

# **POLITECNICO DI TORINO**

**Corso di Laurea Magistrale  
in Pianificazione Territoriale, Urbanistica e Paesaggistico Ambientale**

**Tesi di Laurea Magistrale**

## **PROPOSTE METODOLOGICHE PER UN REGOLAMENTO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA NEL TERRITORIO TORINESE**



Relatore

Prof. Ing. Stefano Ferrari

Candidato

dott. Marco Pastorello

**Anno Accademico 2018/2019**

## Indice

1	Introduzione .....	4
1.1	Premessa .....	4
1.2	Focus e obiettivi della ricerca .....	5
1.3	Impostazione della tesi .....	6
2	Inquadramento normativo .....	7
2.1	Livello europeo .....	7
2.1.1	Direttiva 2000/60/CE .....	8
2.1.2	Direttiva 2007/60/CE .....	10
2.2	Livello nazionale .....	11
2.2.1	Decreto legislativo 152/2006, “Norme in materia ambientale” .....	13
2.2.2	Decreto legislativo 49/2010, recepimento della 2007/60/CE .....	15
2.3	Livello interregionale relativo al Distretto Idrografico Padano .....	16
2.3.1	Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po .....	17
2.3.2	Piano di Gestione del rischio di alluvioni .....	22
3	Applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica a livello regionale: esempio della Regione Lombardia .....	30
3.1	Normativa Lombarda .....	30
3.1.1	Legge regionale 12/2005 .....	30
3.1.2	Revisione della Legge regionale nel 2016 .....	31
3.2	Definizione di “Principio di Invarianza Idraulica e Idrologica” .....	32
3.3	Regolamento regionale 7/2017 Lombardia .....	34
3.4	Alcune considerazioni sul Regolamento Regionale 7/2017 .....	52
4	Proposte metodologiche per l’applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica nella Regione Piemonte. ....	53
4.1	DS6 del PTC2 della Città metropolitana di Torino .....	53
4.2	Il Curve number .....	56
4.2.1	Il metodo SCS - CN .....	56
4.3	Applicazione del Curve Number in Piemonte .....	64
4.3.1	La Litologia e i “Tipi idrologici” di suolo in Piemonte .....	65
4.3.2	Scenari ipotetici di applicazione .....	74
4.3.3	Assegnazione del CN .....	79

4.4 Applicazione del Curve Number nel torinese .....	88
4.3.1 La Litologia e i “Tipi idrologici” di suolo a Torino .....	89
4.3.2 Scenari ipotetici di applicazione .....	92
4.3.3 Assegnazione del CN .....	95
5 Descrizione dei dati presenti sul CD .....	99
6 Conclusioni .....	105
Bibliografia .....	108

# 1 Introduzione

## 1.1 Premessa

Negli ultimi anni è cresciuta la consapevolezza che l'acqua riveste particolare importanza per la vita, per gli ecosistemi naturali e per l'economia<sup>1</sup>, considerata anche un elemento centrale per la regolazione del clima e quindi particolarmente *vulnerabile*<sup>2</sup> ai cambiamenti climatici. Nonostante la risorsa idrica si rinnovi naturalmente in maniera costante, non è disponibile in quantità illimitata ed è un bene irriproducibile<sup>3</sup>.

Nei primi anni 2000, in Europa, il crescente bisogno di una gestione integrata e di tutela delle acque, intesa come una strategia che sfrutti le sinergie, le potenzialità e i benefici comuni di tutti i provvedimenti in materia idrica, ha portato l'emanazione di due direttive di riferimento: 2000/60/CE, nota come "Direttiva Quadro Acque" e 2007/60/CE, nota come "Direttiva Alluvioni" (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2016).

La Direttiva Quadro Acque ha come obiettivo quello di raggiungere lo stato ecologico e chimico "buono" per tutte le acque della Unione europea, perseguendo azioni che prevengano e riducano l'inquinamento, promuovano un utilizzo sostenibile dell'acqua, proteggano l'ambiente e migliorino le condizioni degli ecosistemi acquatici e la mitigazione delle inondazioni e la siccità. Lo strumento di pianificazione per raggiungere questi obiettivi è il Piano di gestione di distretto idrografico.

La Direttiva Alluvioni ha invece come obiettivo la gestione delle alluvioni, definite come "*fenomeni naturali che è impossibile impedire*"<sup>4</sup>, avviando strategie per la riduzione degli impatti potenziali negativi delle stesse alluvioni sul territorio. Per perseguire queste strategie ogni bacino idrografico si dota di un Piano di gestione del rischio alluvioni, che si affianca in maniera complementare al Piano di distretto idrografico per la gestione integrata delle risorse idriche. Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) mette in atto le strategie della rispettiva Direttiva attraverso misure strutturali e non strutturali, per le aree più soggette a rischio idrogeologico.

---

<sup>1</sup> L'acqua viene usata, oltre che per usi civici, anche per l'agricoltura, la produzione energetica l'industria manifatturiera, la pesca commerciale, i trasporti e il turismo (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2016).

<sup>2</sup> Il concetto di "vulnerabilità", di cui si tratterà nel primo capitolo della tesi, viene di base concettualmente definito dall'UNISDR per la promozione di una comprensione sull'argomento da parte del pubblico, delle autorità e dei professionisti, insieme ad altri concetti ad esso legati, come "pericolo" e "rischio".

**Pericolo** (*hazard* in inglese): "un processo, fenomeno o un'attività umana che può provocare perdita della vita, lesioni o altri impatti alla salute, danno alle proprietà, disgregazione sociale e economica o danno ambientale";

**Rischio**: "la potenziale perdita della vita, lesione o distruzione o danneggiamento di beni che potrebbe accadere ad un sistema, società o comunità in uno specifico periodo di tempo, determinata dalla combinazione del pericolo, l'esposizione e la vulnerabilità";

**Vulnerabilità**: "sensibilità di un individuo o di una comunità, bene o sistema agli effetti di un pericolo".

<sup>3</sup> La riserva maggiore di acqua dolce nel mondo è costituita al 97% dalle acque sotterranee (esclusi i ghiacciai e le calotte polari). Il restante 3% è composto da acque superficiali (laghi, fiumi e zone umide) e dall'umidità del suolo (Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2016).

<sup>4</sup> Direttiva 2007/60/CE, Preambolo 2.

Tradizionalmente, si è cercato di fare fronte al rischio alluvioni con misure strutturali, ovvero opere di regolazione e protezione delle aree inondabili adiacenti ai corsi d'acqua, con un approccio basato sulla capacità di resistenza. Le misure strutturali, oltre a non essere sempre risolutive o fattibili, quando realizzate assumono, in prospettiva futura, un elemento di debolezza: le opere realizzate adottano come parametri di progetto i valori di portata derivanti da analisi statistiche degli eventi più estremi, che si supponeva sarebbero rimaste costanti nel corso degli anni successivi. Al contrario questi stessi valori sono oggi oggetto di incertezza in ragione dei cambiamenti climatici in corso. Pertanto, le misure strutturali basate sulla resistenza, se è stato possibile realizzarle, saranno potenzialmente inefficaci, al meno in parte, in futuro.

Le soluzioni per fronteggiare le alluvioni attraverso misure non strutturali oggi tendono ad utilizzare un approccio “resiliente” (Liao, 2012). Il termine *resilienza* in passato è stato usato in campi relativi all'ecologia, definita come la capacità di un sistema di rispondere ad un disturbo (Holling, 1973; Berkes, 2007). Nell'ambito della gestione del rischio alluvioni il “disturbo” si identifica con le onde di piena che minacciano il sistema, compromettendo il suo equilibrio e il concetto di resilienza si può declinare come “*la capacità di un sistema di riprendersi dalle alluvioni*” (de Bruijn, 2005, p.2).

Nel dibattito internazionale la resilienza assume un peso sempre maggiore, in relazione al fatto che il cambiamento climatico sembra inevitabile e la mitigazione<sup>5</sup> dei suoi effetti è difficile da raggiungere. Perseguire politiche resilienti, invece, significa intraprendere azioni che danno per assunto l'imprevedibilità e l'incertezza degli eventi futuri e i loro effetti, e abbiano come fine l'adattamento dei sistemi al cambiamento climatico (Pellizzoni, 2017). L'adattamento è “*un processo attraverso cui le società migliora la sua abilità a far fronte ad un futuro incerto*”<sup>6</sup> e implica l'impiego di misure appropriate per adeguarsi al cambiamento. Queste misure, legate al concetto di resilienza per consentire l'adattamento, hanno il principale obiettivo di ridurre la vulnerabilità dei sistemi agli impatti negativi dei cambiamenti climatici (UNFCCC<sup>7</sup>, 2007).

Le strategie che hanno lo scopo di ridurre la vulnerabilità e anche l'esposizione al rischio, sono inerenti alla politica improntata sulla prevenzione, mettendo da parte, ma non trascurando del tutto, quelle precedenti per la riduzione della pericolosità, focalizzate su interventi di protezione.

## 1.2 Focus e obiettivi della ricerca

Nell'ambito della gestione del rischio alluvioni le misure non strutturali sono la piena espressione della volontà di riduzione della vulnerabilità, promuovendo il potenziamento della capacità di laminazione nelle aree perfluviali, il miglioramento della capacità di ritenzione delle acque e le regole di invarianza idraulica e idrologica<sup>8</sup>. A livello nazionale italiano il recepimento degli indirizzi forniti dall'Unione Europea risulta tuttavia ancora incompleto e

---

<sup>5</sup> La mitigazione ha come obiettivo quello di cercare di stabilizzare il clima attingendo da teorie dell'equilibrio, della pianificazione e della prevenzione, concetti legati all'ambito della sostenibilità (Pellizzoni, 2017)

<sup>6</sup> Il testo originale, tratto dalla “United Nations Framework Convention on Climate Change” del 2007, p.10, è: “*Adaptation is a process through which societies make themselves better able to cope with an uncertain future*”.

<sup>7</sup> United Nations Framework Convention on Climate Change.

<sup>8</sup> In base a quanto prescritto dalla Direttiva Alluvioni nell'articolo 7.3.

riscontriamo solo alcuni casi regionali che hanno concretamente applicato le regole di invarianza idraulica e idrologica per una strategia di gestione sostenibile dei deflussi meteorici. Gli obiettivi della ricerca di questa tesi saranno:

- Delineare il quadro normativo di riferimento per comprendere e definire cosa si intende per invarianza idraulica e idrologica;
- Comprendere come il concetto di invarianza idraulica e idrologica è stata applicata in alcune regioni del Distretto Idrografico Padano;
- Avanzare, in base ai punti precedenti, delle proposte metodologico per la applicazione dell'invarianza idraulica e idrologica nel territorio torinese.

### 1.3 Impostazione della tesi

In base agli obiettivi precedentemente definiti, questa la tesi si suddivide in tre parti.

La prima parte consiste in un inquadramento legislativo relativo alla gestione della qualità idrica e il rischio di alluvioni, spaziando tra tutti i livelli di pianificazione, dalle direttive europee, passando per il recepimento nazionale, fino ad arrivare fino ad arrivare al livello interregionale di autorità di bacino del distretto Padano.

La seconda parte analizza l'approccio che la regione Lombardia ha adottato nel trattare tale principio, essendo infatti l'unica a tradurre la normativa regionale<sup>9</sup> di riferimento in un regolamento dettagliato per consentirne l'applicazione sul suo territorio.

La terza ed ultima parte invece tratterà nello specifico del Piemonte, che al momento risulta sprovvisto di una normativa a livello regionale inerente al principio di invarianza idraulica e idrologica, ma che, a livello di Città Metropolitana<sup>10</sup> di Torino, presenta delle linee guida nel documento DS6<sup>11</sup> "Norme in materia di difesa del suolo", per una sua possibile applicazione nelle trasformazioni che modificano la permeabilità del suolo. Tale documento, mancando sia di coerenza normativa che di una metodologia dettagliata, si ritiene inefficace per lo scopo preposto e pertanto dovrebbe essere sostituito con una codificazione a livello regionale e tradotto in un regolamento che ne garantisca l'applicazione nel territorio.

Questo lavoro di tesi non ambisce a scrivere una normativa regionale o un regolamento definitivo, che si può mettere direttamente sul territorio di riferimento, ma fornisce degli spunti di riflessione su come il principio di invarianza idraulica e idrologica debba essere trattato se lo si vuole applicare.

---

<sup>9</sup> La legge regionale 12 del 2005 che disciplina il governo del territorio lombardo ha subito negli anni seguenti integrazioni, modifiche e revisioni. Per l'ambito di questa ricerca si fa riferimento all'introduzione dell'articolo 58 bis nella legge 12/2005 ad opera dell'articolo 7 della legge 4/2016 in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua, in cui vengono definiti i concetti di invarianza idraulica e idrologica e gli interventi edilizi a cui esso è applicato.

<sup>10</sup> L'ente "Città Metropolitana" viene istituito dalla legge Delrio (56/2014) come livello intermedio tra Regione e Comune, sostituendo quello della Provincia. Secondo la legge, le Città Metropolitane hanno come finalità quello di pianificare e coordinare a livello strategico i servizi, le infrastrutture, le relazioni istituzionali e le reti di comunicazione dei comuni ricadenti nell'area metropolitana di riferimento, promuovendo lo sviluppo economico e sociale del territorio.

<sup>11</sup> Il documento DS6 si trova nella sezione allegati del PTC2 del 2010: "Linee guida – Disposizioni tecnico – normative in materia di difesa del suolo".

## 2 Inquadramento normativo

Il principio dell'invarianza idraulica e idrologica, misura non strutturale prevista dal PGRA, nasce come risposta operativa alle raccomandazioni europee inerenti alla riduzione della vulnerabilità dei contesti urbani, attraverso l'aumento della capacità di ritenzione del suolo.

La soluzione al problema dell'aumento dei deflussi superficiali, causato dalla crescita frenetica ed incontrollata delle superfici urbanizzate di molte città negli ultimi decenni, non può essere però ricercata solo per via quantitativa. La moderna gestione delle acque meteoriche, infatti, integra la quantità alla qualità della risorsa idrica che negli ultimi anni è diventata sempre più scarsa, promuovendo politiche sostenibili di riutilizzo, garantendo un buono stato ecologico e chimico. Queste politiche di gestione integrata, intraprese a livello nazionale, interregionale e regionale, si basano sui principi dettati dalle direttive, emanate a livello europeo; pertanto esso costituisce il punto di partenza per delineare il percorso normativo a cui il principio dell'invarianza idraulica e idrologica è connesso.

