) passando per la non-architettura degli Archigram²² (fig 13. Archigram, *Istant City*) arrivando ai giorni nostri con le sperimentazioni urbanistiche di Stefano Boeri "Filament City" a Hoeksche Waard (fig 14. Stefano Boeri Architetto, *Strategic plan for the new urbanisation in Hoeksche Waard*, 1999) e Andrea Branzi con il Masterplan Strijp Philips a Eindhoven.²³ (fig 15. Andrea Branzi, Lapo Lani, *Masterplan Strijp Philips a Eindhoven*, 2000)

Bisogna quindi progettare:

"Una nuova idea di città, che inevitabilmente sottende una inedita visione dell'ecologia urbana: una città ad Attiva che, metabolizzando lo scenario di mutazione in

20. A. Saggio, 2007, *Introduzione alla rivoluzione informatica in architettura*, Roma, Carocci

21. M. Manigrasso, 2020, *Sulla città adattiva e oltre* (<https://www.pagina21.eu/sulla-citta-adattiva-e-oltre/michele-manigrasso/>)

22. W. J. R. Curtis, 1999, *L'architettura moderna dal 1900*, Milano, Bruno Mondadori

23. G. De Francesco, 2017, *Infrastrutture dell'acqua. Strategie adattive all'emergenza idrica dei mutamenti climatici. Progettare infrastrutture idriche di nuova generazione*, Dottorato in Architettura – Teorie e Progetto, Università degli studi di Roma. Rel. A. Saggio

cui è proiettata, sia sensibile al cambiamento, regolandolo quanto possibile, e rendendolo tema di progetto”²⁴

24. M. Manigrasso, 2012, *Verso la città ad-Attiva. Rispondere ai cambiamenti climatici attraverso una nuova concezione del tempo nei processi e negli esiti progettuali* in *Atti della XV conferenza SIU- Società Italiana degli Urbanisti- l'Urbanistica che cambia*, Pescara, Planum. *The Journal of Urbanism*, 2 (25). Disponibile da: (<http://www.planum.bedita.net/siu/xv-conferenza-nazionale-siu-atelier-1-bis>)

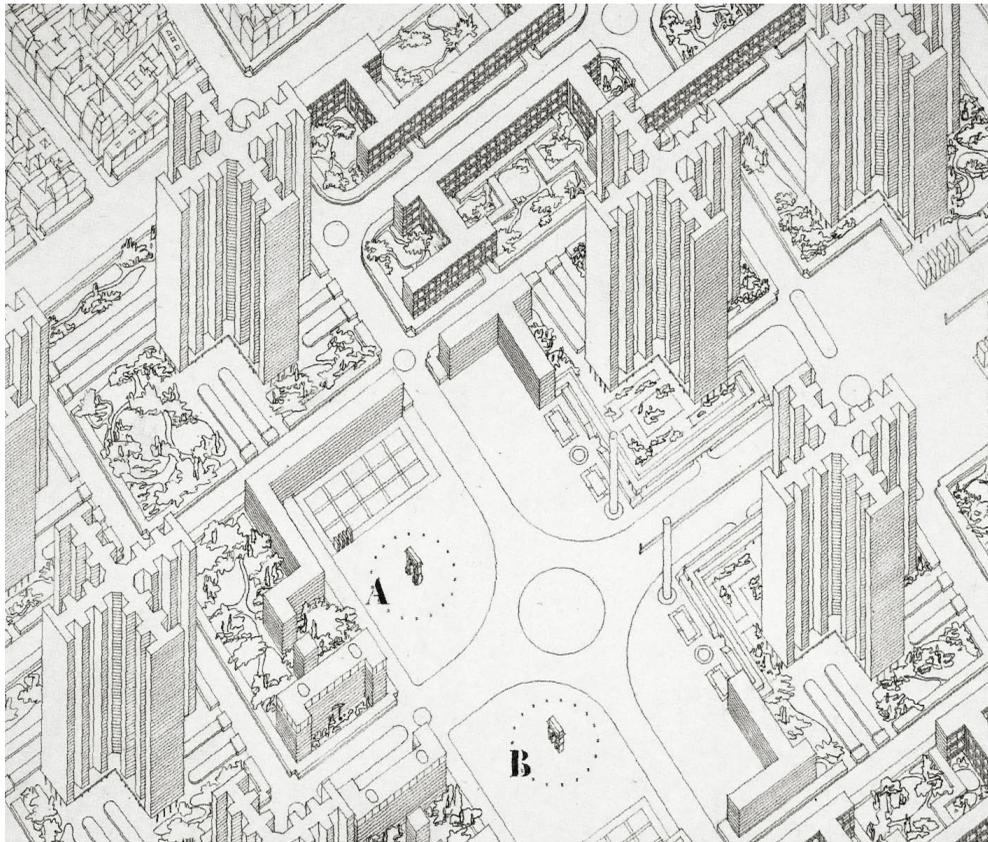


fig 11. Le Corbusier, *La ville radieuse*, 1930



fig 12. Superstudio, *Gli Atti Fondamentali, Vita (Supersuperficie), Viaggio da A a B*, 1971
foto di Cristiano Toraldo di Francia

50

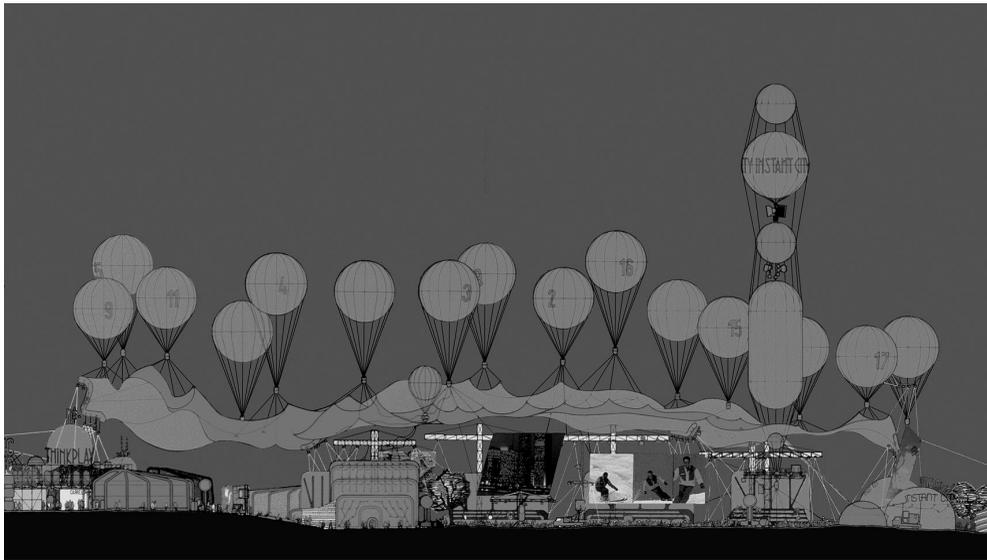


fig 13. Archigram, *Istant City*, 1968

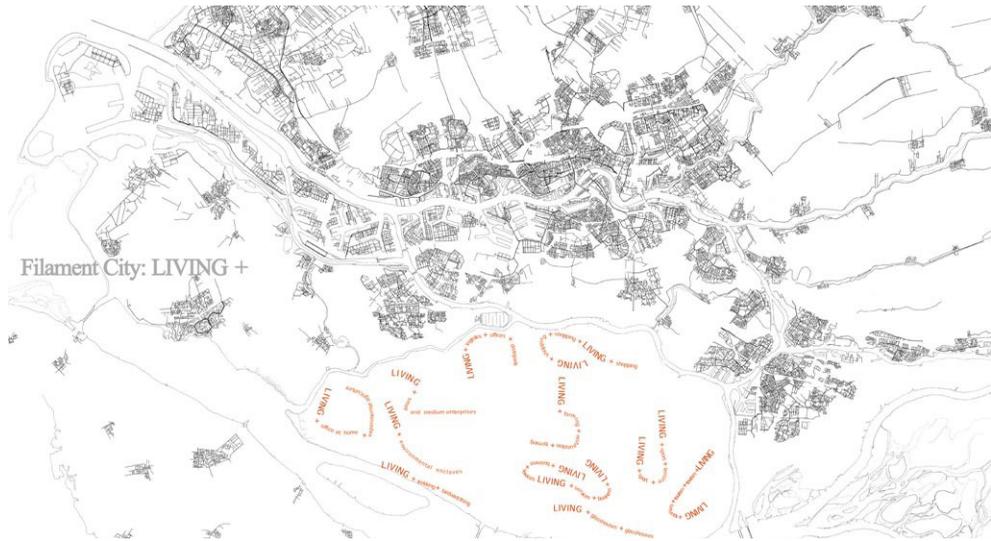


fig 14. Stefano Boeri Architetto, *Strategic plan for the new urbanisation in Hoeksche Waard*, 1999

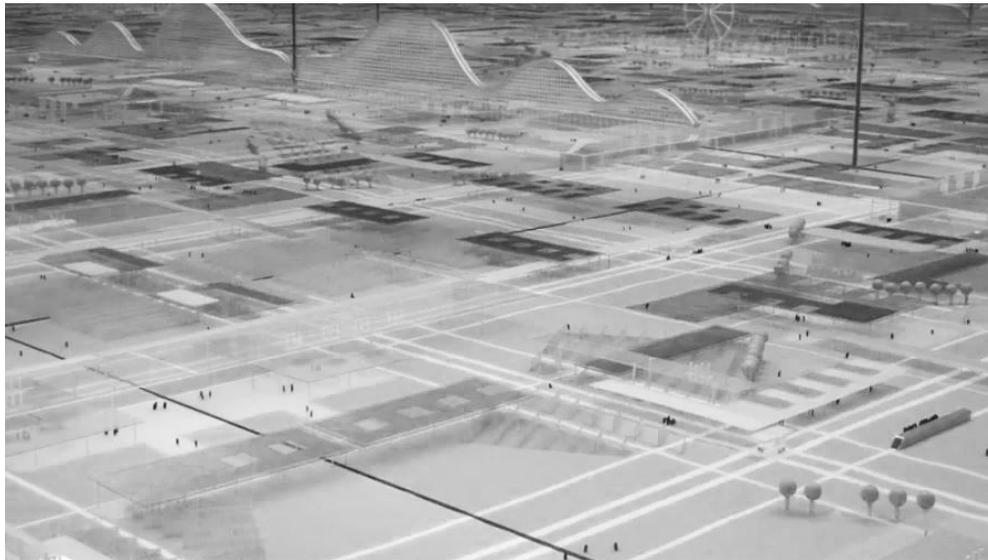


fig 15. Andrea Branzi, Lapo Lani, *Masterplan Strijp Philips a Eindhoven*, 2000

“

*L'alluvione ha sommerso il pack dei mobili,
delle carte, dei quadri che stipavano
un sotterraneo chiuso a doppio lucchetto.
Forse hanno ciecamente lottato i marocchini
Rossi, le sterminate dediche di Du Bos,
il timbro a ceralacca con la faccia di Ezra,
il Valèry di Alain, l'originale
dei Canti Orfici – e poi qualche pennello
da barba, mille cianfrusaglie e tutte
le musiche di tuo fratello Silvio.
Dieci, dodici giorni sotto un'atroce morsura
Di nafta e sterco. Certo hanno sofferto
Tanto prima di perdere la loro identità.
Anch'io sono incrostato fino al collo se il mio
Stato civile fu dubbio fin dall'inizio.
Non torba m'ha assediato, ma gli eventi
Di una realtà incredibile e mai creduta.
Di fronte ad essi il mio coraggio fu il primo
Dei tuoi prestiti e forse non l'hai saputo.*

”

Eugenio Montale, *L'alluvione ha sommerso il pack dei mobili*, 1966

RISCHIO IDROGEOLOGICO

problematiche italiane

Tutta la penisola italiana deve la sua particolare conformazione geografica all'incontro di numerose placche tettoniche che determinano un insieme eterogeneo di ambienti da sempre esposti ad un alto rischio idrogeologico e sismico. Tuttavia, la stessa conformazione della penisola e la carenza di terreni agevoli hanno fatto sì che, nei secoli, gran parte d'Italia venisse fortemente antropizzata, anche nelle zone più avverse e fragili.²⁵ L'Italia può dunque essere intesa come un territorio composto da numerosi *layer* di differente natura che si relazionano tra loro creando una complessa rete di situazioni, luoghi e connessioni. Se si considera invece il rapporto con l'impronta antropica, essa si mostra

come un territorio fragile che ha spesso rappresentato l'elemento di rottura e di devastazione dell'equilibrio tra gli elementi eterogenei (naturali ed artificiali) che la compongono. Le calamità naturali hanno da sempre segnato la storia italiana: frane, alluvioni, terremoti o eruzioni vulcaniche hanno sconvolto realtà culturali e architettoniche, provocando danni talvolta permanenti alla zona colpita e al tessuto sociale locale.²⁶ Gli eventi geomorfologici permettono di descrivere il comportamento del territorio e, nell'arco della storia, hanno determinato il rapporto tra antropico e naturale, orientando le scelte nel disegno delle città in cui viviamo. Nonostante questo, è capitato che non si tenesse conto delle attitudini del ter-

25. Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 2020, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici edizione 2020*(https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/07/Estratto_Rapporto_consumo_di_suolo_2020-1.pdf)

26. G. De Francesco, 2017, *Infrastrutture dell'acqua. Strategie adattive all'emergenza idrica dei mutamenti climatici. Progettare infrastrutture idriche di nuova generazione*, Dottorato in Architettura – Teorie e Progetto, Università degli studi di Roma. Rel. A. Saggio

ritorio, progettando città e paesaggio antropico privi di coerenza con le caratteristiche geomorfologiche del terreno. L'aumento demografico unito al boom economico ha via via richiesto un maggiore consumo di suolo e un'edificazione intensiva che ha causato la perdita di consapevolezza delle caratteristiche del luogo e dei suoi pericoli.

Si sente spesso parlare di rischio e dissesto idrogeologico che viene definito come “Degradazione ambientale dovuta principalmente all’attività erosiva delle acque superficiali, in contesti geologici naturalmente predisposti (rocce argillose e arenacee, comunque scarsamente coerenti), o intensamente denudati per la distruzione del ricoprimento boschivo. Colpisce soprattutto i versanti acclivi e in generale i bacini montani in fase di abbandono”.²⁷

Numerosi studi hanno dimostrato come l'Italia sia un paese in grave pericolo, naturalmente predisposto a

fenomeni di tal genere, causati dalla naturale conformazione del territorio, dove la metratura ridotta dei bacini fa sì che il tempo che intercorre tra l'evento meteorico e la piena sia molto breve, causando disastrosi eventi alluvionali e un esagerato consumo di suolo.²⁸

I dati forniti dall’ Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale sono preoccupanti se si considera che la frequenza degli eventi legati al dissesto idrogeologico possono potenzialmente raddoppiare entro il 2050 a causa dei già citati cambiamenti climatici e alle espansioni urbane. Le alluvioni più catastrofiche che hanno interessato il nostro paese (considerando il fattore danni e quello di perdita di vita umana) sono state provocate dai fiumi Po e Tanaro in Piemonte (1994 e 2000), nel Polesine (1951), dall’Arno (1966) e dall’Adda (1987) ma ogni anno se ne verificano un gran numero di in-

27. <https://www.treccani.it/>

28. Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale, 2018, *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio* (https://www.isprambiente.gov.it/files2018/publicazioni/rapporti/rapporto-dissesto-idrogeologico/Rapporto_Dissesto_Idrogeologico_ISPRA_287_2018_Web.pdf)

tensità minore, che causano danni all'intero ecosistema italiano.²⁹

Nonostante questi eventi siano imprevedibili, è tuttavia possibile ridurre i rischi attraverso alcuni interventi infrastrutturali e non:

- Interventi strutturali: argini, invasi di ritenuta, canali scolmatori, drizzagni;
- Interventi non strutturali come ad esempio interventi per la gestione del territorio o quella delle emergenze (predisposizione del sistema di allerta, stesura di piani di emergenza)³⁰



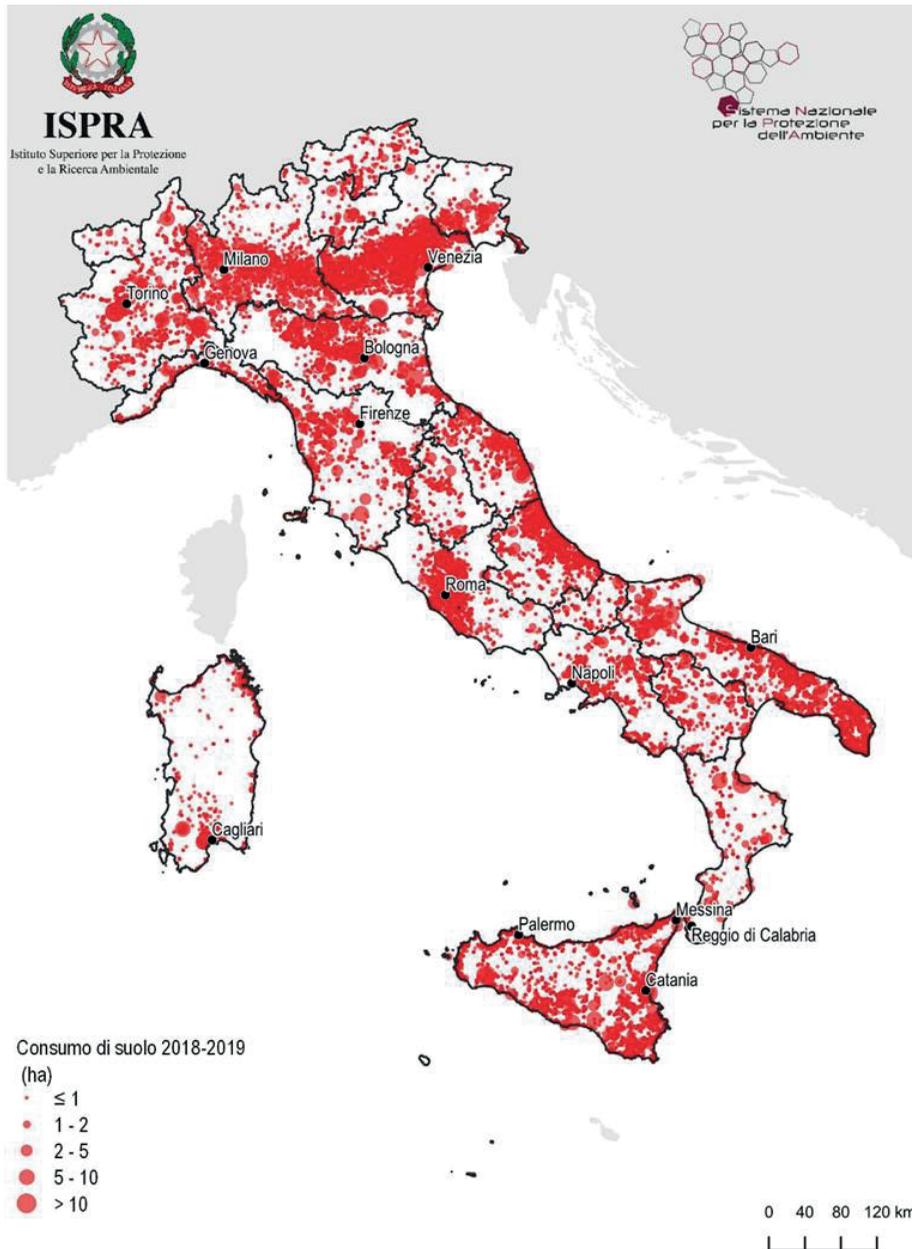
fig 16. xAlluvione della Val Tellina (1987), il paese di sant'Antonio Morignone (Sondrio)

29. Legambiente, 2020, *Il clima è già cambiato: la mappa di 10 anni di impatti nel territorio italiano, le nuove politiche da accelerare con il Recovery Plan* (https://cittaclima.it/wp-content/uploads/2020/11/CC_Rapporto_2020-def.pdf)

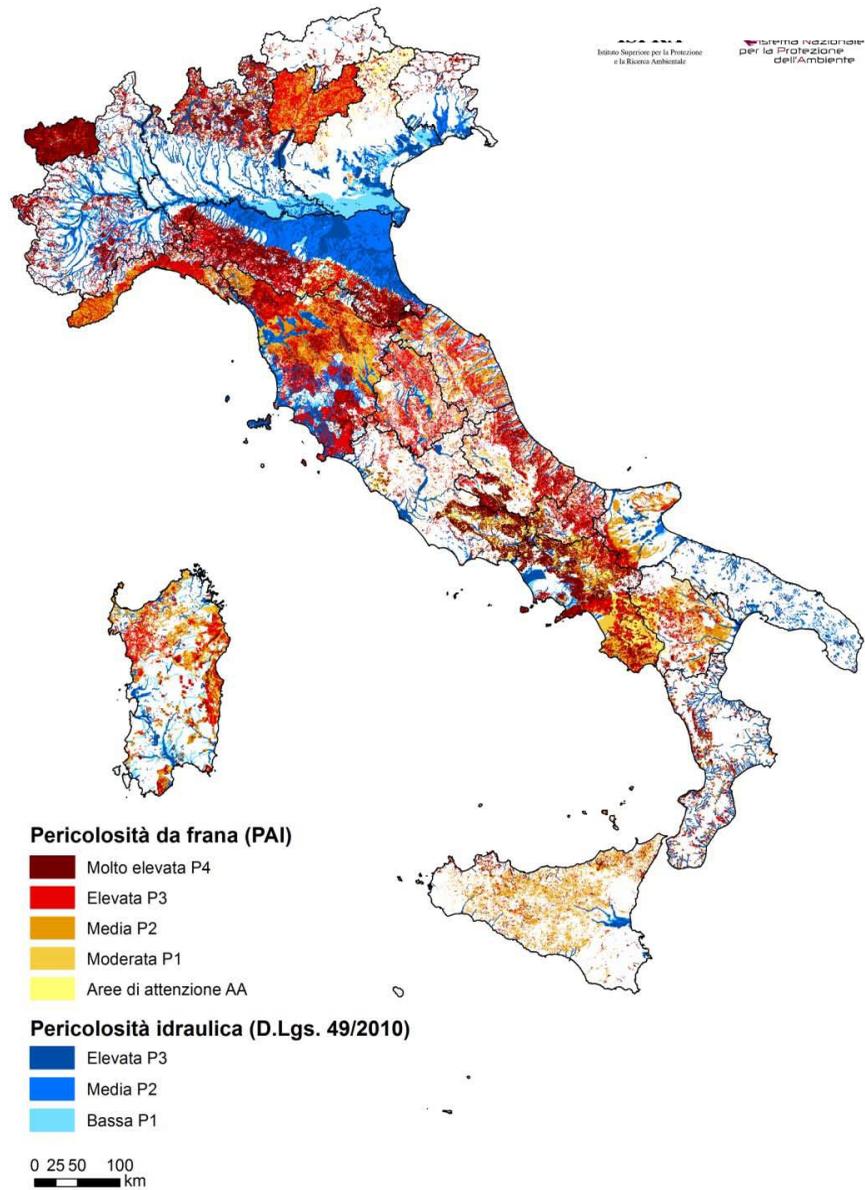
30. E. Mazzucco, 2018, *Alluvioni e instabilità idrogeologica: progetto di moduli abitativi galleggianti ad alte prestazioni energetiche*, Politecnico di Torino, tesi in Architettura per il Progetto Sostenibile. Rel. O. De Paoli. Co-rel. M. Corrado

DATI ISPRA

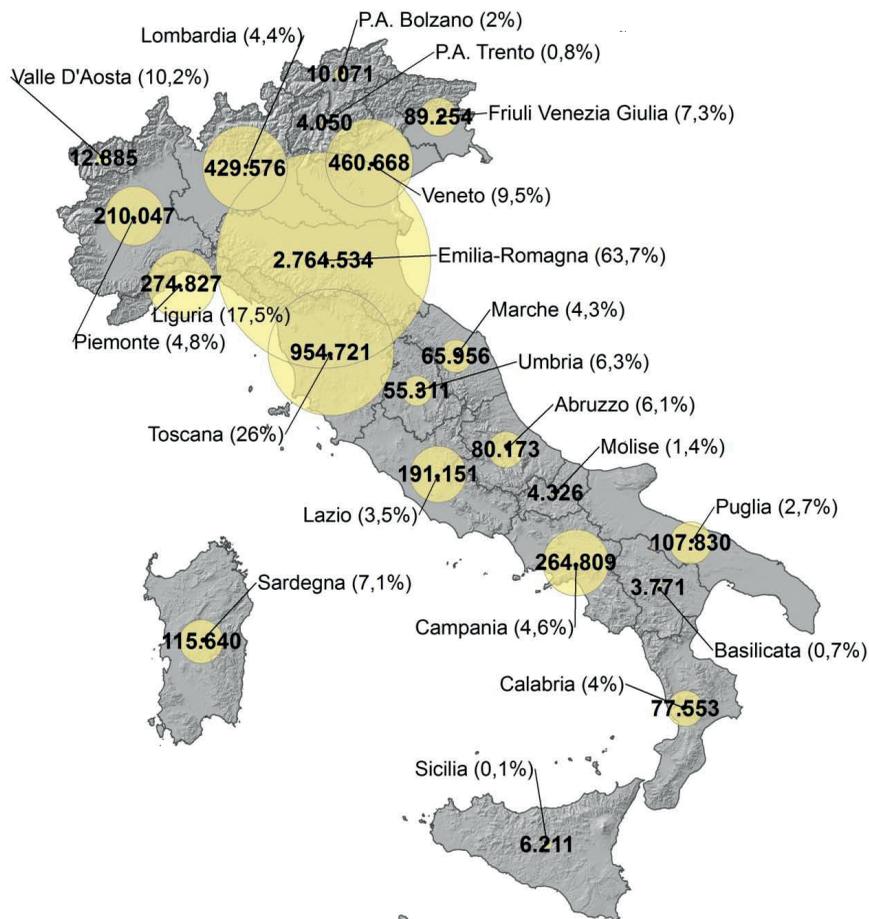
localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo tra il 2018 e il 2019



aree a pericolosità da frana (PAI) e idraulica (scenari D. Lgs 49/2010) - elaborazione 2017



popolazione a rischio in aree di pericolosità idraulica su base regionale

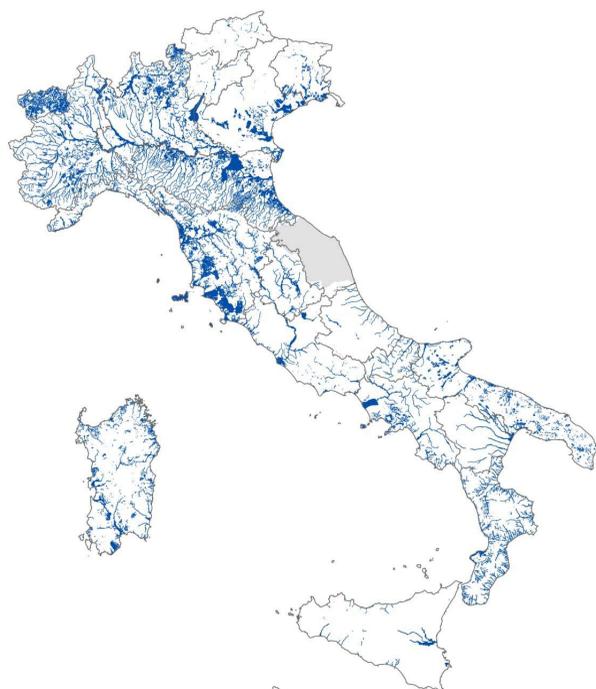


Popolazione a rischio alluvioni residente in aree a pericolosità media P2 (n. ab.)

3.771 Popolazione a rischio (n. ab.)

(0,7%) Percentuale rispetto al totale regionale della popolazione residente

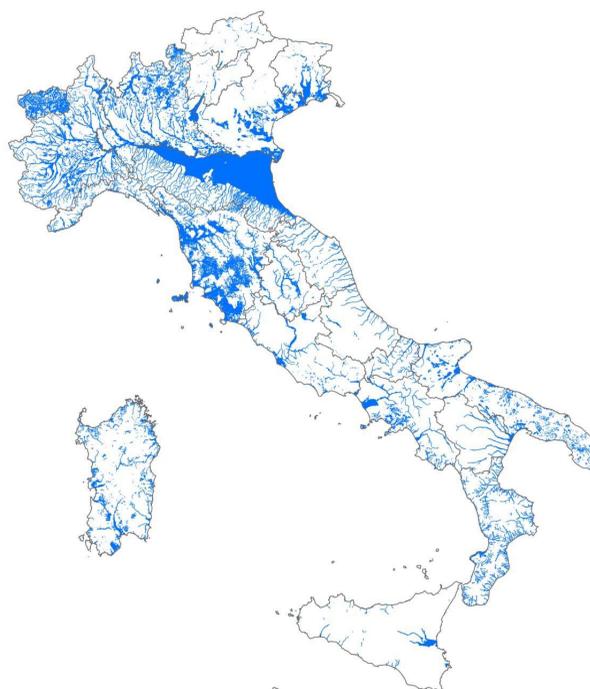
aree di pericolosità idraulica elevata e media, dati ISPRA 2017



Aree a pericolosità idraulica elevata P3
tempo di ritorno fra 20 e 50 anni

■ Aree a pericolosità idraulica elevata P3
■ Dati pericolosità idraulica P3 non disponibili

0 25 50 100
km



Aree a pericolosità idraulica media P2
tempo di ritorno fra 100 e 200 anni

■ Aree a pericolosità idraulica media P2

0 25 50 100
km

Le precipitazioni diventano più intense e pericolose

X^h Numero di ore di precipitazioni

3 OTTOBRE 2020 **24^h**

Limone Piemonte (CN)
580 mm

Sambughetto (VB)
630 mm

Piedicavallo (BI)
610 mm

MEDIA MENSILE DI OTTOBRE
75-110 mm

27 SETTEMBRE 2020 **24^h**

Nettuno (RM)
83,5 mm

MEDIA MENSILE DI SETTEMBRE
75 mm

22 SETTEMBRE 2020 **-1^h**

Altamura (BA)
60 mm

MEDIA MENSILE DI SETTEMBRE
34 mm

29 AGOSTO 2020 **3^h**

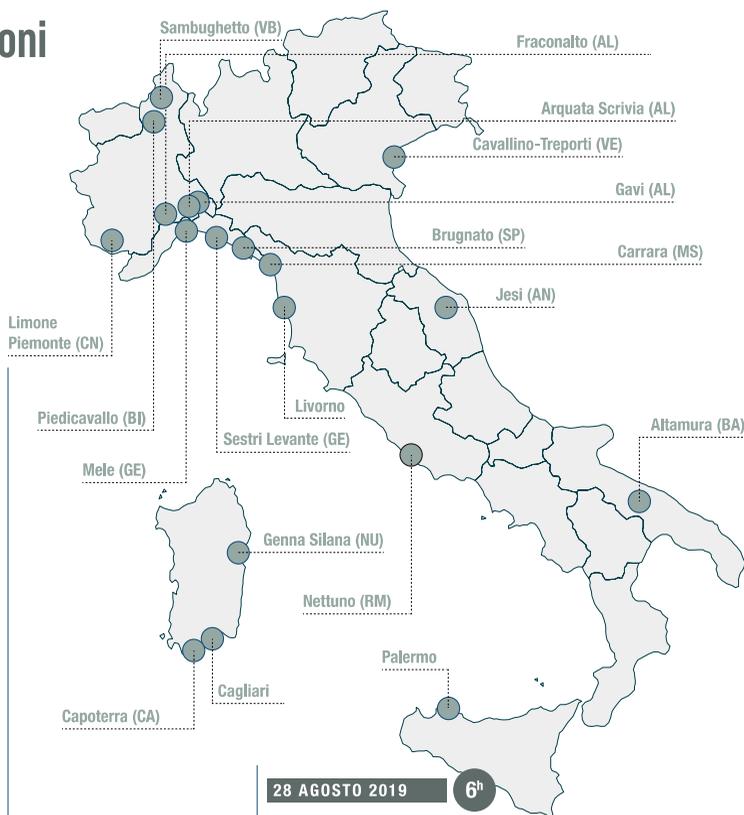
Fraconalto (AL)
224 mm

MEDIA MENSILE DI AGOSTO
69 mm

16 LUGLIO 2020 **3^h**

Palermo
135 mm

MEDIA MENSILE DI LUGLIO
14 mm



3 MARZO 2020 **6^h**

Carrara (MS)
135 mm

MEDIA MENSILE DI MARZO
83 mm

21 OTTOBRE 2019 **24^h**

Arquata Scrivia (AL)
369 mm

Gavi (AL)
486 mm

MEDIA MENSILE DI OTTOBRE
130 mm

14 OTTOBRE 2019 **12^h**

Mele (GE)
480 mm

MEDIA MENSILE DI OTTOBRE
155 mm

28 AGOSTO 2019 **6^h**

Cagliari
31,4 mm

Capoterra (CA)
47,4 mm

Genna Silana (NU)
59 mm

MEDIA MENSILE DI AGOSTO
40 mm

30 LUGLIO 2019 **4^h**

Cavallino-Treporti (VE)
150 mm

MEDIA MENSILE DI LUGLIO
65 mm

1 SETTEMBRE 2018 **2^h**

Jesi (AN)
84,8 mm

MEDIA MENSILE DI SETTEMBRE
75 mm

9 SETTEMBRE 2017 **3^h**

Livorno
250 mm

MEDIA MENSILE DI SETTEMBRE
75 mm

25 OTTOBRE 2011 **6^h**

Brugnato (SP)
472 mm

MEDIA MENSILE DI OTTOBRE
150 mm

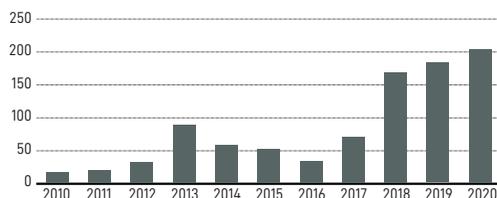
4 OTTOBRE 2010 **4^h**

Sestri Levante (GE)
450 mm

MEDIA MENSILE DI OTTOBRE
155 mm

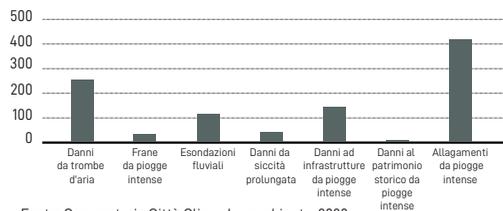
enumerazione casi di eventi climatici estremi dal 2010 al 2020

Numero degli eventi climatici estremi in Italia per anno



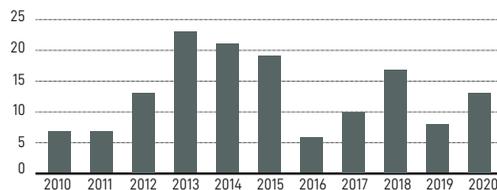
Fonte: Osservatorio Città Clima, Legambiente, 2020

Eventi totali per categoria (2010-2020)



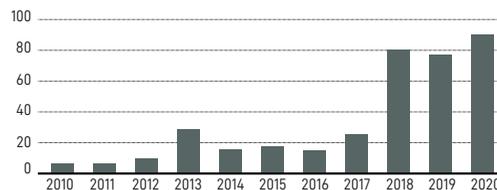
Fonte: Osservatorio Città Clima, Legambiente, 2020

Danni alle infrastrutture da piogge intense



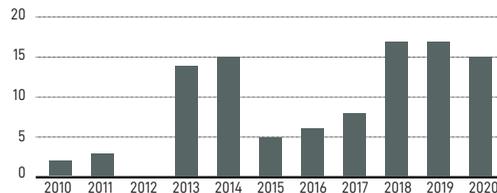
Fonte: Osservatorio Città Clima, Legambiente, 2020

Allagamenti da piogge intense per anno

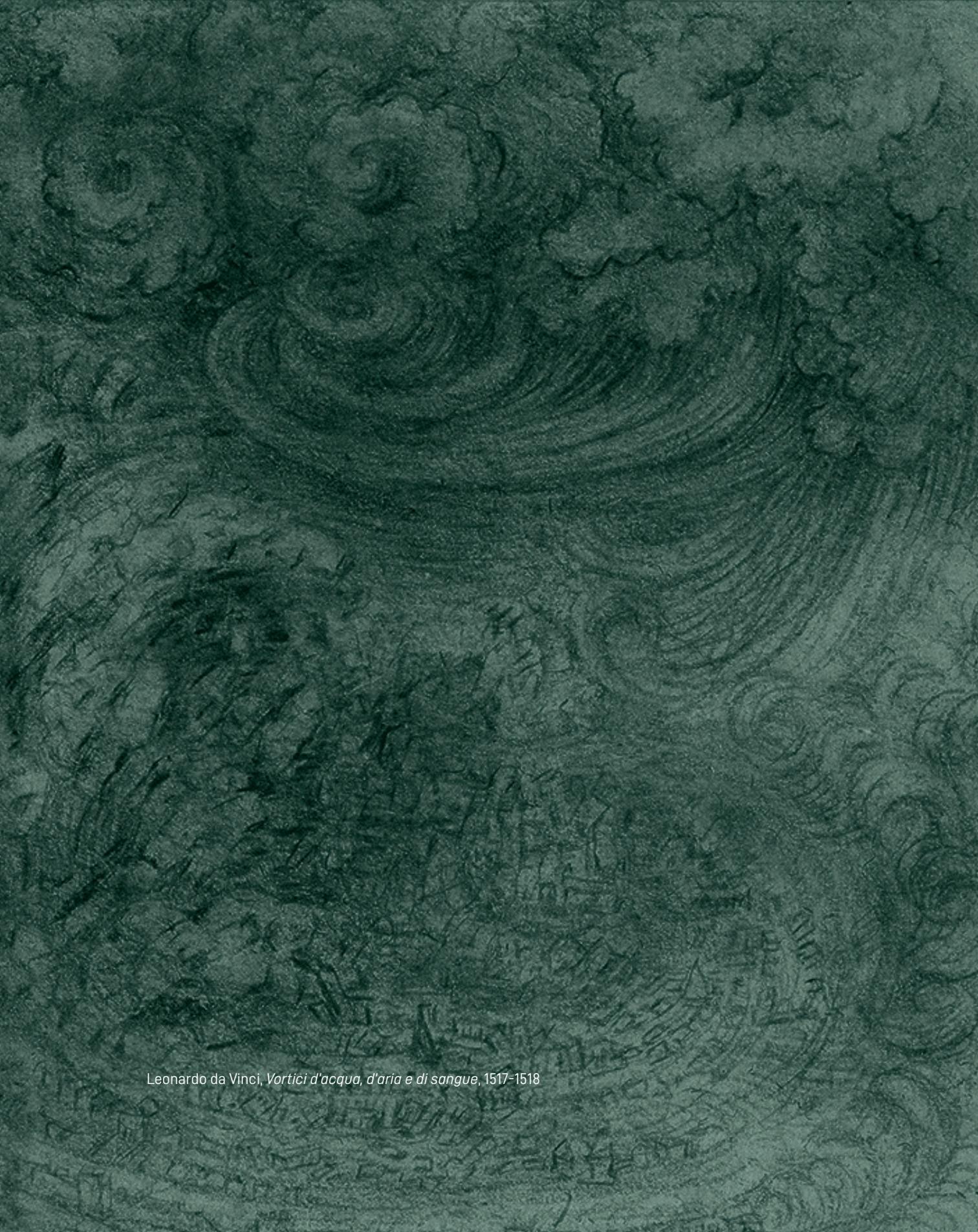


Fonte: Osservatorio Città Clima, Legambiente, 2020

Danni alle infrastrutture da piogge intense



Fonte: Osservatorio Città Clima, Legambiente, 2020



Leonardo da Vinci, *Vortici d'acqua, d'aria e di sangue*, 1517-1518

TECNICA E PROGETTUALITÀ

la sfida climatica

La storia delle comunità alpine si è sempre sviluppata intorno a momenti in cui il termine “adattamento” era il protagonista della scena. Dal dopoguerra e passando per il boom economico, le collettività che abitavano le montagne hanno dovuto affrontare la necessità, spesso frequente, di dover abbandonare i loro territori nativi per spostarsi a valle e far fronte ad un sostentamento economico e di sviluppo del paese.