### 2.1 Livello europeo

Negli anni '90 sono state emanate delle direttive inerenti al trattamento delle acque reflue urbane<sup>12</sup>, alla lotta contro l'inquinamento idrico prodotto da nitrati di origine agricola<sup>13</sup> e agli standard relativi all'acqua potabile, destinata quindi al consumo umano<sup>14</sup>. L'attuazione di queste direttive rappresenta una parte molto importante per il conseguimento degli obiettivi ambientali della Direttiva Acque del 2000, che cerca di superare gli approcci e gli strumenti settoriali, mettendo a sistema tutti gli ambiti che si occupano dell'uso della risorsa, istituendo il Piano di gestione a livello di distretto idrografico.

La Direttiva Acque è stata poi implementata negli anni successivi con la Direttiva 2006/7/CE relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione<sup>15</sup>, la Direttiva 2006/118/CE che istituisce misure specifiche per prevenire e controllare l'inquinamento delle acque sotterranee, introducendo criteri per valutarne il "buono stato" chimico e la Direttiva 2013/39/CE, che amplia l'elenco delle sostanze chimiche che presentano un rischio significativo per l'ambiente acquatico, stabilendo priorità di intervento per il loro monitoraggio nelle acque superficiali.

Nel 2007 è stata poi emanata la Direttiva Alluvioni, introducendo il PGRA a livello sempre di distretto idrografico, con lo scopo di *ridurre gli impatti negativi delle alluvioni sulla salute, l'economia e l'ambiente e favorire, dopo un intervento alluvionale, una tempestiva ricostruzione e valutazione post – evento* (PGRA, 2015, p.2).

Infine, nel 2008 troviamo la direttiva 2008/56/CE che costituisce una strategia per l'ambiente marino<sup>16</sup>.

---

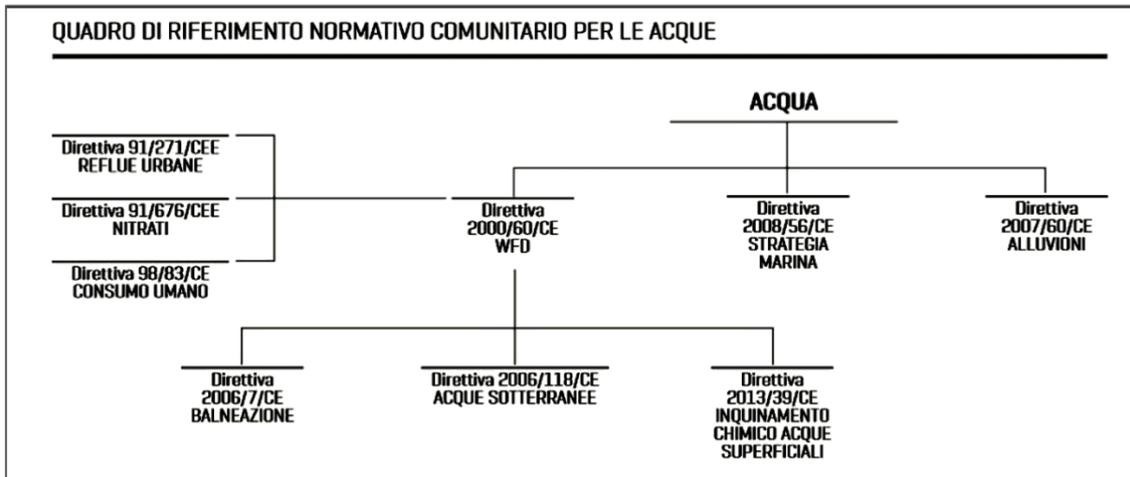
<sup>12</sup> Direttiva 91/271/CEE.

<sup>13</sup> Direttiva 91/676/CEE.

<sup>14</sup> Direttiva 98/83/CE.

<sup>15</sup> L'ambito di questa tesi sarà esclusivamente quello relativo alle acque fluviali, per cui tale Direttiva è stata inserita solo per fornire un quadro completo sull'argomento.

<sup>16</sup> Vedi nota 18.



*Figura 1- Quadro di riferimento normativo comunitario per le acque.  
Fonte: Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2016.*

Di seguito verranno approfondite le due principali direttive Acque e Alluvioni, che costituiscono il quadro normativo di riferimento per le politiche che hanno portato alla formulazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica, oggetto della presente tesi.

### 2.1.1 Direttiva 2000/60/CE

La Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE costituisce il principale riferimento normativo “*per la protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque costiere e sotterranee*” (Art. 1), al fine di prevenire il loro deterioramento qualitativo e quantitativo, migliorarne lo stato e agevolare un utilizzo sostenibile, mitigando gli effetti delle inondazioni e della siccità. Tale Direttiva costituisce il principale punto di riferimento a livello comunitario in materia di tutela delle acque e ha come strumento operativo il Piano di gestione, visto come “*piano dei piani*” (ISPRA, 2013, p.32), poiché mette insieme tutti i piani settoriali che fino a quel momento si erano occupati di gestire questa risorsa limitandosi alla loro distribuzione e trattamento.

La Direttiva Acque, nello specifico, fissa i seguenti obiettivi<sup>17</sup>:

- Ampliare la protezione delle acque, sia superficiali che sotterranee;
- Raggiungere lo stato di “buono” per tutte le acque comunitarie entro il 31 dicembre 2015;
- Gestire le risorse idriche in base al distretto idrografico di appartenenza, anche se esso si estende sul territorio di più Stati Membri;
- Intraprendere un'azione unica per stabilire i limiti delle emissioni e standard di qualità;
- Dare ai servizi idrici il giusto prezzo, in base al loro costo reale in termini economici;
- Assicurare la partecipazione dei cittadini nelle scelte adottate in materia.

<sup>17</sup> Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare ha effettuato nel proprio sito un focus sugli obiettivi specifici stabiliti dalla Direttiva Acque ([www.minambiente.it/direttive/direttive-acque](http://www.minambiente.it/direttive/direttive-acque)).

Per il raggiungimento degli obiettivi preposti, la Direttiva Acque si dota, come accennato precedentemente, di un Piano di Gestione da predisporre per ogni distretto idrografico, compreso nel territorio nazionale di ogni Stato Membro, entro nove anni dalla pubblicazione della direttiva. Il Piano di Gestione di ogni distretto viene integrato da programmi e piani più dettagliati per i sottobacini, i settori, aree particolarmente problematiche, al fine di coordinare e gestire al meglio ogni singolo aspetto delle risorse idriche.

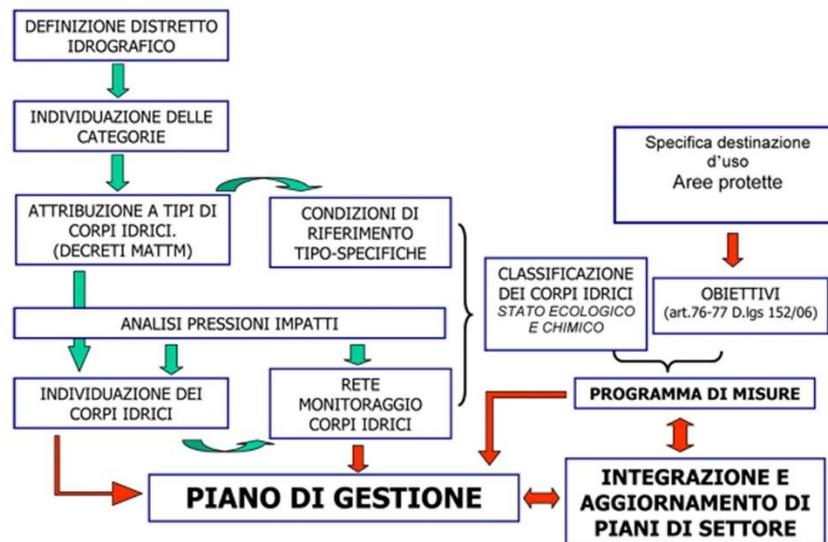


Figura 2- Percorso logico di elaborazione per un Piano di Gestione.

Fonte: <https://www.minambiente.it/direttive/aspetti-general>

Nell'allegato VII della Direttiva Acque è descritto il contenuto che i Piani di Gestione dei bacini idrografici<sup>18</sup> devono avere:

- La descrizione generale delle caratteristiche del distretto idrografico<sup>19</sup>, definendo il perimetro delle acque superficiali e sotterranee e le loro caratteristiche mediante apposita cartografia;
- La stima delle pressioni e degli impatti significativi esercitati dalle attività antropiche sulle condizioni delle acque superficiali e sotterranee, che possono essere fonti puntuali o diffuse;
- L'elenco delle aree protette<sup>20</sup> e la loro rappresentazione cartografica;
- La mappa delle reti di monitoraggio e la cartografia relativa ai programmi di monitoraggio già effettuati a norma delle disposizioni fornite dalla Direttiva Acque<sup>21</sup>;
- L'elenco degli obiettivi ambientali<sup>22</sup> per tutti i corpi idrici;

<sup>18</sup> Il "bacino idrografico" è l'unità amministrativa minima di riferimento per la pianificazione in materia di acque. I bacini aggregati tra loro formano il "distretto idrografico".

<sup>19</sup> A norma dell'articolo 5 e dell'allegato II della 2000/60/CE.

<sup>20</sup> Ai fini dell'articolo 6 e dell'allegato IV della 2000/60/CE.

<sup>21</sup> A norma dell'articolo 8 e dell'allegato V della 2000/60/CE.

<sup>22</sup> Gli obiettivi ambientali sono fissati a norma dell'articolo 4 della 2000/60/CE per acque superficiali, acque sotterranee e aree protette.

- La sintesi dell'analisi economica<sup>23</sup> sull'utilizzo idrico;
- La sintesi dei programmi di misure adottate<sup>24</sup>, compresi quelli di maggior dettaglio per i sottobacini o per problematiche più specifiche;
- L'elenco delle autorità competenti<sup>25</sup> e le procedure per ottenere le informazioni di base.

### 2.1.2 Direttiva 2007/60/CE

La Direttiva 2007/60/CE, nota come “Direttiva Alluvioni”, istituisce un “*quadro per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni, volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni all'interno della Comunità*” (Art. 1). Essa, in accordo con i principi europei dettati dalla Direttiva 2000/60/CE per la gestione dei bacini idrografici, promuove un approccio specifico per la gestione dei rischi di alluvioni, per un'azione concreta in base alla quale tutti gli Stati Membri sono tenuti ad individuare e mappare tutte le aree a rischio di inondazioni, segnalando tutti gli elementi esposti a rischio in tali aree, adottando misure adeguate per ridurre tale rischio. La Direttiva Alluvioni, sulla scia della Direttiva Acque, si dota di un approccio partecipativo nel processo di pianificazione, mediante l'impiego di strumenti idonei all'informazione e alla consultazione.

Sulla base delle informazioni disponibili, ogni Stato Membro si avvicina alla gestione del rischio di alluvioni effettuando una valutazione preliminare<sup>26</sup> che deve comprendere almeno delle mappe in scala appropriata del distretto idrografico e dei sottobacini di cui si compone, una descrizione delle alluvioni particolarmente rilevanti, che hanno causato ingenti perdite di vite umane, conseguenze gravi per l'ambiente, danni al patrimonio culturale e le attività economiche, avvenute in passato e infine, in base alle esigenze specifiche degli Stati membri, una valutazione delle potenziali alluvioni future.

La Direttiva disciplina, inoltre, la redazione di mappe della pericolosità e mappe del rischio di alluvioni<sup>27</sup>, predisposte dagli Stati membri<sup>28</sup>, a livello di distretto idrografico.

Le mappe della pericolosità da alluvione contengono la perimetrazione delle aree interessate da alluvioni secondo tre scenari:

- Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi;
- Media probabilità di alluvioni (con un tempo di ritorno probabile maggiore di cento anni);
- Elevata probabilità di alluvioni, se opportuno.

Per ciascuno degli scenari appena descritti è necessario indicare la portata della piena, la profondità delle acque e, se opportuno, la velocità del flusso di acqua considerato.

<sup>23</sup> A norma dell'articolo 5 e dell'allegato III della 2000/60/CE.

<sup>24</sup> A norma dell'articolo 11 della 2000/60/CE.

<sup>25</sup> Allegato I della 2000/60/CE.

<sup>26</sup> Capo II della 2007/60/CE.

<sup>27</sup> Al capo III della Direttiva 2007/60/CE sono elencati i criteri per la redazione delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvioni.

<sup>28</sup> Secondo l'articolo 6 della Direttiva 2007/60/CE comma 2 se un distretto ricade nei confini amministrativi di più Stati membri, essi devono effettuare uno scambio di informazioni preliminari prima dell'elaborazione delle mappe di pericolosità e le del rischio di alluvioni.

Le mappe del rischio alluvioni, invece, riportano le potenziali conseguenze negative derivate dalle alluvioni relativi agli scenari precedentemente definiti, individuando come macrocategorie:

- Il numero approssimato degli abitanti interessati al rischio;
- Le attività economiche presenti nell'area potenzialmente a rischio;
- Gli impianti che potrebbero provocare accidentalmente il rilascio di sostanze inquinanti in caso di alluvione;
- L'elenco delle aree, a discrezione degli Stati membri, che possono essere soggette ad un elevato volume di trasporto solido e colate detritiche.

Le mappe forniscono una base per i piani di gestione del rischio di alluvioni coordinati a livello di distretto idrografico o unità di gestione<sup>29</sup> che contengono gli obiettivi definiti dagli Stati membri ponendo l'accento sulla riduzione delle conseguenze negative dell'inondazione e sulle iniziative rivolte alla predisposizione di misure non strutturali e/o sulla riduzione della probabilità di inondazione. I piani di gestione del rischio di alluvioni riguardano tutti gli aspetti connessi al rischio, in particolare la prevenzione, la protezione e la preparazione, compresi i sistemi di allertamento. In linea con il principio di solidarietà, tali piani non includono misure che provochino, a causa del loro forte impatto, rischio di alluvioni a monte o a valle di paesi che insistono nello stesso distretto o nello stesso bacino.

Al fine di migliorare l'efficacia, lo scambio di informazione e mettere in sinergia gli obiettivi comuni<sup>30</sup> con la precedente Direttiva Acque, le mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni sono predisposte in modo che le informazioni da esse fornite siano coerenti con quelle, invece, pervenute dalla Direttiva 2000/60/CE. I piani gestione del rischio alluvione e i successivi riesami, sono coordinati con i piani di gestione dei bacini idrografici, ai quali possono essere integrati. Infine, per migliorare ulteriormente l'efficacia di tali strumenti, la Direttiva Alluvioni predispone che vengano messi a disposizione del pubblico la valutazione preliminare e le mappe di pericolosità e rischio alluvioni, in modo da incoraggiare la partecipazione al processo di pianificazione.

## 2.2 Livello nazionale

Le due direttive europee, Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE e Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, precedentemente analizzate, sono state recepite a livello nazionale rispettivamente dal Decreto legislativo del 2006, n. 152<sup>31</sup> e dal Decreto legislativo del 2010, n. 49.