Oggi la crisi da dover affrontare si manifesta in un problema climatico inedito che plasma la forma e l'orografia dei territori alpini.³¹

Come già spiegato in precedenza, il territorio alpino è caratterizzato dall'oscillante equilibrio tra ambiente naturale e spazio antropizzato e per continuare a coesistere è ormai necessario che uno dei due protagoni-

sti, il più debole o quello predisposto al cambiamento, scenda a compromessi. La grande sfida attuale non è, quindi, quella di combattere il cambiamento climatico e tutte le problematiche ad esso connesse, bensì quella di imparare a convivere con un contesto territoriale in continua evoluzione.

Con questo obiettivo, diventa fondamentale che i progetti urbani tengano conto delle fragilità dell'ambiente che si figurano come rischio. Si ridisegnano spazi della città in grado di gestire la minaccia ed essere, allo stesso tempo, catalizzatori di momenti urbani.

Progettazione dei paesaggi alpini disegnati assecondando la fragilità dei pendii, *waterfront* pianificati consapevolmente rispetto ai periodi di piena e strategie di adattamento rispetto alle precipitazioni intense, sono solo

31. R. Colombero, 2020, *Adattarsi alle trasformazioni* in *Newsmagazine*, n.108/dicembre 2020 - gennaio 2021 (<http://www.dislivelli.eu/blog/newsletter>)

alcune delle soluzioni catalizzatrici appena accennate.

Il cambiamento climatico ha fatto emergere negli ambienti alpini un problema sempre più diffuso e preoccupante: il dissesto idrogeologico. Il sistema idrico connette porzioni di territorio molto distanti tra loro ed è composto da una complessa trama di reti fluviali che confluendo l'una nell'altra danno origine a un bacino idrografico.³²

La definizione di bacino idrografico da Arpa Piemonte recita:

“Il bacino idrografico rappresenta la porzione di territorio che raccoglie le acque superficiali che defluiscono lungo i versanti e le fa confluire in uno stesso corso d'acqua. La linea di cresta dei rilievi che contornano il bacino prende il nome di spartiacque e separa un bacino dall'altro.

E' l'unità fisiografica fondamentale alla quale far riferimento nello studio dei fenomeni fluviali e dei processi geomorfologici ad essi legati”.³³

*L'acqua disfa li monti
e riempie le valli, e
vorrebbe ridurre la terra
in perfetta sfericità,
s'ella potesse.*

Leonardo da Vinci

32. A. Mandarino, 2020, *Gestione fluviale fuori scala* in *Newsmagazine*, n.108/dicembre 2020 - gennaio 2021 (<http://www.dislivelli.eu/blog/newsletter>)

33. Definizione di “Bacino Idrografico” Arpa Piemonte (<https://www.arpa.piemonte.it/rischi-naturali/glossario/B/BACINI-IDROGRAFICO.html>)

Lo spazio dell'acqua e i suoi processi

Nel relazionarsi con il rischio idrogeologico alpino, è fondamentale comprendere il comportamento del soggetto del pericolo: il torrente; questo è il primo elemento trasportatore di grandi o piccole quantità di acqua che, scivolando nell'orografia del territorio, contribuisce a modellarne i versanti fino a confluire, insieme ad altri, in uno stesso corso che verosimilmente sarà caratterizzato da una sezione più ampia.

Un torrente è quindi un elemento dinamico in continua evoluzione facente parte di un complesso sistema naturale. Come ben sappiamo, la fonte di energia che guida ogni processo dinamico naturale è il sole; tramite il suo ciclo naturale, banalmente, l'acqua evapora in modo perpetuo dando origine agli eventi atmosferici che si riversano poi sul terreno. L'energia potenziale immagazzinata in questo processo viene trasformata in energia cinetica quando l'acqua scorre verso valle attraversando i pendii: più

ripida è la discesa che il torrente deve affrontare, maggiore è l'energia che viene rilasciata. Il comportamento di un torrente di montagna si differenzia da quello di un fiume che scorre a valle proprio per la potenza che lo caratterizza.³⁴

I torrenti e i fiumi sono definiti da processi fisici dinamici interconnessi tra loro che generano spazialità dell'acqua differenti. I movimenti dell'acqua si possono raggruppare e semplificare in due tipologie di dinamiche differenti: processi morfodinamici e oscillazioni temporanee.

- processi morfodinamici: sono le dinamiche di sviluppo di un torrente o di un fiume dovute a sedimentazioni e variazioni della direzione dei letti a seguito di erosioni costanti (fig 17)
- oscillazioni temporanee: si suddividono a loro volta in due sub-processi: oscillazione verticale e propagazione laterale

34. M. Prominski, A. Stokman, S. Zeller, H. Voermanek, D. Stimberg, (2012) *River, space, design: Planning Strategies, Methods and Projects for Urban Streams*, Birkhauser

Nelle oscillazioni verticali la portata del fiume, la quantità di acqua nel letto, muta perpendicolarmente alla sezione del corso idrico, tale variazione dipende da numerosi fattori esterni (fig 18); nelle propagazioni laterali l'acqua si espande lateralmente impo-ssessandosi e invadendo uno spazio originariamente non suo (fig 19) Piccole variazioni del volume dell'acqua possono essere contenute dal canale ma a seguito di forti precipitazioni il fiume può esondare e invadere gli spazi adiacenti. I fenomeni di esondazione si verificano più frequentemente laddove la sezione del fiume è sagomata dall'azione umana in quanto è probabile che il dimensionamento dell'intervento sia stato progettato per affrontare fenomeni di piena di portate inferiori.³⁵ Le oscillazioni temporanee, dovute alla variazione periodica del volume dell'acqua che dipende dalle precipitazioni e dallo scioglimento dei ghiacciai, sono fenomeni reversibili al termine dei quali il corso del fiume ritorna alle sue forme originali, ma

possono causare gravi danni all'abitato, all'ecosistema e costare vite umane.

Sebbene i principi di sviluppo del corso di un torrente o di un fiume e i movimenti dinamici dell'acqua siano gli stessi, ogni corso d'acqua è unico e differente dagli altri, per questo motivo ogni progetto che si relaziona con lo spazio adiacente deve essere un'operazione sartoriale.

Tutti i processi dell'acqua sono i protagonisti delle modifiche morfologiche alla piccola scala della sezione di un torrente e di un fiume e alla grande scala vanno a definire la struttura del bacino idrografico plasmando il territorio da monte a valle.

Studiare il comportamento dell'acqua è un passo fondamentale per controllarne i potenziali effetti, comprenderne la natura e sfruttarne l'energia.

35. S. Andreotti, G. Zampetti (a cura di, 2007), *Le buone pratiche per gestire il territorio e ridurre il rischio idrogeologico*, disponibile in (https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/Libro_protCivile_buonepratiche_0000001113.pdf)

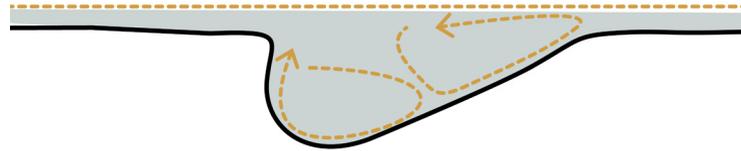


fig 17. Movimenti dell'acqua: processi morfodinamici

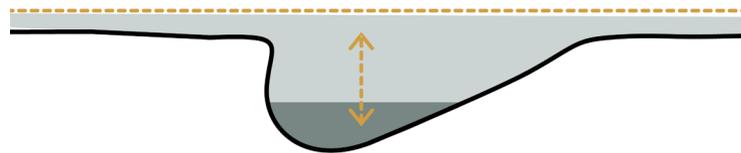


fig 18. Movimenti dell'acqua: oscillazioni temporanee verticali

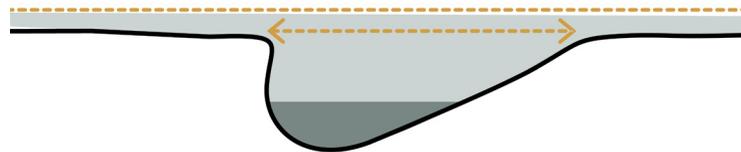


fig 19. Movimenti dell'acqua: oscillazioni temporanee, espansione laterale

L'instabilità del territorio

Il rischio è “l'eventualità di subire un danno connessa a circostanze più o meno prevedibili”.³⁶ (Treccani)

Il rischio idraulico dipende da:

- pericolosità dell'evento: la probabilità di superamento di portata al colmo di piena
- valore degli elementi a rischio
- vulnerabilità: capacità degli elementi a rischio di resistere alle sollecitazioni dell'evento

Il rischio idrogeologico, se visto a grande scala, non è altro che un fisiologico processo di erosione naturale, sicuramente accentuato dai particolari cambiamenti climatici che stiamo vivendo; cercare inesorabilmente di trattarlo come un procedimento patologico può risultare dannoso e intervenire drasticamente per fermare l'evoluzione morfologica del nostro territorio è pressoché impossibile e controproducente.

La percezione psicologica del rischio

porta alla ricerca di una soluzione al problema per la messa in sicurezza del territorio e spesso si agisce con interventi puntuali che piuttosto che risolvere il problema lo spostano da monte a valle. La reazione all'evento alluvionale con opere di arginatura spesso può causare più danni che benefici; infatti, la probabilità che si verifichi un evento alluvionale peggiore di quello antecedente per la quale è stata realizzata l'opera di “messa in sicurezza”, è comunque concreta. Inoltre, la sicurezza percepita a seguito di un intervento puntuale, a volte spinge ad incrementare la nuova edificazione a ridosso dell'area a rischio, aumentando l'entità dei danni in caso di alluvione.³⁷

Le strategie volte a ridurre e convivere con il rischio idraulico sono frutto di attente analisi del comportamento fisico del corso d'acqua e devono essere il risultato di un metodico con-

36. <https://www.treccani.it/>

37. S. Andreotti, G. Zampetti (a cura di, 2007), *Le buone pratiche per gestire il territorio e ridurre il rischio idrogeologico*, disponibile in (https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/Libro_protCivile_buonepratiche_0000001113.pdf)

fronto tra competenze diverse e della consapevolezza che spesso tentare di arginare il rischio a monte può essere la causa del ripercuotersi del problema a valle. È stato riscontrato che determinati tipi di interventi con lo scopo di ridurre il rischio di dissesto (ad esempio tramite briglie per trattenere i sedimenti in acqua e ridurre il rischio di colate detritiche in caso di alluvione) hanno provocato non banali squilibri ambientali, dal punto di vista biologico e morfologico.

Il fenomeno dell'erosione che avviene maggiormente durante le piene ed è spesso molto temuto perché minaccioso per i beni esposti, è in realtà anche il modo in cui i fiumi disperdono una grande quantità di energia, riducendo la velocità della corrente.³⁸

Per questo motivo cementificare gli argini pensando di ridurre l'effetto erosivo non fa altro che velocizzare la corrente, causando quindi anche altre problematiche in altri punti.

Tutto il bacino idrografico, da monte a valle, è assimilabile un complesso

sistema organico con un equilibrio ciclico ben specifico e alcune azioni volte a mitigare il rischio sono spesso cause stesse dell'aumento del pericolo. È luogo comune credere che una delle principali cause del dissesto idrogeologico sia la scarsa manutenzione dei territori alpini. In realtà, la noncuranza di zone agricole e delle sponde favorisce una ricrescita vegetale naturale, la più efficace opera di protezione del suolo.³⁹

L'aumentato rischio idrogeologico che ci troviamo oggi ad affrontare è sì causato da eventi alluvionali estremi dovuti ad un cambiamento climatico con cui dobbiamo ancora imparare a fare i conti ma è parimenti la conseguenza della scorretta gestione fluviale del passato. La politica delle opere ingegneristiche fluviali passate aveva il manifesto obiettivo di ridurre il rischio idrogeologico territoriale e il celato scopo di strappare spazio al reticolo idrografico per scopi di lucro (edificazione e fini agricoli).

La prima soluzione che viene in men-

38. ibidem

39. L. De Antonis, V.M. Molinari, *Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base*, disponibile in (http://www.regione.piemonte.it/foreste/images/files/pubblicazioni/manuale_ingegneria_nat.pdf)

te per risolvere una piena è l'escavazione del letto del corso d'acqua. Le escavazioni hanno come finalità quella di abbassare l'alveo del fiume in modo da poter contenere più acqua durante le piene. Sebbene in un primo momento si riscontrano risultati positivi, a lungo termine questa pratica può aumentare l'effetto erosivo laterale del fiume minacciando aree precedentemente considerate sicure, può esporre fondamenta di ponti o condotte, provocare uno squilibrio dell'apporto di sedimenti a valle e infine, inducendo l'abbassamento del pelo libero dell'acqua fluviale, causa una difficoltà di approvvigionamento idrico dei corsi d'acqua connessi.⁴⁰ Un'altro degli approcci più diffusi per controllare la portata di acqua di un corso è quella della realizzazione di aree di laminazione e casse di espansione, zone in cui il letto del fiume può espandersi sottraendosi alla portata di piena e riducendo il rischio di alluvione sui territori a valle.⁴¹ Localizzare sul territorio le aree di laminazione non è immediato, è necessario tenere conto della porta-

ta del corso d'acqua in diversi tempi relazionata alla posizione della cassa di espansione. La portata è il volume che l'acqua occupa in relazione al tempo, ovvero quanti metri cubi di acqua scorrono in un secondo, in un dato momento $x_{(t)}$.

Il grafico a fianco (fig 20) mostra la distribuzione indicativa della portata in tre differenti momenti: il primo a monte (t_1), vicino alla sorgente del fiume, il secondo spostato verso valle (t_2) e il terzo vicino alla foce (t_3).

Localizzare un'area di laminazione troppo vicino alla sorgente (t_1) significa avere una grande portata di acqua in un breve periodo di tempo: l'acqua non avrebbe il tempo di espandersi nell'area di laminazione e contribuirebbe comunque alla portata di piena. Per questo motivo le aree di laminazione si trovano generalmente localizzate in contesti vallivi e non in ambienti alpini.

Negli ultimi anni, nelle alpi, stanno sempre più prendendo piede sistemazioni di versanti e degli alvei dei fiumi tramite tecniche di ingegneria naturalistica.

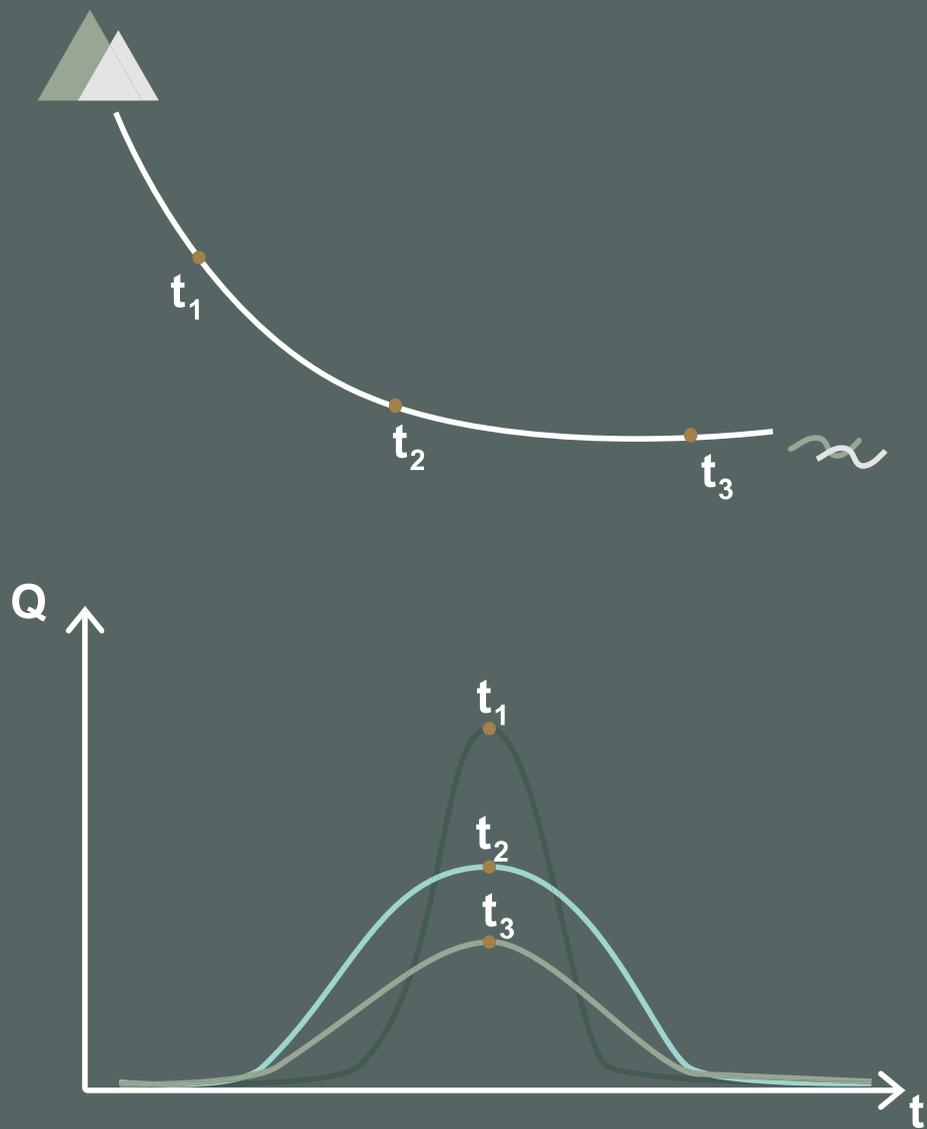


fig 20. Grafico esagerato ad arte della distribuzione della portata di un corso d'acqua dalla sorgente alla foce

resiliènza s. f. [der. di resiliente]. – 1. Nella tecnologia dei materiali, la resistenza a rottura per sollecitazione dinamica, determinata con apposita prova d'urto: prova di r.; valore di r., il cui inverso è l'indice di fragilità. 2. Nella tecnologia dei filati e dei tessuti, l'attitudine di questi a riprendere, dopo una deformazione, l'aspetto originale. 3. In psicologia, la capacità di reagire di fronte a traumi, difficoltà, ecc.

rìschio (ant. risco) s. m. [der. di rischiare]. – 1. Eventualità di subire un danno connessa a circostanze più o meno prevedibili. 2. Senza alcuna reggenza o con reggenza sostantivale si avvicina al sign. di pericolo.

L'ingegneria naturalistica: applicazioni in ambiente alpino⁴²

L'ingegneria naturalistica è una branca dell'ingegneria che si occupa della stabilità dei versanti applicando tecniche sostenibili ed eco-compatibili che permettono, allo stesso tempo, di salvaguardare l'ambiente naturale e di reinserire nel paesaggio ambienti degradati dal dissesto idrogeologico o dall'attività umana.

Questa disciplina prevede l'utilizzo di materiale vegetale vivo e del legname come elementi di costruzione in abbinamento con inerti (pietrame), ferro, acciaio e fibre vegetali e sintetiche.

L'ingegneria naturalistica interviene spesso in caso di frane e fenomeni erosivi come scivolamenti di masse di terreno, colamenti di terreno saturo (*debris flow*), crolli di roccia, ribaltamento di lastre e moli rocciose, scivolamenti planari e rotazionali.

Gli scivolamenti di terreno sono provocati da sollecitazioni (esempio spinta dell'acqua) che gravano in un

dato punto e provocano lo spostamento planare o rotazionale di porzioni di terra. Questo tipo di dissesto spesso muta in forma di colata detritica.

I colamenti di terreno saturo sono strettamente relazionati con eventi di rovesciamenti intensi e consistono in una saturazione eccessiva, dovuta ad una penetrazione nel terreno di ingenti quantità di acqua, e una successiva fluidificazione del suolo; questo fenomeno viene anche chiamato *debris flow* (colamento di fango e detriti). Il *debris flow* alimenta il trasporto di materiale solido da parte di torrenti e fiumi ed è il diretto responsabile del dissesto delle sponde e degli alvei andando ad aumentare la forza erosiva del corso d'acqua.

Di seguito vengono elencate e spiegate le strategie di intervento utilizzate per le tipologie di dissesto idrogeologico dall'ingegneria naturalistica.

42. L. De Antonis, V.M. Molinari, *Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base*, disponibile in (http://www.regione.piemonte.it/foreste/images/files/pubblicazioni/manuale_ingegneria_nat.pdf)

Rivegetazione

Le tecniche di rivegetazione consistono nell'aumento sia delle superfici verdi erbacee e di arbusti sia boschive e hanno un duplice obiettivo:

- consolidare e rafforzare il terreno tramite il loro apparato radicale
- proteggere il suolo dall'effetto battente della pioggia, assicurando l'assorbimento razionato nel tempo delle grandi quantità di acqua ed evitando che l'acqua non assorbita immediatamente dalla superficie vada ad alimentare l'effetto erosivo.⁴³

Per la buona riuscita degli interventi di rivegetazione è ovviamente fondamentale la scelta corretta delle piante utilizzate e la buona riuscita del loro attecchimento nell'ambiente in cui vengono inserite. È consigliabile quindi scegliere specie autoctone e che abbiano attitudini biotecniche: la capacità di resistere a fenomeni franosi e di erosione, aggregare e con-

solidare superficialmente il terreno con lo sviluppo delle radici e drenare assorbendo e traspirando l'acqua. A questo punto il vegetale diventa un elemento di progetto ed essendo tale deve essere presa in considerazione anche la morfologia della pianta durante l'intero corso della sua vita, per questo motivo è importante scegliere la specie anche in base allo sviluppo in altezza della pianta e alla dimensione della chioma, progettandone la più consona localizzazione e distanza dalle altre specie.

In un ambiente alpino piemontese il salice è la pianta più utilizzata nei progetti di rivegetazione, determinati tipi di salice si trovano fino a 1800 metri sul livello del mare e offrono un'alta percentuale di possibilità di attecchimento per talea. Alte specie, elencate nell'abaco a fianco, sono in grado di creare un apparato radicale a sostegno del terreno, rallentano la velocità della corrente, riducono l'erosione spondale e sono in grado di arrestare il trasporto di grandi massi

^{44,45.}



Frassino Maggiore, *fraxinus excelsior*



Pioppo tremulo, *populus tremula*



Ontano, *alnus mill*



Pioppo nero, *populus nigra*



Betulla, *betula verrucosa*



Pino Silvestre, *Pinus sylvestris*



Salice rosso, *salix purpurea*



Ontano, *alnus incana*



Sorbo degli uccellatori, *sorbus aucuparia*

44. D. Ligato (a cura di, 2002), *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*, disponibile in (<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003400/3486-atlante-versanti-2edizione.pdf/>)

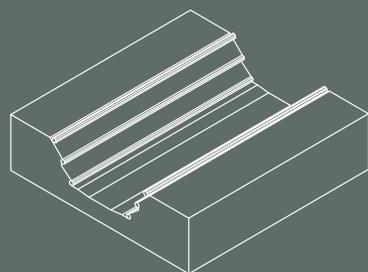
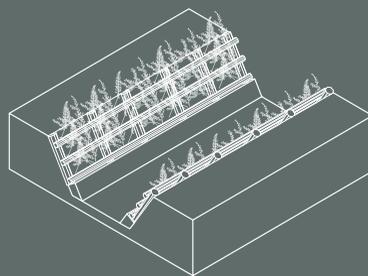
45. P. Ferraris, *Indirizzi per la gestione dei boschi ripari, montani e collinari*, IPLA S.p.a (a cura di, 2008), disponibile in (<https://it.scribd.com/document/151580481/Indirizzi-per-la-gestione-dei-boschi-ripari-montani-e-collinari>)

Gradonate

La gradonata è una tipologia di intervento per il consolidamento di pendii attraverso la messa a dimora di talee di piante appropriate. Vengono realizzati degli scavi con un interrasso che varia generalmente dall'1 ai 2 metri e vengono sistemate talee o piantine radicate.

Palificate semplici e di sostegno

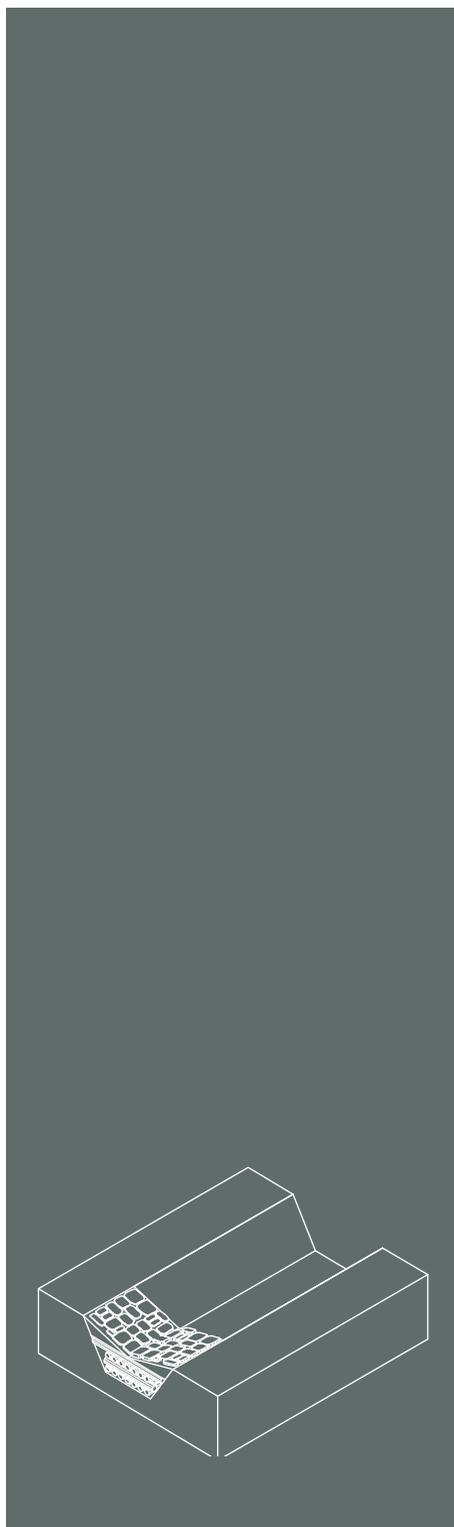
Le palificate semplici sono opere utili alla stabilizzazione superficiale del terreno, hanno l'obiettivo di ottenere il consolidamento del suolo e la ri-vegetazione di esso e la trattenuta di materiale che potrebbe alimentare un processo di dilavamento. La progettazione della disposizione delle palificate può favorire il deflusso delle acque lungo percorsi preferenziali o la trattenuta del deflusso superficiale. La progettazione di una scarpata con il metodo delle palificate è generalmente completata dalla disposizione di reti in fibra naturale che favoriscono una ricrescita del manto erboso. Le palificate di sostegno consistono in una disposizione più complessa rispetto alle palificate semplici, es-



sendo composte da una griglia di pali trasversali e orizzontali completate dall'inerbimento della scarpata e la messa a dimora di talee o piante radicate. I pali utilizzati sono tondame di larice o conifera e permettono di sostenere quote maggiori rispetto alle palificate semplici che vengono disposte seguendo l'andamento del pendio. La fondazione delle palificate di sostegno dev'essere adeguatamente dimensionata in base al tipo di spinta del terreno da sostenere e localizzata laddove il corso d'acqua non possa determinare la disarticolazione della costruzione

Briglie

Le briglie in pietrame o legname, a differenza di quelle precedentemente descritte, sono delle opere idrauliche costruite trasversalmente negli alvei dei fiumi e hanno l'obiettivo di regolarizzare il corso d'acqua e la sua pendenza mediante dei salti di quota per rallentare la velocità e trattenere materiale detritico trasportato dalla corrente. E' una tipologia di intervento che necessita di una manutenzione costante.



Opere in pietrame

Sono le opere di ingegneria naturalistica più diffuse negli ambienti alpini, realizzate con massi di pietra posati a secco (a volte con l'aggiunta di malta cementizia) di diverse dimensioni. Generalmente i vani presenti tra i massi vengono intasati con terra per favorire l'inerbimento naturale dell'opera o la sua rivegetazione tramite talee o piantine radicate. Questa metodologia di intervento è utilizzata come manufatto di sostegno o come opera spondale dell'alveo del fiume.



Grate vive

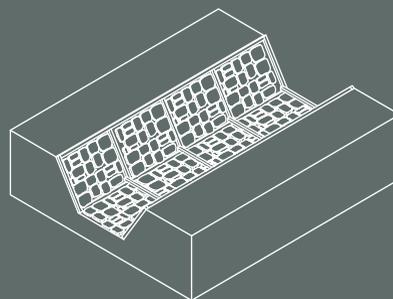
Le grate vive vengono realizzate come opere di consolidamento superficiale di scarpate la cui inclinazione è molto elevata (dai 40° ai 60°). La struttura è composta da una serie di tronchi verticali fissati sul terreno con l'ausilio di piloti in legno o metallici, trasversalmente sui tronchi verticali vengono fissati dei pali orizzontali così da formare la griglia. L'opera viene completata dalla posa di reti antiersive e dalla messa a dimora di talee e piantine radicate all'interno dei riquadri della struttura. Questa struttura può essere posata

ta su cordoli in blocchi di pietra o su palificate.

Le grate vive offrono solamente una funzione di consolidamento superficiale e non sono in grado di resistere a forti spinte del terreno se non a seguito di un adeguato dimensionamento dei suoi elementi di ancoraggio.

Canalizzazioni

Le canalizzazioni sono opere di regimazione delle acque di superficie. Vengono utilizzate per raccogliere le acque di deflusso e canalizzarle in una determinata direzione. Possono essere di svariate dimensioni in base alla posizione, inclinazione e quantità di acqua che devono raccogliere. Queste opere di convogliamento delle acque necessitano di una periodica manutenzione al fine di garantirne la funzionalità.



Dal Nord-Ovest fino alla Sardegna, insieme alla crisi sanitaria che ci ha obbligati ad affrontare non poche difficoltà, l'autunno è stato un susseguirsi di disastri, ma l'elemento più preoccupante è che gli eventi estremi continueranno ad aumentare di frequenza e presumibilmente anche di intensità. Un modo per poter affrontare la crisi climatica che stiamo vivendo è sicuramente quello di costruire una fitta rete di interventi a molteplici scale, l'obiettivo di ricostruire come se niente fosse accaduto non è più perseguibile. Si necessita di un piano che abbia come soggetto principale la difesa del suolo come azione primaria, che parte dalla presenza di una copertura forestale e dall'implementazione di una rete di drenaggio efficace. La gestione del territorio e i sistemi sociali sono in realtà due sfere molto diverse ma profondamente interconnesse, è infatti necessario un approccio della gestione delle politiche ambientali su diversi livelli spronando un confronto tra competenze e consapevolizzando le comunità alpine.



fig 21. L'ingegneria naturalistica nel mantenimento spondale.
Fonte: <https://ledodiciquerce.it/ingegneria-naturalistica/>

Meccanismo di dissesto

Sistemazione con tecniche tradizionali

Colamenti rapidi di terreno saturo d'acqua

/

Flussi incanalati

Briglie in calcestruzzo o in massi cementati

Erosioni di sponda

Muri spondali
Gabbionate
Difese in massi cementati

Sistemazioni con tecniche di Ingegneria Naturalistica

Geosintetici e fibre naturali
Palificate semplici
Gradonate vive inerbimento

Briglie in legname e pietrame
Aree di laminazione
Rinaturalizzazione

Scogliere in massi rivegetate
Rivegetazione spondale
Palificate vive

Altri interventi

/

Barriere in funi
metalliche

Allargamento della
sezione di deflusso

“

*Il fiume muta più spesso
il letto ne' lochi piani e
di tardo corso che ne'
monti e di veloce corso:
e questo accade perché
la materia dal fiume nel
piano, perché in tal loco
li manca l'impeto e si
scarica*

”

Leonardo da Vinci

CATASTROFE E ARCHITETTURA

La retorica della tecnica vs la riconsiderazione dei luoghi, il caso studio di Giampilieri.⁴⁶

Nel 2009 un evento calamitoso colpisce il territorio di Messina scaraventando al suolo in otto ore la stessa quantità di acqua che cade normalmente in due mesi e producendo un ammontare di detriti e fango tali da riempire 360 piscine olimpioniche. Facile immaginare i danni subiti dalla città a seguito dell'evento, la comunità ha dovuto confrontarsi con una realtà completamente differente e stravolta rispetto alle dieci ore antecedenti. La cattiva o mancata manutenzione di quegli spazi, una volta dedicati all'agricoltura, e la trascuratezza del bacino idrografico del luogo hanno alimentato la drammaticità dell'evento.

Il progetto di riattivazione di quel territorio coinvolge competenze trasversali ed eterogenee di inge-

gnieri e geologi che hanno lavorato per rimettere in sicurezza la città, il contributo di Marco Navarra, che minuziosamente è descritto nella pubblicazione "Terre Fragili", mette in luce "un paradigma culturale, che si mostra, con evidenza, nei disegni elaborati per questi interventi" (Navarra, 2017).⁴⁷

Il paradigma culturale che Navarra intende far emergere è relazionato con la retorica della tecnica: dal lat. *rhetorica* (*ars*) l'arte del parlare e dello scrivere in modo ornato ed efficace; nell'uso moderno, con valore spregevole, modo di scrivere e di parlare ampolloso e risonante, enfatico e sostanzialmente vuoto, privo o povero di impegno intellettuale, civile e morale (Treccani).⁴⁸

46. M. Navarra, 2017, *Terre Fragili, Architettura e Catastrofe*, L. Adamo (a cura di), LetteraVenticidue, Siracusa.

47. M. Navarra, 2017, *Architettura per "Terre Fragili"*. Un esempio: Giampilieri, in L. Adamo (a cura di), *Terre Fragili, Architettura e Catastrofe*, LetteraVenticidue, Siracusa, pp. 68-81

48. <https://www.treccani.it/>

“Privo e povero di impegno intellettuale, civile e morale” sono le parole usate dal vocabolario Treccani per definire la parola “retorica”, e povere di impegno intellettuale civile e morale erano i disegni sviluppati degli ingegneri idraulici e geotecnici che astratti e privi di contesto, definivano esclusivamente le opere tecniche da realizzare a Giampileri, non preoccupandosi minimamente delle conseguenze sociali e urbane che avrebbero generato nell’intorno.

Come già descritto e spiegato in precedenza, ancora una volta si evidenzia la consuetudine culturale di proporre interventi puntuali atti a rattoppare le problematiche del territorio, mancando di uno sguardo complessivo al sempre più precario equilibrio tra ambiente naturale e antropico.

I primi disegni realizzati dai tecnici avrebbero completamente diviso la città in tre parti; il progetto realizzato e concluso a Giampileri nel 2017 per contrastare futuri danni di un’alluvione, la divide solamente in due. Si tratta di un canale fugatore, una immensa opera ingegneristica, di undici metri di larghezza e nove di altezza, in grado di percepire le acque reflue e le masse di fango in

caso di alluvione e di raccoglierle e farle confluire in un unico punto, il fiume che scorre ai piedi della città, per poi essere naturalmente trasportate verso il mare.

Il contributo di Marco Navarra con il progetto “riparare fiumare” è stato fondamentale per modificare il senso dei fondi impiegati per opere tecniche includendo l’architettura come disciplina di fondamentale importanza per generare nuove relazioni al di fuori della semplice logica settoriale.

Tramite l’inclusione della comunità e l’uso di una architettura partecipata, la sezione del canale fugatore progettata dai tecnici viene modificata per cercare di generare nuove relazioni urbane con il contesto; in questo modo, l’opera ingegneristica viene georeferenziata alle peculiarità del territorio in esame.

Tramite l’utilizzo dei disegni, dei modelli tridimensionali e delle viste di progetto, la società è stata coinvolta come prima attrice in un processo di modellazione degli insediamenti urbani relazionati all’opera ingegneristica.

I progetti nati dai laboratori partecipati (UrbanLab) coinvolgono una relazione dinamica tra tempi ciclici, istantanei e di lunga durata, immaginando spazi in gra-

do di ripensare le opere infrastrutturali necessarie per la mitigazione del rischio (fig 23).

Nonostante i buoni propositi e a seguito dell'accettazione del progetto dalla Protezione Civile, molte delle strategie proposte, una volta rientrati dallo stato di emergenza nel 2013, vengono abbandonate e molti interventi ingegneristici realizzati secondo le vecchie logiche autoreferenziali. "Chi ha familiarità con la pratica della ricerca nelle scienze umane sa che, contrariamente all'opinione comune, la riflessione sul metodo spesso non precede, ma segue tale pratica"(Agamben, 2008).⁴⁹

Alla vista aerea, oggi Giampileri appare divisa in due da una netta linea che attraversa l'agglomerato urbano e il suo tessuto sociale.