Queste due direttive si inseriscono in un quadro normativo nazionale caratterizzato da un certo grado di complessità. La Legge 183/1989 si pone come spartiacque, segnando la rottura con l'approccio tradizionale precedente ad essa.

Prima della 183/89, l'ordinamento italiano in materia di difesa del suolo e delle acque, era caratterizzato da una serie di provvedimenti concernenti aspetti specifici, quali acque, la

---

<sup>29</sup> Articolo 3, paragrafo 2 della 2007/60/CE.

<sup>30</sup> Articolo 9 della Direttiva 2007/60/CE.

<sup>31</sup> Il D. lgs 152/2006 è stato redatto più in generale con lo scopo di riordinare e integrare le disposizioni legislative di tutti i settori ambientali, oltre che recepire la Direttiva Acque.

bonifica, l'igiene del suolo e degli abitanti, la difesa dagli inquinanti e opere idrauliche, tutti connotati da un forte ruolo dello Stato centrale e una logica settoriale.

La Legge n. 183 del 1989 *“Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”* usciva dal precedente approccio, costituito da specifiche attività slegate l'una dall'altra, perseguendo il fine di proteggere il suolo attraverso delle azioni coordinate e integrate fra loro, frutto di una cooperazione tra Stato e Regioni. La Legge rappresentava il primo tentativo di approccio integrato tra pianificazione, acqua e suolo, introducendo il Bacino Idrografico come ambito di riferimento e individuando come soggetto a carico della gestione le Autorità di Bacino. I bacini idrografici venivano suddivisi a seconda del grado di rilievo: nazionale, interregionale e regionale. Lo strumento di attuazione della legge era il Piano di Bacino, il quale assume *“valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato”*<sup>32</sup>. La procedura di formazione del Piano di Bacino<sup>33</sup> si può suddividere in quattro parti fortemente interconnesse tra loro:

- una prima parte conoscitiva, con gli elementi dell'ambiente fisico e le condizioni generali del rischio e una valutazione preventiva;
- gli indirizzi strategico/programmatici, con direttive e programmi per la difesa del suolo, l'uso delle acque e dei suoli;
- una parte operativa/programmatica, con opere e interventi necessari e la manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti;
- una parte normativa e prescrittiva, con vincoli e norme d'uso per la conservazione del suolo e la tutela dell'ambiente.

Alla fine degli anni '90, il verificarsi di una serie di eventi catastrofici ha portato la normativa italiana a focalizzarsi sulla necessità di prendere provvedimenti<sup>34</sup> per prevenire il rischio idrogeologico, cercando di accelerare le attività di pianificazione e programmazione in materia di difesa del suolo, da parte delle Autorità di Bacino, in modo da adottare i Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Per l'ambito oggetto di questa tesi, relativo al bacino del fiume Po, viene preso in considerazione il PAI adottato nel 1999 e approvato nel 2001, entro cui confluivano i precedenti Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF) e i Piano Straordinario (PS45) per le aree a rischio idrogeologico elevato, elaborati durante gli anni '90.

---

<sup>32</sup> Articolo 17 della Legge 183 del 1989.

<sup>33</sup> La procedura è stata modificata successivamente dalla Legge 493/1993, attraverso cui è stata introdotta la redazione del piano attraverso “stralci” relativi alle aree omogenee, funzionali all'elaborazione del Piano di Bacino.

<sup>34</sup> Nel 1998 viene emanato il Decreto-legge 180/1998, convertito nella Legge 267/1998 (Decreto Soverato), a sua volta modificata dal Decreto Legge 279/2000, convertito in Legge 365/2000.

## 2.2.1 Decreto legislativo 152/2006, “Norme in materia ambientale”

Il Decreto legislativo n. 152 del 2006 “Norme in materia ambientale”, è stato redatto al fine di integrare e riorganizzare le precedenti normative, emanate per ogni settore ambientale, oltre che avere come fine il recepimento della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE.

Nella parte terza vengono esplicitate le “*Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche*”, secondo le quali gli Enti preposti devono svolgere azioni di carattere conoscitivo, di programmazione e pianificazione degli interventi e la loro realizzazione. Il Decreto richiama in sostanza i contenuti della Legge 183/1989, prevedendo disposizioni per la tutela ed il risanamento idrogeologico del territorio, nelle sue due componenti di suolo e sottosuolo, con la messa in sicurezza delle situazioni a rischio e la prevenzione di fenomeni di dissesto.

La difesa del suolo viene definita come “*il complesso delle azioni ed attività riferibili alla tutela e salvaguardia del territorio, dei fiumi, dei canali e collettori, degli specchi lacuali, delle lagune, della fascia costiera, delle acque sotterranee, nonché del territorio a questi connessi, aventi le finalità di ridurre il rischio idraulico, stabilizzare i fenomeni di dissesto geologico, ottimizzare l'uso e la gestione del patrimonio idrico, valorizzare le caratteristiche ambientali e paesaggistiche collegate*”.

Il Decreto abolisce le Autorità di bacino<sup>35</sup> previste dalla Legge 183 del 1989, istituendo l’Autorità di bacino distrettuale, che di fatto esercita tutte le funzioni delle precedenti, elaborando il Piano di bacino distrettuale, in linea con gli obiettivi degli altri piani comunitari, nazionali, regionali e locali relativi alla difesa del suolo e alla tutela delle risorse idriche.

A seguito del recepimento della Direttiva Acque, il territorio nazionale viene suddiviso inizialmente in otto distretti idrografici. Successivamente la legge 221 del 2015 modifica i perimetri di tali distretti, escludendo quello pilota del Serchio, assimilandolo al Distretto idrografico dell’Appennino Settentrionale, riducendo il loro numero a sette:

- Distretto idrografico delle Alpi orientali;
- Distretto idrografico Padano;
- Distretto idrografico dell’Appennino settentrionale;
- Distretto idrografico dell’Appennino centrale;
- Distretto idrografico dell’Appennino meridionale;
- Distretto idrografico della Sardegna;
- Distretto idrografico della Sicilia.

In Figura 3, a pagina seguente, sono cartografati i sette Distretti Idrografici, a seguito della 221/2015.

Il Piano di bacino distrettuale ha valore di piano territoriale di settore, tramite cui sono pianificate e programmate azioni e norme d’uso al fine di preservare e difendere il suolo e garantire una corretta utilizzazione delle risorse idriche, in base alle caratteristiche ambientali e fisiche del territorio interessato. Esso contiene il quadro conoscitivo del sistema fisico e degli usi del suolo previsti dagli strumenti urbanistici intercomunali e comunali e i vincoli relativi al distretto; l’individuazione delle situazioni di degrado fisico e le relative cause; l’indicazione

---

<sup>35</sup> Articolo 63 del Decreto Legislativo 152/2006

delle opere necessarie per l'attuazione del piano; la programmazione e l'utilizzazione delle risorse idriche e le risorse finanziarie previste dalla legislazione vigente.



Figura 3- Mappa dei Distretti Idrografici in Italia dopo la L. 221/2015.

Fonte: <https://www.cirf.org/it/distretti-idrografici/>

Nel Decreto vengono anche esplicitati gli obiettivi relativi alla qualità ambientale<sup>36</sup>, fissando i requisiti minimi di qualità per i corpi idrici, da garantire per tutto il territorio nazionale. La qualità ambientale viene perseguita in funzione della capacità dei corpi idrici di mantenere i processi naturali di autodepurazione e di supporto alle comunità vegetali e animali ben diversificate. In linea con i principi comunitari, fissati dalla Direttiva Acque, il Piano di tutela

<sup>36</sup> Titolo II del Decreto legislativo 152/2006.

delle acque<sup>37</sup> si dota di misure atte a mantenere o conseguire entro il 22 dicembre del 2015 lo stato di “buono” per tutte le acque superficiali e sotterranee del territorio nazionale<sup>38</sup>.

Nella parte relativa alla “*tutela qualitativa della risorsa: disciplina degli scarichi*”<sup>39</sup> il Decreto stabilisce che gli agglomerati con un numero superiore a 2000 abitanti devono essere dotati di reti fognarie per le acque reflue urbane, da progettare e costruire tenendo conto della portata media, del volume annuo e delle caratteristiche di tali acque, della prevenzione di fenomeni di rigurgito della stessa rete fognaria e della limitazione delle sostanze che potrebbero inquinare i recettori.

Gli strumenti necessari alla tutela delle acque, stabiliti dal Decreto, sono i Piani di Gestione<sup>40</sup> e i Piani di Tutela delle acque<sup>41</sup>, che rappresentano l’articolazione interna in cui si articola il Piano di bacino distrettuale.

## 2.2.2 Decreto legislativo 49/2010, recepimento della 2007/60/CE

Il Decreto legislativo 49/2010, “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”, ha lo scopo di recepire la Direttiva Alluvioni a livello nazionale, definendo le competenze delle Autorità di bacino distrettuali, stabilite dal Decreto legislativo 152/2006, nell’ambito della gestione del rischio di alluvioni. A tali enti compete l’adozione dei Piani stralcio di distretto per l’assetto idrogeologico. Le regioni, in accordo tra loro e con il Dipartimento nazionale della protezione civile<sup>42</sup> predispongono e attuano il sistema di allertamento nazionale, per il distretto idrografico di riferimento per far fronte al rischio delle piene.

Il Decreto legislativo in sintesi prevede:

- La valutazione preliminare<sup>43</sup> del rischio di alluvioni, mediante l’utilizzo di carte tematiche del distretto idrografico, in scala appropriata, con limiti e confini amministrativi, l’uso del territorio, la descrizione di alluvioni che in passato hanno avuto notevoli conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l’ambiente, il patrimonio culturali e le attività economiche e sociali e le alluvioni non particolarmente critiche, ma che si potrebbero verificare in futuro.

---

<sup>37</sup> Articolo 121 del Decreto legislativo 152/2006.

<sup>38</sup> Nel caso in cui lo stato sia “elevato” mantenerlo.

<sup>39</sup> Articolo 100 del Decreto legislativo 152/2006.

<sup>40</sup> I Piani di gestione dei distretti idrografici sono riesaminati e aggiornati entro il 22 dicembre 2015 e, successivamente ogni sei anni.

<sup>41</sup> I Piani di tutela delle acque devono essere adottati dalle Regioni entro il 31 dicembre 2017.

<sup>42</sup> “Il Dipartimento della protezione civile è una struttura della Presidenza del Consiglio dei Ministri. Nasce nel 1982 per dotare il Paese di un organismo capace di mobilitare e coordinare tutte le risorse nazionali utili ad assicurare assistenza alla popolazione in caso di grave emergenza. Il drammatico ritardo dei soccorsi e all’assenza di coordinamento che avevano caratterizzato la gestione del terremoto in Irpinia del 1980 avevano, infatti, evidenziato la necessità di istituire una struttura che si occupasse in maniera permanente di protezione civile. Con la legge n. 225 del 1992 il Dipartimento diventa il punto di raccordo del Servizio Nazionale della protezione civile, con compiti di indirizzo, promozione e coordinamento dell’intero sistema. Il Dipartimento, operando in stretto accordo con le Regioni e le Province autonome, si occupa di tutte le attività volte alla prevenzione e alla prevenzione dei rischi, al soccorso e all’assistenza delle popolazioni colpite da calamità, al contrasto e al superamento dell’emergenza” ([www.protezionecivile.gov.it/dipartimento](http://www.protezionecivile.gov.it/dipartimento))

<sup>43</sup> Articolo 4 del Decreto Legislativo 49/2010, da effettuare entro il 22 settembre 2011.

- Mappe della pericolosità<sup>44</sup> da alluvione, contenenti la perimetrazione delle aree interessate da alluvioni, secondo i tre scenari previsti dalla Direttiva Alluvioni, con allegato l'estensione dell'inondazione e portata della piena, l'altezza idrica e la velocità del deflusso e le mappe del rischio di alluvioni<sup>45</sup>, indicanti le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, prendendo le macrocategorie del numero di abitanti interessati, le infrastrutture coinvolte, i beni ambientali, storici e culturali, le attività economiche, gli impianti che potrebbero rilasciare inquinanti e aree con elevato volume di trasporto solido.
- La redazione di Piani di Gestione del rischio di alluvione<sup>46</sup>, riguardanti gli aspetti di prevenzione, protezione, preparazione da alluvione e la previsione del fenomeno alluvionale. Comprendono pratiche sostenibili di uso del suolo, il miglioramento delle azioni di ritenzione delle acque e l'inondazione controllata in caso di fenomeno alluvionale. I Piani di gestione integrano le mappe di pericolosità e rischio di alluvioni, precedentemente definite.
- I riesami dei precedenti strumenti: la valutazione preliminare aggiornata entro il 22 settembre 2018 e successivamente ogni sei anni, le mappe della pericolosità da alluvione e del rischio di alluvioni aggiornate entro il 22 settembre 2019 e i Piani di gestione del rischio di alluvione entro il 22 settembre 2021 e successivamente ogni sei anni.

### 2.3 Livello interregionale relativo al Distretto Idrografico Padano

Il recepimento delle due Direttive europee Acqua e Alluvione a livello nazionale ha generato un processo di pianificazione che ha come ambito di riferimento il Distretto idrografico, come ente di riferimento l'Autorità di bacino distrettuale e come strumenti il Piano di gestione del distretto idrografico e il Piano di Gestione del Rischio di alluvioni. L'ambito del Distretto idrografico, comprendendo l'asta del fiume principale e i tributari, si estende in un territorio che spesso include più regioni, fatta eccezione per le due isole Sardegna e Sicilia.

Nell'ambito di ricerca di questa tesi verrà approfondito l'ambito relativo al Distretto Idrografico Padano, livello interregionale che comprende le regioni:

- Valle d'Aosta;
- Piemonte;
- Lombardia;
- Emilia – Romagna;
- Veneto, nella parte meridionale;
- Liguria, nella parte settentrionale;
- Provincia autonoma di Trento, nella parte occidentale.

Per essere efficace la pianificazione di distretto deve essere in grado di attivare in modo coordinato e concomitante più livelli di governo, predisponendo delle misure trasversali dal livello territoriale più ampio, fino ad arrivare a quello locale.

---

<sup>44</sup> Articolo 6 del Decreto Legislativo 49/2010, comma 2 e 3, da effettuare entro il 22 giugno 2013.

<sup>45</sup> Articolo 6 del Decreto Legislativo 49/2010, comma 5, da effettuare entro il 22 giugno 2013.

<sup>46</sup> Articolo 7 del Decreto Legislativo 49/2010, da effettuare entro il 22 dicembre 2015.

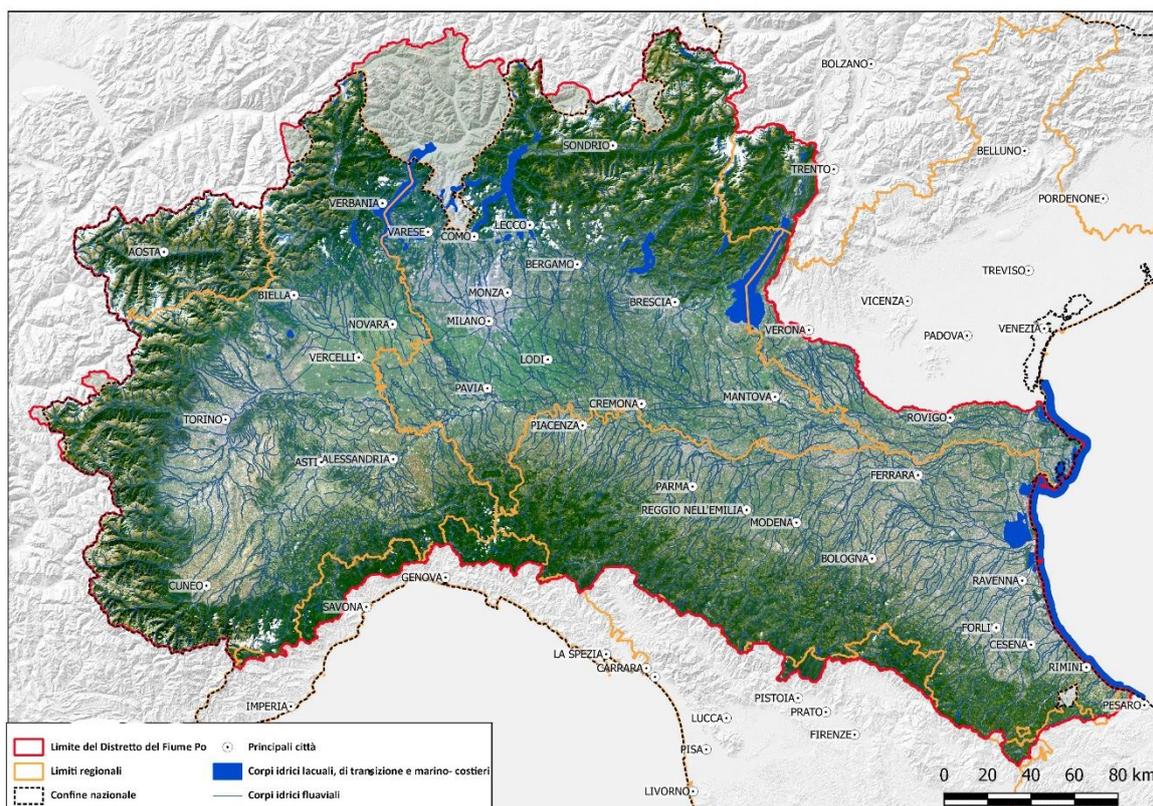


Figura 4 - Distretto idrografico del fiume Po.

Fonte: [https://www.adbpo.gov.it/wp-content/uploads/2018/10/Distretto\\_Satellite\\_hdr\\_03set2018\\_VestizSatDistretto.jpeg](https://www.adbpo.gov.it/wp-content/uploads/2018/10/Distretto_Satellite_hdr_03set2018_VestizSatDistretto.jpeg)

Di seguito vengono analizzati gli strumenti di pianificazione che l’Autorità di bacino distrettuale del fiume Po hanno predisposto per il distretto di riferimento.

### 2.3.1 Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po

Lo strumento attualmente vigente per la tutela delle risorse idriche per il distretto idrografico padano è il Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po (di seguito PdG) del 2015, che guida il secondo ciclo di pianificazione 2015 – 2021<sup>47</sup>. Il lavoro di redazione per tale piano è stato portato avanti in collaborazione con le Regioni, la Provincia Autonoma di Trento e il Sistema delle Agenzie Ambientali (ARPA<sup>48</sup> e APPA<sup>49</sup>) del distretto. Il PdG Po in alcuni punti tende a sovrapporsi con il Piano di Tutela delle acque, di competenza regionale e in questo caso deve essere adottato il principio di sussidiarietà verticale tra i diversi livelli di pianificazione. A prescindere delle amministrazioni e alla scala territoriale diversa, i livelli di pianificazione di distretto e regionale devono attuare strategie generali mirate al raggiungimento degli obiettivi ambientali della Direttiva Quadro Acque ai fini della tutela delle risorse idriche.

<sup>47</sup> Il primo ciclo di pianificazione, in adempimento alle scadenze fissate dalla Direttiva 2000/60/CE, è stato avviato nel 2009 fino al 2015. Il Primo Piano di Gestione è del 2010 ed è stato riesaminato nel 2012 e aveva avuto valenza fino alla chiusura del ciclo di pianificazione. Un anno prima della chiusura di tale ciclo è stato pubblicato il Progetto di Piano per il ciclo successivo, con scadenza per l’adozione fissata appunto nel 2015.

<sup>48</sup> L’ARPA è l’Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale.

<sup>49</sup> L’ANPA è l’Agenzia Nazionale per la Protezione Ambientale.

Gli obiettivi generali che il PdG Po sono quelli dettati dall'articolo 1 della Direttiva Quadro Acque, ed hanno lo scopo di impedire il deterioramento delle acque, proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici, terrestri e le zone umide, agevolare l'utilizzo idrico sostenibile, assicurare la riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee e contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

La verifica dei traguardi che i tre cicli di pianificazione<sup>50</sup> previsti e l'efficacia dei relativi programmi di misura è il raggiungimento dello stato di "buono" per tutti i corpi idrici del distretto.

Per tale verifica, il PdG Po 2015 contiene tutte le informazioni necessarie per la ricostruzione del quadro conoscitivo riguardante lo stato dei corpi idrici, definire e valutare le misure strutturali e non strutturali per contrastare il deterioramento della risorsa idrica.

Il PdG del 2015 è un riesame ed aggiornamento del Piano del 2010, e come tale integra gli elaborati dello strumento precedente. Anche la struttura resta coerente con quanto indicato dalla Direttiva Acque<sup>51</sup>:

- Elaborato 0, Relazione Generale, chiave di lettura dei contenuti del PdG Po 2015 e degli aggiornamenti del Piano precedente;
- Elaborato 1, Aggiornamento delle caratteristiche del distretto<sup>52</sup>, inerente alla classificazione dello stato dei corpi idrici del distretto padano;
- Elaborato 2, Sintesi e analisi delle pressioni e degli impatti significativi<sup>53</sup>, basandosi sul modello DPSIR<sup>54</sup>, approfondisce e integra le conoscenze del precedente piano, in linea con le linee guida per l'attuazione della Direttiva Acque;
- Elaborato 3, Registro delle aree protette<sup>55</sup>, aggiorna l'elaborato del Piano precedente;
- Elaborato 4, Mappa delle reti di monitoraggio e rappresentazione cartografica dello stato delle acque superficiali e delle acque sotterranee, fornisce la mappa delle reti per monitorare lo stato dei corpi idrici di cui all'Elaborato 1 del PdG Po 2015;

---

<sup>50</sup> "L'implementazione della Direttiva Quadro Acqua, per tutti gli Stati Membri europei, rappresenta un processo continuo e complesso, strutturato in 3 cicli sessennali di pianificazione (2009-2010, 2015-2021, 2021-2027), al termine di ciascuno dei quali è richiesta l'adozione di un Piano di Gestione distrettuale, che contenga una verifica dei risultati raggiunti e aggiornamento delle scelte attuate per poter trarre maggiore efficacia il ciclo successivo" (Relazione Generale del Piano di Gestione Acque, 2015).

<sup>51</sup> Allegato VII, parte A e parte B della Direttiva Quadro Acque.

<sup>52</sup> Contiene tre allegati: 1.1 Cambiamenti climatici nel distretto idrografico del fiume Po; 1.2 Carenza idrica e siccità nel distretto idrografico del fiume Po; 1.3 Informazioni ex art. 78-nonies del D.Lgs 172/2015. Quest'ultimo riguarda i monitoraggi delle sostanze prioritarie e la classificazione dello stato chimico dei corpi idrici.

<sup>53</sup> Contiene sei allegati: 2.1 Coefficienti di portata per addetto per categoria ISTAT per definire la significatività degli scarichi industriali; 2.2 Metodologia per l'analisi del surplus dell'azoto; 2.3 Schemi riepilogativi di riferimento per la definizione dei descrittori utilizzati per l'analisi delle pressioni e degli impatti; 2.4 Catalogo dei descrittori del distretto idrografico del fiume Po per l'attuazione della Direttiva 2000/60/CE; 2.5 Valutazione dei carichi di azoto, fosforo e silice nel fiume Po e nei suoi principali affluenti: contributo delle piene e problemi di stechiometria ecologica; 2.6 Relazione di accompagnamento al 1° Inventario del distretto idrografico del fiume Po ex art. 78ter del D. Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

<sup>54</sup> Il modello DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti e Risposte) è uno schema adottato dalla European Environmental Agency allo scopo di proporre un approccio integrato nei processi di reporting sullo stato dell'ambiente, a livello europeo e nazionale. Permette di rappresentare l'insieme degli elementi e delle relazioni che caratterizzano un qualsiasi tema o fenomeno ambientale, mettendolo in relazione con le politiche esercitate verso di esso (<http://sira.arpad.toscana.it/sira/sira/dpsir.html>).

<sup>55</sup> Contiene tre allegati: 3.1 Tabella per l'accesso alle relazioni regionali elaborate per le Aree protette; 3.2 Individuazione e valutazione delle interazioni tra i siti Natura 2000 e i corpi idrici del distretto padano; 3.3 Tabelle di sintesi dei dati di integrazione tra i corpi idrici superficiali e le aree di RN 2000.

- Elaborato 5, Elenco degli obiettivi ambientali fissati per acque superficiali ed acque sotterranee del distretto idrografico padano<sup>56</sup>, aggiornati rispetto al precedente Piano;
- Elaborato 6, Sintesi dell'analisi economica sull'utilizzo idrico<sup>57</sup>, fornisce un quadro di sintesi delle elaborazioni su dati reperiti attraverso le Regioni ai fini dell'attuazione del Piano;
- Elaborato 7, Programma di misure del PdG Po 2015<sup>58</sup>, relativo al II ciclo di pianificazione, strutturato in obiettivi specifici, temi e Pilastri di intervento;
- Elaborato 8, Repertorio dei Piani e Programmi relativi a sottobacini o settori e tematiche specifiche, riferimento per l'attuazione di quanto programmato per il PdG Po 2015;
- Elaborato 9, Sintesi delle misure adottate in materia di informazione e consultazione pubblica, con relativi risultati e eventuali conseguenti modifiche del Piano<sup>59</sup>, riepiloga tutte le attività intraprese ai fini dell'attuazione dell'art. 14 della DQA per il processo di riesame del PdG Po 2015 e per la VAS.
- Elaborato 10, Elenco autorità competenti, fornisce un aggiornamento del precedente Piano;
- Elaborato 11, Referenti e procedure per ottenere la documentazione e le informazioni di base di cui all'articolo 14, paragrafo 1 della Direttiva 2000/60/CE, fornisce un aggiornamento del precedente Piano;
- Elaborato 12, Repertorio delle informazioni a supporto del processo di riesame e aggiornamento del PdG Po 2015<sup>60</sup>, fornisce l'atlante cartografico del Piano, con informazioni e dati a supporto dell'elaborazione dei contenuti degli Elaborati di Piano;
- Elaborato 13, Percorso metodologico adottato per il riesame del secondo Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po, fornisce una descrizione sintetica del percorso metodologico adottato per il PdG Po 2015.

Il precedente Piano di Gestione del 2010, a causa del breve tempo a disposizione per la sua preparazione, si basava esclusivamente su conoscenze rese disponibili dai Piani di Tutela delle Regioni del distretto, integrate dalla tipizzazione dei corpi idrici per quanto riguarda le acque superficiali. Con il nuovo strumento del 2015 è stato possibile revisionare le reti di monitoraggio e tipizzare alcuni corpi idrici di pianura che il vecchio PdG non riportavano. Ad

---

<sup>56</sup> Contiene un allegato: 5.1 Applicazione dell'arti. 4, comma 7, della direttiva 2000/60/CE nel Piano di Gestione delle Acque del distretto idrografico del fiume Po, fornendo un primo elenco delle tipologie di intervento che sono state individuate come potenziali oggetto di deroghe ai sensi del comma 7 dell'art. 4 della DQA.

<sup>57</sup> Contiene tre allegati: 6.1 Caratterizzazione socioeconomica del distretto: dati di riferimento; 6.2 Canoni e sovra canoni per l'uso dell'acqua nel distretto del fiume Po. Sintesi del quadro normativo e ricostruzione storica degli importi; Servizio Idrico Integrato: dati di riferimento.

<sup>58</sup> Contiene cinque allegati: 7.1 Programmazione operativa per l'attuazione del Piano di gestione del distretto idrografico del fiume Po 2010; 7.2 Valutazione del rischio ambientale connesso alle derivazioni idriche; 7.4 Repertorio e database dei Programmi di misure distrettuale e regionali del PdG Po 2015; 7.5 Metodologia per la gap analysis del PdG Po 2015, per la valutazione ex ante dell'efficacia del Piano.

<sup>59</sup> Contiene sei allegati: 9.1 Mappa degli attori; 9.2 Forum di informazione pubblica: programma e documentazione presentata; 9.3 Partecipazione attiva: Focus group, ottobre 2014; 9.4 Consultazione: incontri di informazione pubblica sul Progetto di Piano di aprile – maggio 2015; 9.5 Sintesi ed esiti delle osservazioni pervenute per la fase di consultazione del Progetto di PdG Po 2015; 9.6 Sintesi ed esiti delle osservazioni pervenute per la fase di consultazione del Rapporto Ambientale VAS del PdG Po 2015.

<sup>60</sup> Contiene tre allegati: 12.1 Atlante cartografico del PdG Po 2015; 12.2 Repertorio e database delle informazioni di supporto per il riesame del PdG Po 2015; 12.3 Documentazione varia di riferimento per approfondimenti.

oggi, con i dati disponibili, è possibile classificare tutti i corpi idrici di transizione e marino costieri individuati, più del 90% dei corpi idrici fluviali e più del 60% dei corpi idrici lacustri.