49.G. Agamben, 2008, *Signatura rerum. Sul metodo.*, Bollati Boringhieri editore, Torino, pag. 8



fig 22. Giampilieri sventrata a seguito dell'alluvione del 2009. Foto di Lillo Lo Cascio



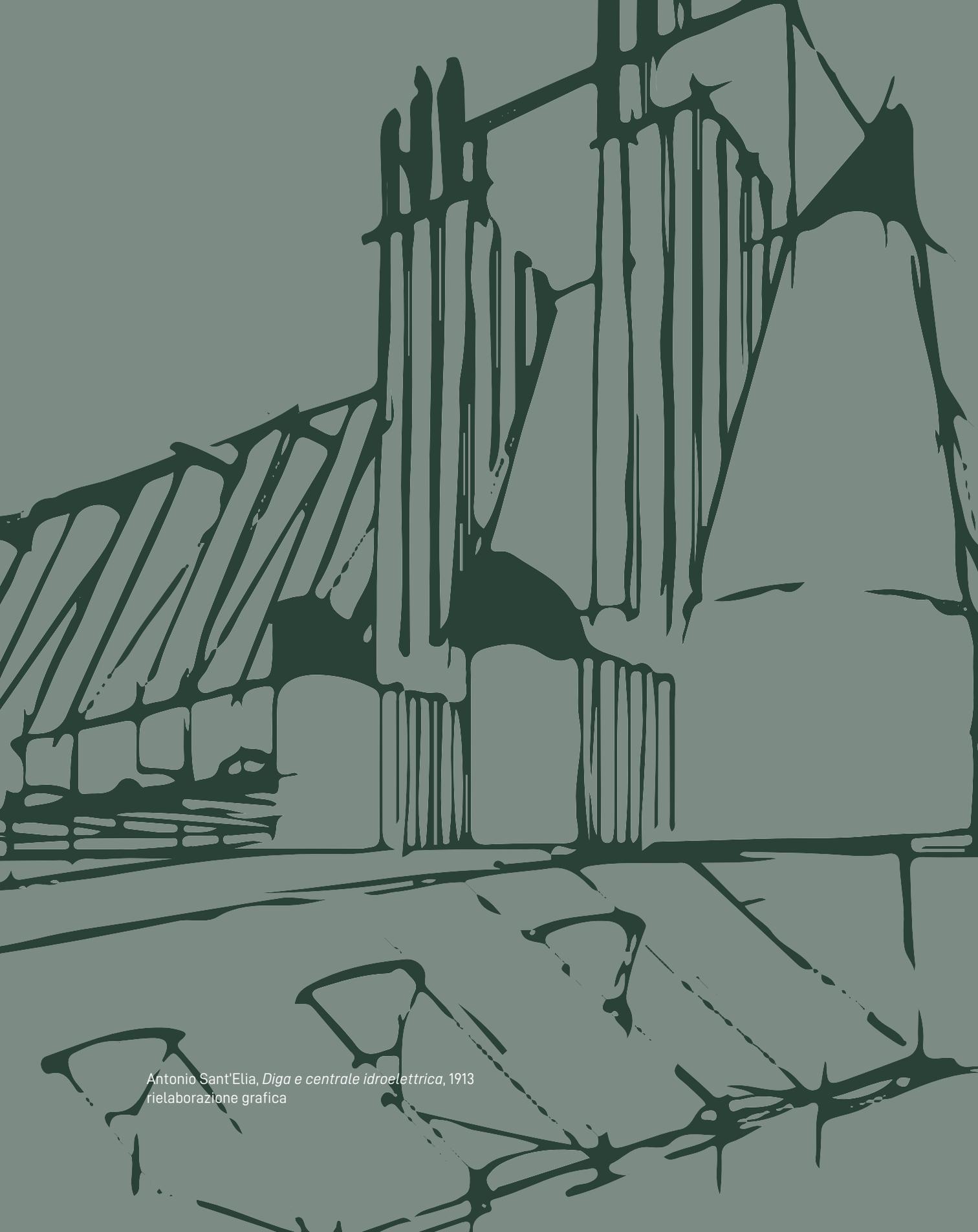
fig 23. Terre fragili, proposta progettuale spazi urbani, Giampilieri Superiore



fig 24. Vista aerea del nuovo canale fugatore, Giampilieri (ME)



fig 25. Vista del nuovo canale fugatore, Giampileri (ME)



Antonio Sant'Elia, *Diga e centrale idroelettrica*, 1913
rielaborazione grafica

STRATEGIE E SCENARI PROGETTUALI

Un catalogo di idee

Il lungo lavoro progettuale e sistematico svolto in Sicilia e precedentemente presentato, ha evidenziato la difficoltà della collaborazione tra competenze diverse e l'importanza di generare un sistema di dialogo tra la nuova morfologia dell'intervento e lo spazio urbano circostante.

Come reinterpretare dal punto di vista architettonico le opere di ingegneria idraulica per la gestione dei corsi d'acqua e dei bacini idrografici è un tema largamente affrontato, nuova sfida è generata dal rapporto tra la fragilità del territorio e il cambiamento climatico.

Non si parla solamente di *waterfront*, inteso come la lettura architettonica qualitativa dello spazio che relaziona fiume e città, ma della necessità di reinterpretare un intervento fondamentale e vitale per la gestione del rischio.

I casi studio presentati di seguito ri-

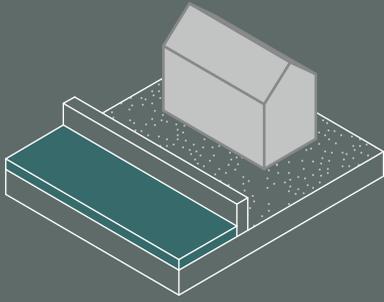
spondono in modo creativo e architettonico al fisiologico bisogno di spazio dei corsi d'acqua all'interno di un fitto contesto urbano.

E' stato disegnato un abaco delle metodologie e strategie adottate nei casi studio selezionati e descritti nelle pagine a seguire. L'abaco (fig 26) riassume in modo schematico gli approcci progettuali di riferimento in diversi contesti territoriali. In prima linea viene affrontato il tema della gestione fluviale relazionato agli spazi residenziali e alla sfera del privato, in secondo luogo si delineano le scelte architettoniche e urbanistiche relazionate agli spazi pubblici urbani e naturali, anche in relazione al tema della riqualificazione degli spazi di degrado.

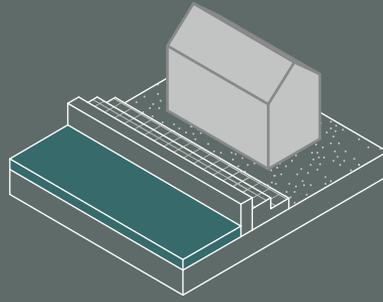
In tutti i casi studio presentati, il sistema fluviale è reinterpretato come un'infrastruttura urbana e un oggetto architettonico in grado di generare

spazi e occasioni sociali e culturali.

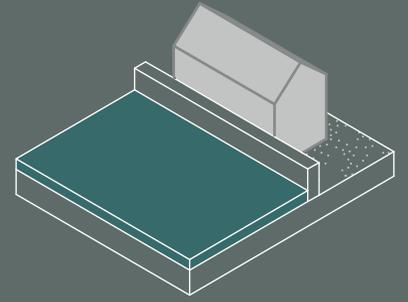
Le strategie progettuali studiate sono state prese in considerazione come riferimenti estremamente importanti per la scelta dell'approccio progettuale seguito nella sperimentazione architettonica del caso di Limone Piemonte, che verrà presentato nella parte III del presente lavoro di tesi.



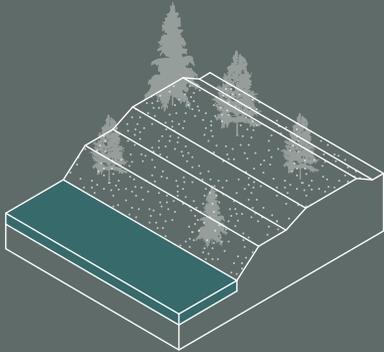
1.a



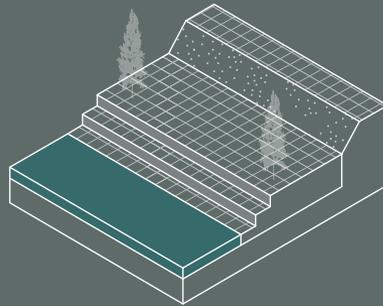
1.b



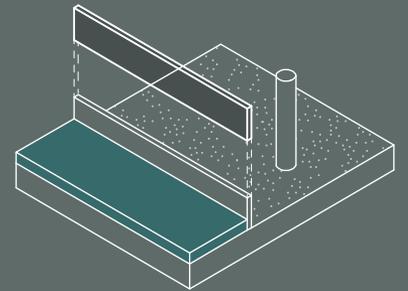
1.c



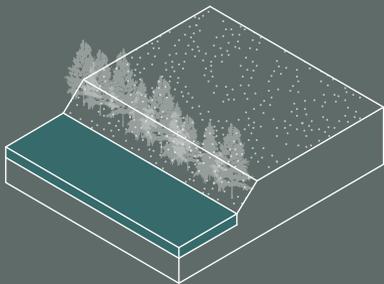
2.a



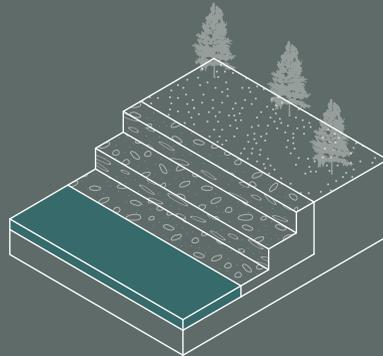
2.b



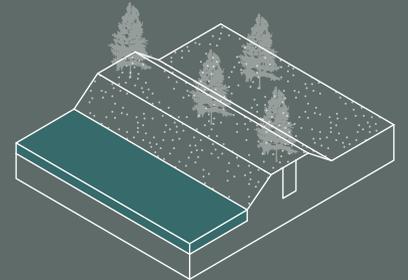
2.c



3.a



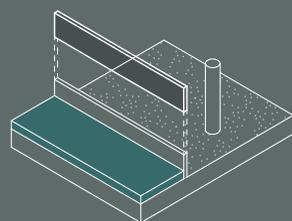
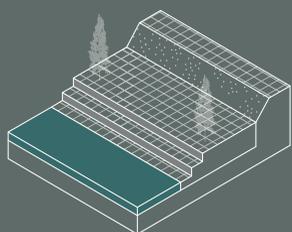
3.b



3.c

fig 26. Abaco delle strategie progettuali

Miltenberg, Germania
2.b. | 2.c. fig 26



La città di Miltenberg si affaccia sul fiume Meno, in Germania. Durante i mesi invernali la città ha sempre subito allagamenti regolari; per risolvere questo problema è stato realizzato un muro di calcestruzzo alto 2.20 metri rivestito di pietra locale, che divide la zona in una parte inondabile e una pubblica. Un progettato dislivello tra le due parti permette di nascondere la percezione del muro.

Il muro funziona anche come parapetto e seduta urbana ed è diventato un elemento scultoreo per la città, illuminato di notte da giochi di luce. In caso di necessità i punti di accesso al livello più basso vengono chiusi da elementi di sbarramento removibili e in vista di un futuro ancora più pericoloso il muro è stato dotato di elementi di protezione removibili.

Il progetto si è presentato come una occasione per ripensare le sponde del Meno e generare nuovi spazi urbani e dinamiche sociali.⁵⁰

50. M. Prominski, A. Stokman, S. Zeller, H. Voermanek, D. Stimberg, (2012) *River, space, design: Planning Strategies, Methods and Projects for Urban Streams*, Birkhauser

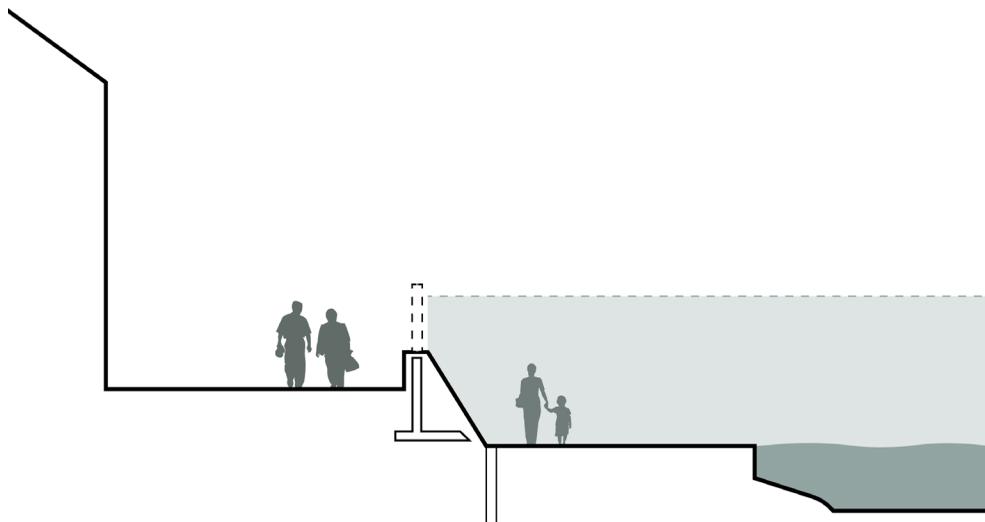
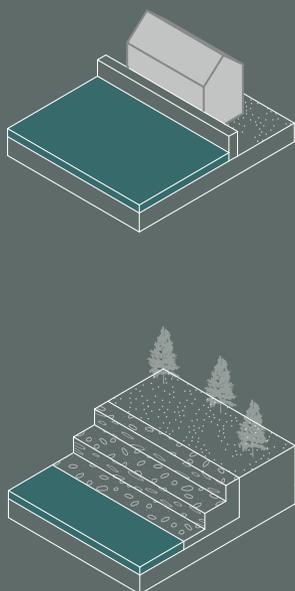


fig 27. sezione schematica



fig 28. vista del nuovo lungofiume di Miltenberg, Germania. Il muro di protezione genera nuovi spazi urbani

Wörth am Main, Germania
1.c. | 3.b.fig 26



A partire dalla fine dell'Ottocento la città ha iniziato a subire periodiche inondazioni che hanno causato seri problemi al contesto storico; in seguito, a causa della pericolosità del contesto urbano, la città ha subito uno spopolamento sempre più incrementale. Numerosi edifici danneggiati dalle alluvioni vennero demoliti e il centro storico della città rimase in uno stato di degrado fino al 1985 quando iniziarono i progetti per il nuovo sistema di controllo delle alluvioni.

Nel 2001 è stato completato il sistema di protezione per la città storica dalle periodiche esondazioni del Meno.

La grande sfida del progetto è stata quella di tentare una ricucitura tra gli edifici medievali e le mura storiche della città. Queste sono diventate il nuovo limite di protezione dall'esondazione del Meno arricchite da una varietà di sistemi di sbarramento mobili e un'area inondabile progettata come parco.⁵⁰

50. M. Prominski, A. Stokman, S. Zeller, H. Voermanek, D. Stimberg, (2012) *River, space, design: Planning Strategies, Methods and Projects for Urban Streams*, Birkhauser

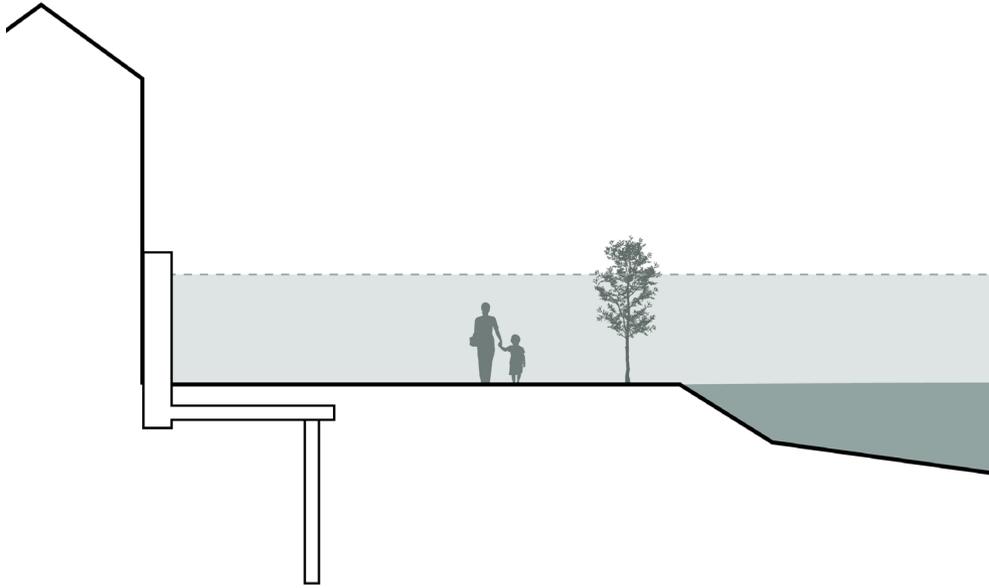
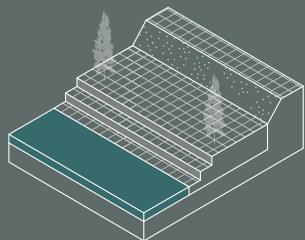
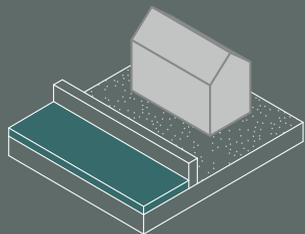


fig 29. sezione schematica



fig 30. Le mura storiche della città diventate elementi di protezione dalle piene del Meno

Bad Kreuznack, Germania 1.c. |
1.a. | 2.b. fig 26



Quest'altra cittadina in Germania affronta il problema dell'innalzarsi del livello del fiume Nahe proponendo un sistema di protezione lineare lungo le sponde del fiume che si declina in base alle esigenze urbane.

Nel centro storico è stato realizzato un muro di protezione che ha permesso di ricavare due differenti quote, la più bassa delle quali fruibile comunque come area urbana a lenta percorrenza. Il sistema prende forma in base alle caratteristiche delle aree urbane che incontra: in altre aree della città l'altezza necessaria per la protezione viene addolcita attraverso un sistema di gentili gradonate che hanno plasmato l'area in un salotto urbano. Il successo di questo approccio progettuale ha creato un'ampia accettazione da parte della comunità anche nei confronti di interventi futuri.⁵⁰

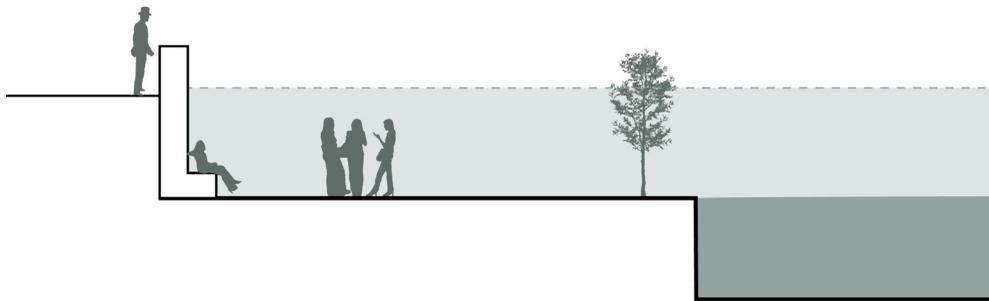


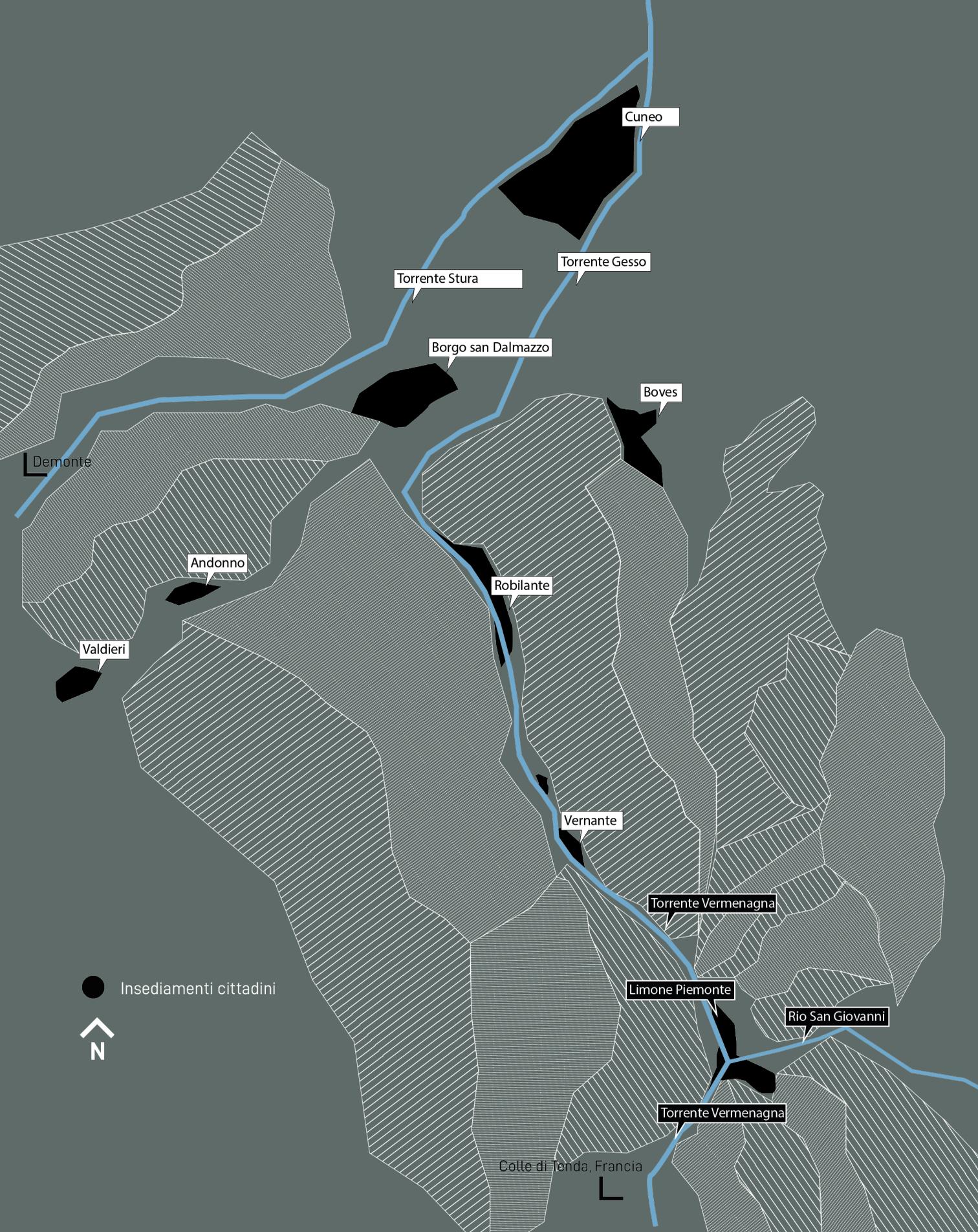
fig 31. sezione schematica



fig 32. Il muro di protezione genera spazi urbani a due quote differenti

PARTE





L'EVENTO METEREOLOGICO

Le piogge del 2-3 Ottobre

Limone Piemonte, comune della provincia di Cuneo, si trova in val Vermenagna, al fianco della valle Gesso e al confine con la Francia. La sua posizione geografica lo rende meta turistica per il basso Piemonte, la Liguria e il Sud della Francia.

La recente alluvione ha causato gravi danni alle infrastrutture di comunicazione e trasporto e agli insediamenti della valle.

Nel pomeriggio e nella serata fra il 2 e il 3 ottobre 2020 una perturbazione atlantica con caratteristiche di tempesta, muovendosi gradualmente verso il Mediterraneo e a causa delle condizioni di umidità e di aria calda, va a convergere progressivamente sui rilievi piemontesi provocando ricadute al suolo di un eccezionale quantitativo di pioggia, fino alle pri-

me ore del mattino successivo.

Nel basso Piemonte, in special modo nella alta Val Tanaro sono stati registrati valori ampiamente sopra la media stagionale, raggiungendo quasi i 600 mm in tutta la giornata del 2 ottobre nella stazione di rilevamento di Limone Piemonte. Ciò ha provocato devastanti onde di piena soprattutto nella parte alta del bacino idrografico del Tanaro, dimostrato dai dati che le stazioni dell'Arpa Piemonte posizionate lungo il Torrente Vermenagna hanno rilevato. Si è osservato il superamento del livello di allerta in pochissimo tempo e successivamente sono stati rilevati i valori massimi di portata di acqua e precipitazioni da quando queste ultime sono in funzione.⁵¹

51. Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali ARPA Piemonte, 2020, *Eventi Alluvionali in Piemonte: Evento del 2-3 Ottobre 2020* (<http://www.arpa.piemonte.it/publicazioni-2/relazioni-tecniche/analisi-eventi/eventi-2020/2020-rapporto-evento-02-ottobre.pdf>)

L'evento del 2 e 3 ottobre ha avuto pesanti ripercussioni nella zona limitrofa a Limone Piemonte, causando diversi danni infrastrutturali sia al capoluogo che alla viabilità intera della valle. I due torrenti che percorrono la valle (Vermenagna e Rio San Giovanni), alimentati da torrenti secondari, sono esondati lungo diversi

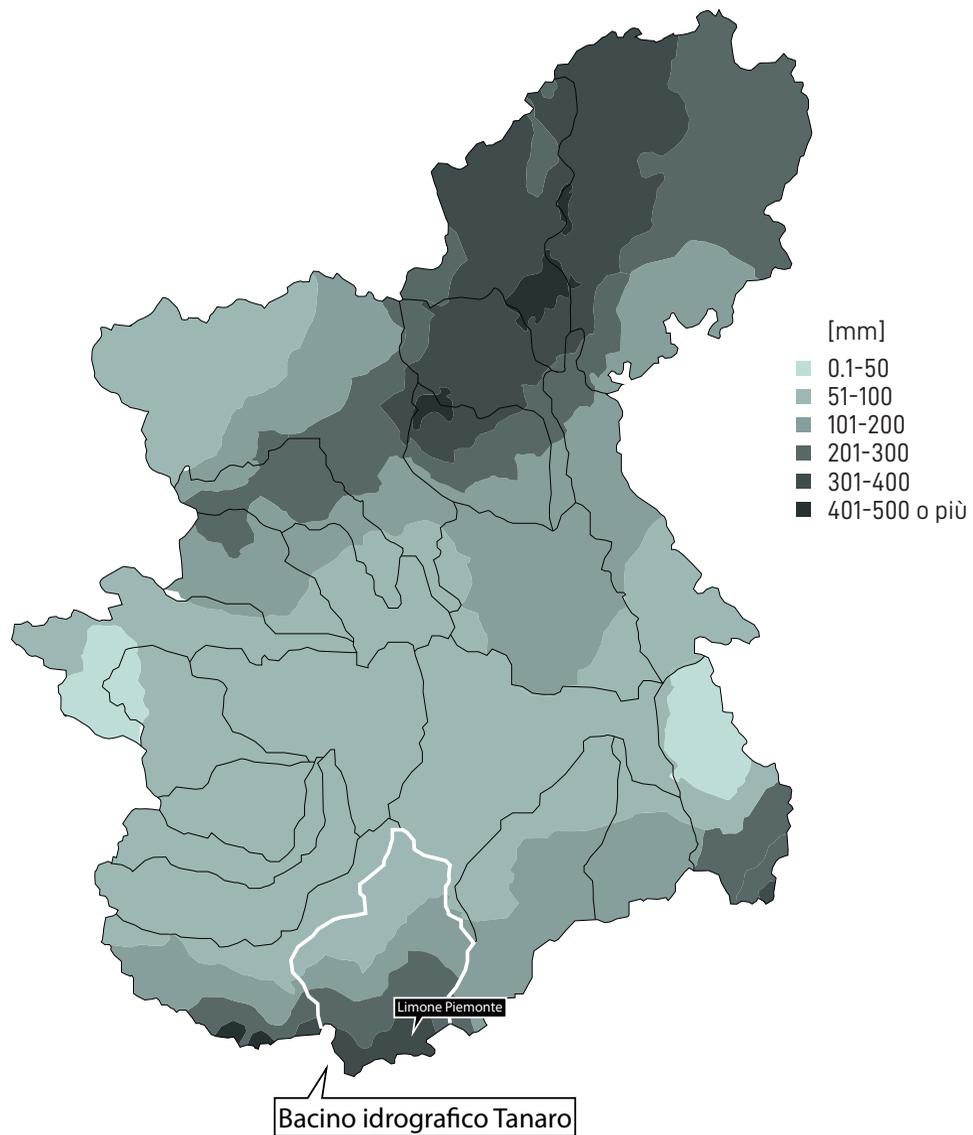
punti del corso causando un'erosione di fondo e, unito a ciò, il distacco di grande componente di materiale detritico e terroso ha comportato un'ancor più vasta fuoriuscita dai muri contenitivi del paese, causando l'allagamento di diverse zone oltre un grave danneggiamento di numerosi edifici e difese spondali.⁵²



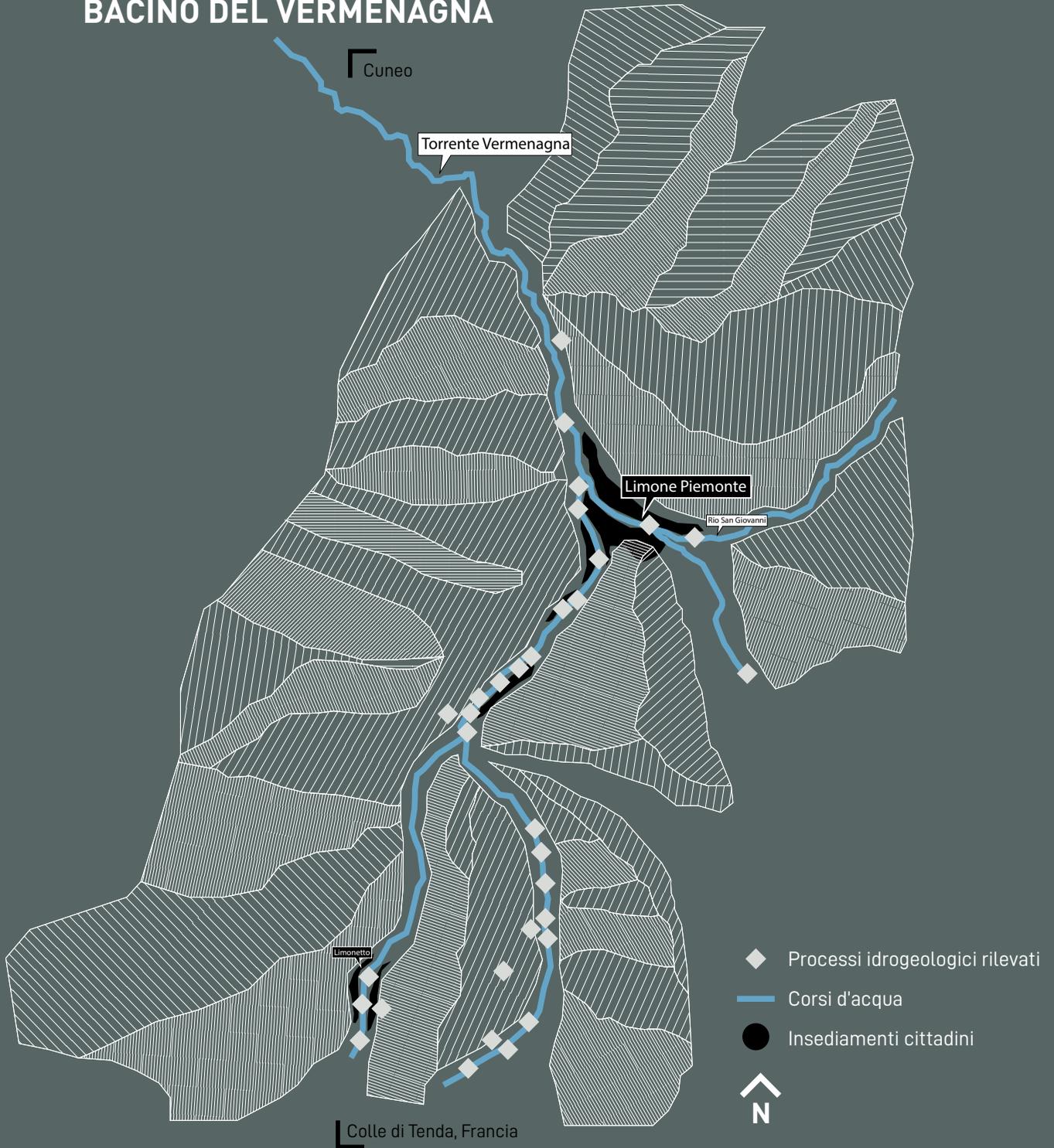
fig 33. Esondazione del Rio San Giovanni presso Via Valleggia in Limone Piemonte (CN)

52. F. Cravero, 2020, *Alluvione, Limone tra macerie e voragini conta i danni: "Acqua alta tre metri, mai visto nulla di simile"*, La Repubblica (2. https://torino.repubblica.it/cronaca/2020/10/03/news/alluvione_limone_tra_macerie_e_voragini_conta_i_danni_una_catastrofe_mai_visto_nulla_di_simile_-269363828/)

Pioggia cumulata dal 1 al 4 ottobre sui bacini idrografici piemontesi



BACINO DEL VERMENAGNA



Rielaborazione Dati: Arpa Piemonte, Evento del 2-3 Ottobre 2020

LE CONSEGUENZE A LIMONE PIEMONTE

galleria fotografica dei danni

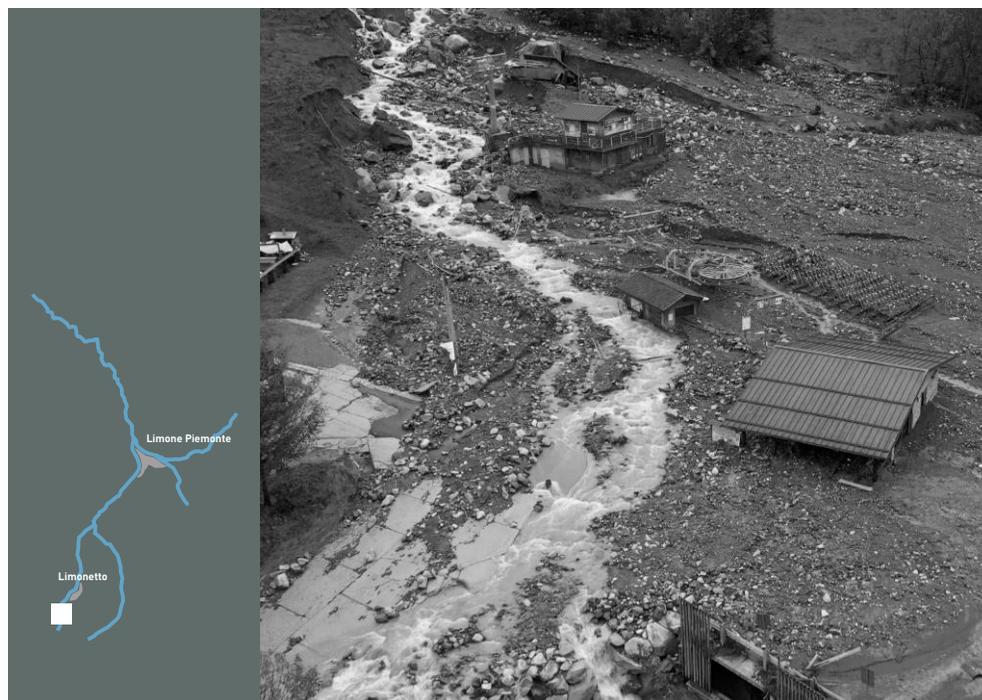


fig 34. Frana del versante sopra Limonetto in via Rocca dell'Abisso. Accumulo detritico nei pressi della partenza della seggiovia



fig 35. Erosione spondale del Torrente Vermenagna che ha invaso anche la sede stradale presso il Villaggio Miramonti , arrecando danni agli edifici e all'infrastruttura stradale



fig 36. Erosione spondale del Torrente Vermenagna che ha invaso anche la sede stradale presso il Villaggio Miramonti , arrecando danni agli edifici e all'infrastruttura stradale

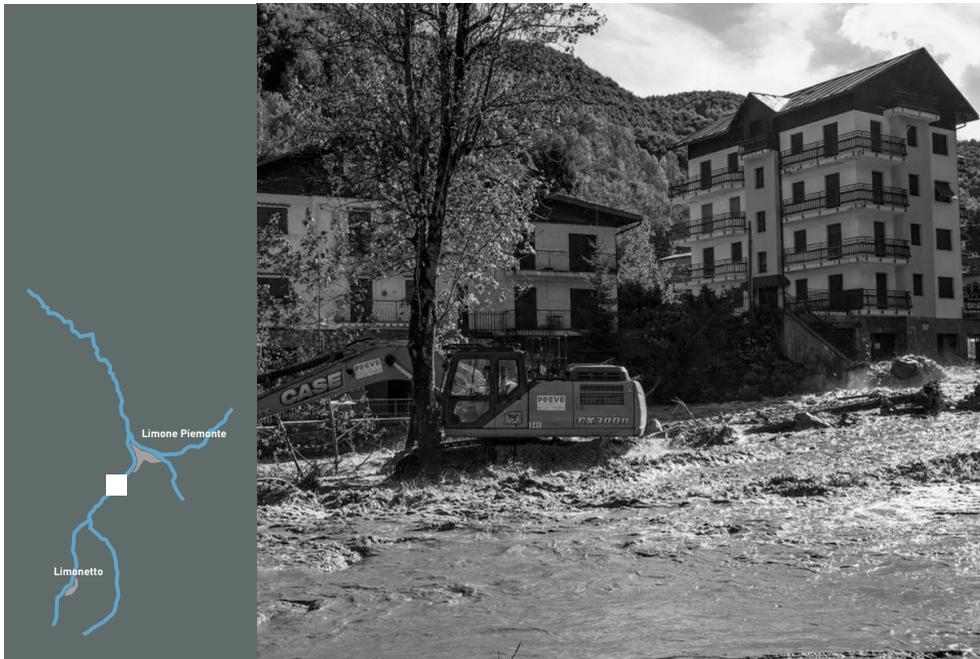


fig 37. Edifici coinvolti dall'intensa attività del Vermentagna sulla SS 20

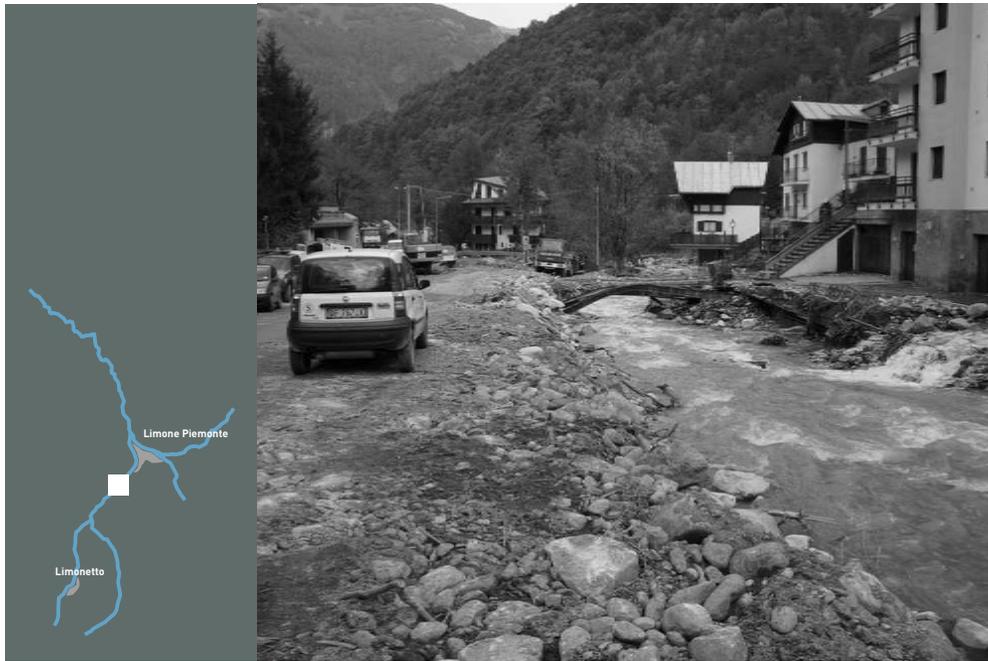


fig 38. Edifici coinvolti dall'intensa attività del Vermenagna sulla SS 20

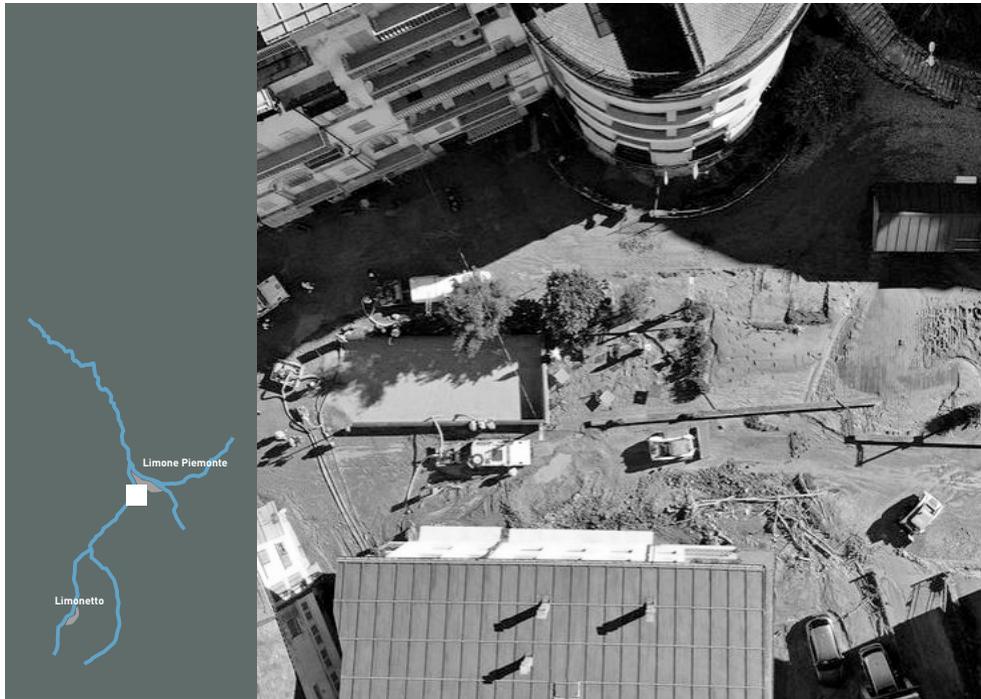


fig 39. Esondazione del torrente Vermenagna presso Piazza San Sebastiano nel centro di Limone Piemonte, causando l'allagamento del parcheggio sotterraneo e la fuoriuscita dagli argini di acqua e materiale detritico

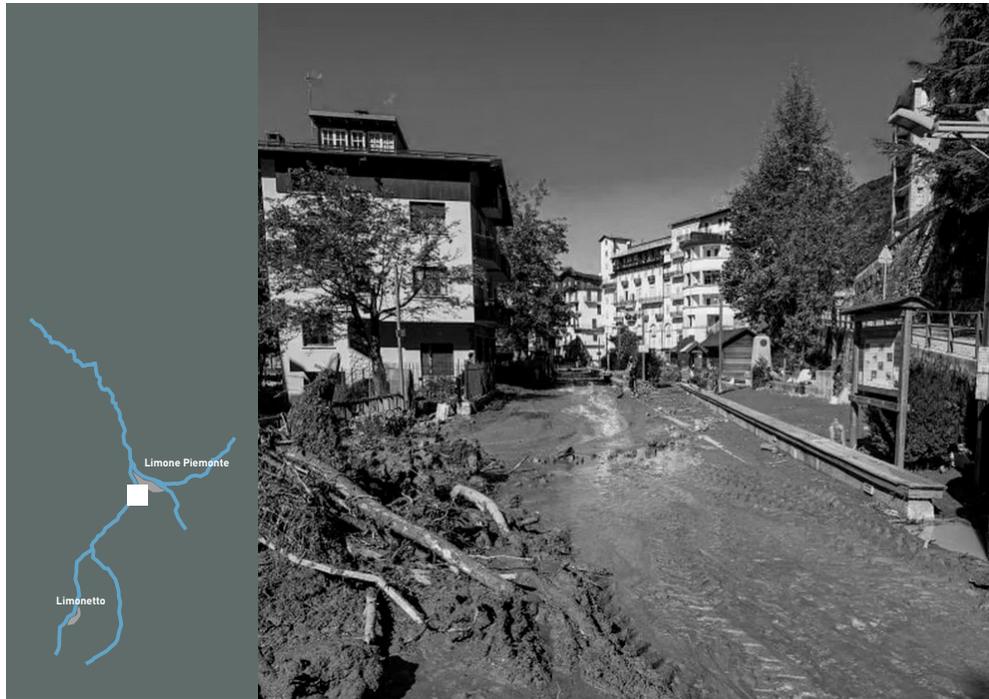


fig 40. Esondazione del torrente Vermenagna presso Piazza San Sebastiano nel centro di Limone Piemonte, causando l'allagamento del parcheggio sotterraneo e la fuoriuscita dagli argini di acqua e materiale detritico



fig 41. Esondazione del Rio San Sebastiano su viale Valleggia, conseguente cedimento di un fabbricato e del sistema insediativo nella sua totalità.



fig 42. Esondazione del Rio San Sebastiano su viale Valleggia, conseguente cedimento di un fabbricato e del sistema insediativo nella sua totalità.



fig 43. Esondazione del torrente Vermenagna nelle zone limitrofe al centro paese, gravi danni al manto stradale



fig 44. Esondazione del torrente Vermenagna alle porte di Limone, grave erosione dell'argine

LIMONE PIEMONTE

Coordinate: 44°12'N 7°34'E

Altitudine: 1009 m s.l.m.

Superficie: 70,81 km²

Abitanti: 1450

Densità: 20,48 ab./km²

LA LETTURA DELLE CARTE

La fragilità di un sistema

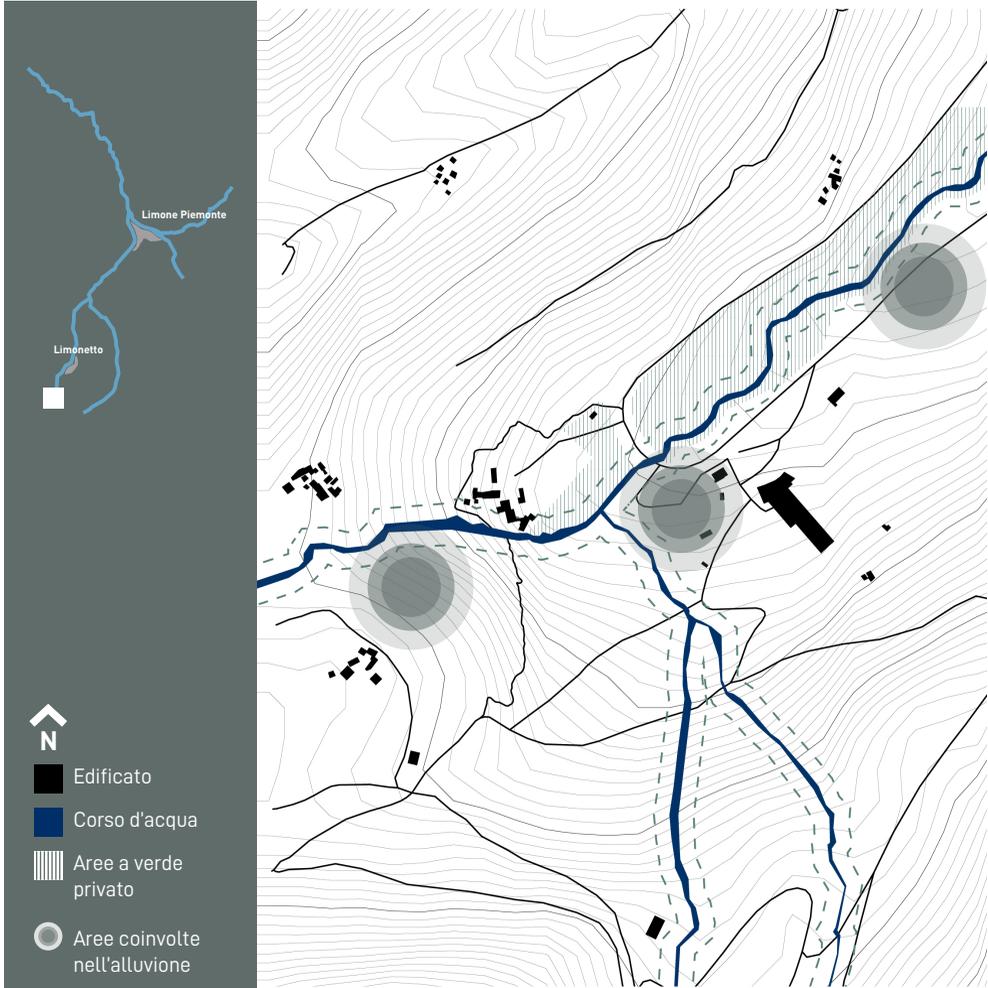
Le strategie progettuali che verranno adottate sono il risultato di una attenta analisi e osservazione delle carte comunali. La consultazione inizia con lo studio delle carte di progetto di P.R.G, delle tavole dei vincoli e delle carte geomorfologiche fornite dal sito del comune di Limone Piemonte e reperibili tramite una consultazione dinamica sul Geo-portale ⁵³. Da una prima lettura del piano regolatore generale, si nota immediatamente la presenza denunciata di una fascia di rispetto dei corsi d'acqua che delinea un'area di rischio mantenente una distanza costante dall'argine dei fiumi lungo tutto il loro corso.

Confrontando questo primo dato con la morfologia dei danni provocati dall'alluvione del 2-3 ottobre, si nota immediatamente che le aree interessate sono comprese all'interno della fascia di rispetto dei corsi d'acqua.

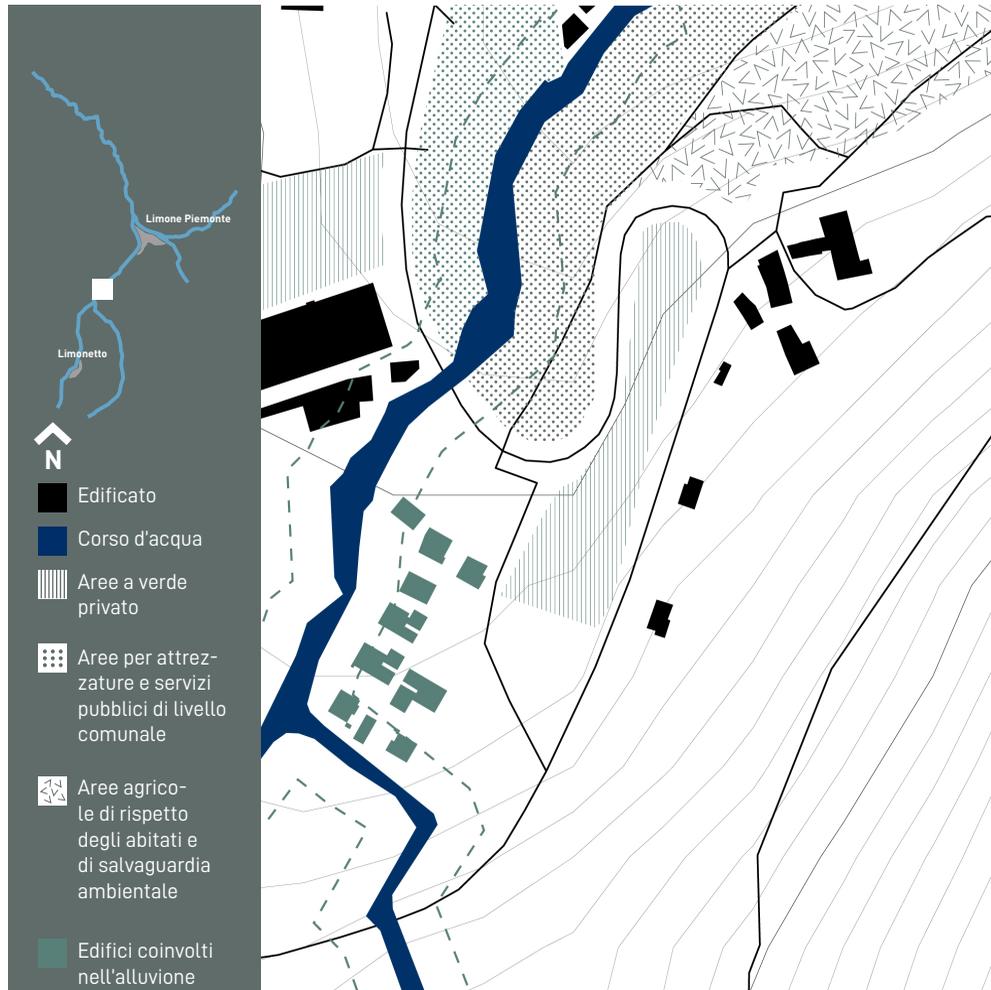
Un esempio è il fabbricato in Viale Valleggia ubicato all'interno dell'area di rispetto del Rio San Giovanni e ceduto a seguito dell'alluvione, diventando il simbolo dell'evento (fig. 37, 38). Lo studio delle carte comunali si è reso fondamentale, inoltre, per comprendere la destinazione d'uso dei terreni limitrofi al corso dei torrenti, anch'essi oggetto di progetto. I dati raccolti sono stati utili al fine di delineare una strategia progettuale di arretramento del filo di costruzione e di gestione di alcuni spazi urbani, nonché il profilarsi di una serie di interventi di architettura leggera e ingegneria naturalistica per la gestione dei versanti e degli argini, generando un intervento sistemico a scala comunale.

53. Geo-portale(<https://geoportale.sportellounicodigitale.it/GisMaster/Default.aspx?IdCliente=004110&IdSer=1>)

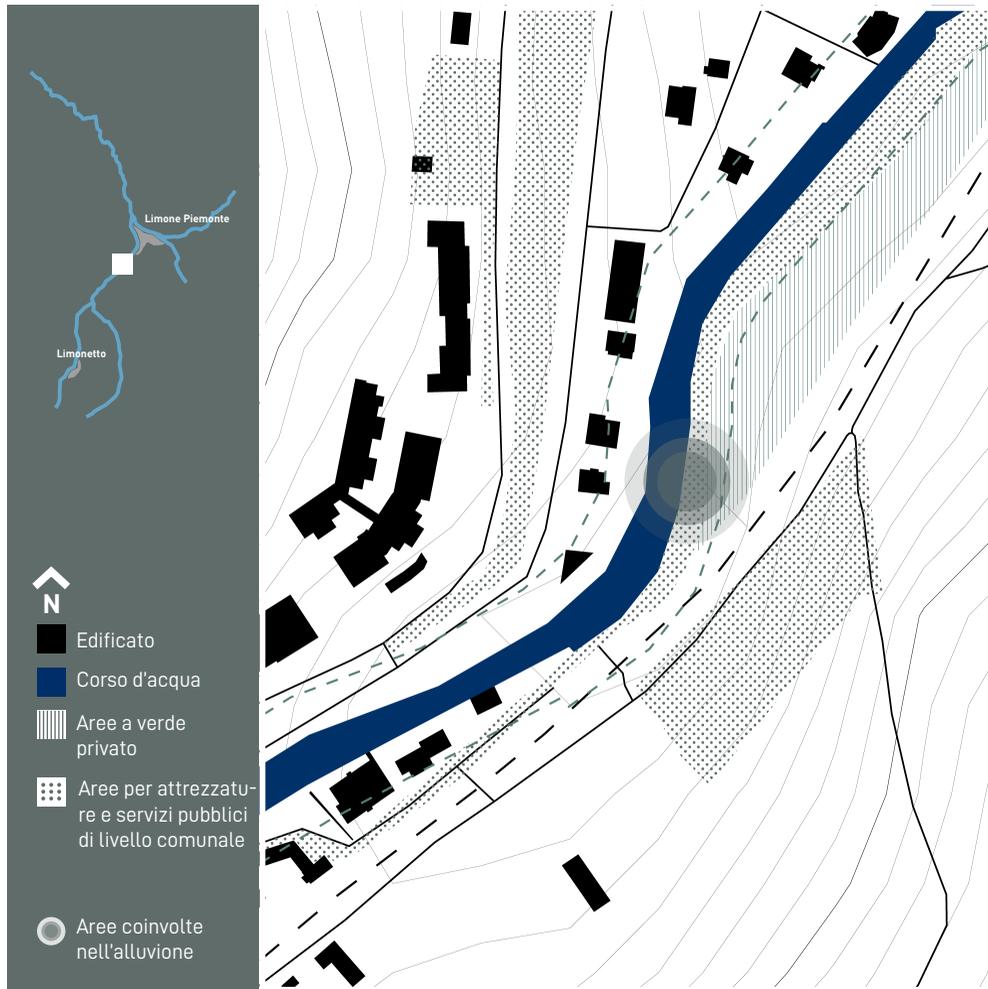
Via Rocca dell'Abisso



Villaggio Miramonti



Strada Statale SS20, Regione Rivalta

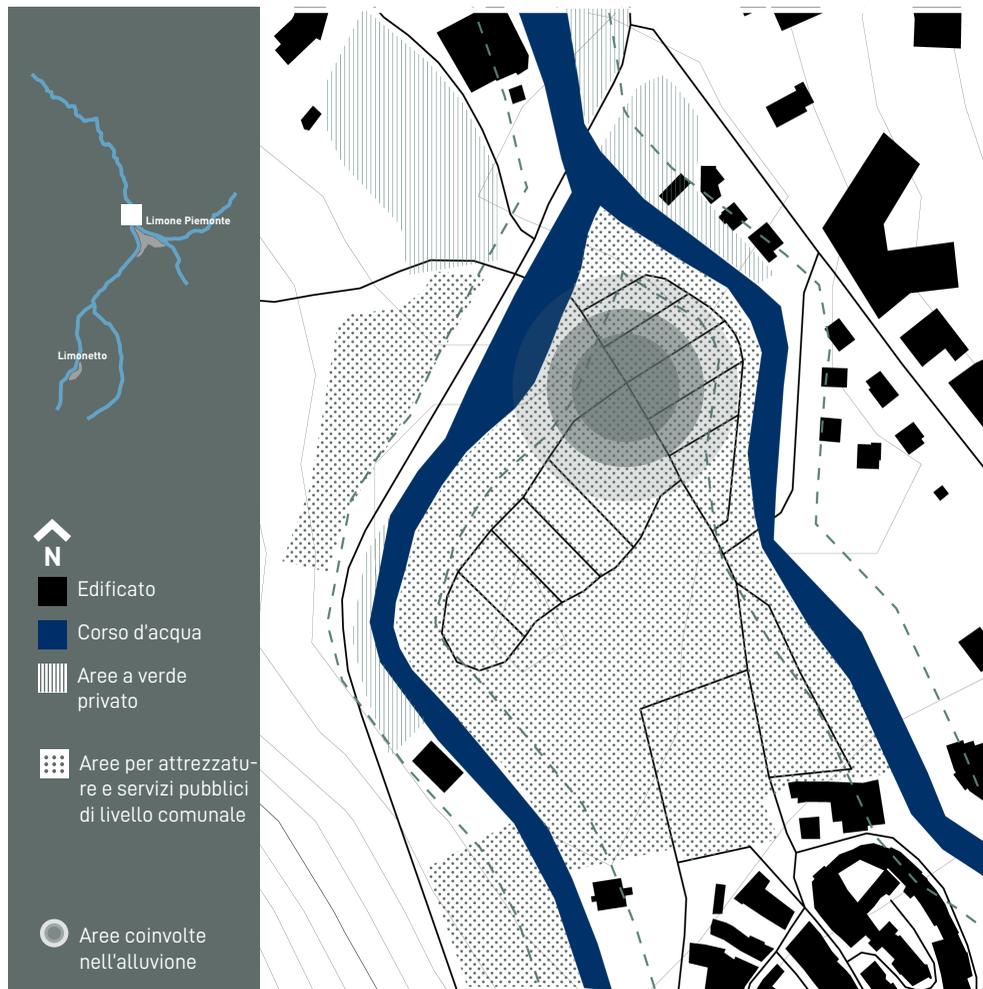


Piazza San Sebastiano

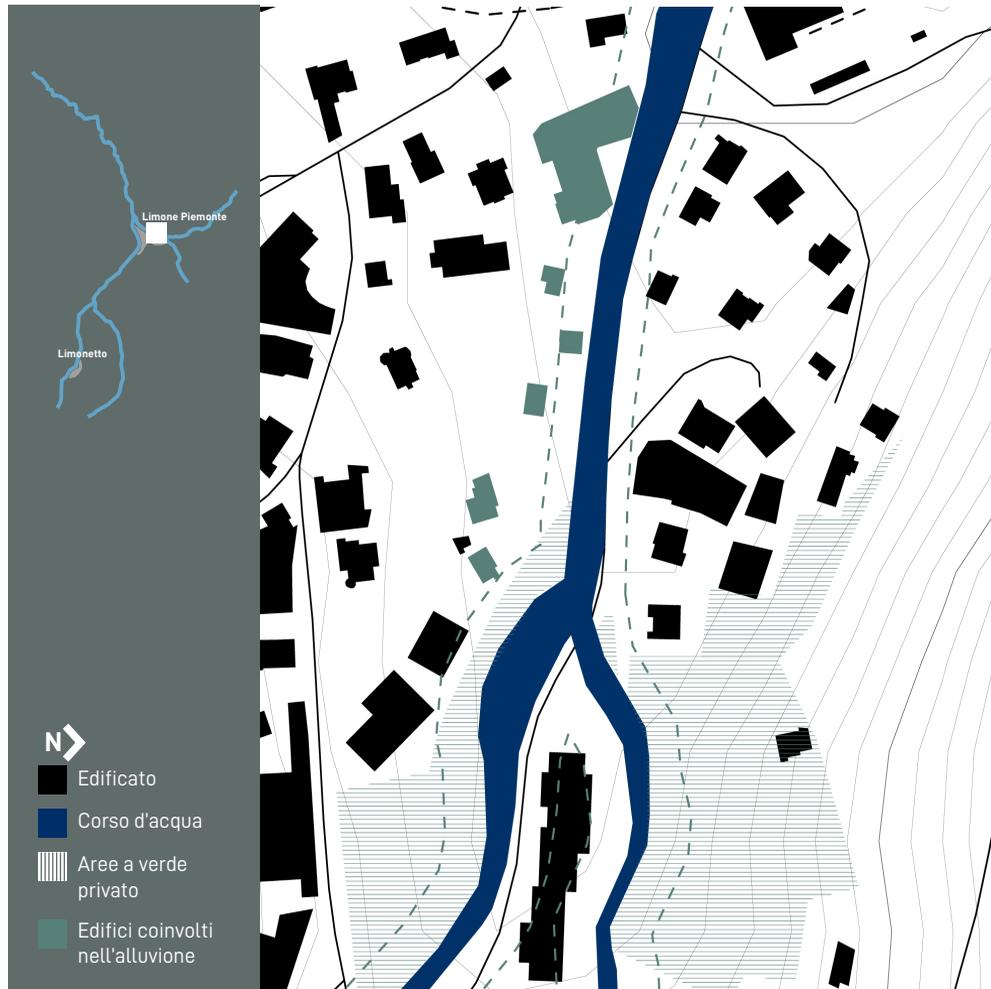


Giardini comunali R. Viale e zona parcheggio

126



Viale Valleggia



sistèma s. m. [dal lat. tardo *systema*, gr. *συστημα*, propr. «riunione, complesso» (da cui varî sign. estens.), der. di *συνιστημι* «porre insieme, riunire»] (pl. -i). – Nell'ambito scientifico, qualsiasi oggetto di studio che, pur essendo costituito da diversi elementi reciprocamente interconnessi e interagenti tra loro o con l'ambiente esterno, reagisce o evolve come un tutto, con proprie leggi generali.

IL PIANO DI INTERVENTO

la scala comunale

Il progetto proposto ha l'obiettivo di agire sistematicamente da monte a valle comprendendo l'intero territorio comunale.

Si rende necessario definire la strategia progettuale su Limone Piemonte come un intervento sistemico, è infatti fondamentale che ogni tassello interagisca e sia reciprocamente interconnesso agli altri.

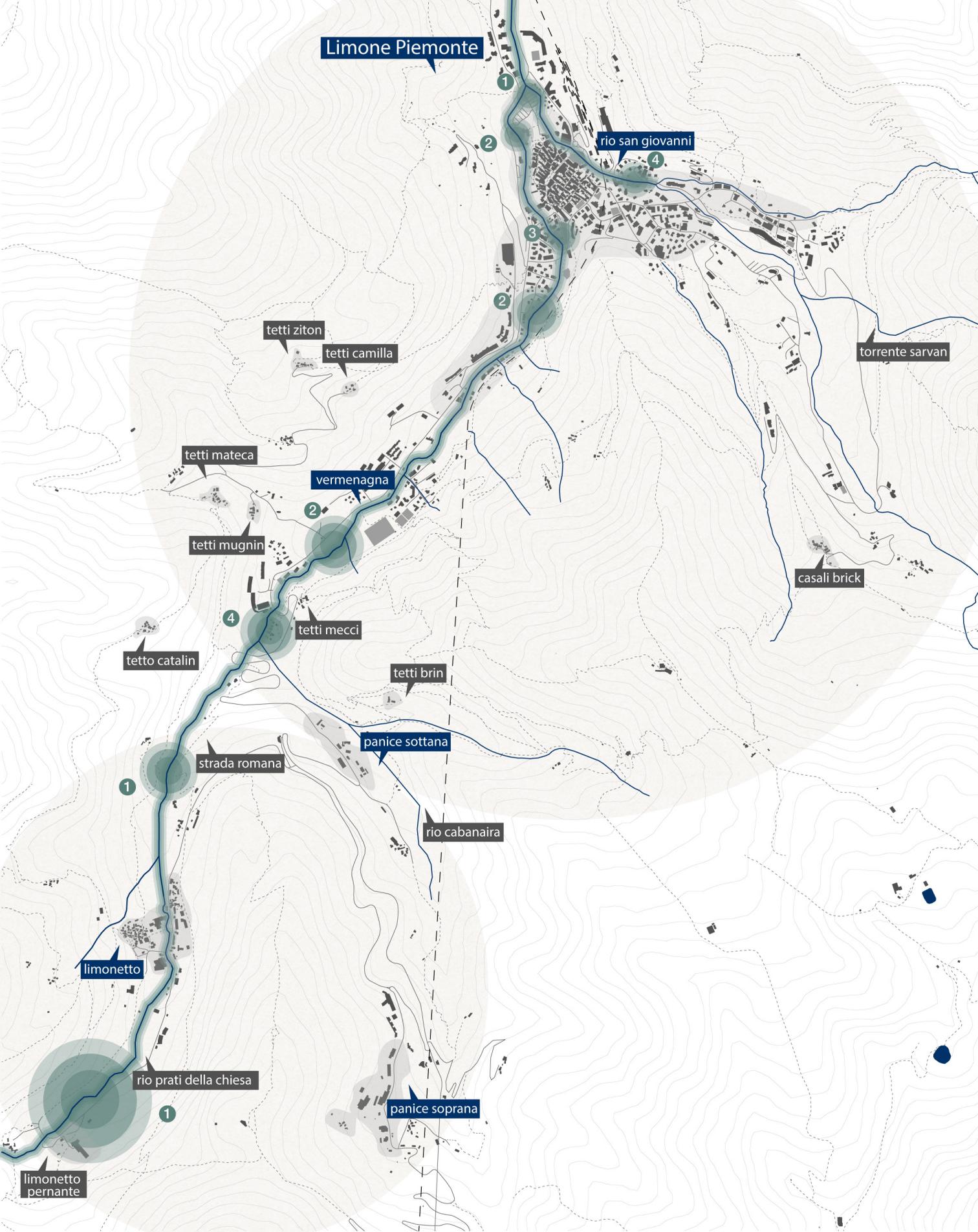
Le strategie adottate nel contesto urbano sono sostenute da un fitto rimboschimento a monte attuato mediante tecniche di ingegneria naturalistica: rivegetazione utilizzando tipologie arboree che sviluppano apparati radicali a sostegno del terreno, uso di grate vive, palificate e gradonate che propongono un intervento sì antropico ma che si fonde con il contesto naturale in cui è inserito.

L'obiettivo è quello di gestione del versante montano mediante l'utilizzo di sistemi naturali finalizzati al controllo e messa in sicurezza dei versanti franosi e degli argini dei tor-

renti, unito al tentativo di ridurre il run-off delle acque reflue in ambito urbano.

In paese il sistema si declina come una risistemazione degli argini dei torrenti Vermenagna e Rio San Giovanni che diventa una occasione architettonica per generare nuove situazioni urbane e residenziali; dove necessario e possibile esso si allarga restituendo spazio fisico di espansione al fiume, nei luoghi in cui questa strategia non è attuabile, nel rispetto dell'insediamento urbano privato e storico, l'elemento di contenimento continua e viene ripensato come un nuovo argine maestro a difesa del paese, ma con l'inserimento di quest'ultimo si vuole proporre anche una ricucitura urbana che segue differenti strategie.

È un sistema quindi mutevole, che si adatta alle necessità, alle richieste e alle volontà di un contesto urbano relazionato ad una morfologia territoriale fortemente prevalente.



Limone Piemonte

rio san giovanni

torrente sarvan

casali brick

tetti ziton

tetti camilla

tetti mateca

vermenagna

tetti mugnin

tetti mecci

tetto catalin

tetti brin

panice sottana

strada romana

rio cabanaira

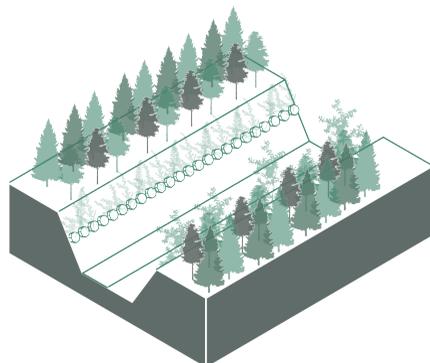
limonetto

rio prati della chiesa

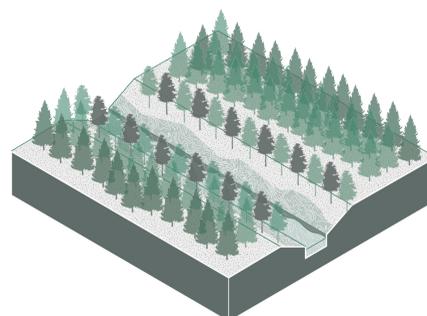
panice soprana

limonetto
pernante

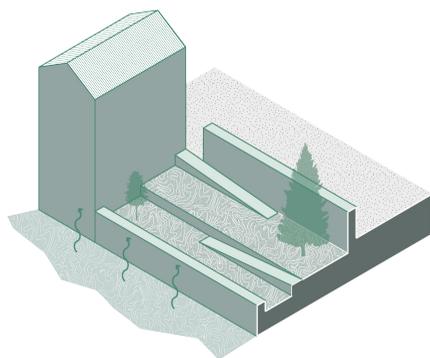
SCENARI DI INTERVENTO



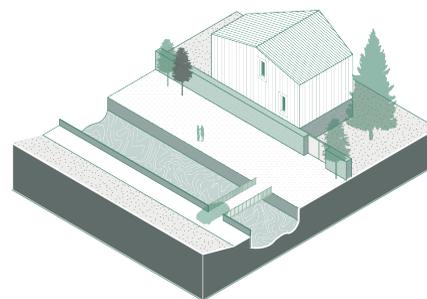
1. Utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica per il mantenimento dei versanti.



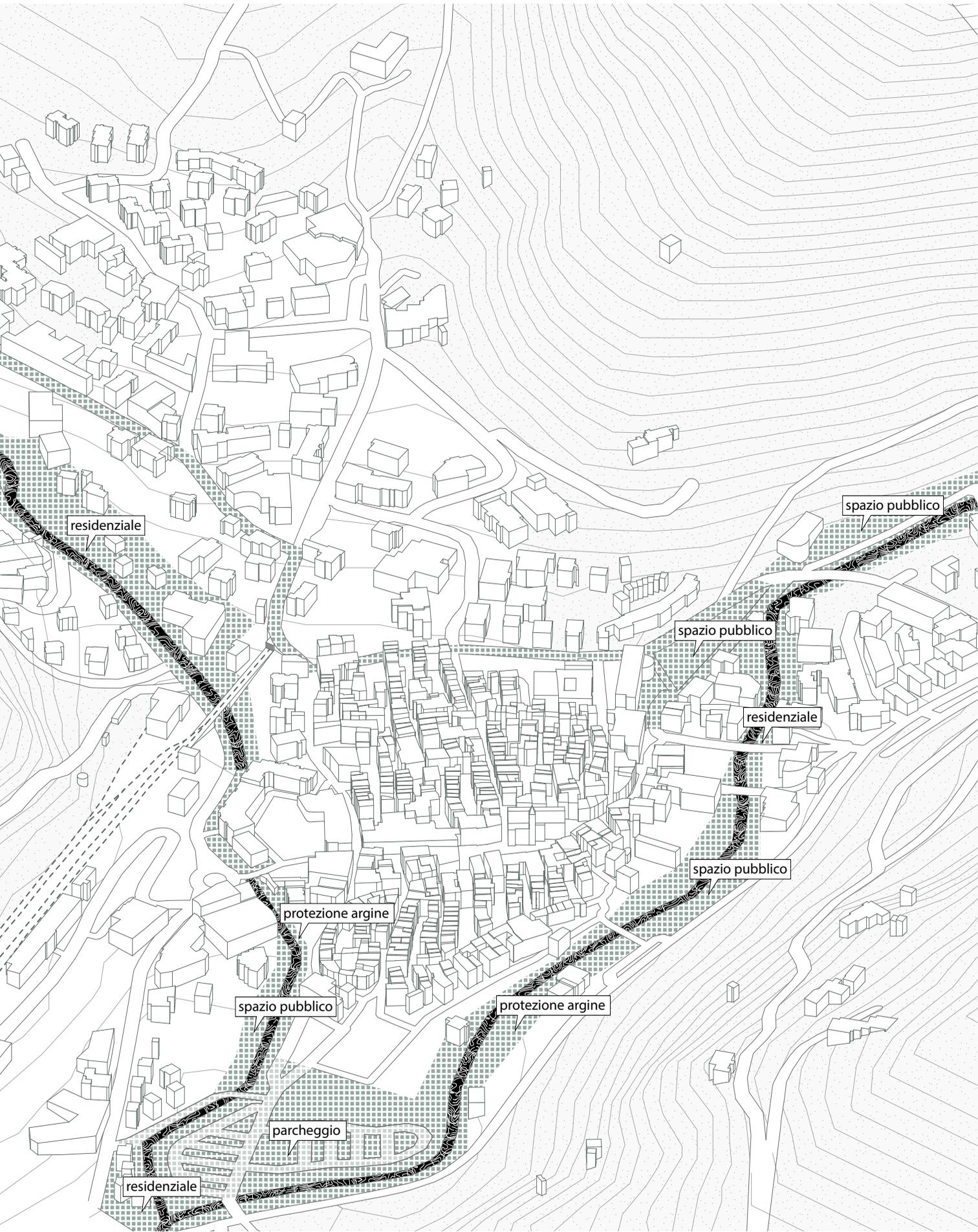
2. Rimboschimento e rivegetazione dei versanti in alta montagna e non, mediante l'utilizzo di specie arboree adeguate.



3. Generazione di nuovi spazi urbani allagabili che restituiscono spazio fisico ai torrenti



4. Ripensamento dell'elemento di protezione come occasione architettonica per nuovi insediamenti resilienti



residenziale

spazio pubblico

spazio pubblico

residenziale

spazio pubblico

protezione argine

spazio pubblico

protezione argine

parcheggio

residenziale

LA QUESTIONE CITTADINA: IL PROGETTO

Un intervento urbano

Il paese di Limone Piemonte si sviluppa nell'area pianeggiante generata dall'incontro delle vallate in cui scorrono i torrenti Vermenagna e il Rio San Giovanni, a loro volta alimentati da corsi d'acqua minori. Trovandosi in queste condizioni morfologiche, in caso di alluvione, i tratti dei corsi d'acqua che attraversano il centro urbano diventano nastri trasportatori di tutta la componente terrosa e non che i torrenti e le acque reflue erodono da monte. L'espansione urbana del paese, derivata dal boom economico e turistico della zona, ha occupato in maniera fitta gran parte degli spazi pianeggianti che risultano essere aree di pertinenza dei torrenti. I danni subiti durante l'alluvione del 2-3 ottobre sono il risultato di questa urbanizzazione incontrollata accompagnata da una negligenza nella gestione della sicurezza.

Come già spiegato nel paragrafo dedicato alla lettura delle carte, sono

molti gli edifici e gli spazi urbani che invadono la fascia di rispetto fluviale. Il progetto propone quindi una soluzione strategica a scala urbana e comunale di gestione del rischio idrogeologico, prevedendo un intervento sistemico da monte a valle.