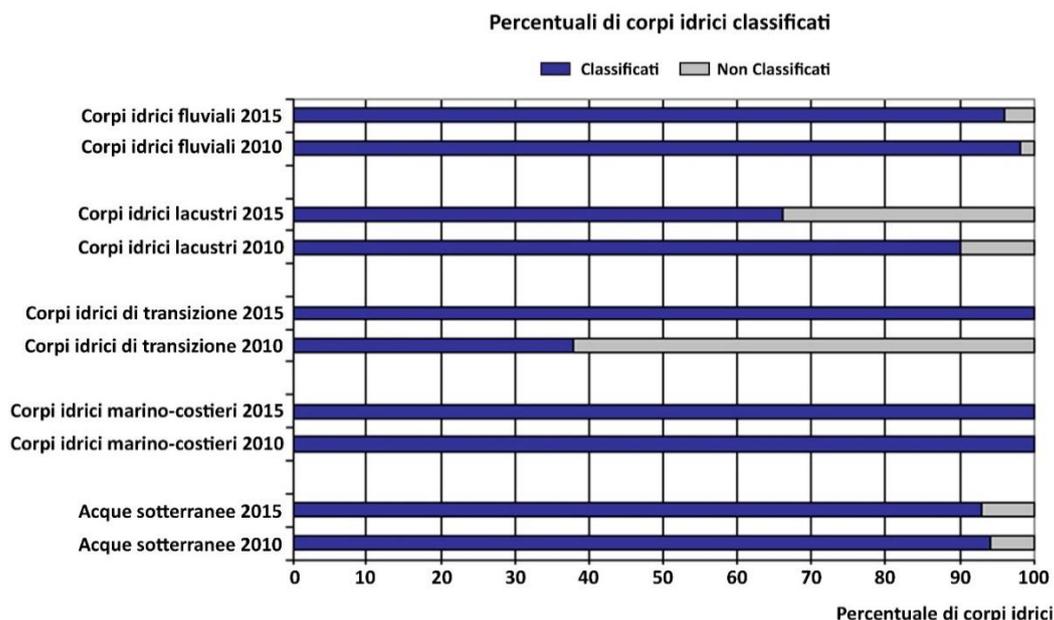


Figura 5 - Percentuale di corpi idrici superficiali e sotterranei classificati e confronto con i dati del PdG Po 2010.  
Fonte: Relazione generale del Piano di Gestione del fiume Po, 2015.

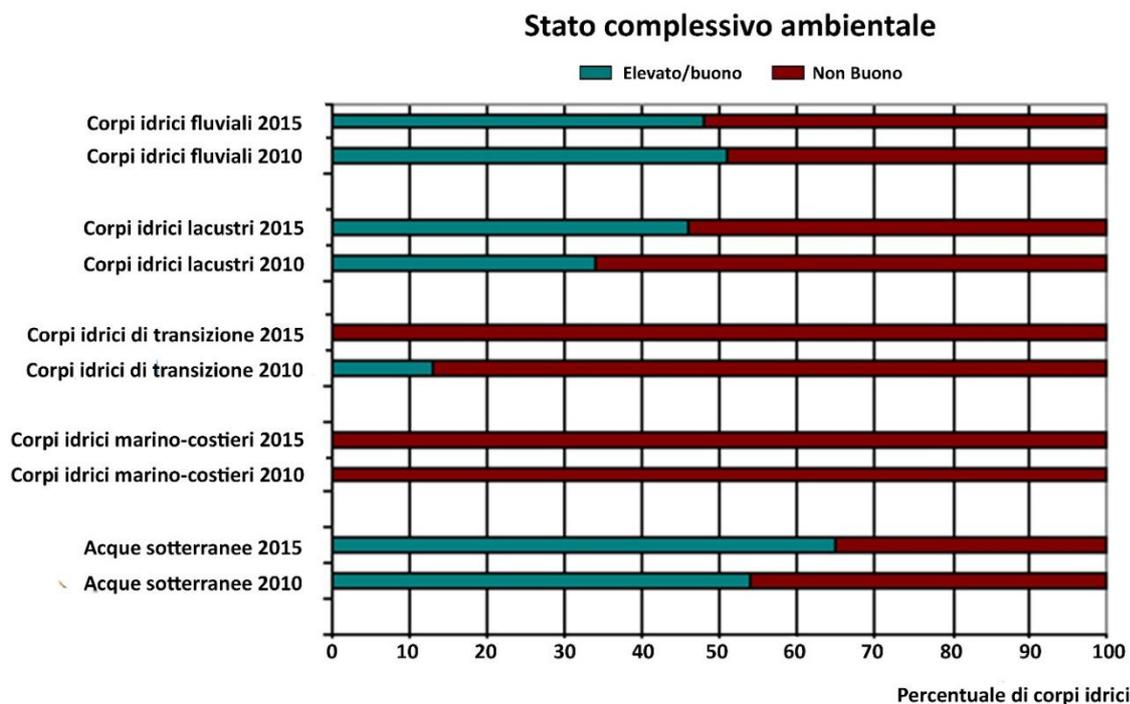


Figura 6 - Percentuale dei corpi idrici superficiali e sotterranei classificati che allo stato attuale sono in uno stato complessivo ambientale buono e non buono e confronto con i dati forniti nel PdG Po 2010.  
Fonte: Relazione generale del Piano di Gestione del fiume Po, 2015.

Una delle parti più importanti del riesame del PdG Po del 2015 è il confronto tra lo stato dei corpi idrici al 2010<sup>61</sup> e quello presentato dall'Elaborato 1 "Stato delle risorse idriche" del PdG vigente. Le differenze tra le percentuali dei corpi idrici superficiali classificate come "elevato/buono" ad oggi rispetto al precedente PdG è in parte dovuto ai nuovi metodi di classificazione e in parte dovuto all'aumento dei corpi idrici monitorati.

Le pressioni<sup>62</sup> che il PdG Po 2015 definisce come significative per un numero elevato di corpi idrici (maggiore di 300) sono:

- Pressione puntuale: scarichi acque reflue urbane;
- Pressione diffusa: dilavamento dei suoli agricoli;
- Altre pressioni: prelievi ad uso idroelettrico, modifiche della zona riparia/piana alluvionale/litorale dei corpi idrici.

Le pressioni derivate da trasporti e infrastrutture, dilavamento urbano, prelievo per uso agricolo e altro, alterazioni fisiche del canale/letto del corpo idrico per agricoltura ed altro e introduzione e presenza di specie alloctone e/o invasive sono state identificate significative per un numero di corpi idrici maggiore di 100.

Per ogni corpo idrico monitorato e classificato il PdG Po 2015 assegna un nuovo obiettivo oppure conferma quello del Piano precedente in base alle valutazioni effettuate con i nuovi criteri e mezzi a disposizione. Tali obiettivi sono poi stati raggruppati nell'Elaborato 5 "Elenco degli obiettivi ambientali fissati per acque superficiali e acque sotterranee del distretto idrografico padano", mentre per il riaggiornamento ci si rifà alle informazioni contenute nell'Elaborato 12 "Repertorio delle informazioni a supporto del processo di riesame e aggiornamento del PdG Po 2015" del Piano.

Le misure utilizzate dal PdG Po 2015 si articolano per temi e pilastri di intervento<sup>63</sup> che, come gli obiettivi generali e specifici, sono stati già fissati per il primo ciclo di pianificazione.

Per l'attuazione degli obiettivi e delle misure previste, l'Unione Europea ha stanziato dei fondi per la programmazione 2014-2020 al fine di avviare una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva. Per accedere a questi fondi, gli Stati Membri devono soddisfare dei requisiti ex ante: il recepimento di tutte le direttive europee relative al settore risorse idriche, per concentrare i fondi nello stesso settore; l'avvio di recupero dei costi dei servizi idrici secondo l'articolo 9 della Direttiva Quadro Acque e l'adozione di un Piano di Gestione di distretto conforme all'articolo 13 della Direttiva Quadro Acque nel distretto in cui avranno luogo gli investimenti.

Il distretto padano, ambito di questa tesi, soddisfa appieno questi criteri, fornendosi di adeguati strumenti per portare a termine gli obiettivi fissati a livello europeo e recepiti a livello nazionale, dotandosi di un Piano di Gestione provvisto di strumenti e misure idonee al perseguimento di tali obiettivi.

---

<sup>61</sup> Occorre tenere presente che tale confronto può risultare poco significativo in quanto i metodi e gli approcci ora utilizzati per giudicare lo stato dei corpi idrici sono molto diversi da quelli adottati prima del D. Lgs 152/2006 e per il PdG Po 2010, in particolare per i corpi idrici superficiali (Relazione generale del Piano di Gestione del fiume Po, 2015).

<sup>62</sup> Per ogni corpo idrico sulla base delle pressioni significative individuate e dei dati del monitoraggio sono stati anche definiti gli impatti significativi, secondo le relazioni dell'Elaborato 2.

<sup>63</sup> Presenti nell'Elaborato 7 "Programma di misure" del PdG Po 2015.

### 2.3.2 Piano di Gestione del rischio di alluvioni

Lo strumento attualmente vigente per la gestione del rischio di alluvioni per il distretto padano<sup>64</sup> è il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (di seguito PGRA) del 2015. Come spiegato precedentemente, tale Piano è stato introdotto dalla Direttiva Alluvioni, recepita nel 2010 a livello nazionale, per la riduzione degli impatti negativi delle alluvioni sulla salute, l'economia e l'ambiente. Il D. Lgs. 49 predispone che il PGRA sia diviso in due parti: la parte A è sviluppata in modo coordinato tra l'Autorità di Bacino distrettuale e le Regioni, mentre la parte B è da compilare a cura delle Regioni e il Dipartimento nazionale della Protezione civile. In entrambi i casi, essendo il processo trasparente e partecipato, sono coinvolti tutti i portatori di interesse relativi. Si crea così un processo concertato fra tutte le amministrazioni, gli enti gestori e il coinvolgimento del pubblico che mira ad orientare, nel modo più efficace, l'azione sulle aree a rischio, definendo gli obiettivi e le priorità di intervento.

Le misure del PGRA hanno lo scopo di:

- Migliorare in breve tempo la sicurezza delle popolazioni esposte a rischio, utilizzando pratiche migliori e tecnologia all'avanguardia;
- Ridurre i danni sociali ed economici a seguito di alluvioni;
- Favorire la ricostruzione e la valutazione post evento per trarre informazioni atte a prevenire alluvioni future.

Il PGRA, secondo le disposizioni dettate dalla Direttiva Alluvioni, è costituito dai seguenti elaborati:

- Mappe di pericolosità, degli elementi esposti e del rischio di alluvioni, al cui interno si trova il Progetto esecutivo delle attività per la redazione di tali mappe<sup>65</sup> e i profili di piena dei corsi d'acqua del Reticolo Principale<sup>66</sup>;
- Le relazioni relative alla parte A di inquadramento generale, sulla mappatura della pericolosità e valutazione del rischio, di Piano, delle aree a rischio significativo di

---

<sup>64</sup> La Provincia Autonoma di Trento ha predisposto un proprio Piano di gestione del rischio alluvioni, approvato con deliberazione della Giunta provinciale 2209/2015. Esso si fonda sulla norma di salvaguardia dell'articolo 17 del D. Lgs. 49/2010, che orienta l'azione delle regioni a statuto speciale e le province al fine di recepire gli ordinamenti previsti dal Decreto. Il PGRA della Provincia Autonoma di Trento rappresenta a tutto campo la programmazione della provincia nei settori della tutela delle risorse idriche, della protezione civile e della difesa del suolo. Tale documento è perfettamente omogeneo al PGRA del distretto padano, suddiviso anche esso in una parte A e una parte B ed è allegato al Piano di Distretto come sua parte integrante (Relazione del Piano di Gestione del rischio di alluvioni, 2015).

<sup>65</sup> Il Progetto esecutivo delle attività da sviluppare contiene le metodologie di analisi e la stima dei fabbisogni, organizzando un processo pianificatorio condiviso tra Autorità di Bacino e Regioni. Da un lato mira al raggiungimento di un quadro di conoscenza condiviso e completo, in relazione alle risorse a disposizione, coerente con la 49/2010, dall'altro prevede le successive fasi di approfondimento nell'abito dei successivi cicli di gestione sennennale. Questa organizzazione per cicli permette di integrare al processo temi come il cambiamento climatico (<https://pianoalluvioni.adbpo.it/progetto-esecutivo-delle-attivita/>).

<sup>66</sup> Il documento contiene le tabelle dei valori di portata al colmo nelle sezioni più significative dei corsi d'acqua del reticolo principali, con allegato le massime quote idriche e le massime velocità medie nelle sezioni fluviali relative agli scenari di eventi assunti nelle mappe di pericolosità di alluvione ([http://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2015/Mappe/ProfiliPiena.pdf](http://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2015/Mappe/ProfiliPiena.pdf)).

alluvione distrettuali, regionali e locali<sup>67</sup>, del programma di misure del Piano, del PGRA della Provincia Autonoma di Trento e l'elenco dei materiali del Piano<sup>68</sup>;

- Gli allegati relativi alla parte A, contenenti informazioni relative alle superfici e abitanti a rischio per comune, le schede descrittive delle mappe di pericolosità sul Reticolo Principale, il quadro dei processi alluvionali prevalenti e atlante degli eventi storici, l'elaborazione ed aggregazione dei dati per l'ordinamento e la gerarchizzazione delle aree a rischio, la sintesi delle misure/azioni adottate per informare il pubblico, i contributi alle mappe di pericolosità e di rischio pervenuti dal pubblico nell'ambito del processo partecipato, lo schema di riferimento per le attività di reporting, l'atlante di distretto e il rapporto ambientale VAS;
- La parte B del Piano composta da una relazione generale riguardo la gestione delle alluvioni nel contesto nazionale italiano, esplicitando i ruoli dei due distinti sistemi di governo – protezione civile e difesa del suolo - che svolgono le loro attività rispettivamente nel tempo differito e nel tempo reale<sup>69</sup> con forme e modalità di costante collaborazione e scambio di conoscenze. A questa relazione di insieme sono allegate anche quelle relative alle regioni Emilia Romagna, Liguria, Lombardia, Piemonte, Valle d'Aosta e Veneto, al cui interno è possibile trovare a livello regionale la descrizione delle normative sul sistema di allertamento, la definizione degli scenari nel tempo reale, i documenti previsionali trasmessi dal Settore Protezione Civile di ogni regione, il sistema di monitoraggio idro – meteorologico, i piani di laminazione e la sintesi dei Piani urgenti d'emergenza della Protezione Civile.

L'articolo 4 della Direttiva Alluvioni, come descritto precedentemente, prevede che gli Stati membri svolgano, prima di ogni altra attività, una valutazione preliminare del rischio di alluvioni. Il processo di redazione delle mappe di pericolosità e del rischio nel contesto nazionale italiano fa eccezione, in quanto a livello nazionale era già predisposto il PAI del 2001, redatto ai sensi della 183 del 1989.

Il PAI ha il compito di *“garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato, rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del*

---

<sup>67</sup> In acronimo ARS.

<sup>68</sup> Questa parte contiene documenti normativi che hanno guidato il Piano, come la Direttiva alluvioni, il D. Lgs 49/2010, o elenchi di incontri e relazioni di forum per la partecipazione pubblica, eventi storici, report ISPRA e altre guide per la redazione delle mappe del Piano.