Il sistema proposto, non si limita soltanto alle aree di pertinenza dei torrenti ma vuole proporre una ricucitura urbana che lega le aree a rischio. Non essendoci uno spazio fisico in cui è possibile prevedere delle zone di espansione, essendo il fiume incanalato, è necessario ritagliare e pensare degli spazi in cui possa convivere la componente antropica (spazi aperti, allagabili e pubblici) e la componente di espansione torrentizia. Questi spazi progettati andranno così a formare un sistema proiettivo che genera occasioni urbane a seconda dello spazio a disposizione. Visto che nei prossimi anni è previsto un aumento delle condizioni di pericolosità legato al cambiamento

climatico, gli attuali sistemi di canalizzazione del fiume non sono più funzionali a gestire le grandi portate di acqua, deve essere quindi implementata la portata del torrente con un sistema di contenimento degli argini e delle acque. Questo muro di contenimento è stato pensato, all'interno del progetto, come un sistema che non si propone come limite dividendo la città, bensì si trasforma in bordo e, concedendo superficie al fiume, genera spazialità urbane. Dunque, verranno sì messe in sicurezza e risistemate le aree danneggiate dalla più recente alluvione, ma con esse saranno pensati nuovi spazi che possano permettere a Limone Piemonte di convivere in sicurezza con il rischio.



anello del montevecchio

area parcheggi

protezione argine

area naturale

spazio pubblico

tetti mecci
tetti catalin

spazio pubblico

area naturale

protezione argine

pubblico

residenziale

tetti galin

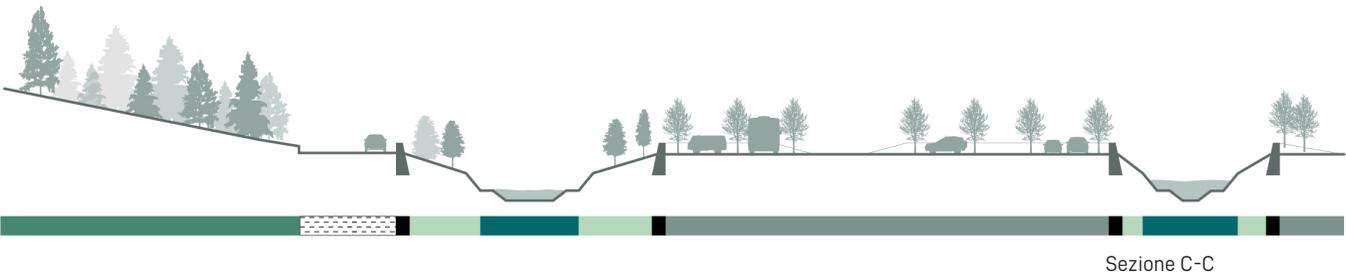
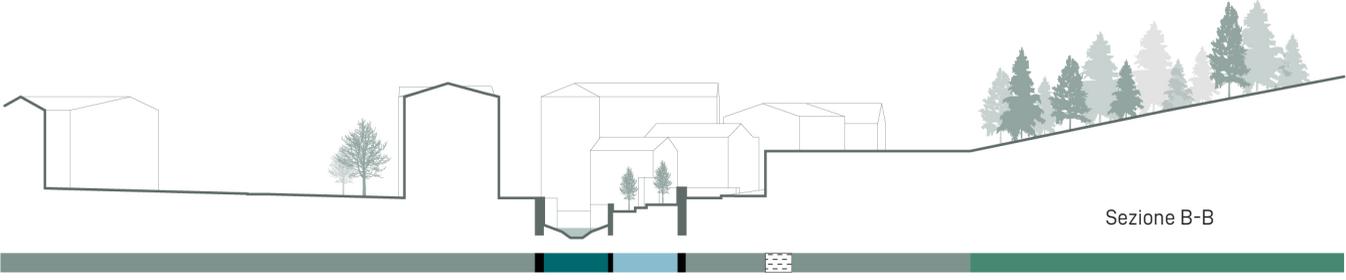
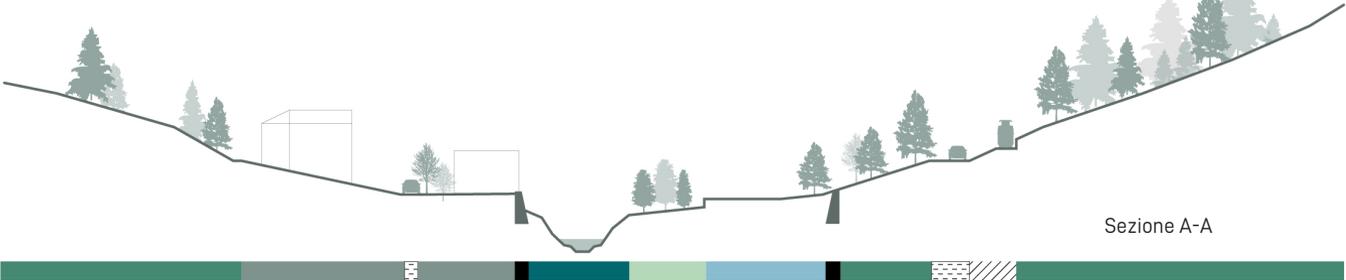
protezione argine

giro della veuva

planimetria del nuovo sistema cittadino scala 1:5000



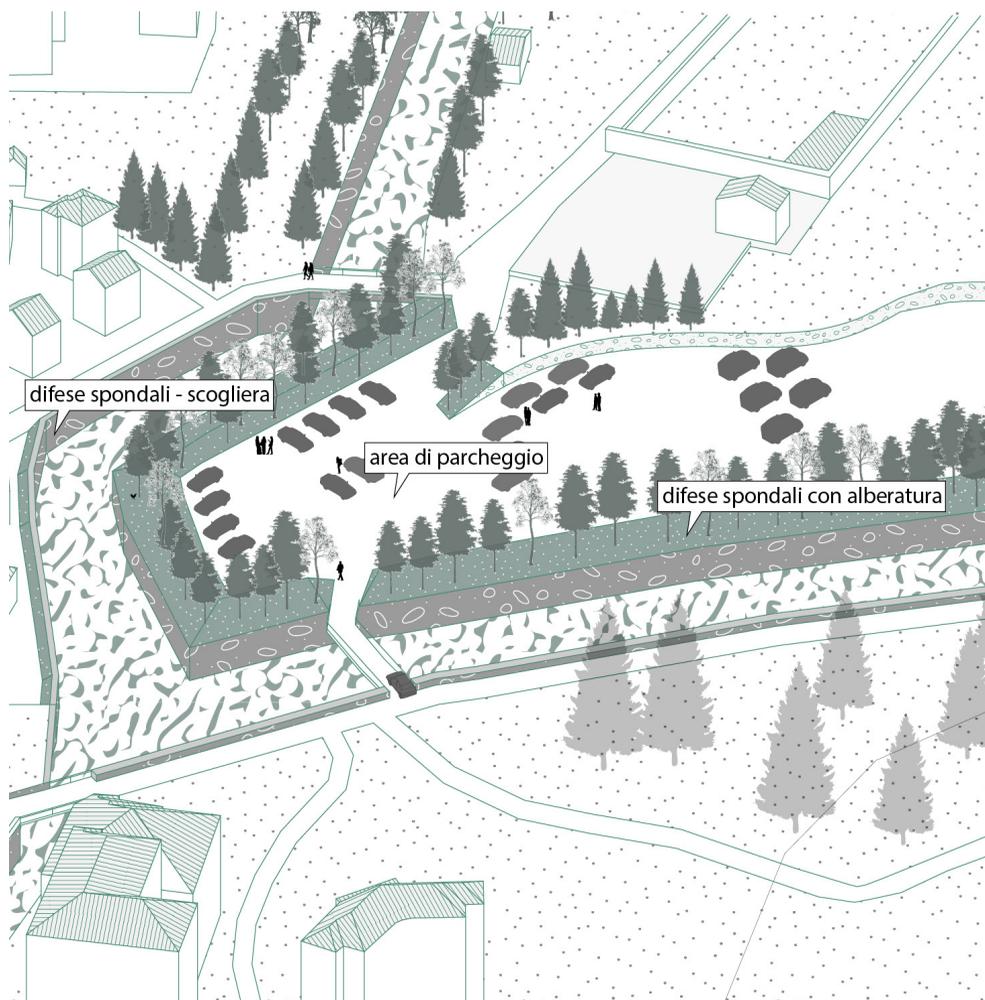
Sezioni territoriali





L'elaborazione delle sezioni territoriali ha evidenziato le varie declinazioni che l'infrastruttura assume lungo il corso del fiume. Essa in alcuni casi si adatta alla morfologia del territorio, scomparendo (sezione A-A) permettendo la progettazioni di spazi urbani o versanti rimboschiti dove la componente antropica è meno presente. La sezione B-B presenta una configurazione urbana in cui è stato pensato uno spazio di aggregazione urbana e contemporaneamente un' area di espansione del fiume. Ciò permette alla popolazione di Limone Piemonte di vivere e frequentare gli argini dei torrenti anche nello spazio urbano. L'infrastruttura del muro assume una forma diversa anche nella sezione C-C, in quanto essa è declinata per proteggere il parcheggio che si trova all'incrocio dei due torrenti Vermenagna e Rio San Giovanni, allo stesso modo il muro permette di migliorare qualitativamente lo spazio del parcheggio con l'inserimento di una massiccia alberatura e relative aree non impermeabili. Nella sezione D-D l'elemento protettivo si declina andando ad addossarsi ad edifici di nuova fabbricazione e ciò permette la progettazione di una camminata lungo fiume.

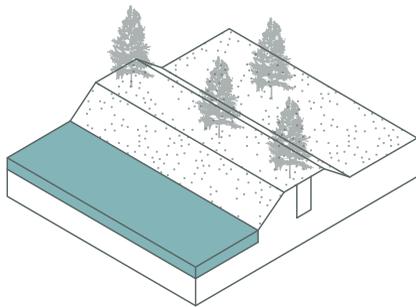
Scenario di intervento 1: l'ingresso al paese





All'ingresso di Limone Piemonte, arrivando da Cuneo, si trova un'ampia zona dedicata al parcheggio di automobili e camper. Questa zona coincide con il luogo in cui i due torrenti che scorrono all'interno del paese confluiscono nel torrente Vermenagna. Durante l'alluvione del 2-3 ottobre, la gran velocità dell'acqua e i molti detriti presenti hanno danneggiato le difese spondali di tale area con il conseguente cedimento, nel torrente, dell'area asfaltata, costringendo l'amministrazione comunale a prendere la drastica decisione di chiuderla e compiere massicci lavori di messa in sicurezza.

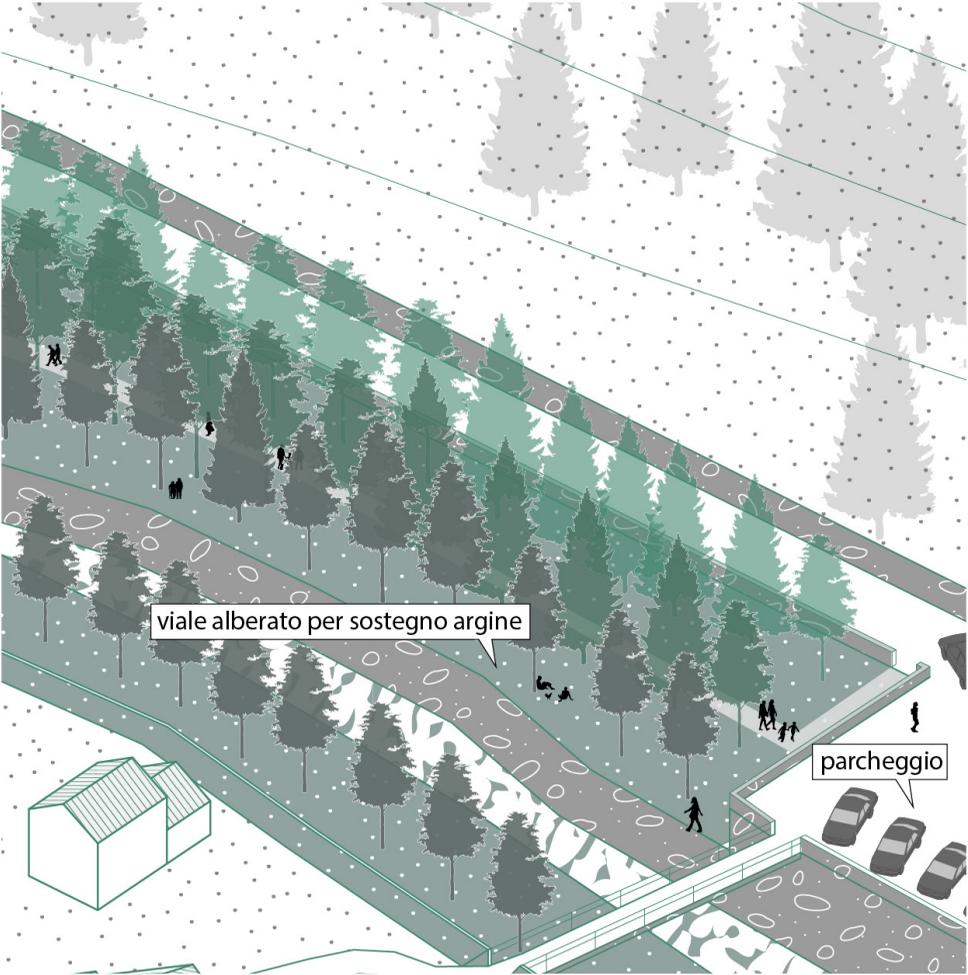
139

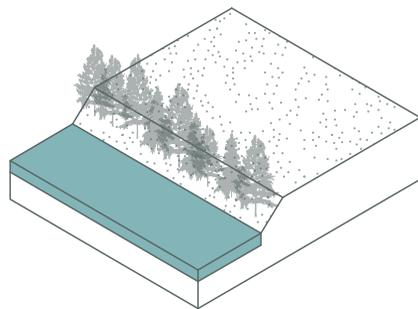
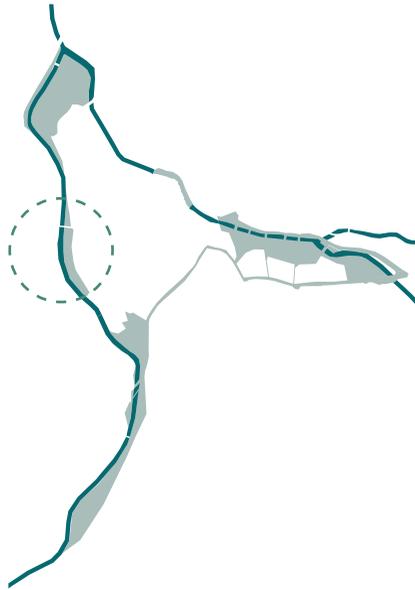


Il progetto propone, dunque, un intervento di risistemazione della sponda, accompagnata da una piantumazione massiccia che ha la funzione di nascondere alla vista il muro contenitivo di protezione e di evitare il cedimento del terreno per mezzo delle radici arboree. Il progetto mira anche ad aumentare la superficie permeabile, in modo da evitare il fenomeno di run off che aumenta in maniera significativa l'inquinamento delle acque torrentizie e la portata durante i fenomeni di esondazione.

Scenario di intervento 2 : il viale alberato

140

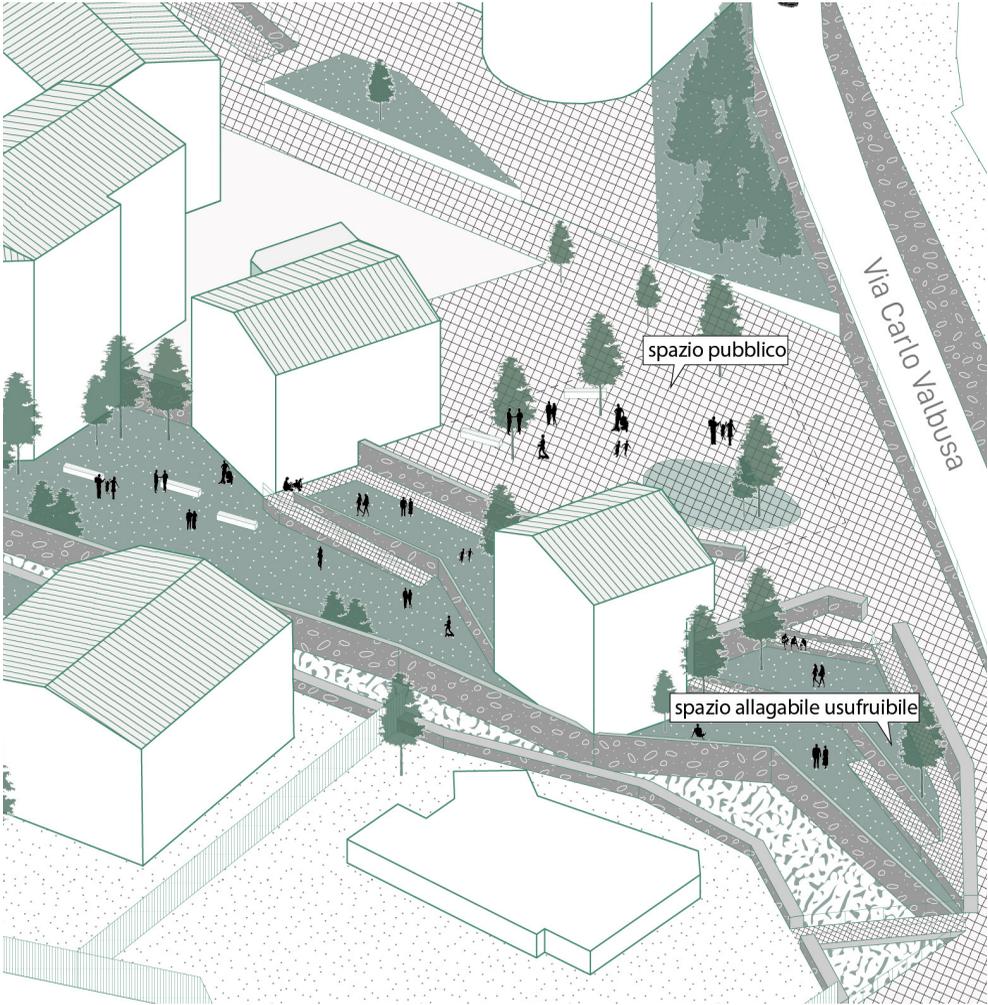


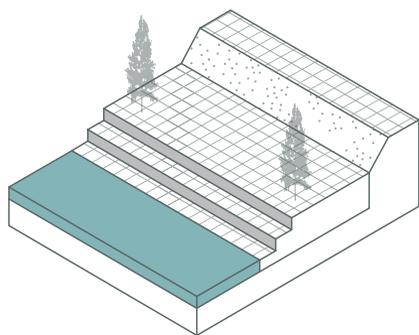


Durante l'alluvione del 2-3 ottobre sono avvenuti fenomeni di cedimento degli argini lungo il tratto in cui la Statale SS20 costeggia il torrente Vermenagna. Ciò ha provocato problemi alla circolazione e un'ostruzione al percorso torrentizio che, a causa dei detriti, ha aumentato la pericolosità e la forza distruttrice di quest'ultimo.

Il progetto, quindi, vista la conformazione del terreno, propone un rimboschimento ordinato e geometrico dell'argine che accoglierà un percorso pubblico alberato collegato direttamente alla viabilità pedonale del paese. Le radici degli alberi, scelti secondo le caratteristiche meccaniche, permettono di consolidare quest'area a rischio idrogeologico evitando frane e cedimenti. Oltre ciò le chiome degli alberi permettono di rallentare la caduta al suolo delle acque meteoriche e quindi danno la possibilità al terreno di assorbire in maniera più distribuita nel tempo grandi quantitativi di acqua.

Scenario di intervento 3: nuovi spazi urbani

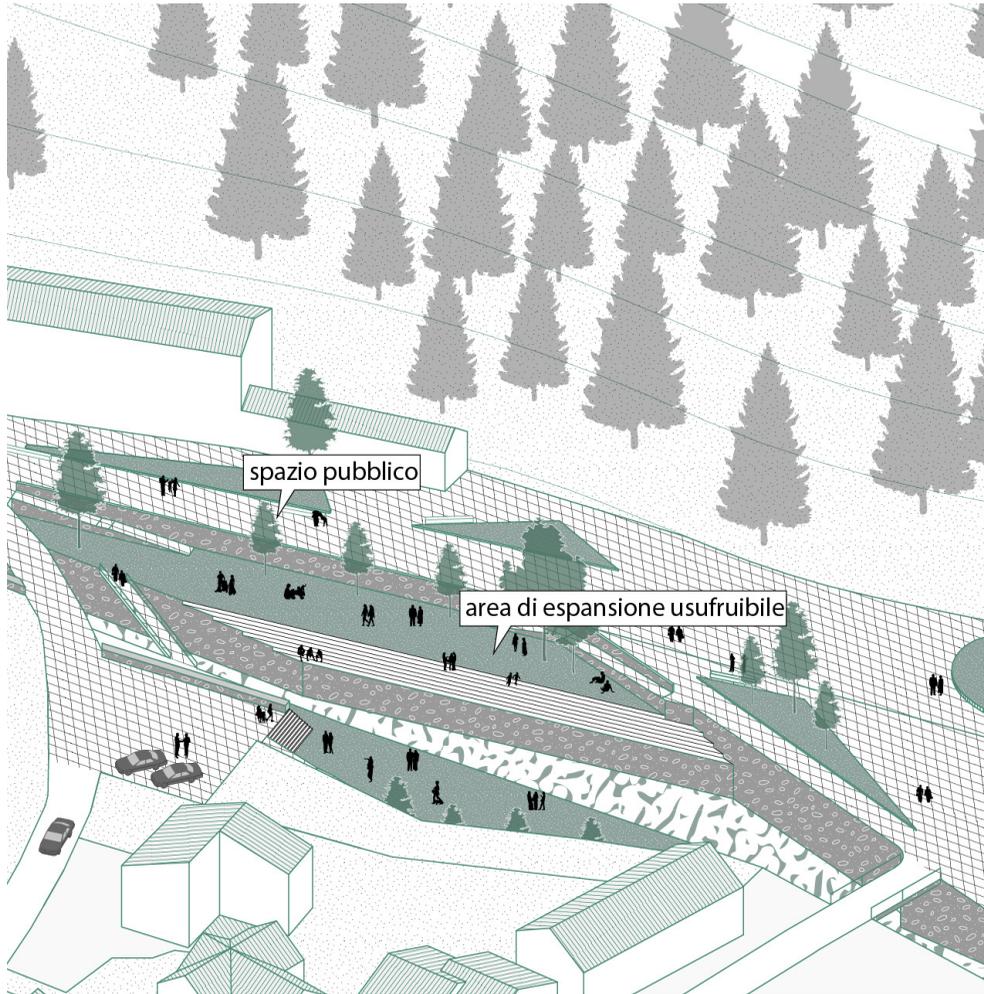


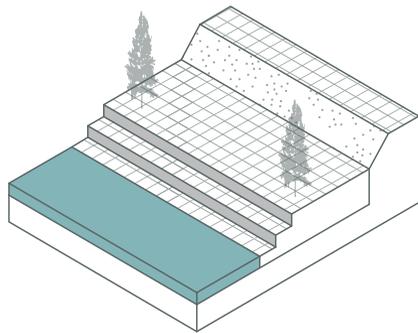


L'area di della piazza San Sebastiano è stata duramente colpita nel corso dell'alluvione. La conformazione del fiume, che compie una brusca ansa verso Ovest, la velocità dell'erosione del Vermenagna e la grande portata di acqua e detriti, ha fatto sì che tale spazio urbano diventasse un perfetto punto di raccolta di fango, detriti e acqua, causando l'allagamento del parcheggio interrato sottostante. Vista la conformazione di questo spazio urbano si è rivelato necessario compiere alcuni significativi cambiamenti alla viabilità urbana, in quanto il passaggio carrabile è stato spostato lungo il muro di sostegno di Via Carlo Valbusa, per poter ritagliare un'area allagabile nei pressi del torrente. Si è, successivamente, deciso di rendere fruibili le aree limitrofe al Vermenagna andando a immaginare dei terrazzamenti che suddividano la differenza di altezza e la rendano maggiormente usufruibile, proponendo un'inverdimento dell'area e una nuova concezione di quest'ultima per migliorarne qualitativamente la vita all'interno.

Scenario di intervento 4: nuovi spazi urbani di supporto

144





Nell'area limitrofa a piazza San Sebastiano si sono verificati anche altri disagi legati alla gran velocità delle acque torrentizie, ma relativamente meno impattanti rispetto a quelli elencati precedentemente. Tuttavia, l'intero sistema protettivo ha come ambizione non soltanto la messa a punto di sistemi di convivenza con il rischio nelle zone più pesantemente colpite, ma anche in aree che possano aiutare gli spazi più fragili a resistere alle calamità. Emerge in questo spazio la volontà di progettare una nuova immagine per Limone Piemonte, ricucendo spazi e aree vicine dal punto di vista geografico, ma lontane nell'ottica di un sistema unitario. Appare dunque necessario intervenire su questo spazio pubblico in modo da rallentare, durante i periodi di piena, la portata del Vermenagna. Oltre ciò la conformazione dell'area e la presenza di punti di partenza di passeggiate montane ha fatto emergere l'occasione di collegare le due zone urbane in una unica, funzionale, sicura e maggiormente vivibile.

Il progetto di Piazza San Sebastiano

antefatto



crac



infrastruttura

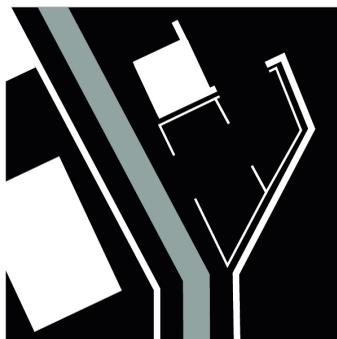


architettura

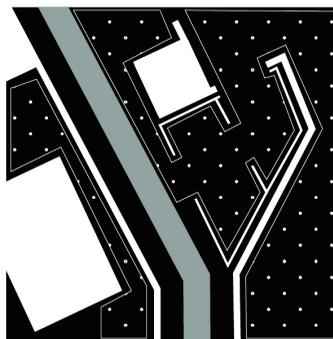


146

fruibilità



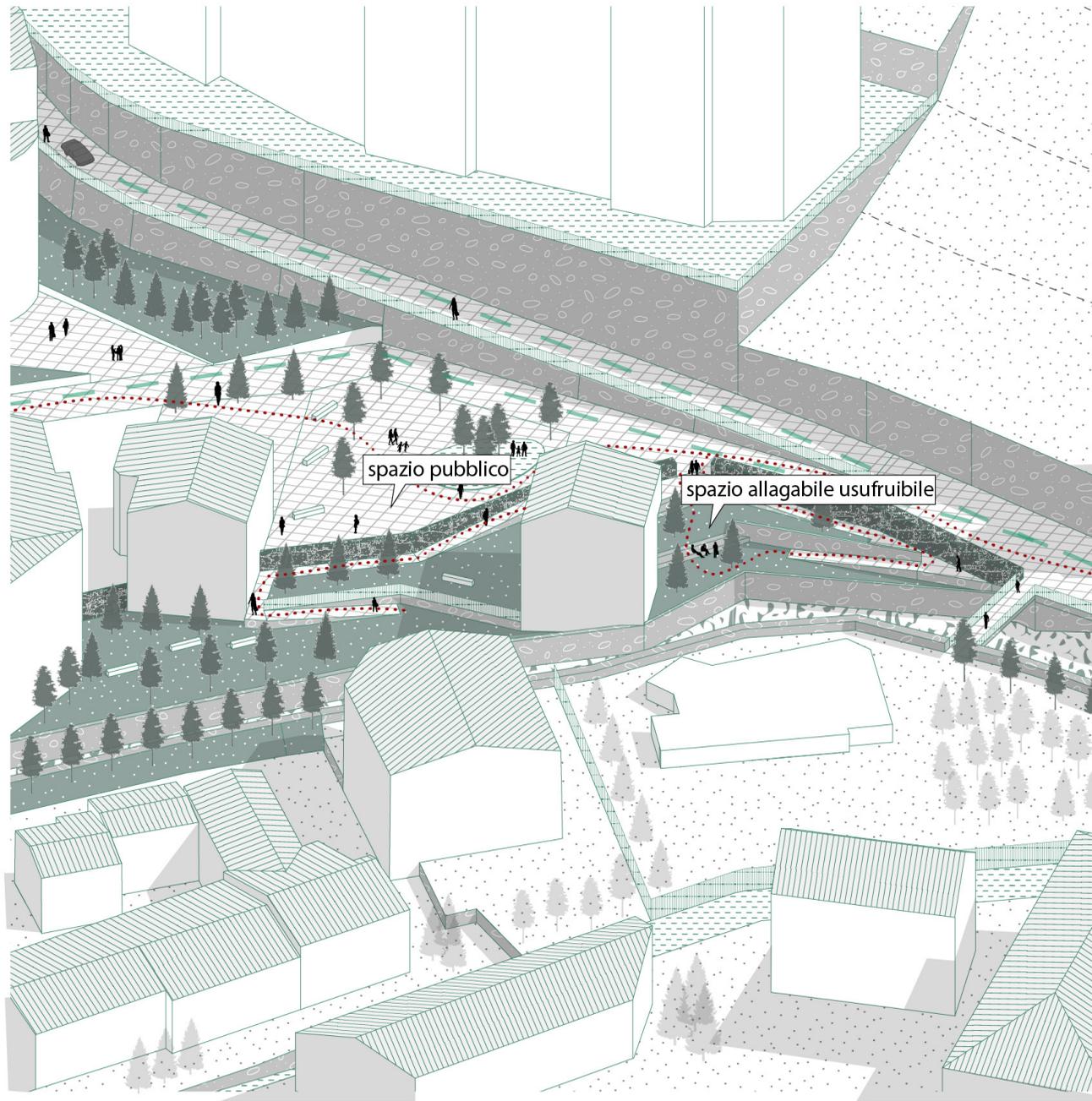
ricucitura



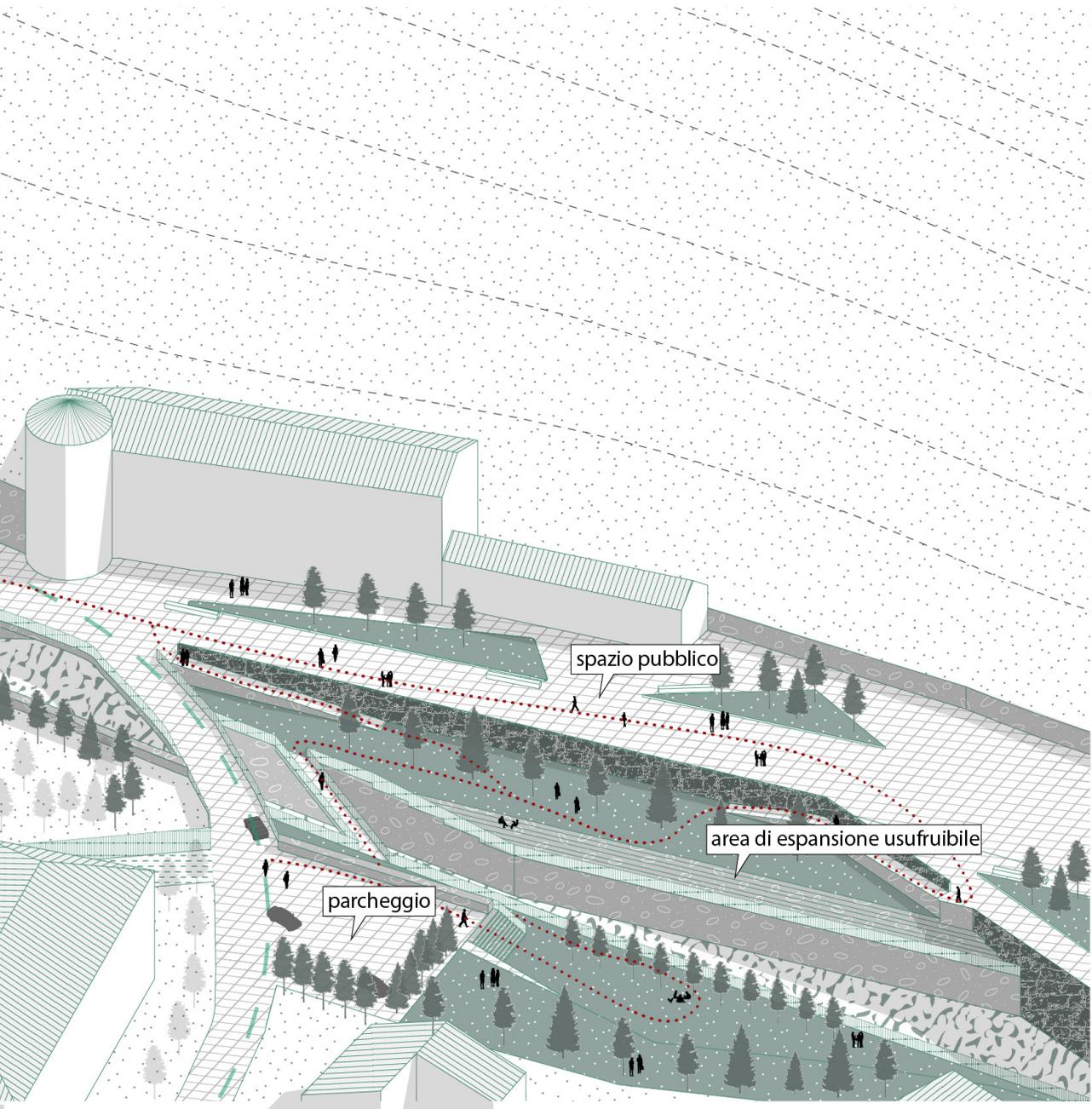


partenza escursioni
tetti catalin
via romana

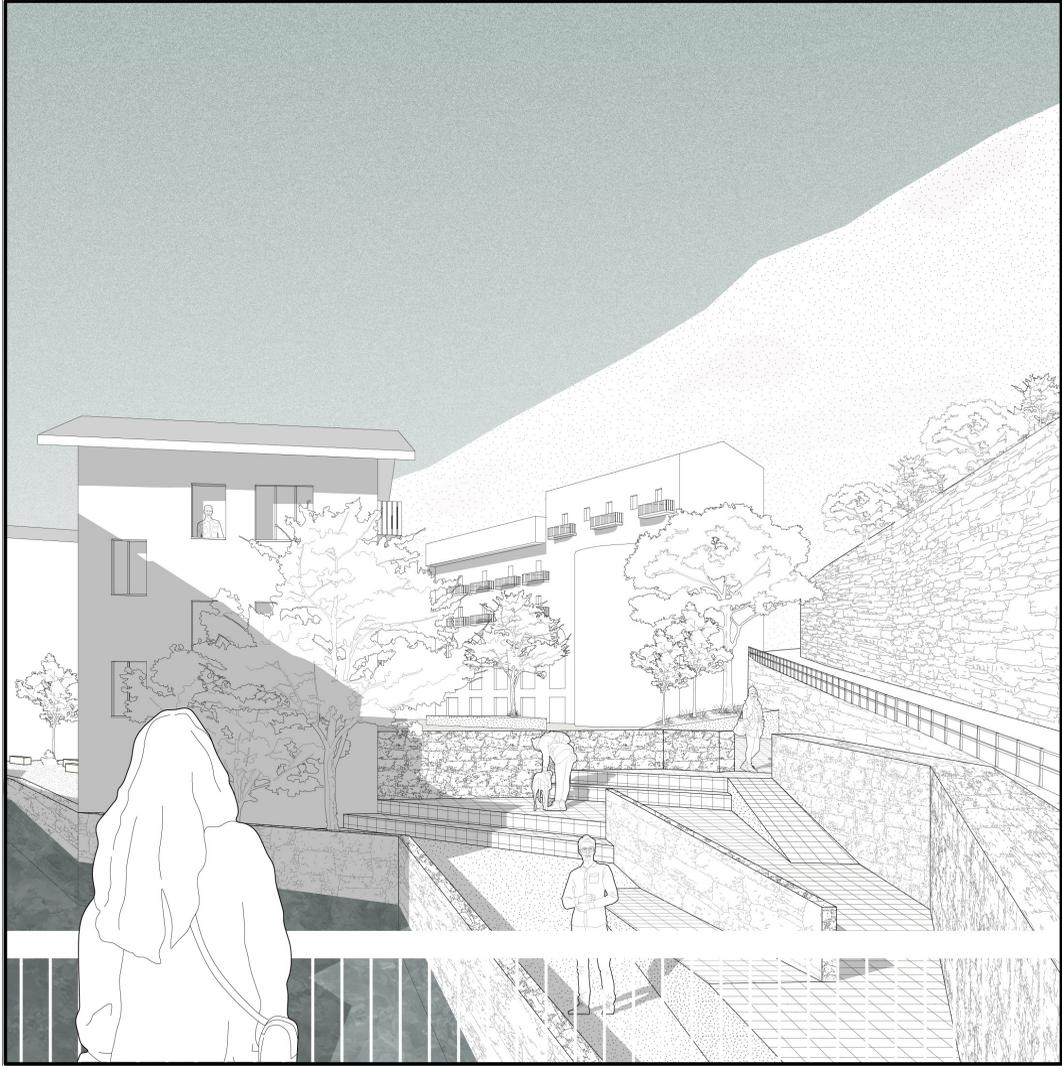
planimetria del nuovo sistema pubblico **N** scala 1:1000



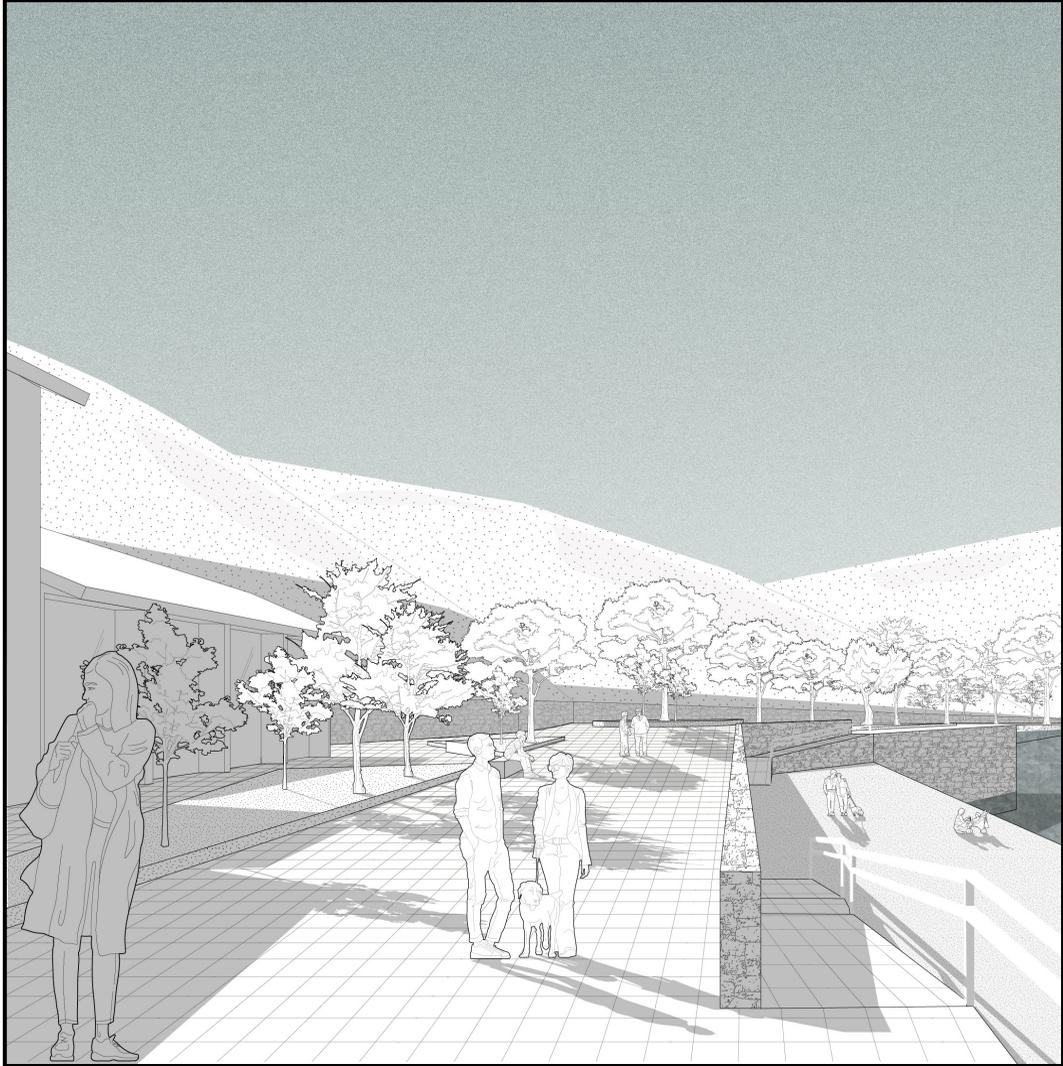
- strada carrabile
- percorso pubblico



assonometria del nuovo sistema pubblico nella sua totalità

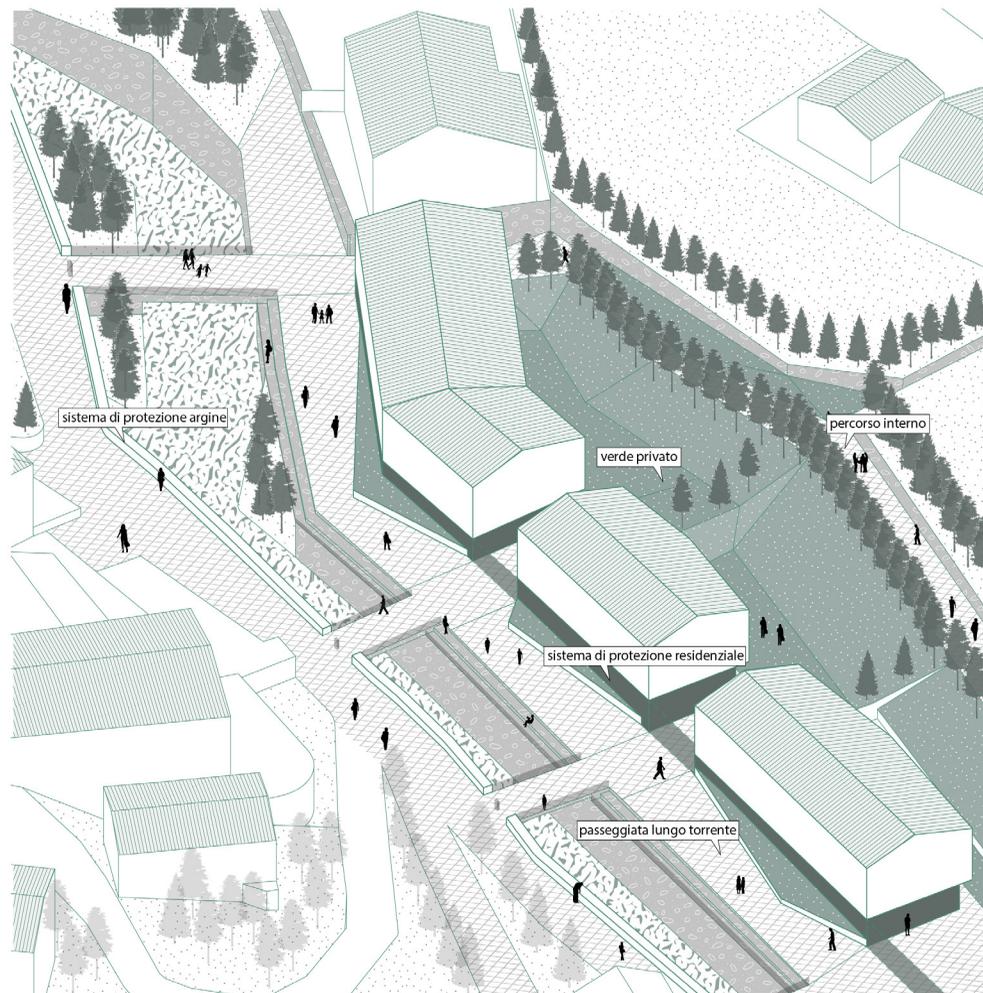


vista della nuova piazza S. Sebastiano



vista dello spazio pubblico di supporto

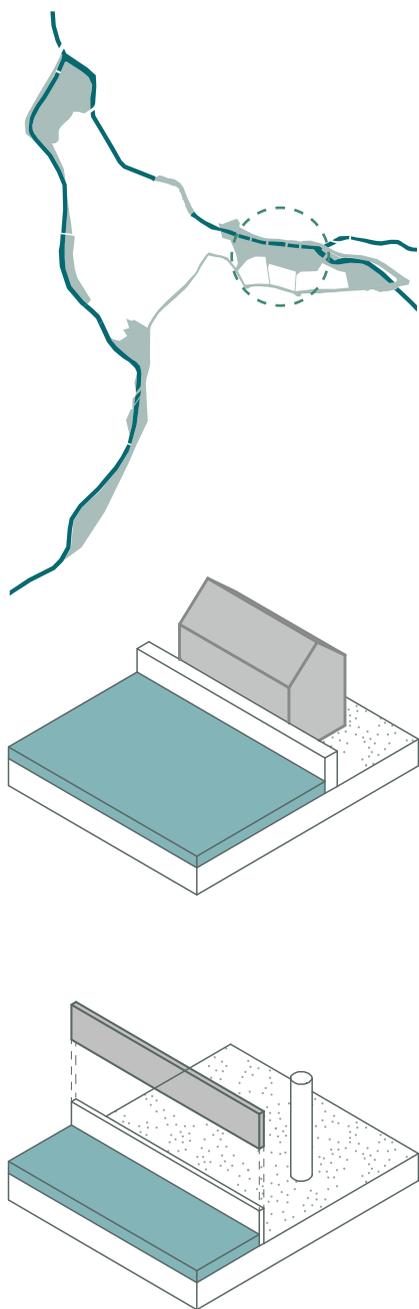
Scenario di intervento 5: nuova concezione di un tassello residenziale



152

L'area di Via Valleggia, costeggiata dal Rio San Giovanni, è stata una tra le più colpite dall'alluvione del 2-3 ottobre. La furia del torrente ha provocato il rovesciamento di un fabbricato, il cedimento del manto stradale e la rottura del sistema di ponti che consentivano l'attraversamento del

Rio. Analizzati i danni provocati e la mappatura di questi ultimi (cfr. lettura delle carte) è chiaro che la fascia di rispetto del torrente sia sottodimensionata rispetto alla pericolosità di quest'ultimo se rapportata a quelle che potrebbero essere l'entità delle future precipitazioni. E' anche chia-



ro che la ricostruzione del sistema antecedente non risponda a dei requisiti di sicurezza per gli abitanti dell'area.