<sup>69</sup> *“La Dir. P. C. M. 27/02/2004 contenente indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile definisce: il tempo reale come quel periodo, misurabile ancora in mesi, in cui deve svilupparsi e determinarsi l'efficacia dell'azione urgente e generalmente non permanente di protezione civile. Tale periodo comprende: i) la previsione del manifestarsi di un evento, ancorché complesso, sia esso di origine naturale e/o antropica, ii) il contrasto ed il contenimento dei conseguenti effetti soprattutto sulla popolazione ed i suoi beni, iii) la gestione, quando del caso, dello stato di emergenza iv) il ripristino delle condizioni di vita preesistenti all'evento stesso, perseguendo anche, ove possibile e attraverso opportuni interventi, la riduzione della pericolosità il tempo differito come quel periodo misurabile non più in mesi, ma in anni, decenni e secoli, in cui le azioni di studio e previsione, nonché di pianificazione, programmazione e realizzazione di interventi, sono volte a garantire condizioni permanenti ed omogenee sia di salvaguardia della vita umana e dei beni, che di tutela ed uso sostenibile delle risorse ambientali”*

([http://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2015/Sezione\\_B/PGRA\\_ParteB\\_generale.pdf](http://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2015/Sezione_B/PGRA_ParteB_generale.pdf))

*consolidamento dei terreni [...]*” (Norme tecniche di attuazione, articolo 1). Il PAI contiene un quadro conoscitivo e dati relativi al territorio del Bacino del Po, organizzati per quadri di sintesi, la normativa per le aree e fasce soggette a pericolosità più o meno elevata e indicazioni sulla programmazione degli interventi attraverso programmi triennali. Il PAI delimita con tre fasce le aree adiacenti ai corsi d’acqua in base alla seguente classificazione:

- Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento;
- Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato “limite di progetto tra la fascia B e la fascia C”, le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell’opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale di presa d’atto del collaudo dell’opera varrà come variante automatica del piano stralcio delle fasce fluviali, per il tracciato di cui si tratta.
- Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.

Direttiva Alluvioni		Pericolosità
Scenario	Tempo di ritorno	
Aree allagabili – scenario frequente Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 anni (frequente)	P3 elevata
Aree allagabili – scenario poco frequente Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 anni (poco frequente)	P2 media
Aree allagabili – scenario raro Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	500 anni o massimo storico registrato	P1 bassa

Figura 7- Pericolosità da alluvione nel distretto padano suddivisa per ambiti.  
Fonte: Relazione generale del Piano di Gestione del rischio di alluvioni, 2015.

Avvalendosi quindi di tale strumento non era necessario effettuare una valutazione preliminare del rischio. Attenendosi alle “misure transitorie”, previste dall’articolo 13.1.b della Direttiva Alluvioni, si è proceduto direttamente all’elaborazione delle mappe di pericolosità e del rischio con i criteri previsti dalla direttiva e dal decreto con cui essa è stata recepita<sup>70</sup>.

La mappatura della pericolosità avviene a cura di diversi soggetti attuatori<sup>71</sup>, la cui ripartizione deriva dal modello organizzativo istituito per la predisposizione del PAI e per la sua attuazione<sup>72</sup>. Nelle mappe di pericolosità è raffigurata l’estensione potenziale delle inondazioni con riferimento ai tre scenari di probabilità di accadimento dell’evento alluvionale. Nel database invece sono riportate per ogni area di pericolosità alcune informazioni relative agli elementi esposti al rischio di alluvione come il numero di abitanti, i beni e la tipologia di attività economiche.

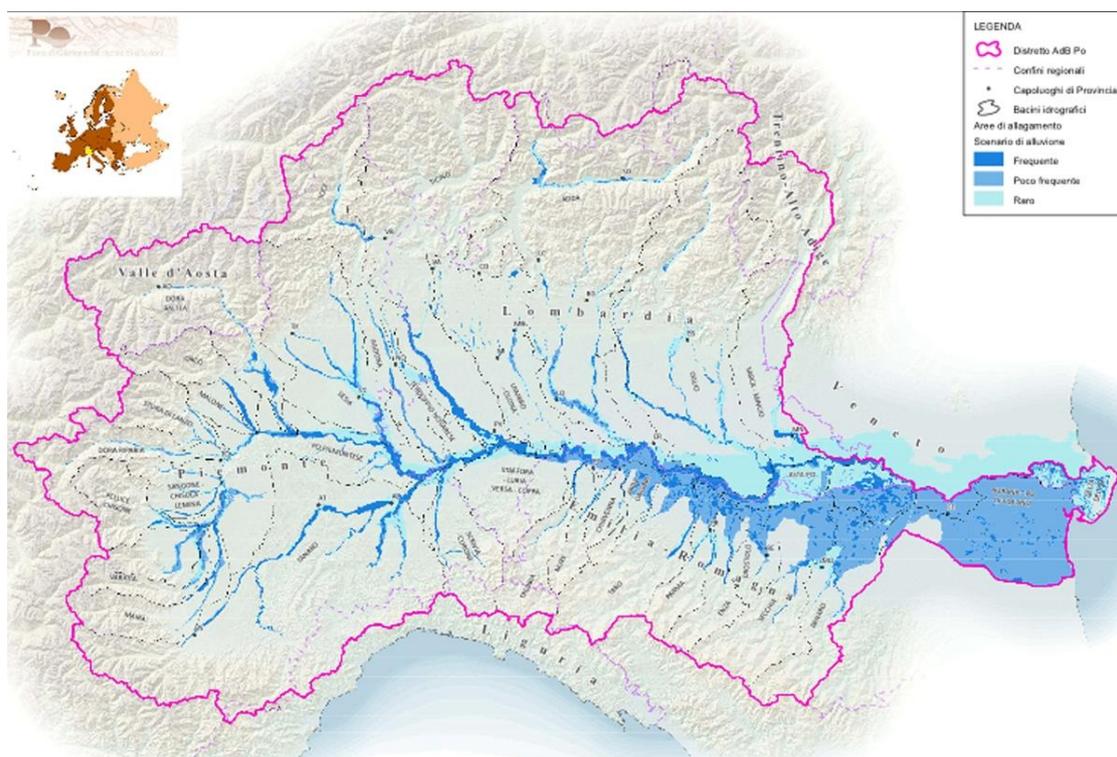


Figura 8 - Pericolosità da alluvione nel distretto padano nel Reticolo Principale.

Fonte: Allegato 7 del Piano di Gestione del rischio di alluvioni, 2015.

<sup>70</sup> Il processo di adeguamento alle mappe del PGRA è ancora in corso di aggiornamento, in quanto le Fasce PAI differiscono dagli scenari di pericolosità tracciati dall’attuazione della Direttiva Alluvione.

<sup>71</sup> Tali soggetti sono: Autorità di bacino del fiume Po per l’ambito del reticolo idrografico principale, le Regioni per l’ambito del reticolo secondario collinare e montano, le Regioni con il supporto di URBIM (Unione Regionale Bonifiche Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari) e dei Consorzi di bonifica per l’ambito del reticolo secondario di pianura, le Regioni con il supporto di Arpa e dei Consorzi di regolazione dei laghi per l’ambito delle aree costiere lacuali e le Regioni per l’ambito delle aree costiere marine (Relazione del Piano di Gestione del rischio di alluvioni, 2015).

<sup>72</sup> Ciò era dovuto in ragione della rilevante estensione dei reticoli secondari naturali e artificiali, per cui si è reso necessario agire secondo il principio di sussidiarietà al coinvolgimento nella mappatura degli enti proprietari e gestori di tali reticoli (Relazione del Piano di Gestione del rischio di alluvioni, 2015).

La mappatura del rischio segnala la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti, come popolazione, infrastrutture, attività economiche e servizi, e il corrispondente grado di rischio, distinto in 4 classi:

- R1, rischio moderato o nullo;
- R2, rischio medio;
- R3, rischio elevato;
- R4, rischio molto elevato.

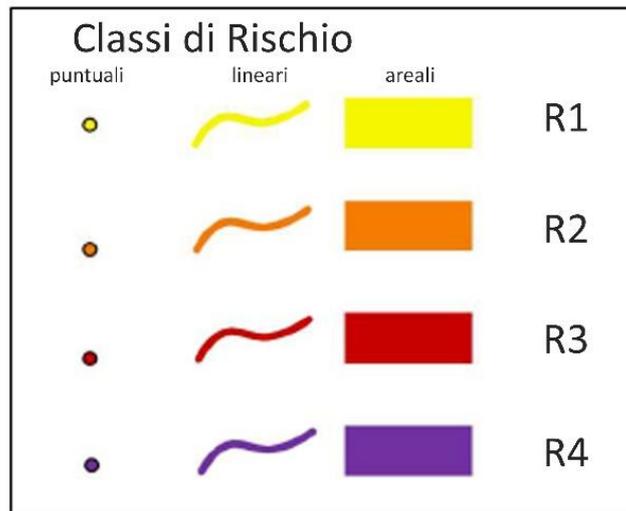


Figura 9 - Legenda delle mappe del rischio.

Fonte: Relazione generale del Piano di Gestione del rischio di alluvioni, 2015.

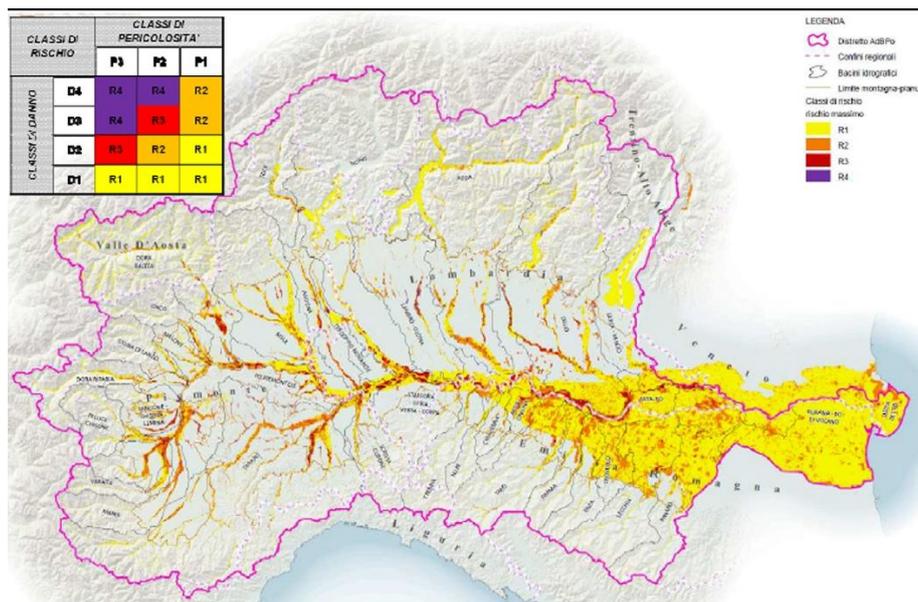
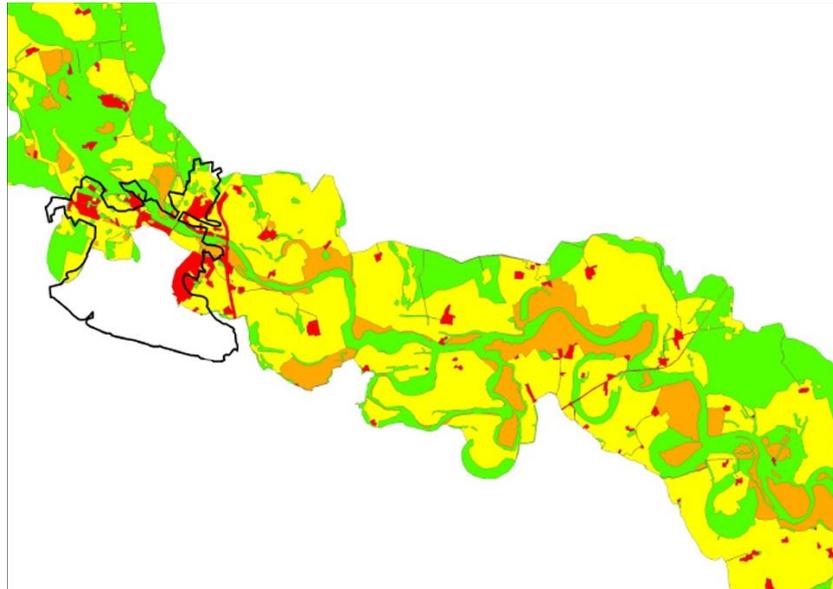


Figura 10 - Elementi esposti a rischio di alluvione nel distretto padano.

Fonte: Allegato 7 del Piano di Gestione del rischio di alluvioni, 2015.

Tali mappe sono il risultato della sovrapposizione fra le mappe delle aree allagabili per i diversi scenari precedentemente definiti dalle mappe della pericolosità e gli elementi esposti censiti, raggruppati in classi di danno omogenee.

Tutti questi elementi lineari e puntuali, risultato dall'analisi delle mappe di pericolosità e rischio, sono stati successivamente ordinati e organizzati in sottoinsiemi. Il raggruppamento viene fatto mediante strumenti Gis che, in una maglia di 1km x 1 km, in modo da consentire una rappresentazione del rischio sintetica e un ordinamento e gerarchizzazione delle aree a rischio individuate.



*Figura 11- Rappresentazione esemplificativa della distribuzione degli elementi a rischio.  
Fonte: Mappe degli elementi esposti del Piano di Gestione del rischio di alluvioni, 2015.*

L'obiettivo principale di quest'attività di riorganizzazione e rielaborazione dei dati sull'esposizione al rischio di alluvione è la predisposizione di strumenti utili a rappresentare in modo integrato le condizioni di rischio, in modo da consentirne la confrontabilità e la loro gerarchizzazione a livello di distretto. In questo modo è stato possibile individuare in via preliminare le ARS sulle quali il Piano ha concentrato la propria attenzione al fine di predisporre azioni urgenti.

Il PGRA ha valore di piano strategico e in quanto tale esso prevede degli obiettivi prioritari a cui sono associate le rispettive strategie per raggiungerli.