La soluzione adottata presenta caratteristiche ritrovate in progetti nord-europei. La progettazione di un argine secondario, rinforzato, unito a soluzioni flessibili (cancelli automatici a tenuta stagna) permette di progettare un nuovo sistema abitativo leggero, integrato che unisce la protezione dalle possibili alluvioni ad uno spazio urbano pubblico. Il progetto prevede, quindi, la realizzazione di un sistema di protezione murario che si integra con quello insediativo esistente, composto da piastre ed elementi contenitivi e diventa un forte segno architettonico lungo tutta l'area di intervento.

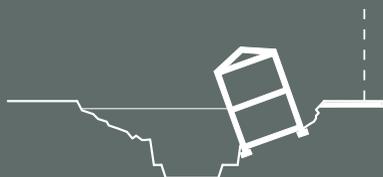
L'elemento di protezione viene previsto anche per l'argine opposto a sostegno della strada. E' stato previsto il ripristino degli attraversamenti tra le due sponde tramite ponti che, integrati con il rifacimento di queste, vengono combinati e resi sicuri. Il muro diventa occasione architettonica in quanto permette l'inserimento e la progettazione di nuove strutture che vogliono migliorare e rifunzionalizzare l'intera area, permettendole di convivere con il rischio di una nuova e più imponente alluvione.

Modalità di approccio architettonico



Situazione iniziale:

- + fabbricato costruito oltre la fascia di rispetto



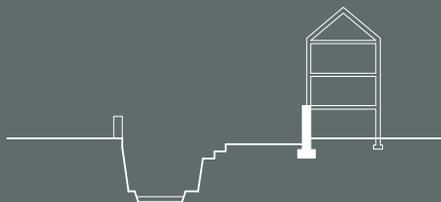
Situazione emergenziale:

- + fabbricato e argine cedono a causa dell'alluvione
- + conseguente collasso nel letto del fiume



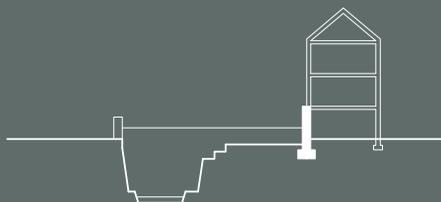
Ricostruzione

- + ricostruzione argine/scogliera
- + progettazione di un argine continuo, rinforzato
- + allineamento alla fascia di rispetto



Nuova situazione iniziale:

- + fabbricato leggero
- + ancoraggio all'argine rinforzato



Nuova situazione emergenziale:

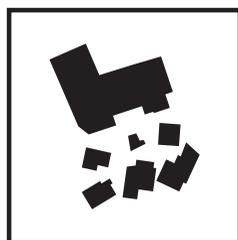
- + muro di protezione contiene l'esondazione
- + sventato il collasso
- + sventato allagamento locali al piano terra



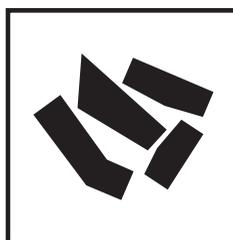
Nuova situazione residenziale:

- + studio dell'orientamento
- + zona giorno verso Sud con ampie logge
- + zona notte rivolta verso il fiume a Nord
- + piano terra adibito a garage.

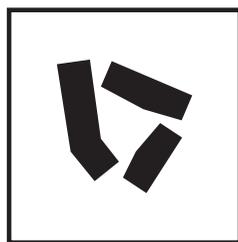
Stato dell'arte e progetto



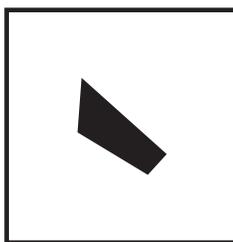
volumetria
danneggiata
12735 m³



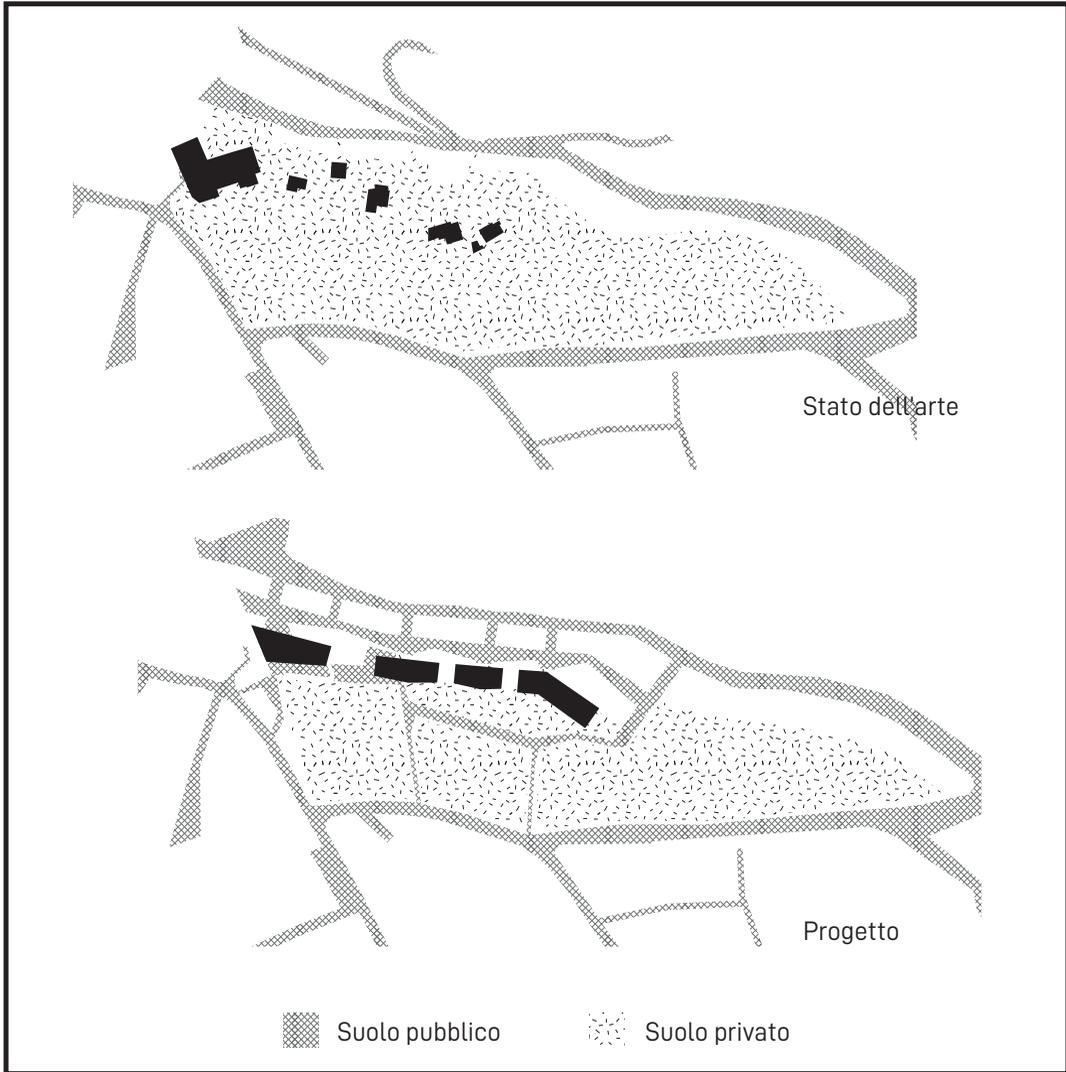
volumetria
proposta
13887 m³



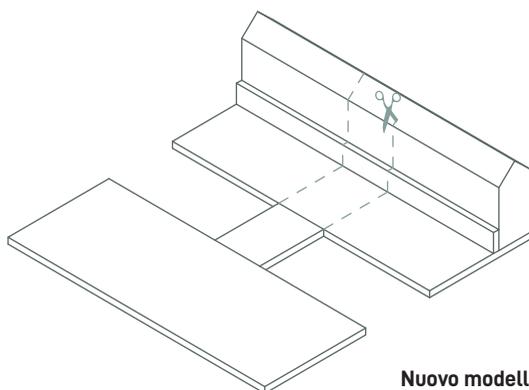
volumetria a
destinazione
residenziale
9684 m³



volumetria a
destinazione
pubblica
4203 m³

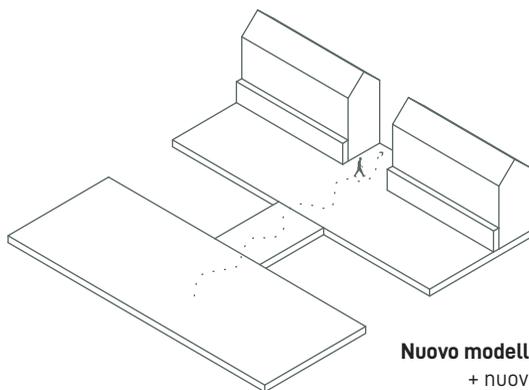


Il sistema di protezione integrato



Nuovo modello insediativo:

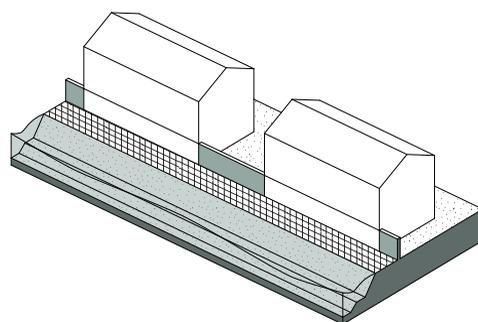
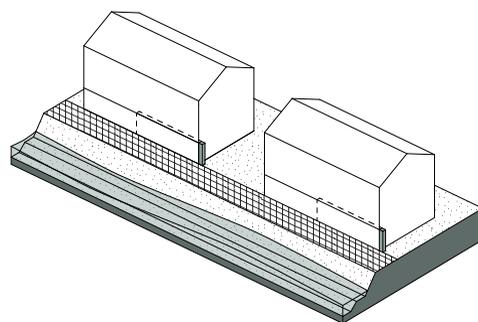
- + ripristino dell'attraversamento tramite ponti
- + separazione del volume secondo tali allineamenti



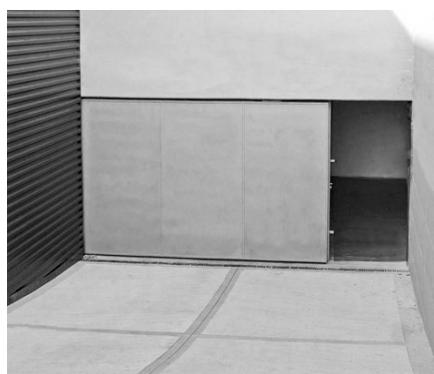
Nuovo modello insediativo:

- + nuovi ingressi nell'area retrostante
- + necessario mantenimento della continuità del sistema di protezione

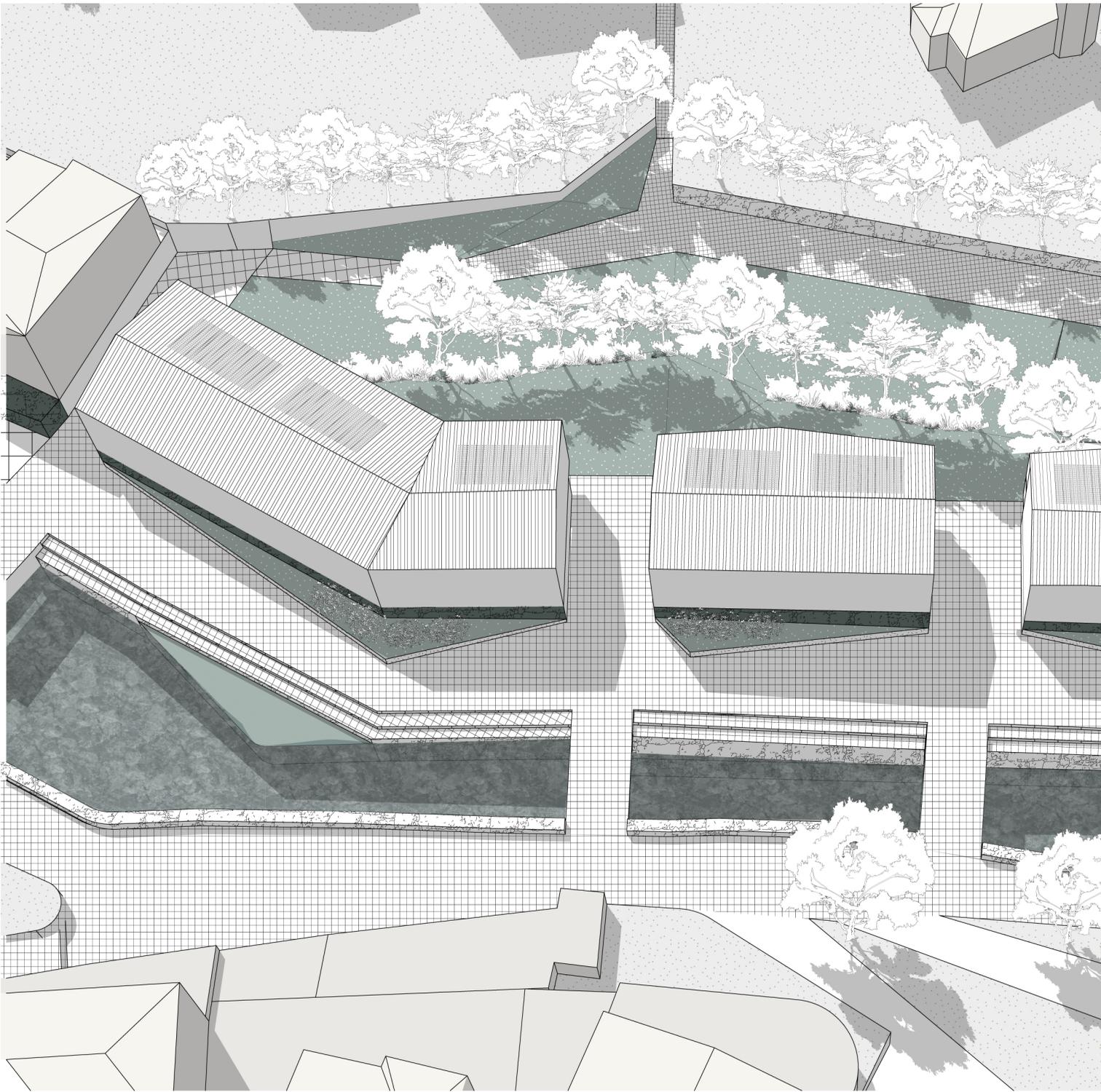
Dopo aver studiato ed approfondito la modalità della ricostruzione nell'area di Via Valleggia, è emersa la necessità di mantenere il muro contenitivo continuo lungo tutta la fascia di rispetto. Tuttavia, vista la volontà di riprogettare un tassello pubblico e residenziale nel tessuto urbano di Limone Piemonte, gli accessi e la permeabilità di questa nuova area sono estremamente importanti tanto quanto la necessità di rispondere agli eventi alluvionali del futuro. La scelta progettuale è, così, ricaduta su un sistema di cancelli a tenuta stagna che, nel momento del bisogno, chiudendosi, riportano il muro ad uno stato di continuità e completezza per rispondere al meglio all'erosione del Rio San Giovanni. Il muro contenitivo è stato progettato di uno spessore adatto per contenere il cancello a tenuta stagna al suo interno nei periodi di inattività e ciò permette di osservare una differente configurazione del complesso in base alle necessità e alla sicurezza degli abitanti. La scelta di questa tipologia di cancello permette anche la personalizzazione del rivestimento, mantenendo così una continuità con il muro stesso.

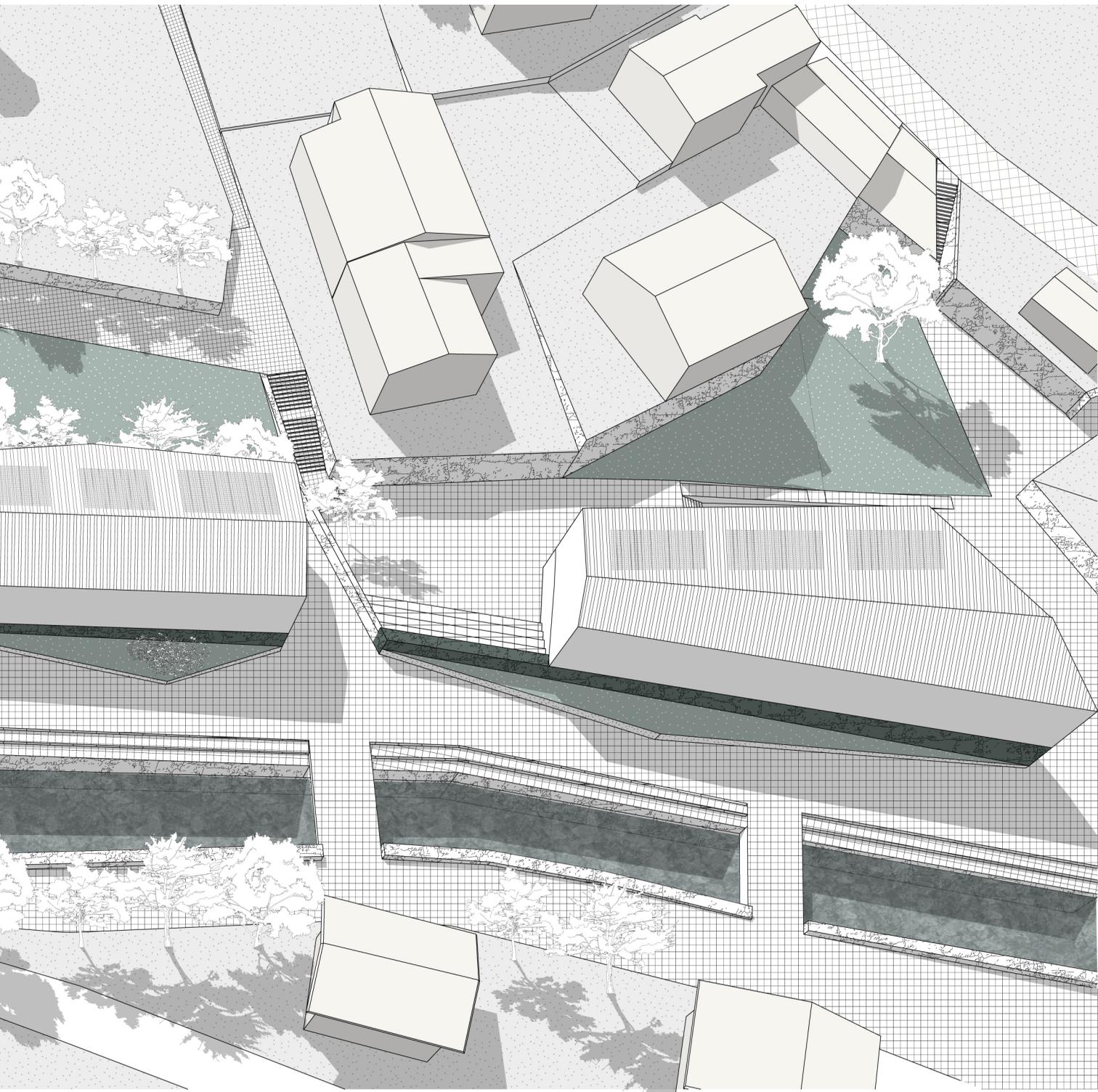


funzionamento schematico del sistema protettivo



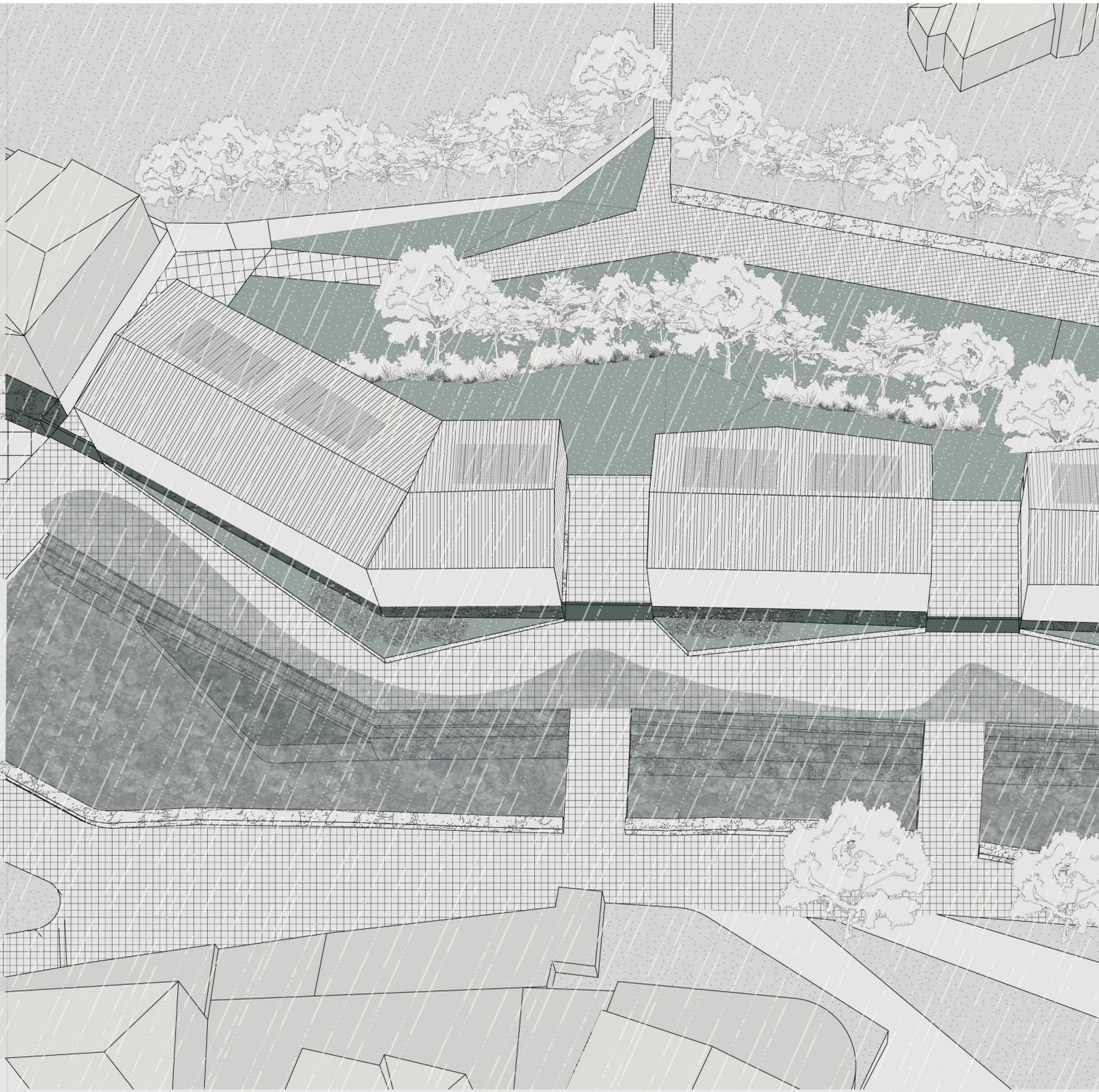
esempio di cancello a tenuta stagna
e la sua personalizzazione
SIGA s.r.l

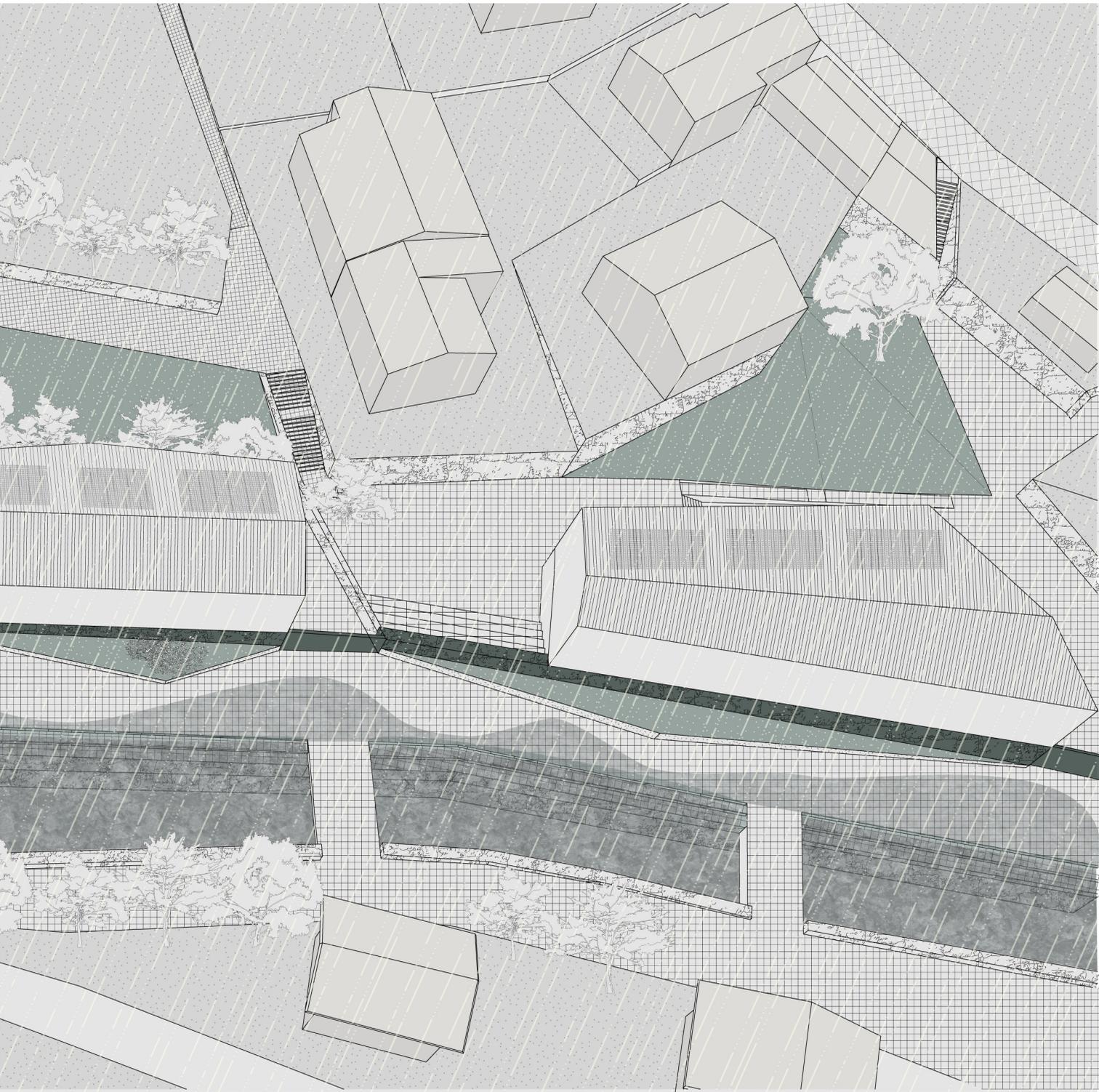




vista a volo d'uccello del complesso in condizioni normali



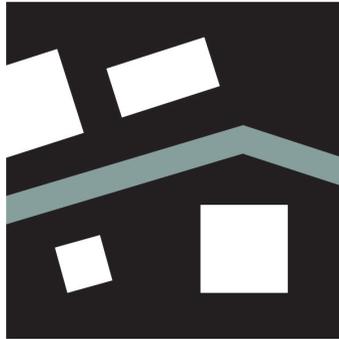




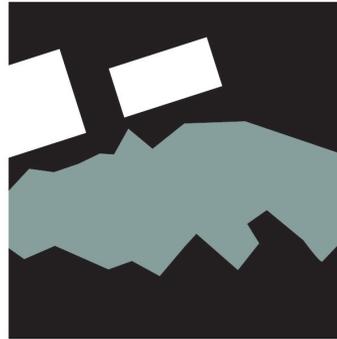
vista a volo d'uccello del complesso in condizioni di pericolo



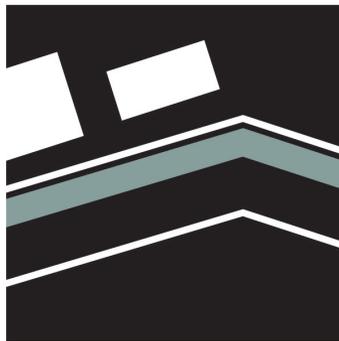
antefatto



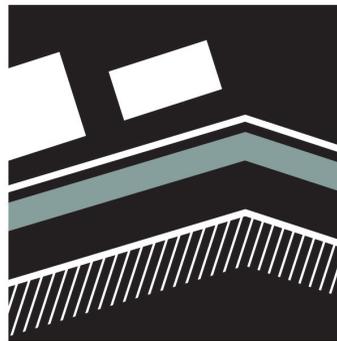
crac



infrastruttura



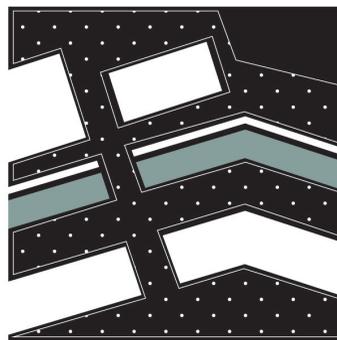
architettura



permeabilità



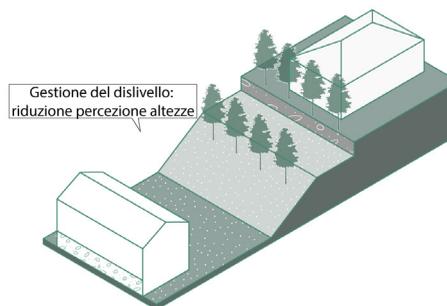
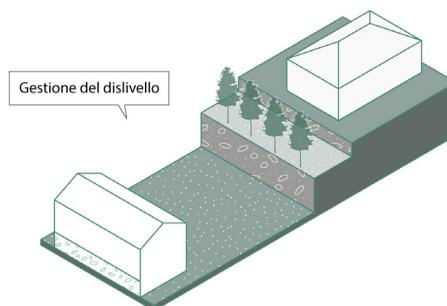
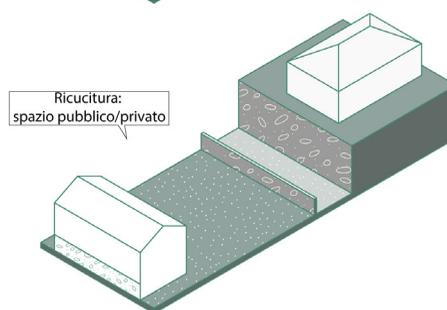
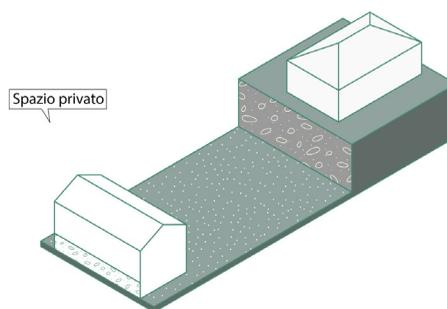
ricucitura

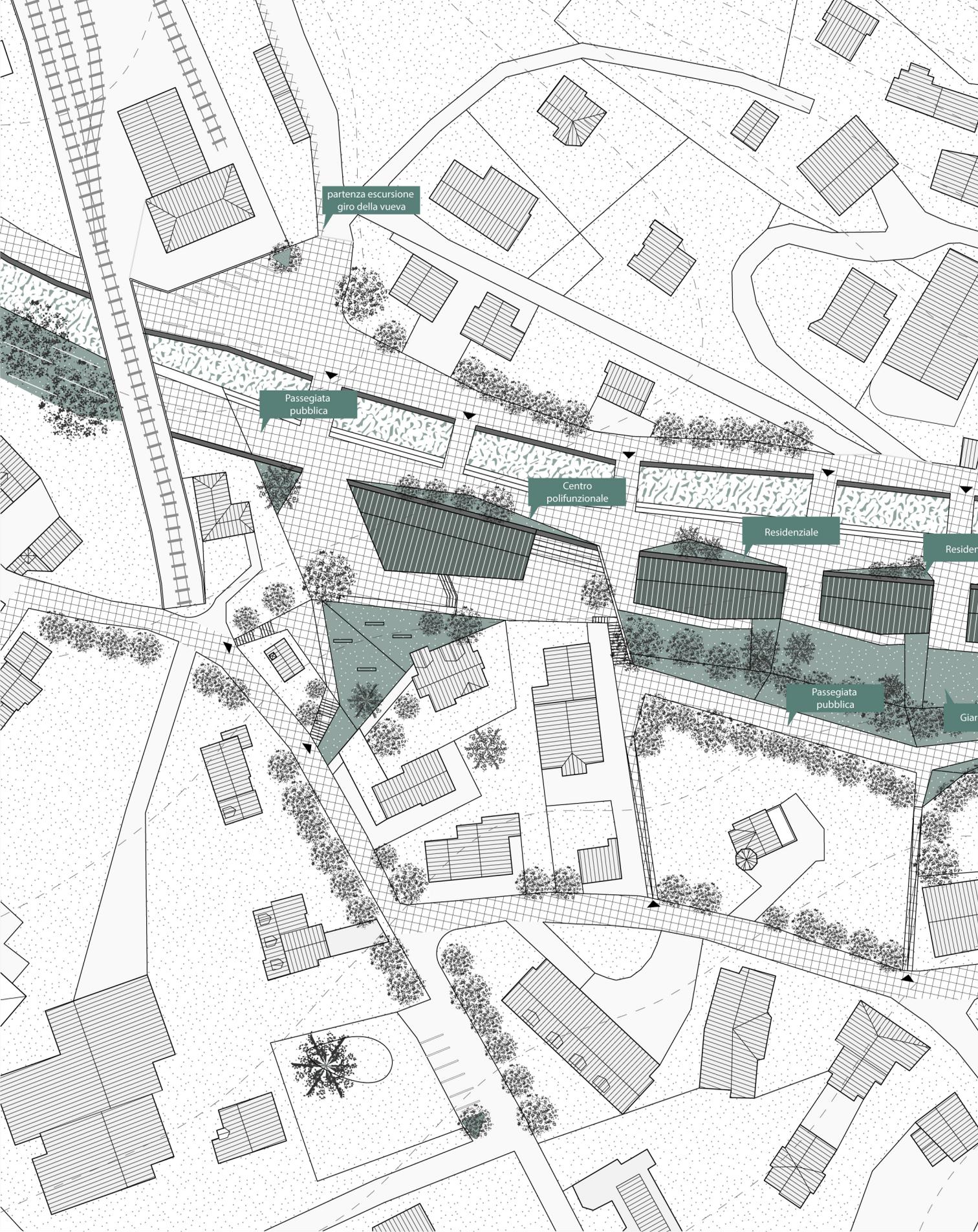


Il sistema parco

La scelta di progettare un parco urbano nello spazio residuale che si è formato dopo l'inserimento delle nuove costruzioni in Via Valleggia, è dovuta dalla volontà di riformare e ripensare un nuovo tassello cittadino. Quest'ultimo, visto l'evento idrogeologico subito durante l'alluvione del 2-3 ottobre, si presta come elemento forte di ricucitura con il contesto urbano.