Gli obiettivi e le strategie promossi dal Piano sono:

- Migliorare la conoscenza del rischio, cercando di coordinare gli enti che, per quanto molteplici, si ritrovano ad operare in settori diversi e risultano frammentati. Le strategie per attuare tale obiettivo concernono la realizzazione di un sistema permanente di relazioni tra esperti, ricercatori, pianificatori, decisori e cittadini per diffondere le conoscenze necessaria per la gestione integrata delle alluvioni, sensibilizzare i Sindaci, sviluppo di una consapevolezza degli effetti dei cambiamenti ambientali sul rischio di alluvione e fare del rischio di alluvioni una componente della conoscenza del territorio;

- Migliorare la performance dei sistemi difensivi esistenti, cercando di mantenere e adeguare le innumerevoli opere che nel tempo l'uomo ha realizzato per arginare il Po e i suoi affluenti principali, attraverso programmi di manutenzione pluriennale. Le strategie per attuare tale obiettivo concernono l'incremento della conoscenza e la gestione delle opere di difesa idraulica, individuando anche le opere non più in uso, predisponendo piani di manutenzione dei territori fluviali, proteggere le zone di espansione naturale delle piene, includere gli interventi strutturali in un approccio integrato alla gestione del rischio di alluvioni, controllare la formazione delle piene nei bacini di monte, rallentare lo scorrimento delle acque di pioggia nelle zone urbane e affrontare il pericolo delle inondazioni marine.
- Ridurre l'esposizione al rischio, cercando di ridurre l'esposizione dovuta all'incremento dell'antropizzazione del territorio, nelle aree ad elevata pericolosità e, in generale, in prossimità dei fiumi. La riduzione dell'esposizione e della vulnerabilità costituiscono gli obiettivi fondamentali di una politica di prevenzione, in controtendenza con la tradizionale impostazione che predilige l'uso di interventi diretti per la protezione dei beni esposti. Le strategie per attuare tale obiettivo concernono la produzione di analisi di vulnerabilità dei territori, delle attività economiche, degli edifici e delle infrastrutture, mirando a potenziare e condividere la conoscenza sulle azioni di riduzioni della vulnerabilità del territorio.
- Assicurare maggiore spazio ai fiumi, in quanto si assiste ad una prevalenza di approcci tecnico-idraulico di difesa che hanno considerato i fiumi simili a canali che ad ecosistemi naturali. Gli esiti sono stati delle scelte progettuali non più efficaci né sostenibili. Le strategie per attuare tale obiettivo concernono il contenimento e la prevenzione del rischio di inondazione attraverso interventi di ripristino della funzionalità idraulica e ambientale delle fasce fluviali, promuovere un uso del suolo compatibile con i processi idro morfologici nelle aree di pertinenza fluviale e conoscere e divulgare le forme e processi idro morfologici dei corsi d'acqua.
- Difesa delle città e delle aree metropolitane, in quanto esse sono le zone più esposte a rischio alluvionale, con effetti spesso catastrofici, a causa del numero di beni esposti e l'elevata densità di popolazione. La gestione del rischio alluvionale in questi contesti richiede la realizzazione di azioni complesse per la mitigazione delle condizioni di rischio presenti e per il miglioramento della resilienza in relazione ai cambiamenti climatici, strettamente in relazione con l'aumento della frequenza e l'intensità delle alluvioni. Le strategie per attuare tale obiettivo concernono la promozione di azioni permanenti per sviluppare un'appropriata cultura del rischio nelle aree ad alta densità di popolazione, ridurre la vulnerabilità delle funzioni strategiche e strutturanti l'area urbana e promuovere governance appropriate per la gestione del bacino.

Le misure del PGRA messe in atto per far fronte agli obiettivi sopracitati si dividono in:

- Misure di prevenzione, finalizzate alla riduzione del danno atteso in caso di evento, attraverso la riduzione degli elementi sottoposti a rischio e la loro vulnerabilità. Sono soluzioni più efficaci e sostenibili;

- Misure di protezione, finalizzate alla riduzione delle condizioni di pericolosità delle aree attraverso interventi di sistemazione idraulica dei corsi s'acqua e gestione delle piene. Comprendono arginature, casse di espansione e recupero degli spazi fluviali;
- Misure di ricostruzione e valutazione post evento, di competenza della Protezione Civile, in modo da garantire il ritorno alla normalità e il ripristino della funzionalità di edifici e infrastrutture, il ripristino ambientale, comprendenti anche politiche assicurative.

La Direttiva alluvioni nell'articolo 7.3 afferma che *“I piani di gestione del rischio alluvioni possono anche comprendere la promozione di pratiche sostenibili di utilizzo del suolo [...]”*, promuovendo il potenziamento della capacità di laminazione nelle aree perifluviali, il miglioramento della capacità di ritenzione delle acque e le regole di invarianza idraulica<sup>73</sup>. Il PGRA con le sue misure protegge gli spazi naturali perifluviali dall'espansione urbanistica e dall'impermeabilizzazione e più in generale impedisce che le nuove occupazioni e trasformazioni nell'uso del suolo avvengano nel rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica.

---

<sup>73</sup> Ciò è disciplinato già dal PAI vigente, con adeguati elementi conoscitivi, normativi e previsionali (Relazione generale del Piano di Gestione del rischio di alluvioni). Il PGRA fornisce al PAI nuovi quadri conoscitivi emersi dalle mappature di pericolosità e rischio di alluvioni. I due strumenti si integrano in un processo di mutuo apprendimento.

## 3 Applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica a livello regionale: esempio della Regione Lombardia

Come si è visto il principio dell'invarianza idraulica e idrologica discende da un inter-normativo molto complesso, che ha riguardato la materia idrica in tutti i suoi aspetti a livello europeo, nazionale e interregionale. A livello regionale solo alcune regioni hanno provato ad applicare tale principio per una gestione sostenibile dei deflussi meteorici. Ad esempio, abbiamo il caso della regione Lombardia con la L.R. 4/2016, l'Emilia-Romagna con la Delibera 3/2 del 2003, il Veneto con la D.G.R.V. 1322/2006 – 1841/2007, la Provincia e il Comune di Bolzano con il RIE e infine il caso particolare della Provincia di Torino, con il DS6 del P.T.C.P.2 del 2010 (Manuale SuDS, 2018).

Nelle prossime pagine viene approfondita l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nella regione Lombardia, in quanto presenta un regolamento molto dettagliato e completo di approccio, derivante dalla revisione nel 2016 della Legge Regionale 12 del 2005, avvenuta nel 2016, in cui si assiste per la prima volta ad una definizione di "invarianza idraulica" e "invarianza idrologica".

### 3.1 Normativa Lombarda

La prima Legge Regionale lombarda n. 12 del 2005 negli anni subisce revisioni e implementazioni, modificando gli articoli o aggiungendone di nuovi. Una delle più importanti revisioni è avvenuta nel 2016 con la Legge Regionale n. 4, contenente la revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo. Questa legge, definendo l'invarianza idraulica e idrologica e l'ambito di applicazione nel territorio, porta alla redazione nel 2017 di un regolamento regionale recante i metodi e i criteri per il rispetto di tale principio.

#### 3.1.1 Legge regionale 12/2005

La Legge Regionale della Lombardia 12/2005 detta le norme di governo del territorio, definendo le competenze spettanti alla Regione e agli enti locali, secondo quanto disciplinato dall'articolo 117, terzo comma, della Costituzione. Le parole chiave di questa legge sono: sussidiarietà, adeguatezza, differenziazione, sostenibilità, partecipazione, collaborazione, flessibilità, compensazione ed efficienza.

Per il rispetto di questi criteri, la Regione provvede:

- Alla definizione degli indirizzi di pianificazione per garantire lo sviluppo sostenibile;
- Alla verifica di compatibilità dei piani territoriali di coordinamento provinciale e i piani di governo del territorio regionali;
- Alla diffusione della cultura della sostenibilità con l'ausilio degli enti locali;
- All'attività di pianificazione territoriale regionale.

La Lombardia sostituisce con questa legge il Piano Regolatore Generale, strumento previsto dalle Legge urbanistica nazionale 1150/1942 con il Piano di Governo del Territorio.

Quest'ultimo si distingue dallo strumento precedente grazie alla dotazione una normativa più precisa, introducendo il concetto di "governo del territorio", sostituendo la precedente regolamentazione dell'uso del suolo che prevedeva le "zone funzionali", che settorializzavano molto l'intero territorio comunale, con i "tessuti urbani". Questi ultimi introducono un concetto di pianificazione territoriale più flessibile e meno soggetto a farraginosi iter burocratici per l'approvazione e modifiche per varianti di piano.

Il Piano di Governo del Territorio ha una durata di 5 anni ed è composto dal Documento di Piano, il Piano dei Servizi e il Piano delle Regole.

### 3.1.2 Revisione della Legge regionale nel 2016

Nel 2016 viene emanata la Legge Regionale 4/2016 "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua", che disciplina:

- Le funzioni della Regione in materia di difesa del suolo;
- Gli strumenti per assicurare il conseguimento degli obiettivi per la gestione del demanio idrico fluviale e il riassetto idraulico e idrogeologico;
- Le modalità per garantire il rispetto dell'invarianza idraulica e idrologica e del drenaggio urbano sostenibile;
- Le misure per assicurare la prevenzione del rischio idraulico e idrogeologico mediante la manutenzione delle opere di difesa del suolo;
- Le misure per ripristinare la condizione naturale dei corsi d'acqua, recuperando le funzioni idrauliche e ambientali delle aree adiacenti;
- Il riordino delle competenze in materia di difesa del suolo e gestione dei corsi d'acqua.

La finalità della Legge è quella di migliorare lo stato ecologico ambientale dei corpi idrici e della qualità delle acque, secondo quanto stabilito dalla Direttiva 2000/60/CE e integrare le misure al fine di valutare e gestire il rischio di alluvione, secondo quanto stabilito dalla Direttiva 2007/60/CE. A tal fine la Regione promuove e assicura l'integrazione di tutte le azioni di tutela delle acque alle diverse scale di bacino e sottobacino, incentivando la collaborazione e la partecipazione degli enti locali e dei soggetti interessati, legando il Piano di gestione del distretto idrografico del fiume Po e il Piano di tutela delle acque.

La legge definisce cosa si intende per principio di invarianza idraulica e idrologica, aggiungendo tramite l'articolo 7, il comma 58 bis nella Legge Regionale 12/2005, stabilendo come ambito di applicazione gli *"interventi edilizi definiti dall'articolo 27, comma 1, lettere a), b) e c) e a tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione, secondo quanto specificato nel regolamento regionale di cui al comma 5. Sono compresi gli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e i parcheggi"* (Legge Regionale 12/2005, articolo 58 bis, comma 2). L'articolo 27, comma 1, della Legge Regionale 12/2005, definisce gli interventi edilizi, suddividendoli in:

- a) Interventi di manutenzione ordinaria;
- b) Interventi di manutenzione straordinaria;

- c) Interventi di restauro e di risanamento conservativo;
- d) Interventi di ristrutturazione edilizia;
- e) Interventi di nuova costruzione;
- f) Interventi di ristrutturazione urbanistica.

Al comma 5 dell'articolo 58 bis della Legge regionale 12/2005, viene esplicitato che entro centottanta giorni dalla data dell'entrata in vigore della Legge Regionale 4/2016, la Giunta regionale con le rappresentanze degli enti locali e altri soggetti competenti con professionalità tecnica, approva un regolamento contenente criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica.

### 3.2 Definizione di “Principio di Invarianza Idraulica e Idrologica”

Nell'ambito di questo lavoro di tesi, l'articolo 7<sup>74</sup> definisce i concetti di invarianza idraulica e idrologica al fine di *“prevenire e di mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli e, conseguentemente, di contribuire ad assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica e ambientale [...]”* come stabilito dal comma 1. Esso inoltre disciplina il recepimento di tale principio da parte degli strumenti urbanistici e i regolamenti edilizi comunali per le trasformazioni di uso del suolo.

La legge definisce come:

- **“Invarianza idraulica:** *principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione”*<sup>75</sup>;
- **“Invarianza idrologica:** *principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione”*<sup>76</sup>.

E si applica a *“tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione”*<sup>77</sup>.

Di seguito, per agevolare la comprensione dell'argomento, sono presentati quattro idrogrammi che riportano:

- La condizione preesistente all'urbanizzazione;
- La condizione post urbanizzazione;
- La condizione di invarianza idraulica;
- La condizione di invarianza idrologica.

L'idrogramma A) mostra un evento meteorico in una condizione di suolo naturale in cui, ad un certo tempo t, si ha la portata massima del deflusso. Il volume d'acqua, rappresentato nel grafico come l'area sottesa dalla curva, subisce processi di infiltrazione al suolo, intercettazione da

<sup>74</sup> L'articolo introduce nella legge 12/2005 l'articolo 58 bis.

<sup>75</sup> Legge Regionale 12/2005, articolo 58 bis, comma 1, lettera a / Legge Regionale 4/2016, comma 2, lettera g.

<sup>76</sup> Legge Regionale 12/2005, articolo 58 bis, comma 1, lettera b / Legge Regionale 4/2016, comma 2, lettera g.

<sup>77</sup> Legge Regionale 12/2005, articolo 58 bis, comma 2 / Legge Regionale 4/2016, comma 2, lettera g.

parte della vegetazione e deflusso verso il corpo idrico recettore del bacino in cui l'evento ha luogo. Al termine dell'evento meteorico, l'acqua defluirà in parte nel recettore del bacino e in parte verrà infiltrata, fino a ritornare alla situazione iniziale.

L'idrogramma B) mette a confronto la situazione appena descritta con quella che si verifica dopo che lo stesso suolo viene urbanizzato. All'inizio dell'evento meteorico, il volume d'acqua crescerà vertiginosamente, in quanto le superfici permeabili del suolo urbanizzato non consentono il verificarsi del processo di infiltrazione che invece si aveva nel suolo naturale. Il flusso d'acqua meteorica, raggiungendo una portata e un volume decisamente maggiore, viene fatto defluire nella rete di drenaggio urbano, in tempi più lunghi. Questa condizione può dare luogo, da un lato, ad allagamenti dove si verifica l'evento meteorico, dall'altro, ad un aumento delle portate dei corpi idrici recettori, causando problemi a valle del corso d'acqua, con conseguenze anche catastrofiche.