La possibilità di vivere sia lo spazio lungo fiume sia lo spazio interno deve comunque considerare anche la necessità di dividere tra spazi pubblici e spazi privati che, in questo caso, è risolta con la suddivisione a livelli con altezze differenti, visto il poco spazio disponibile e il terreno impervio. Si è, quindi, progettata una passeggiata pubblica sopraelevata che collega uno spazio pubblico posto verso il centro urbano con la passeggiata lungo fiume, passante negli spazi interni al lotto di progetto.





partenza escursione
giro della vueva

Passegiata
pubblica

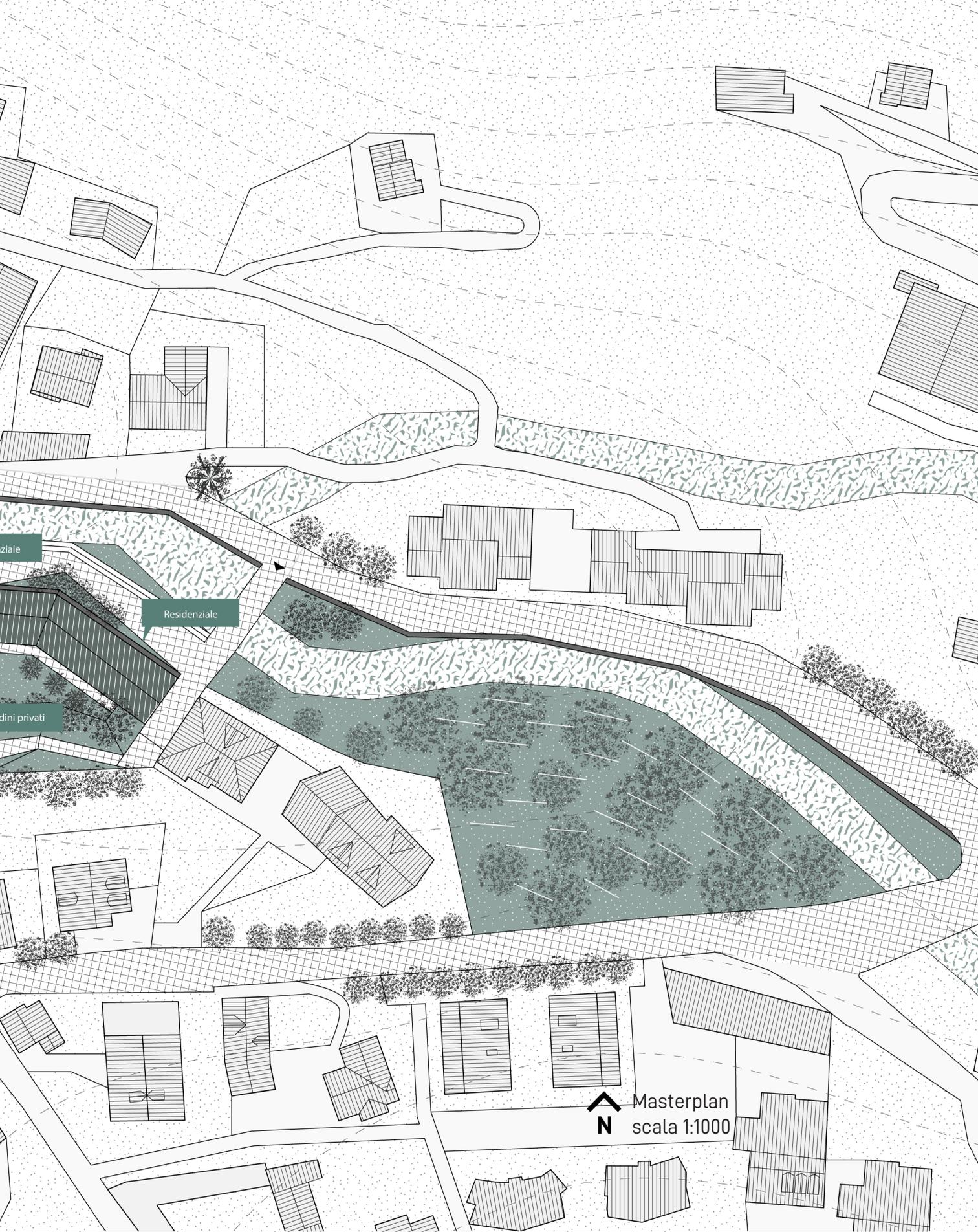
Centro
polifunzionale

Residenziale

Residenziale

Passegiata
pubblica

Giardino



Residenziale

ziale

dini privati



Masterplan
scala 1:1000

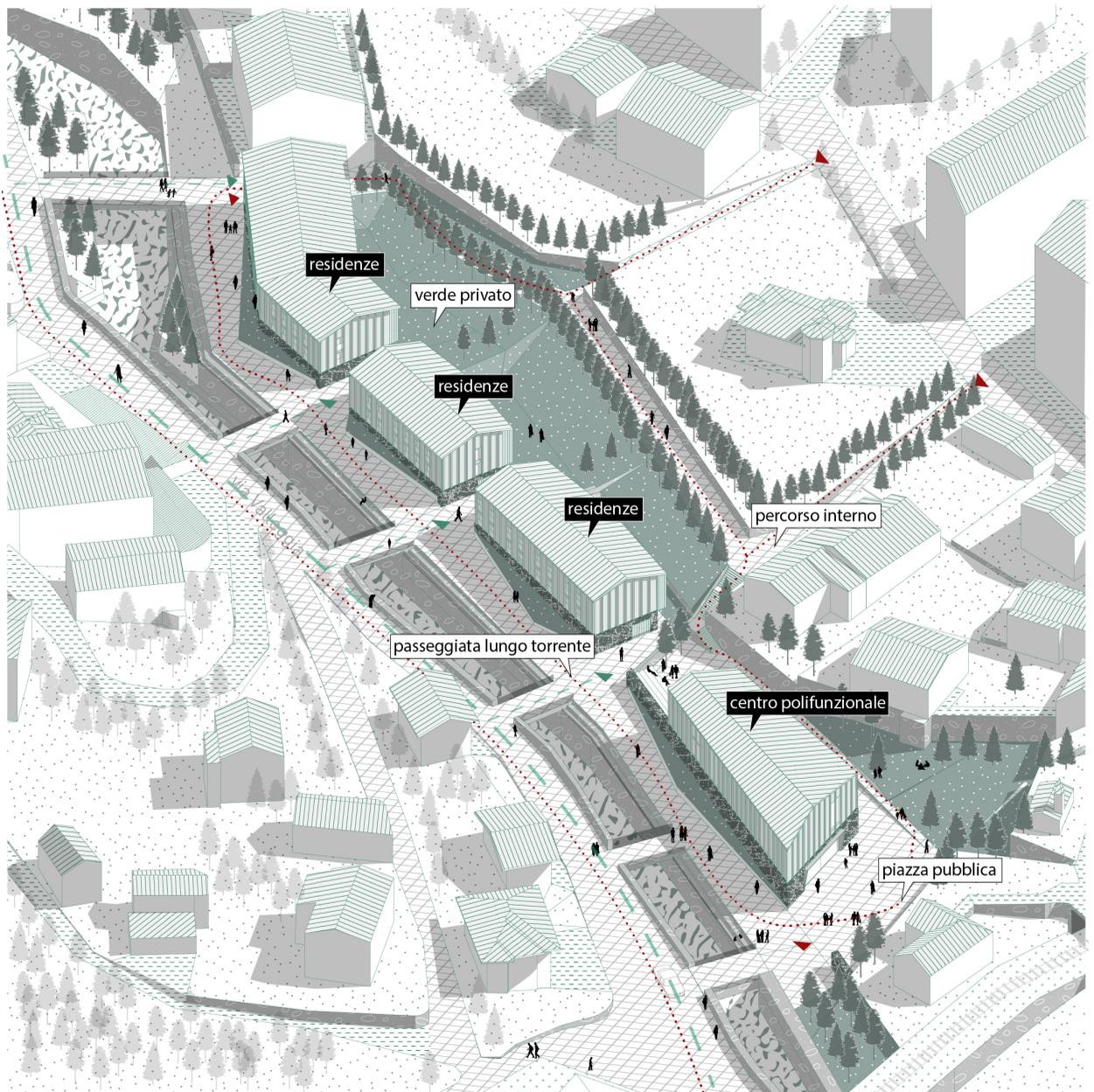
Il nuovo complesso

Nell'assonometria si può osservare il funzionamento dell'intero complesso. Lo schema indica le differenze di percorsi ed accessi, dividendoli tra quelli pubblici e quelli privati. Gli edifici presentano due diverse funzioni: l'edificio di testa, più vicino al centro del paese, è stato pensato come centro del welfare della zona e presenta al suo interno uno spazio studio ed un coworking; i fabbricati retrostanti vengono destinati a residenze.

Il progetto ha previsto un cambio di destinazione d'uso rispetto alla configurazione precedente in quanto la portata di tale intervento non può essere ridotta ad una riproposizione dei fabbricati preesistenti. La consapevolezza di progettare un edificio e una piazza pubblica di tali dimensioni è dovuto all'accettazione del rischio e alla volontà di convivere con quest'ultimo, progettando edifici che possano resistere ed esistere con la calamità naturale. La "testa" del complesso, rivolta verso il paese, vuole essere il simbolo di una nuova

modalità nel vivere la montagna e il territorio.

Gli edifici retrostanti riprendono la destinazione d'uso precedente per sopperire alla demolizione degli edifici preesistenti. È stata prevista una suddivisione dell'area su più livelli, come già detto in precedenza, per garantire ai residenti una parte di verde privato. Il sistema di ponti per l'attraversamento del Rio San Giovanni è stato ripensato ed integrato con il sistema di gestione dell'argine ed è carrabile solamente per gli abitanti delle residenze per i quali viene disposto un deposito auto al piano terra degli edifici.

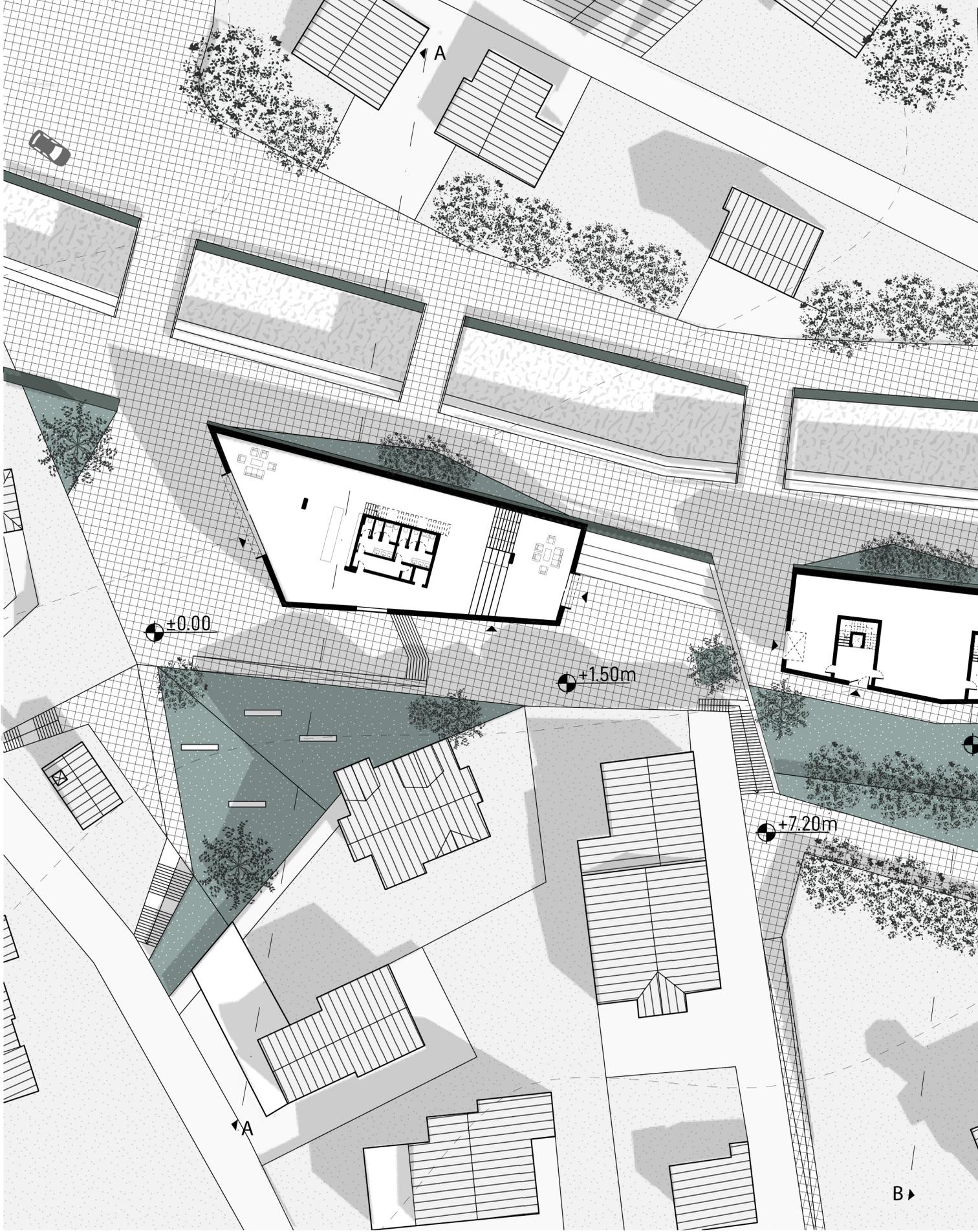


 ingresso privato alle residenze

 strada carrabile

 ingresso pubblico

 percorso pubblico



A

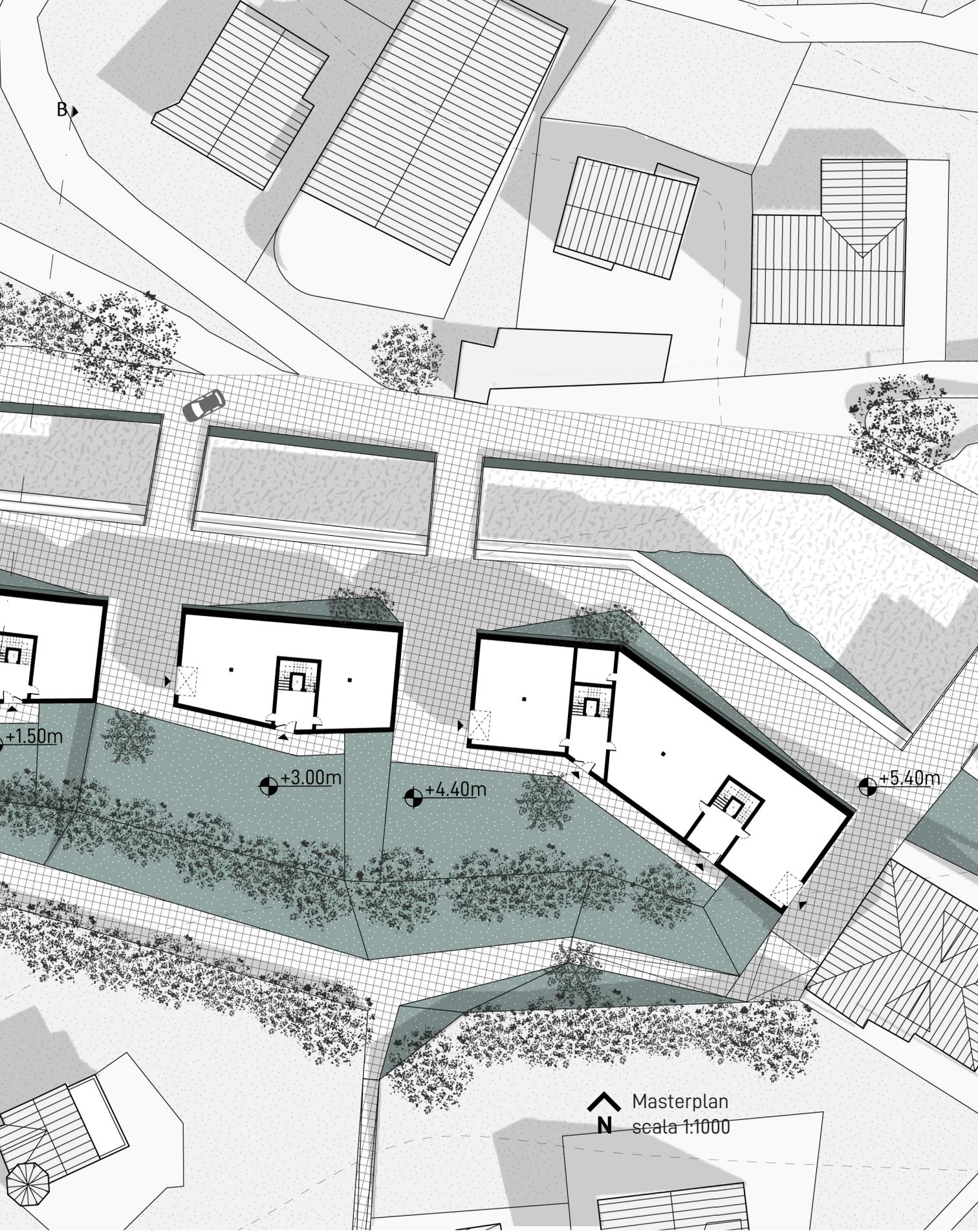
±0.00

+1.50m

+7.20m

A

B



B

+1.50m

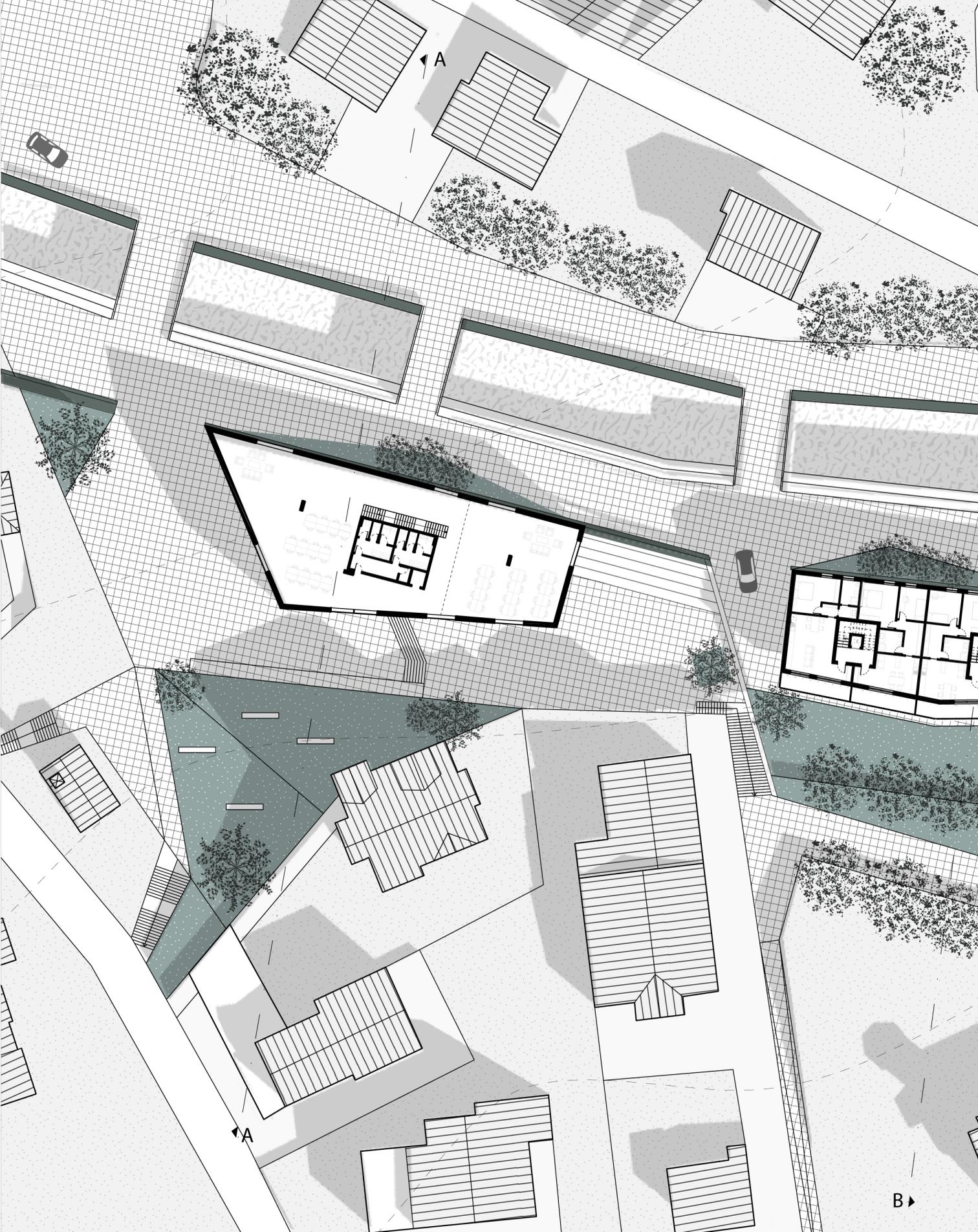
+3.00m

+4.40m

+5.40m



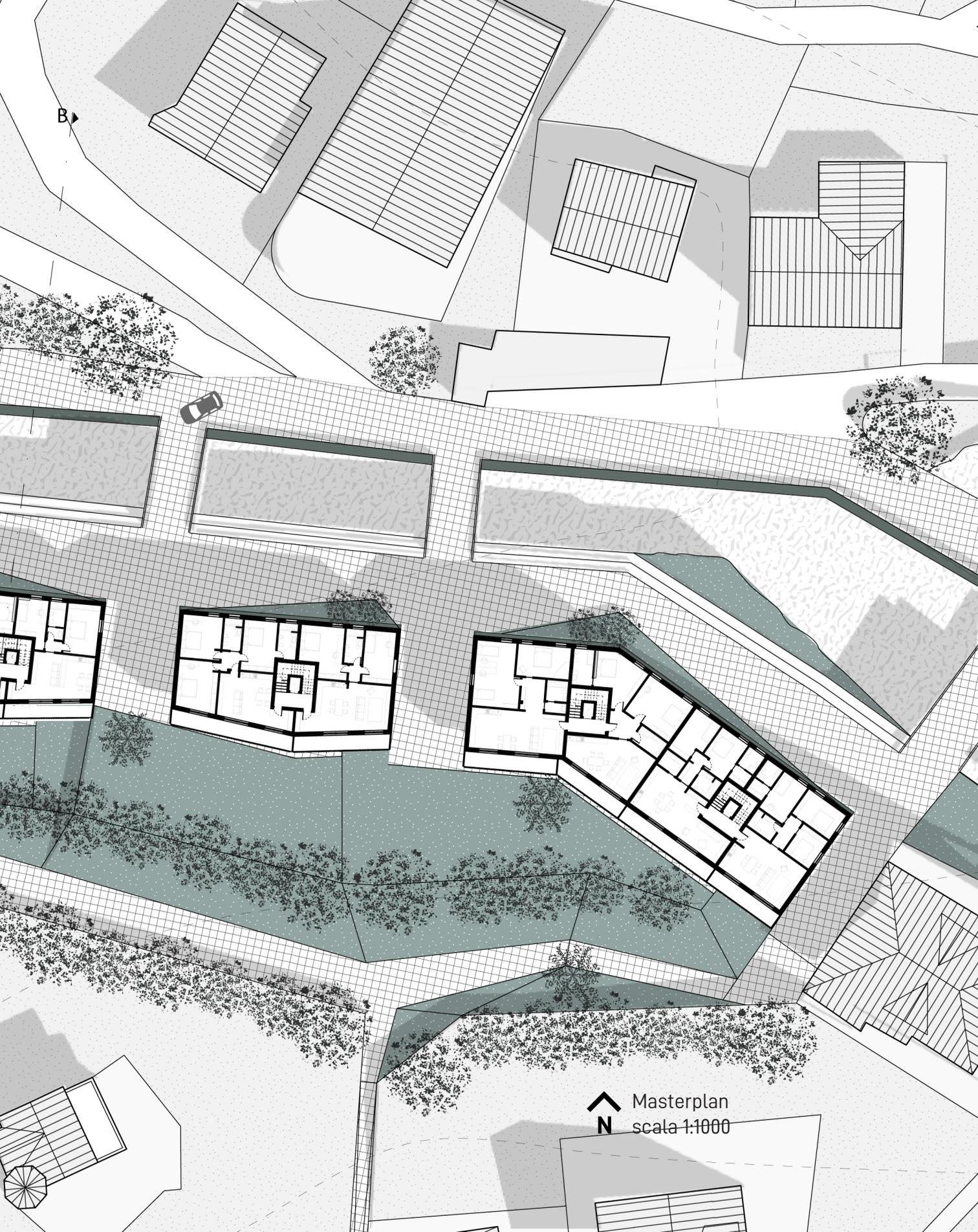
Masterplan
scala 1:1000



A

A

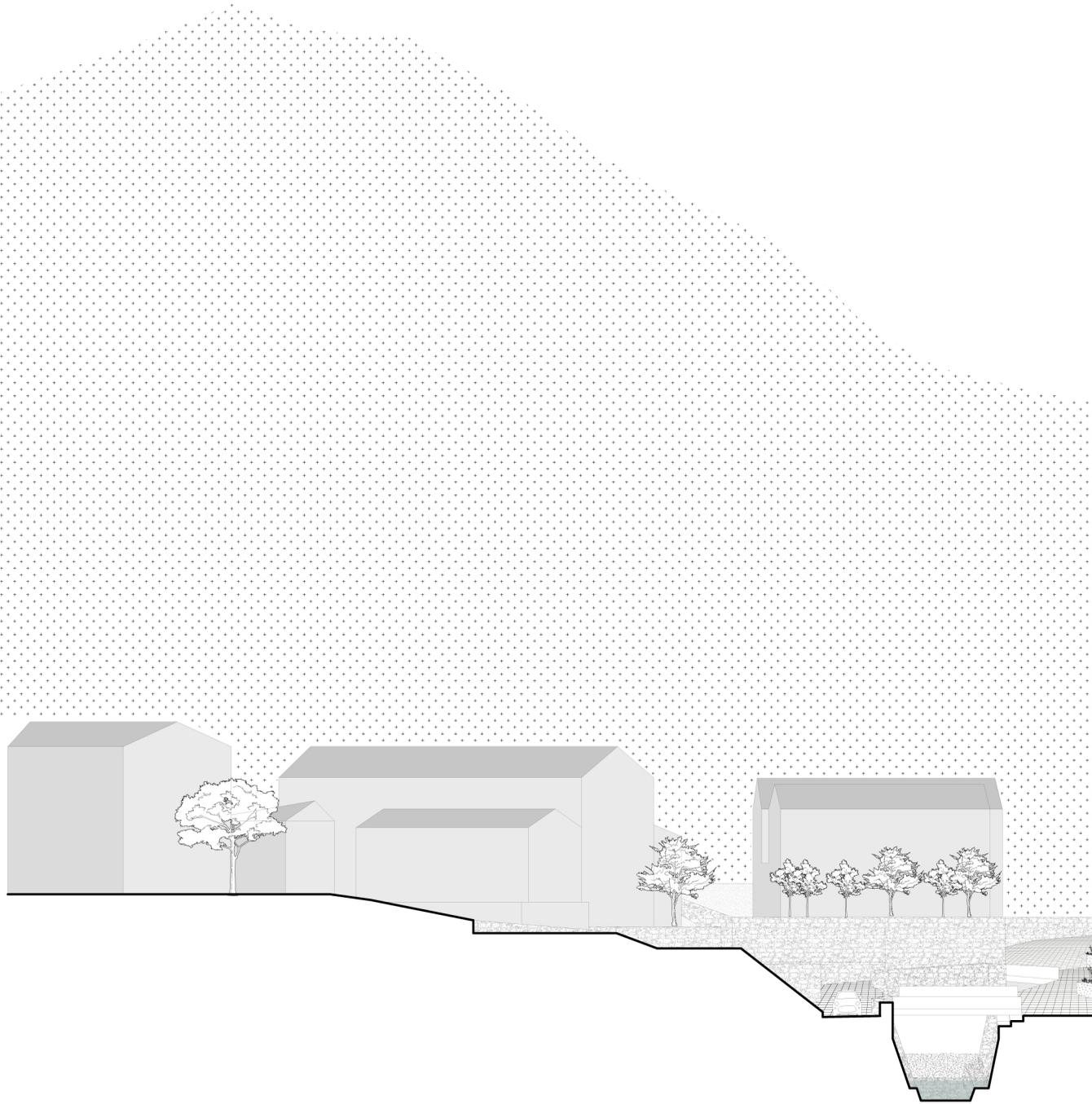
B

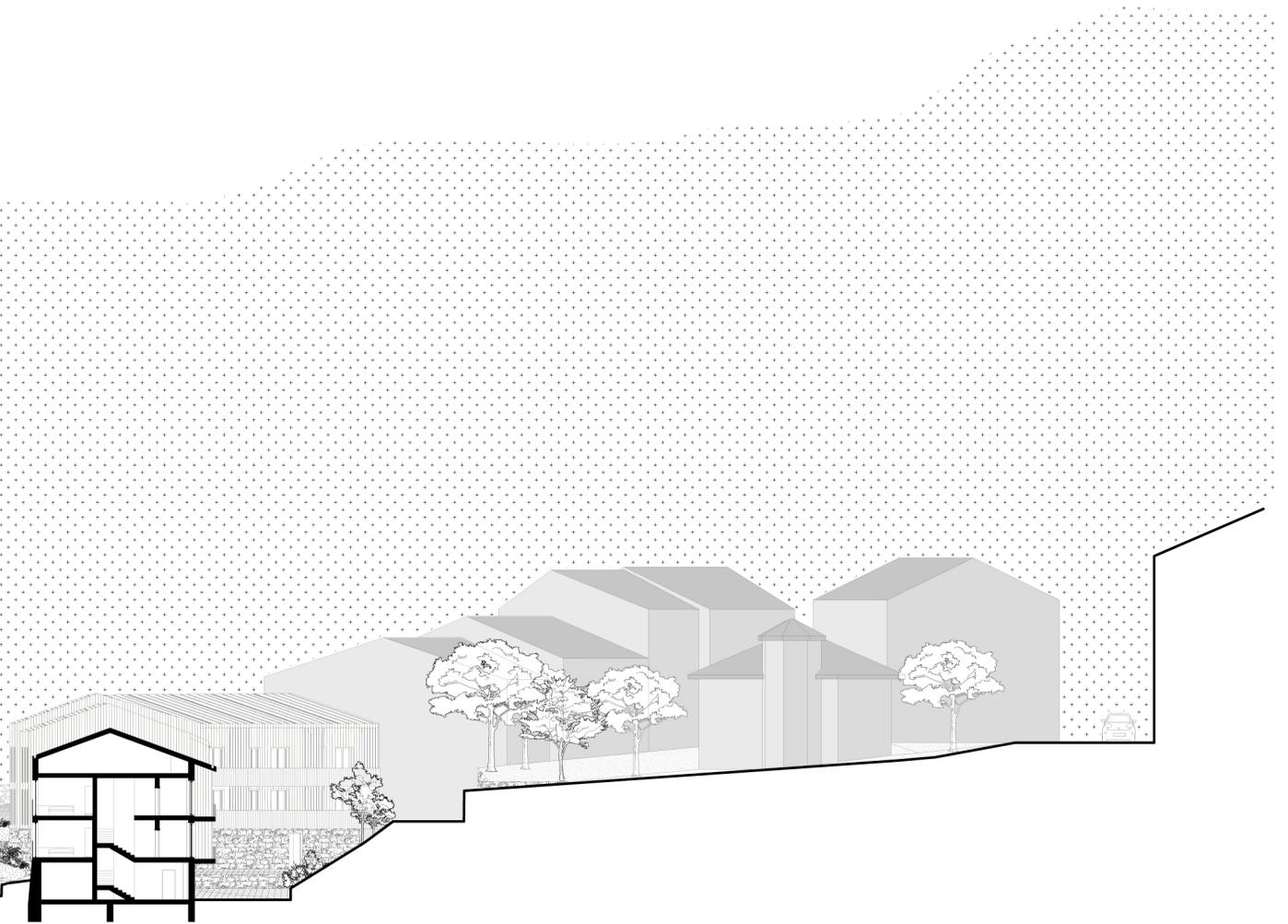


B

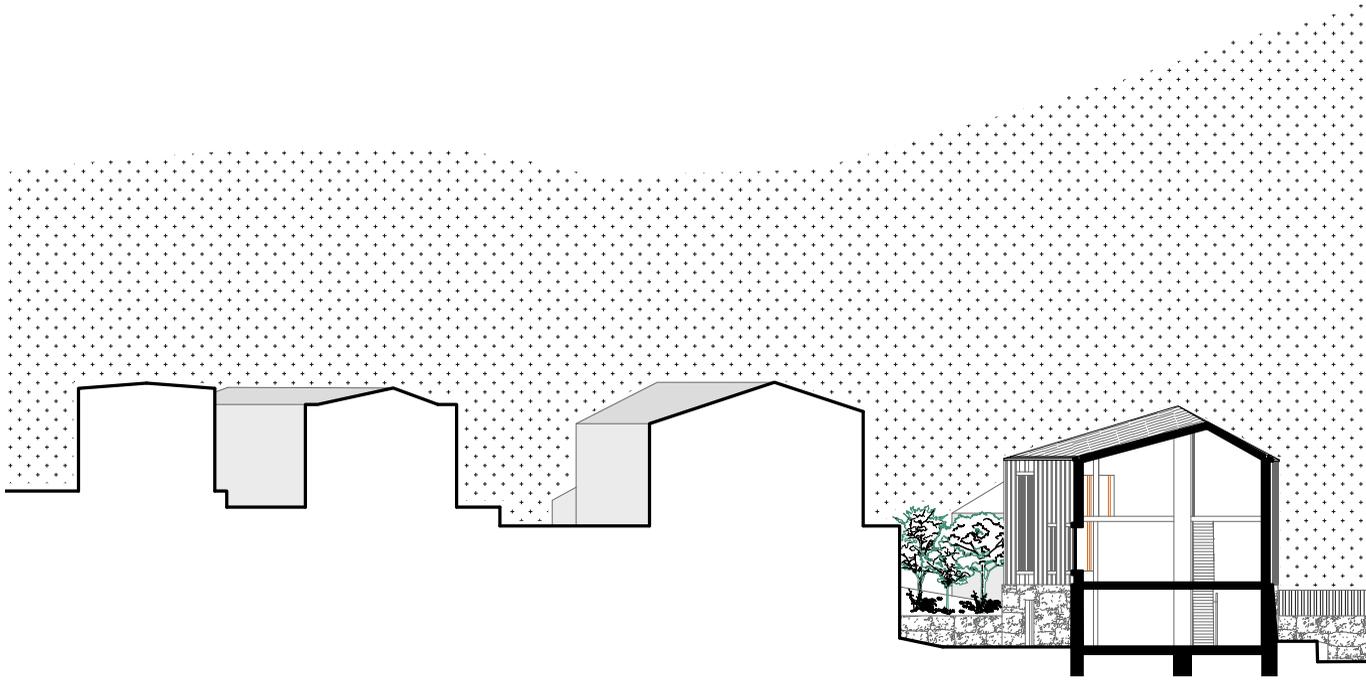


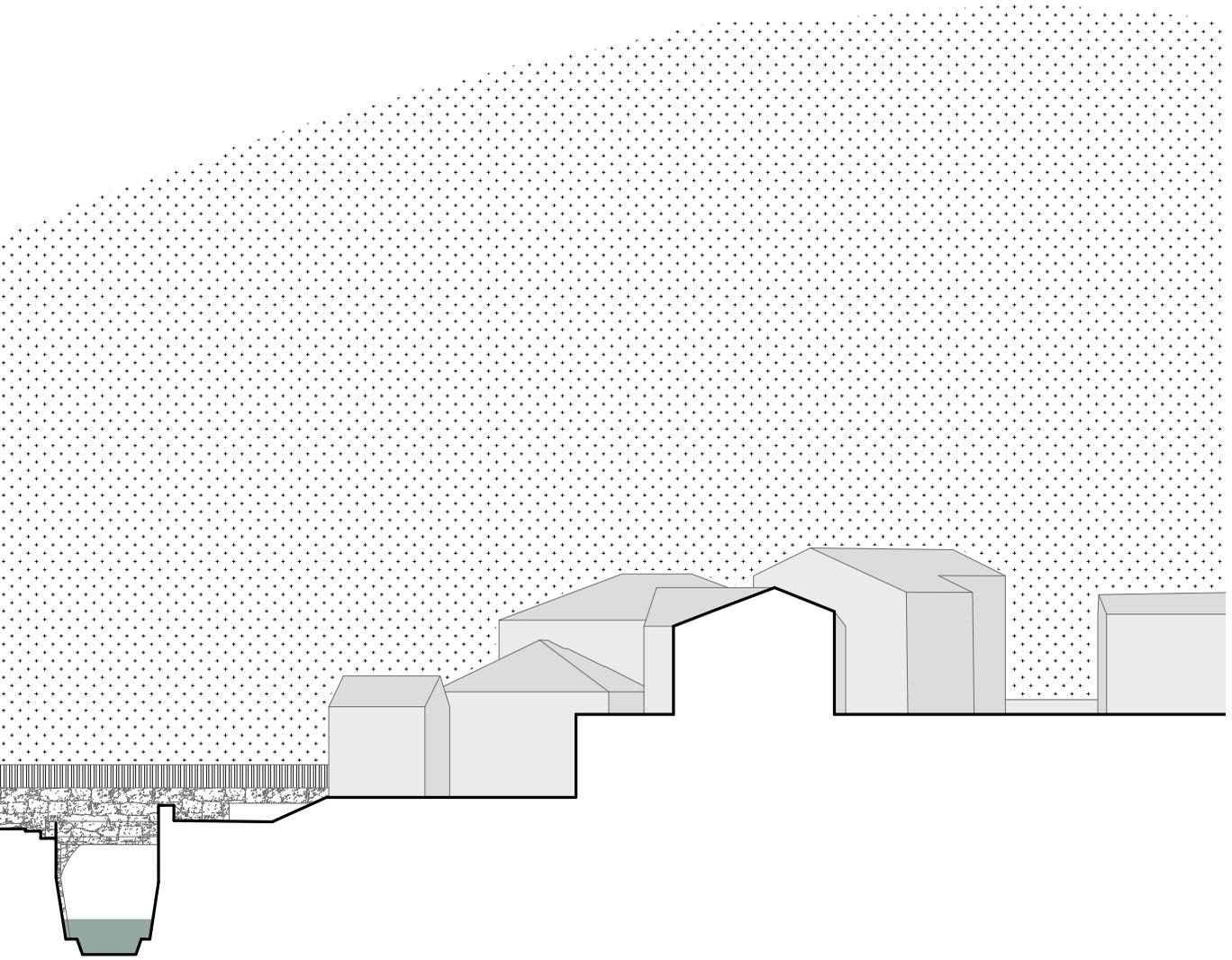
Masterplan
scale 1:1000





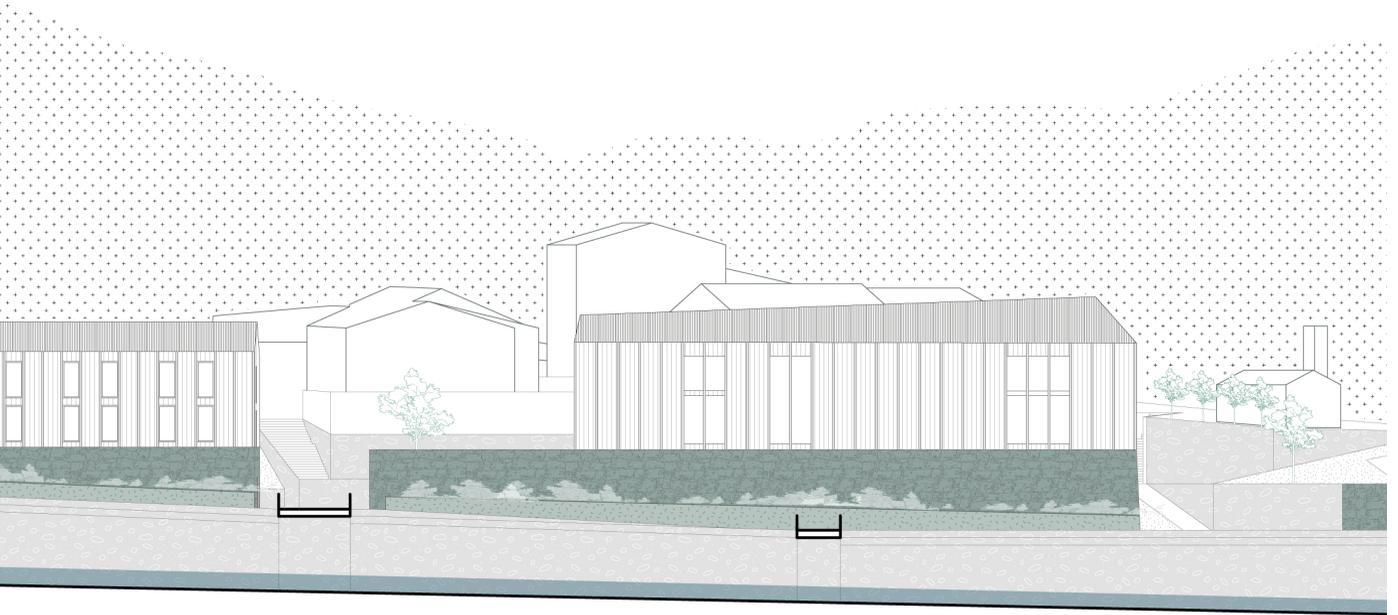
sezione A-A scala 1:500





sezione B-B scala 1:500



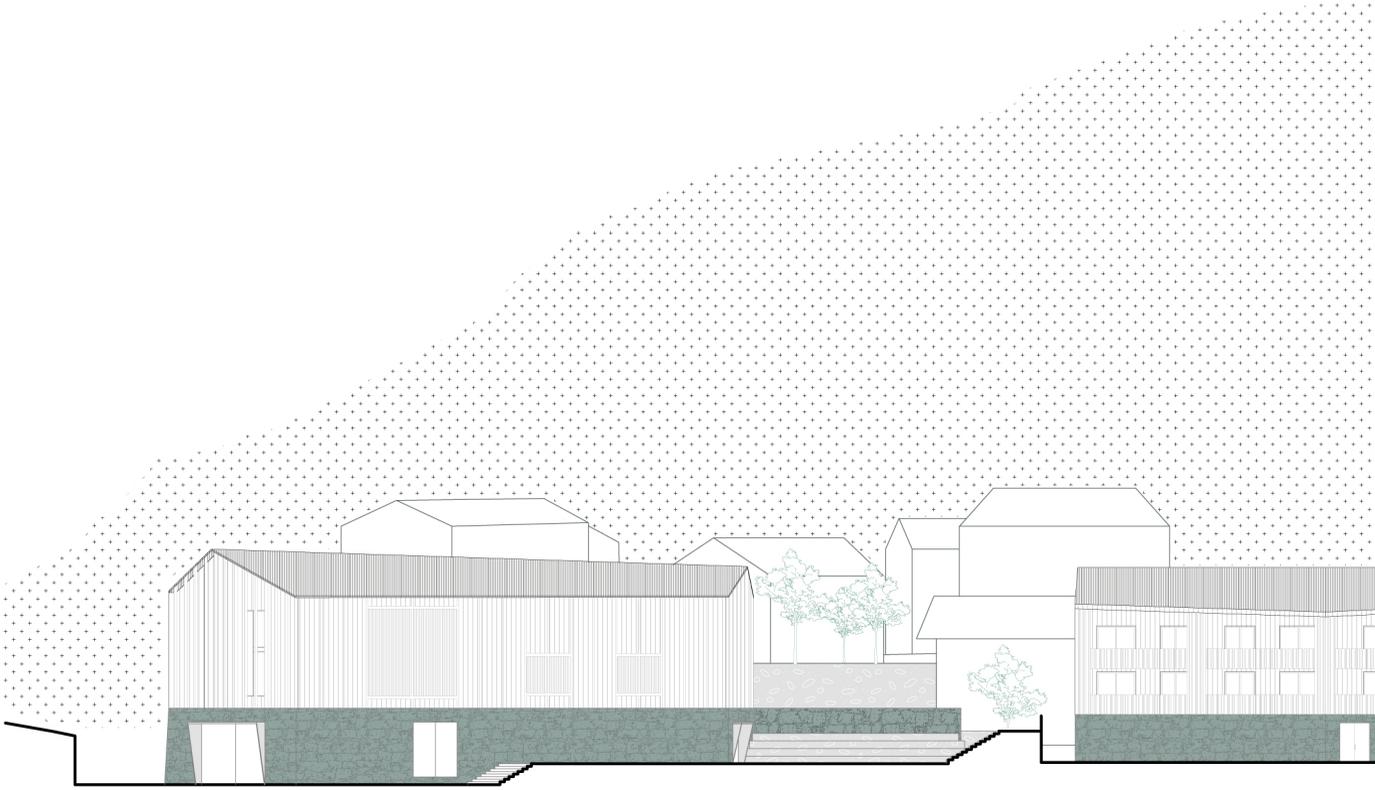


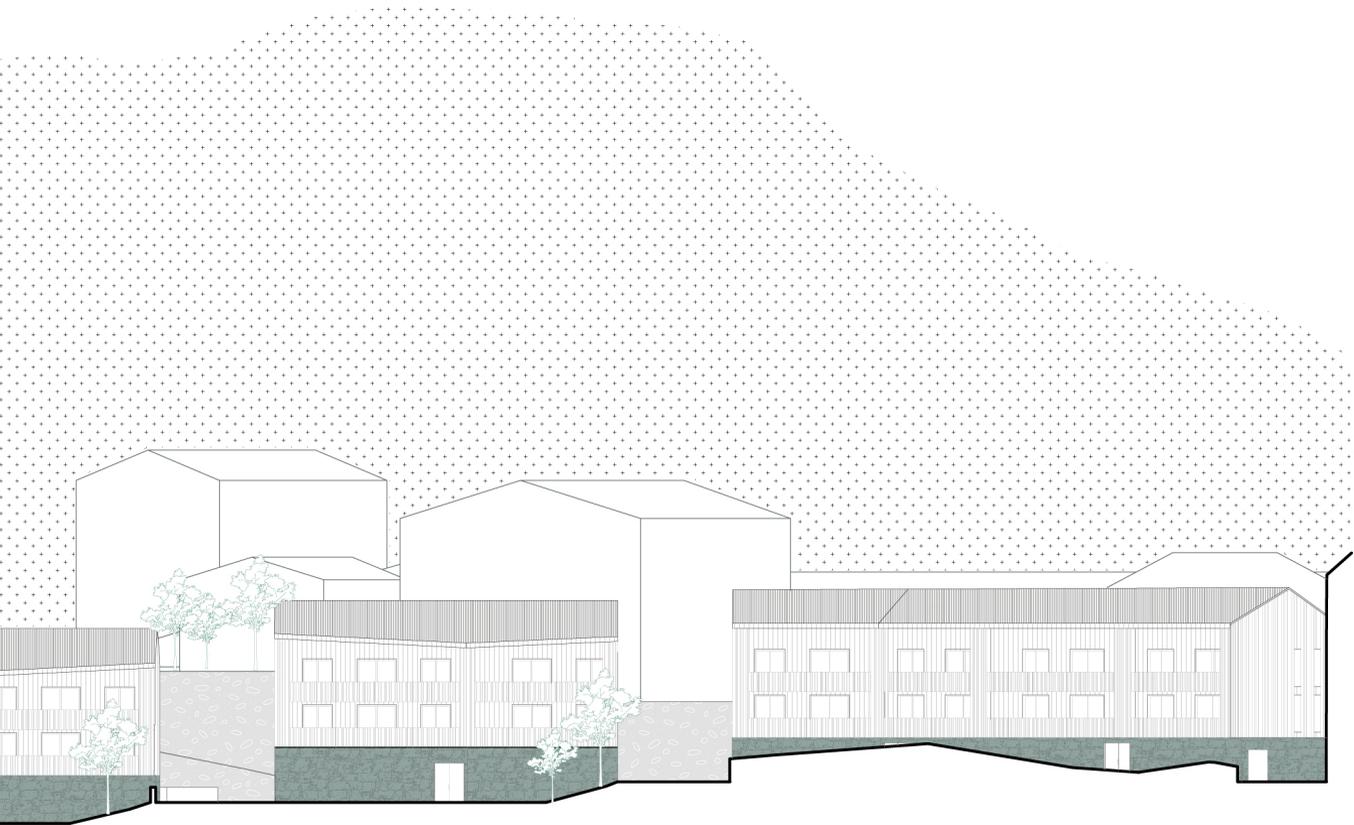
prospetto Nord scala 1:500





prospetto Nord in situazione emergenziale scala 1:500





prospetto Sud scala 1:500

Scenario tipologico di tecnologia utilizzabile

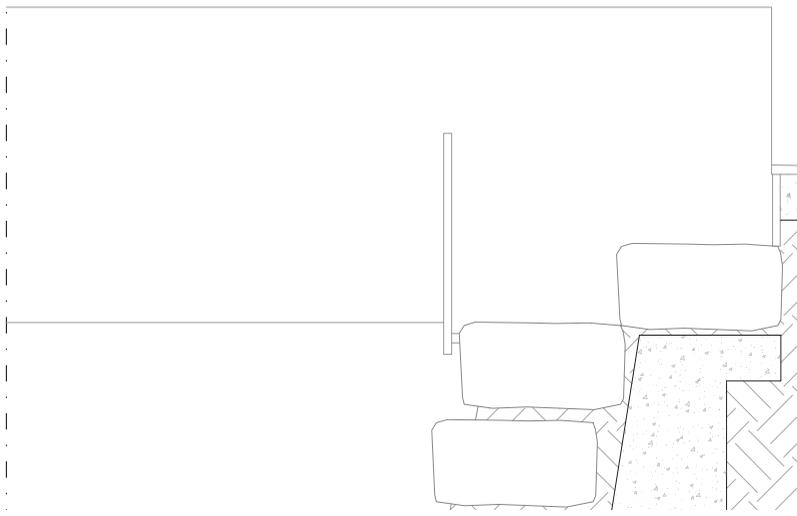
La tipologia costruttiva proposta consiste nella realizzazione di una struttura portante in X-LAM, leggera contrapposta ma connessa alla struttura pesante in calcestruzzo armato. L'utilizzo del calcestruzzo armato si rende indispensabile per la realizzazione del sistema protettivo di argini secondari.

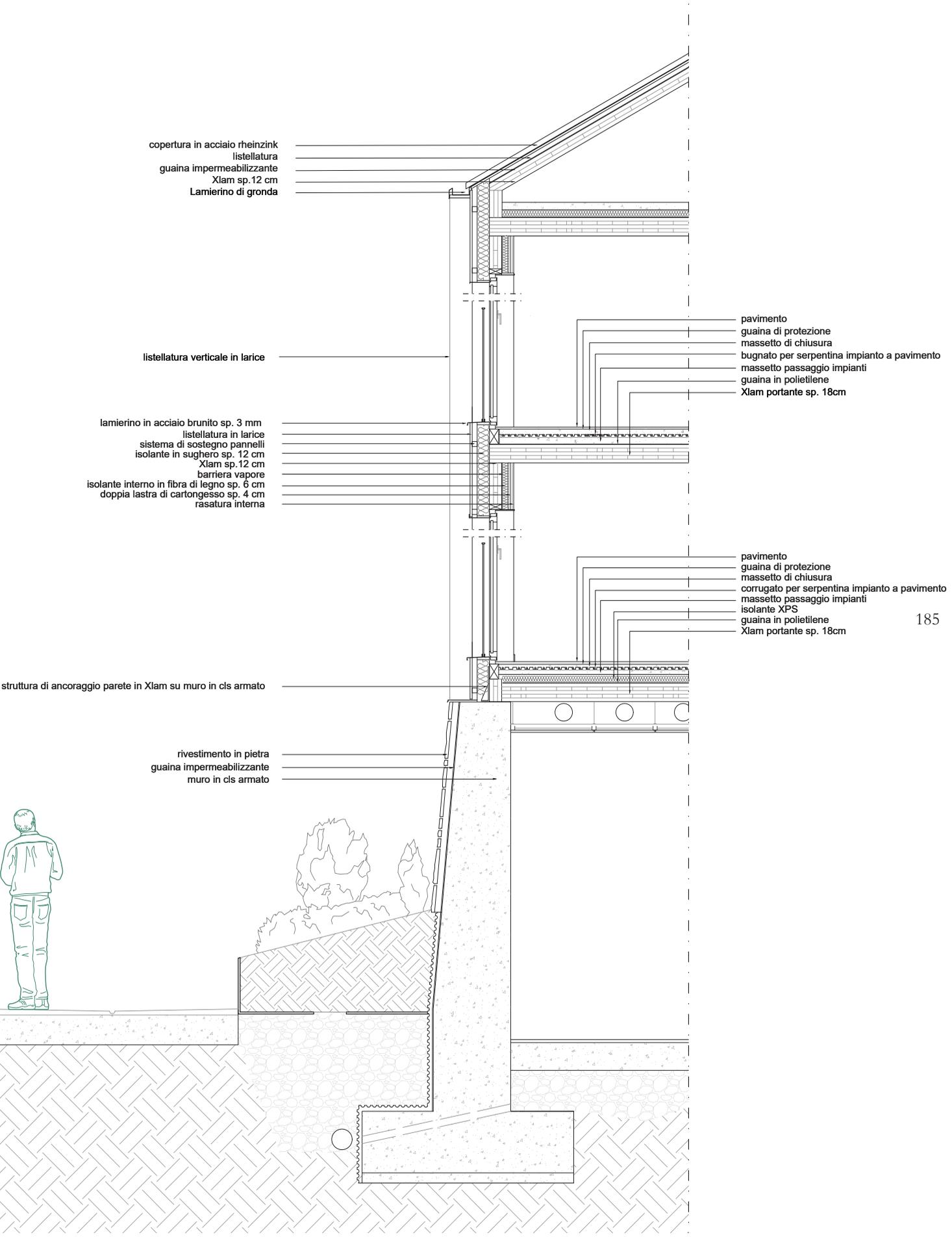
Il rivestimento di quest'ultimo è previsto in pietra.

I piani superiori, destinati a residenze, presentano un rivestimento in legno di larice e un sistema isolante in sughero volto a offrire alte prestazioni termiche ma un basso impatto ambientale. Tale scelta permette di non sovraccaricare troppo il sistema di sostegno e protezione.

Ai piedi del muro di sostegno sono state previste delle aiuole ornamentali pronte ad ospitare specie sempreverdi e resilienti all'ambiente di pericolo, oltre ciò, offrono un sistema di deflusso delle acque in caso di piena e esondazione del torrente.

Il versante del Rio San Giovanni è invece gestito con un sistema a scogliera inverdita che diventa elemento di seduta pubblica.





copertura in acciaio rheinzink
listellatura
guaina impermeabilizzante
Xlam sp.12 cm
Lamierino di gronda

listellatura verticale in larice

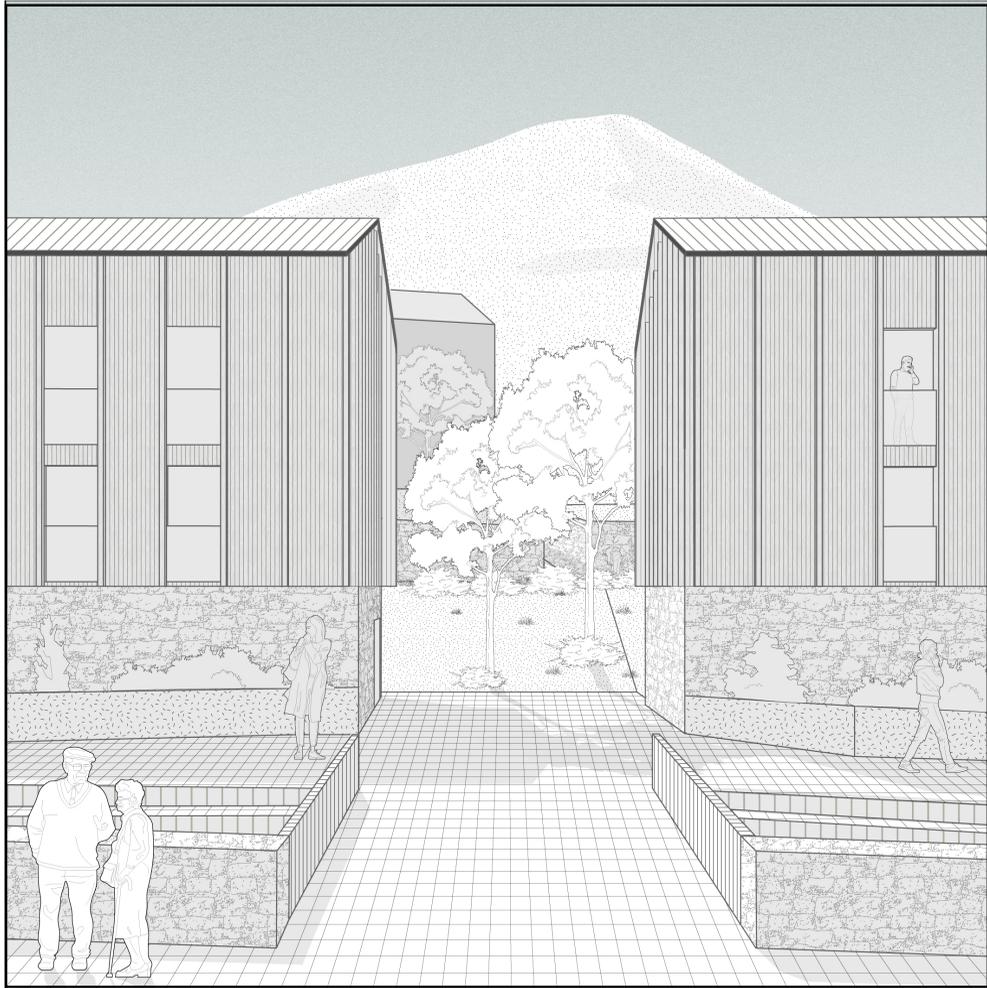
lamierino in acciaio brunito sp. 3 mm
listellatura in larice
sistema di sostegno pannelli
isolante in sughero sp. 12 cm
Xlam sp.12 cm
barriera vapore
isolante interno in fibra di legno sp. 6 cm
doppia lastra di cartongesso sp. 4 cm
rasatura interna

pavimento
guaina di protezione
massetto di chiusura
bugnato per serpentina impianto a pavimento
massetto passaggio impianti
guaina in polietilene
Xlam portante sp. 18cm

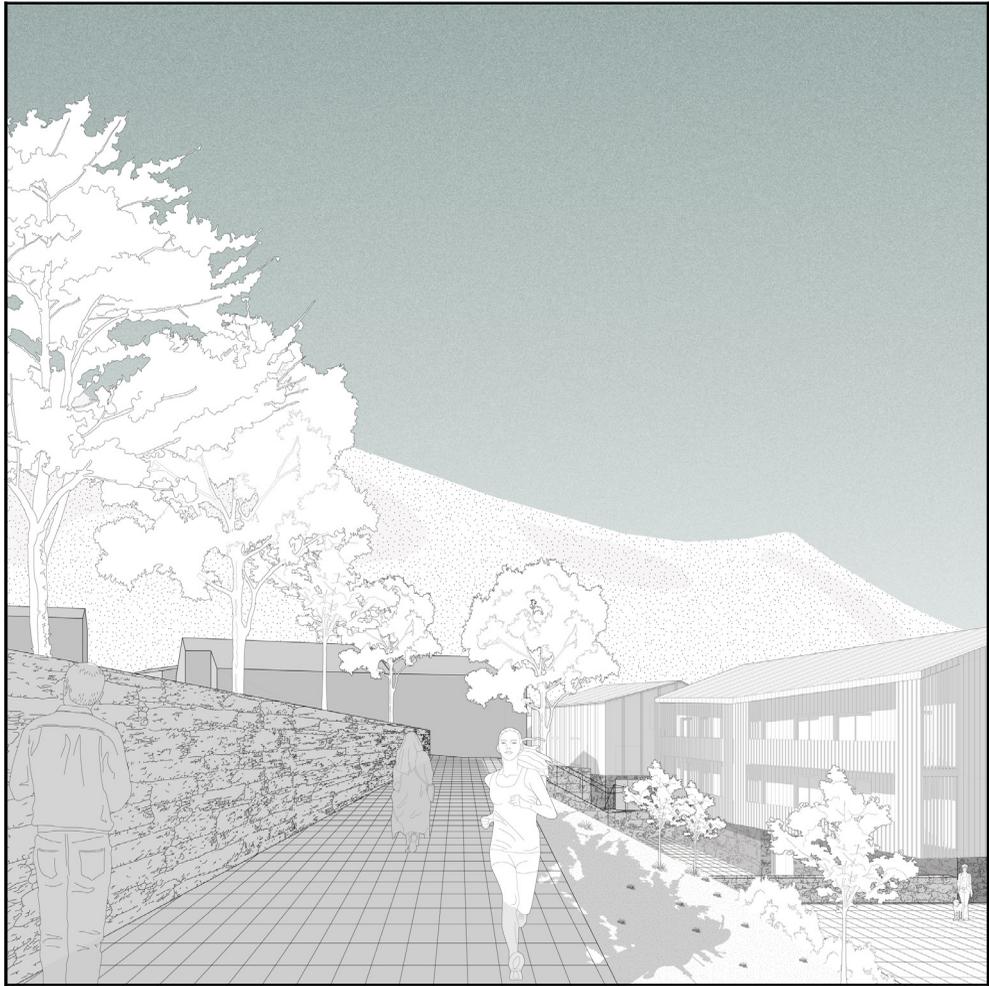
pavimento
guaina di protezione
massetto di chiusura
corrugato per serpentina impianto a pavimento
massetto passaggio impianti
isolante XPS
guaina in polietilene
Xlam portante sp. 18cm

struttura di ancoraggio parete in Xlam su muro in cls armato

rivestimento in pietra
guaina impermeabilizzante
muro in cls armato



vista del nuovo sistema insediativo da Viale Valleggia





vista del nuovo centro di welfare e della piazza pubblica



vista del nuovo centro di welfare e del sistema lungo fiume

CONCLUSIONI

L'intero lavoro di tesi si basa sulla volontà di proporre una soluzione al tema del rischio idrogeologico nell'arco alpino. Questa tematica sta diventando un problema sempre più grave e importante per la scena architettonica, sociale ed economica, a causa dei sempre più frequenti casi di alluvioni e frane dovute al cambiamento climatico. Ciò comporta la possibilità e l'occasione di ri-pensare la città nella sua totalità: essa dovrà essere parte del territorio, non occupandolo, ma diventando un tutt'uno con esso, rispettandolo e conoscendolo.

È, dunque, da queste premesse che nasce il progetto: immaginare e pensare un nuovo sistema insediativo in cui si possano trovare risposte legate al mondo contemporaneo in grado di continuare a vivere luoghi antropizzati messi a dura prova da eventi climatici sempre più estremi e pericolosi.

Nel corso degli ultimi anni gli interventi di messa in sicurezza di aree colpite da dissesto idrogeologico si sono, spesso, limitati a provvedimenti puntuali sulle aree danneggiate, ma spesso le problematiche si trovano a monte: una cattiva gestione dei territori sposta il problema nei luoghi più densamente abitati, causando disastri

e catastrofi.

Il comportamento del territorio e il rischio geomorfologico possono e devono, tuttavia, essere utilizzati come occasione per una progettazione intelligente della città e dell'ambiente, oltre che come strumento per costruire nuovi equilibri e dunque migliorare la qualità della vita.

E' possibile, però, reinterpretare il rischio come nuova modalità di intervento nei *territori fragili*.

Il caso di Limone Piemonte si pone come un esercizio progettuale per comprendere le modalità in cui queste soluzioni possano essere sfruttate ed utilizzate per progettare una nuova idea di città, che possa trovare nella catastrofe un *input* per ripartire dopo l'evento traumatico. L'utilizzo dell'ingegneria naturalistica ha permesso di intervenire a scala comunale, provando a risolvere il problema non solo nelle aree danneggiate, ma considerando il bacino del torrente come uno spazio progettuale in cui applicare delle strategie che tengano conto del territorio e della possibilità della disciplina ingegneristica. L'infrastruttura di protezione vuole, dunque, integrarsi nello spazio urbano fungendo da elemento promotore di un ripensamento di un tutt'uno tra territorio e città. Lo studio di queste

modalità di intervento ha permesso di reinterpretare architettonicamente alcuni spazi urbani in maniera innovativa, ricavando aree e tasselli in cui possano coesistere sicurezza e qualità architettonica, utilizzabili e utili, dunque, sia nella vita di tutti i giorni sia durante uno scenario emergenziale. Lo scopo della tesi è dunque sottolineare le fragilità e le opportunità legate al dissesto idrogeologico: le proposte e gli scenari attuali si declinano negli spazi e nel territorio della Val Vermenagna, assumendo caratteristiche che rispondono alle necessità di Limone Piemonte. Tuttavia, si è cercato di proporre modalità di intervento attuabili e adattabili in situazioni anche diverse dal territorio piemontese. Lo studio e la ricerca su territori anche molto diversi da quello italiano hanno permesso di comprendere come l'abitare il rischio e il ripensamento di una città innovativa siano possibili ed attuabili, rendendo queste ultime più sicure e resilienti, aumentandone la vivibilità, l'economia e l'ecologia.

La proposta progettuale si vuole presentare come linea guida per il comune di Limone Piemonte, proponendo scenari di intervento che insistono anche sugli spazi privati imponendo modifiche territoriali dei lotti di proprietà al fine di generare un sistema omogeneo e che interagisca in tutte le sue parti.

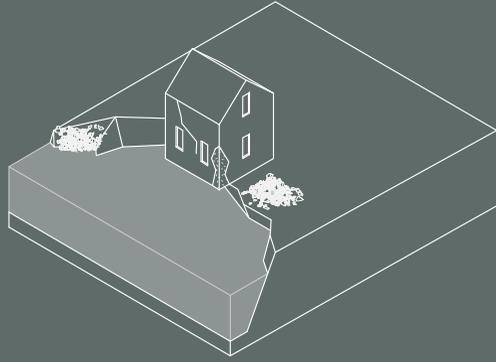
Gli scenari proposti e studiati fanno

parte di un primo intervento impostato in modo da poter essere espanso e amplificato lungo tutto il territorio comunale in modo massivo in momenti futuri.

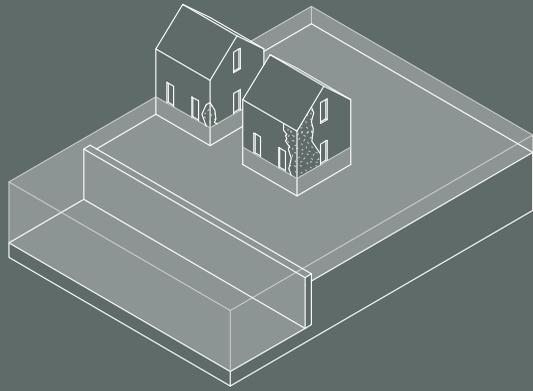
Per questi motivi è stata elaborata una matrice di intervento in cui le proposte tendono a offrire una nuova chiave di lettura per il rischio e per il dissesto idrogeologico, inteso come elemento promotore per un ripensamento delle aree colpite: proponendo molteplici scenari (anche utopici), dove in alcuni contesti la natura, controllata, possa impossessarsi nuovamente di spazi, aiutando a gestire i territori più fragili, in altre le infrastrutture ingegneristiche possano sostenere una nuova forma di architettura.

STATO DELL'ARTE

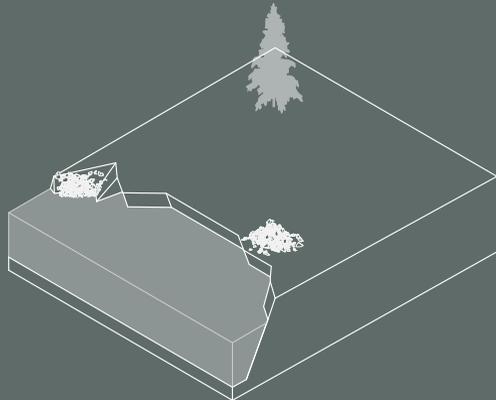
SCENARIO 1



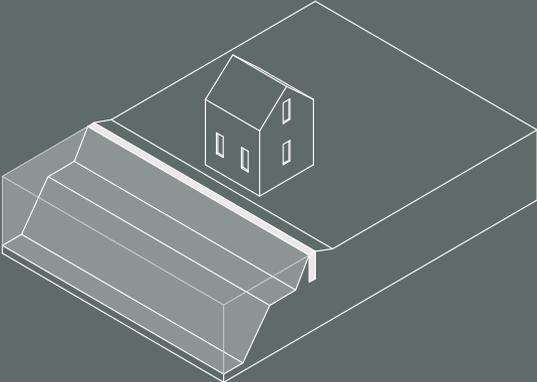
SCENARIO 2



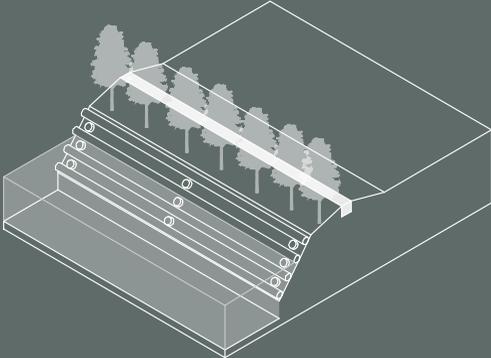
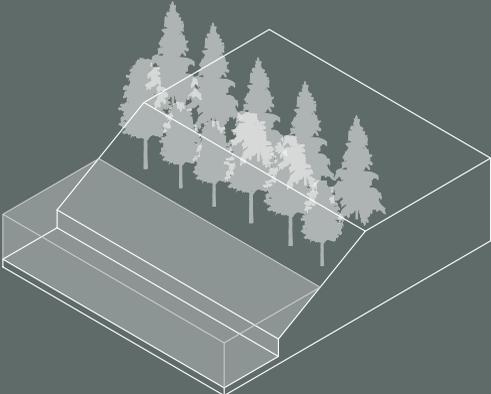
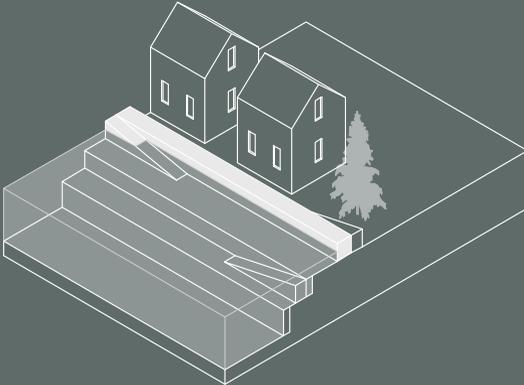
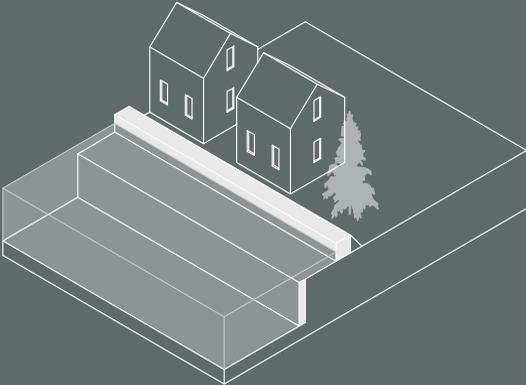
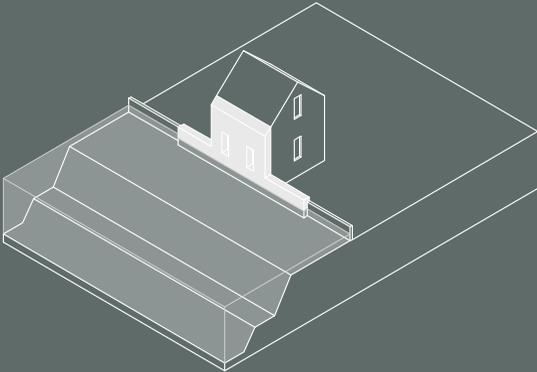
SCENARIO 3



CONCETTUALIZZAZIONE



RIELABORAZIONE PROGETTUALE



Matrice

BIBLIOGRAFIA

TESTI E ARTICOLI

Agamben G., 2008, *Signatura rerum. Sul metodo.*, Bollati Boringhieri editore, Torino

Andreotti S., Zampetti G. (a cura di, 2007), *Le buone pratiche per gestire il territorio e ridurre il rischio idrogeologico*

M. Cuzzolaro, L. Frighi, 1998, *Reazioni umane alla catastrofe*, Gangemi editore, Roma

Caravaggi L., *La Montagna Resiliente Sicurezza, Coesione E Vitalità Nella Ricostruzione Dei Territori Abruzzesi Safety, Cohesion and Vitality in the Reconstruction of Abruzzo.* Macerata: Quodlibet, 2014. Print

Cilona T., 2017, Città fragili: prevenzione, manutenzione, ricostruzione, in *Urbanistica informazioni*, n. 272

Colombero R., 2020, *Adattarsi alle trasformazioni* in *Newsmagazine*, n.108/dicembre 2020 - gennaio 2021

Corboz A., 1983, *Il territorio come Palinsesto*, in *Diogene*, n. 121

Curtis W. J. R., 1999, *L'architettura moderna dal 1900*, Milano, Bruno Mondadori

De Antonis L., V.M. Molinari, *Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base*

De Francesco G., 2017, *Infrastrutture dell'acqua. Strategie adattive all'emergenza idrica dei mutamenti climatici. Progettare infrastrutture idriche di nuova generazione*, Dottorato in Architettura – Teorie e Progetto, Università degli studi di Roma. Rel. A. Saggio

Di Gioia A., 2020, *Riprogettare l'Antropocene* in *Newsmagazine*, n.108/dicembre 2020 - gennaio 2021

Dini R., Girodo S., 2017, *Abitare il rischio: dissesto idrogeologico e progetto del territorio alpino* in *Urbanistica e/è azione pubblica la responsabilità della proposta*, XX Conferenza Nazionale SIU, Roma

Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali ARPA Piemonte, 2020, *Eventi Alluvionali in Piemonte: Evento del 2-3 Ottobre 2020*

Ferraris P., (a cura di, 2008), *Indirizzi per la gestione dei boschi ripari, montani e collinari*, IPLA S.p.a

Forni A., Ghilotti M., 2013, *Costruire in montagna, dove sono i limiti?* in *turrisbabel* n.92

Lamunière I., 2006, *Habiter la menace*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne

Ligato D., (a cura di, 2002), *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*, APAT, Manuali e linee guida 10/2002

Ligi G., 2009, *Antropologia dei disastri*, Editori Laterza, Roma-Bari

Mamino L., 2017, *Condurre l'acqua. Difendersi e servirsene*, in *ArchAlp*, n.13, IAM, Centro di Ricerca Istituto Architettura Montana

Mandarino A., 2020, *Gestione fluviale fuori scala* in *Newsmagazine*, n.108/dicembre 2020 - gennaio 2021

Mattogno C., 2012, *Territori fragili. La cura come pratica di progetto*, in *Tafer Journal*, n.50

Mazzucco E., 2018, *Alluvioni e instabilità idrogeologica: progetto di moduli abitativi galleggianti ad alte prestazioni energetiche*, Politecnico di Torino, tesi in Architettura per il Progetto Sostenibile. Rel. O. De Paoli. Co-rel. M. Corrado

Motta R., 2020, *Il bosco che frena le acque* in *Newsmagazine*, n.108/dicembre 2020 - gennaio 2021

Navarra M., 2017, *Terre Fragili, Architettura e Catastrofe*, L. Adamo (a cura di), LetteraVentidue, Siracusa

Pastorelli F., 2020, *Eventi climatici estremi: urge potenziare le strategie di adattamento* in *Newsmagazine*, n.108/dicembre 2020 - gennaio 2021

Pitzalis S., 2012, *Lineamenti di antropologia del disastro. Un inquadramento teorico e alcune riflessioni dallo Sri Lanka al Modenese*. Dottorato in Storia, Università di Bologna. Rel. A. Destro

Prominski M., Stokman A., Zeller S., Voermanek H., Stimberg D., 2012 *River, space, design: Planning Strategies, Methods and Projects for Urban Streams*, Birkhauser

Ravagnati C., 2008, *Dimenticare la città. Pratiche analitiche e costruzioni teoriche per una prospettiva geografica dell'architettura*, FrancoAngeli Editore, Milano

Ravagnati C., 2012, *L'invenzione del territorio. L'atlante inedito di Saverio Muratori*, FrancoAngeli Editore, Milano

Rossi A., 1966, *L'architettura della città*, Quodlibet Macerata

Saggio A., 2007, *Introduzione alla rivoluzione informatica in architettura*, Roma, Carocci

Teti V., 2018, *Il sentimento dei luoghi, tra nostalgia e futuro* in *Riabitare l'Italia. Le aree interne tra abbandoni e riconquiste*, Donizzelli Editore, Roma

Zucchetti M., *I cambiamenti climatici sono dovuti alle emissioni di origine antropica*, Arcaweb Polito

SITOGRAFIA

Davoli E. M., 2018, *Il senso di colpa nell'architettura contemporanea*, (<http://www.faredecorazione.it/?p=9985>)

Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale, 2018, *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio* (https://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/rapporti/rapporto-dissesto-idrogeologico/Rapporto_Dissesto_Idrogeologico_ISPRA_287_2018_Web.pdf)

Legambiente, 2020, *Il clima è già cambiato: la mappa di 10 anni di impatti nel territorio italiano, le nuove politiche da accelerare con il Recovery Plan* (https://cittaclima.it/wp-content/uploads/2020/11/CC_Rapporto_2020-def.pdf)

Manigrasso M., 2020, *Sulla città adattiva e oltre* (<https://www.pagina21.eu/sulla-citta-adattiva-e-oltre/michele-manigrasso/>)

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 2020, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici edizione 2020* (https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/07/Estratto_Rapporto_consumo_di_suolo_2020-1.pdf)

<https://www.treccani.it/>

www.egramma.it

<https://divisare.com/>

<http://www.dislivelli.eu/blog/newsletter>

<http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/meteo-idro/descrizione>

<https://www.enea.it>

<https://www.cred.be/>

<https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati>

<https://www.arpa.piemonte.it>

<https://www.legambiente.it>

<https://www.localteam.it>

http://www.regione.piemonte.it/foreste/images/files/pubblicazioni/manuale_ingegneria_nat.pdf

<https://it.scribd.com>

<https://ledodiciquerce.it/ingegneria-naturalistica/>

<https://torino.repubblica.it>

<https://geoportale.sportellounicodigitale.it>

<https://limone-on.com/percorsi-panoramici/>

<https://www.vermenagna-roya.eu/it/patrimonio/via-romana/>

198

<http://www.architettura-old.unicampania.it/docenti/areaprivata/314/documenti/CORBOZ-ILL-TERRITORIO-COME-PALINSESTO.pdf>

<https://recycleitaly.net/tag/territori-fragili/>

<http://www.dolomiticontemporanee.net/>

<https://wsimag.com/it/architettura-e-design/>

<https://journals.openedition.org/rga/1967>