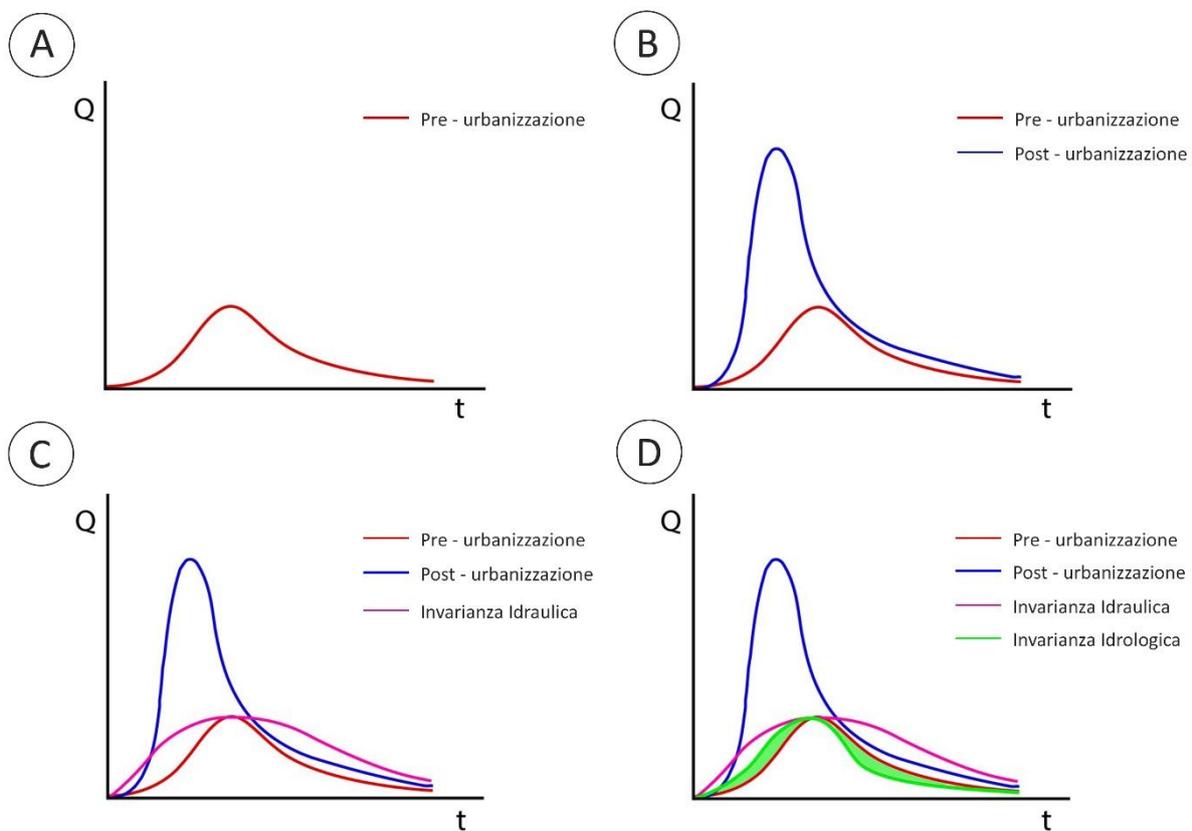


Figura 12 - A) Condizione naturale, preurbanizzata, B) Condizione posturbanizzata, C) Condizione di "Invarianza Idraulica" e D) Condizione di "Invarianza Idrologica".  
Fonte: Produzione Propria.

L'idrogramma C) mette a confronto le due situazioni appena descritte con quella che si verifica nel suolo urbanizzato in presenza di vasche di laminazione. Le vasche di laminazione sono in grado di fungere da ammortizzatore idraulico durante gli eventi meteorici di particolari intensità e durata, trattenendo e stoccando temporaneamente, in base alla loro dimensione, la portata e i volumi intercettati dalle superfici impermeabili, evitando il sovraccarico dei recettori finali. L'impiego di questo tipo di opere permette di avere una portata massima non maggiore di quella

che si ha nella condizione preesistente l'urbanizzazione. Il volume in eccesso viene fatto defluire in tempi più lunghi o nella rete di drenaggio o nei corpi idrici recettori, evitando le conseguenze negative precedentemente descritte.

L'idrogramma D), infine, mette a confronto le tre situazioni appena descritte con quella che si verifica sia in presenza delle vasche di laminazione che in presenza di superfici permeabili, installate per aumentare la capacità di infiltrazione del suolo urbanizzato. In questa particolare condizione le portate massime restano uguali a quelle della condizione preesistente l'urbanizzazione e anche il volume d'acqua, che inizialmente è in eccesso, viene fatto infiltrare nel terreno successivamente, risultando nella totalità dell'evento uguale alla presenza di suolo naturale.

### 3.3 Regolamento regionale 7/2017 Lombardia

Secondo quanto stabilito dalla Legge Regionale 4/2016, la regione Lombardia si doveva munire di un regolamento regionale per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nel territorio. Tale regolamento è stato pubblicato il 23 novembre 2017, recante "i criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)".

Il regolamento è suddiviso in 17 articoli, contenenti la parte normativa del regolamento, secondo i principi dettati dalla Legge Regionale e 11 allegati di approfondimento.

Il fine del regolamento è la definizione degli ambiti territoriali di applicazione, differenziandoli in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini e dei corsi d'acqua ricettori, stabilendo per ognuno di essi il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica.

Il regolamento contiene, inoltre:

- La modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e le disposizioni da esso dettate;
- Le indicazioni tecniche costruttive ed esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- Meccanismi di incentivazione edilizia e urbanistica, attraverso i quali i comuni possono promuovere l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica;
- La possibilità di prevedere per i comuni la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione degli interventi nel caso in cui sia dimostrata l'impossibilità a ottemperare ai principi di invarianza idraulica direttamente nelle aree oggetto d'intervento.

Il primo obiettivo che si pone la Lombardia nel regolamento, è la classificazione del proprio territorio regionale in tipologie di aree:

- Aree A, che comprendono i territori dei comuni, anche parzialmente ricadenti, nei bacini idrografici ritenuti ad alta criticità idraulica, individuati e classificati precedentemente ed elencati nell'Allegato B del Regolamento;
- Aree B, a media criticità idraulica, che comprendono i territori dei comuni, anche parzialmente ricadenti nei comprensori di bonifica e Irrigazione;

- Aree C, a bassa criticità idraulica, che comprendono i territori dei comuni non rientranti nelle aree A e B.

Nell'allegato B è presente la cartografia della regione Lombardia suddivisa per ambiti territoriali di applicazione.

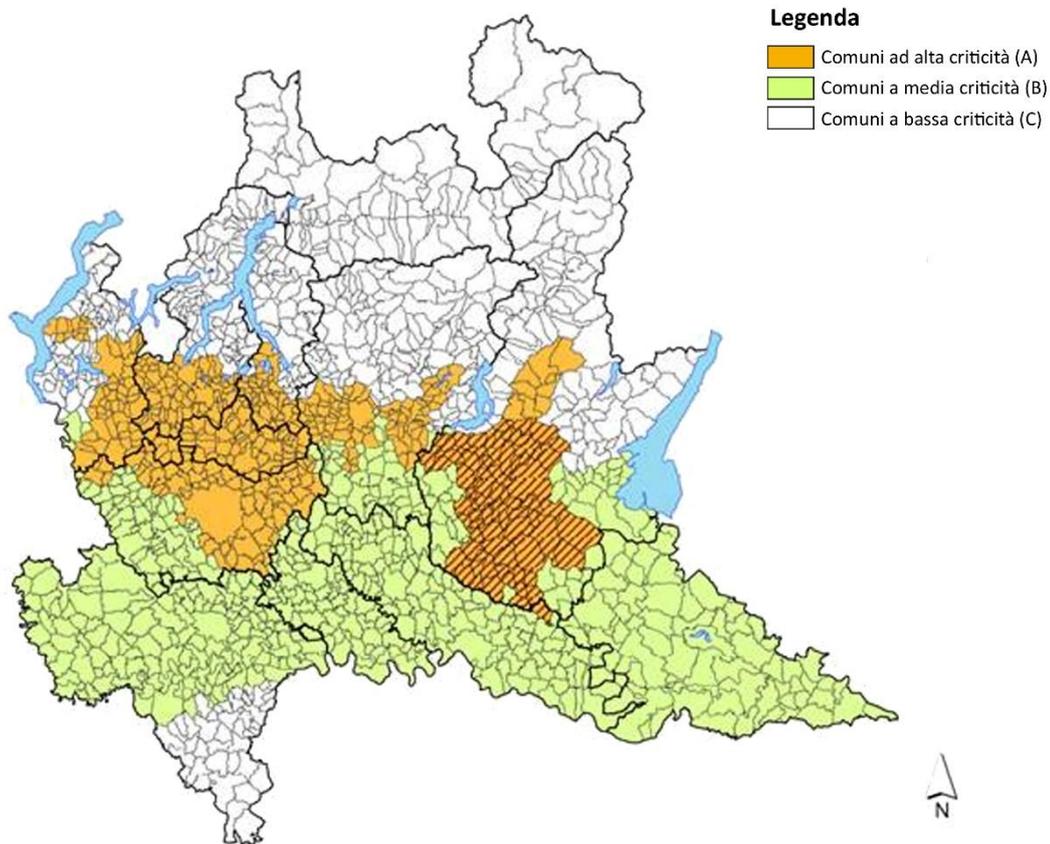


Figura 13 - Ambiti territoriali di applicazione della Regione Lombardia.  
Fonte: Regolamento Regionale 7/2017.

Questa classificazione fornisce la base per l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica in Lombardia, in quanto ad ogni ambito è assegnato un valore massimo ammissibile di scarico per ettaro di superficie scolante impermeabile. In questo modo, mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con le capacità idrauliche dei ricettori, è possibile limitare gli scarichi delle aree soggette a trasformazione urbanistica, evitando il sovraccarico dei corpi idrici riceventi.

I valori massimi ammissibili, denominati “ $u_{lim}$ ” sono:

- Per le aree A, 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- Per le aree B, 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- Per le aree C, 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Questi valori, qualora si è in presenza di un recettore caratterizzato da una limitata capacità idraulica, possono essere più restrittivi, in base alle valutazioni del gestore del corpo idrico in questione. Inoltre, indipendentemente dal comune in cui ricadono, gli “ambiti di trasformazione” e i “piani attuativi” previsti nei Piani di Governo del Territorio sono equiparati

alle aree A, ad alta criticità idraulica, in quanto vanno direttamente ad incidere sulla permeabilità dei suoli, a seguito delle opere di urbanizzazione.

A seconda della superficie interessata dall'intervento,  $A_{tot}$  (superficie di trasformazione) e del coefficiente di deflusso medio ponderale<sup>78</sup>,  $\phi_{mp}$ , gli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi in delle classi, in modo da individuare delle modalità di calcolo specifiche dei volumi da gestire per il rispetto di tale principio.

In generale, il regolamento prescrive di adottare il “metodo delle sole piogge” nel caso di impermeabilizzazione potenziale media, in ambiti territoriali a criticità alta o media. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale alta, in ambiti territoriali a criticità alta o media, prescrive di adottare la “procedura di calcolo dettagliata”.

Classe di intervento	Superficie interessata dall'intervento	Coefficiente deflusso medio ponderale	Modalità di calcolo		
			Ambiti Territoriali (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermealizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01$ ha ( $\leq 100$ mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermealizzazione potenziale bassa	da $> 0,01$ a $\leq 0,1$ ha ( $\leq 1.000$ mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermealizzazione potenziale media	da $> 0,01$ a $\leq 0,1$ ha ( $\leq 1.000$ mq)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da $> 0,1$ a $\leq 1$ ha (da $> 1.000$ a $\leq 10.000$ mq)	qualsiasi		
		da $> 1$ a $\leq 10$ ha (da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$\leq 0,4$		
3	Impermealizzazione potenziale alta	da $> 1$ a $\leq 10$ ha (da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$> 0,4$	Procedura dettagliata	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$> 10$ ha $> 100.000$ mq	qualsiasi		

Tabella 1 - Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulico - idrologica.

Fonte: Manuale SuDS, 2018.

Nel caso di interventi classificati come ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendente dalla criticità dell'ambito in cui ricadono e nel caso degli interventi ad impermeabilizzazione potenziale media e alta ricadenti nell'ambito a bassa criticità C, il requisito minimo, indicato dall'articolo 12, comma 2, consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, dimensionati secondo quanto previsto dal regolamento:

<sup>78</sup> Il coefficiente di deflusso è “il rapporto tra il volume d'acqua defluito alla sezione di chiusura di un bacino e gli afflussi per precipitazione” (Montin, 2012, p.49). Una parte delle acque meteoriche che vanno a finire nella sezione di chiusura del bacino, infatti, viene dispersa o trattenuta per infiltrazione, per assorbimento dalle superfici porose o evapora. Il coefficiente di deflusso medio ponderale è la media pesata dei coefficienti di deflusso peculiari di ogni superficie presente nel territorio preso in considerazione.

- Per le aree A ad alta criticità idraulica: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- Per le aree B a media criticità idraulica: 600 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- Per le aree C a bassa criticità idraulica: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Nel caso in cui la superficie scolante impermeabile di un intervento sia minore di 100 mc, secondo quanto stabilito dall'articolo 12, comma 1, il requisito minimo è pari a quello indicato per le aree C a bassa criticità idraulica.

Quando si ha, invece, un'impermeabilizzazione potenziale media, ricadente in aree A e B, il regolamento disciplina di usare il "metodo delle sole piogge". Quest'ultima è una metodologia che fornisce "una valutazione del volume di invaso dell'opera di mitigazione sulla base della sola conoscenza della curva di possibilità pluviometrica e della portata massima, ipotizzata costante, che si vuole in uscita dall'opera stessa ( $Q_{u,lim}$ )" (Manuale SuDS, 2018, p.32). In sostanza, tramite delle relazioni analitiche, è possibile calcolare il volume di invaso tramite la differenza tra il volume di acqua entrante nell'opera di laminazione e quello, ritenuto costante, in base ai parametri fissati dal regolamento ( $Q_{u,lim} = u_{lim}^{79} * S^{80}$ )

Il volume entrante nell'opera di invaso  $W_e$ , dovuto alla precipitazione, avente una durata  $D$ , sarà pari a:

$$W_e = S \cdot \phi \cdot a \cdot D^n$$

Dove:

- $S$  è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso;
- $\phi$  è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'articolo 11, comma 2, lettera d<sup>81</sup>;
- $a$  e  $n$  sono parametri della curva di possibilità pluviometrica<sup>82</sup>;
- $D$  è la durata dell'evento di pioggia.

Il volume uscente dall'opera sarà pari a:

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

Il volume di dimensionamento della vasca sarà pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

<sup>79</sup> Definito dall'articolo 8 del Regolamento Regionale 7/2017.

<sup>80</sup> Ovvero la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso.

<sup>81</sup> L'articolo disciplina la valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione. Essa può avvenire per via semplificata, usando dei valori standard del coefficiente di deflusso: pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue, quali strade, vialetti e parcheggi; pari a 0,7 per le pavimentazioni drenanti o semi permeabili, quali strade, vialetti e parcheggi; pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo le superfici incolte e quelle ad uso agricolo.

<sup>82</sup> I parametri  $a$  e  $n$  servono per determinare l'altezza  $h$  di pioggia, rappresentata dalla curva di possibilità pluviometrica, in funzione della durata  $t$  della precipitazione, secondo la relazione  $h = a \cdot t^n$ , e sono tabellati nel sito di ARPA sia per la Lombardia che per il Piemonte.

La figura seguente mostra la curva del volume entrante  $W_e$ , concava verso l'asse delle ascisse e la retta  $W_u$  (questo perché il volume di uscita è considerato costante). La distanza  $W$  tra le due curve rappresenta la differenza tra il volume entrante e quello uscente e ammette una condizione di massimo nel punto  $D_w$  di durata critica per la laminazione.

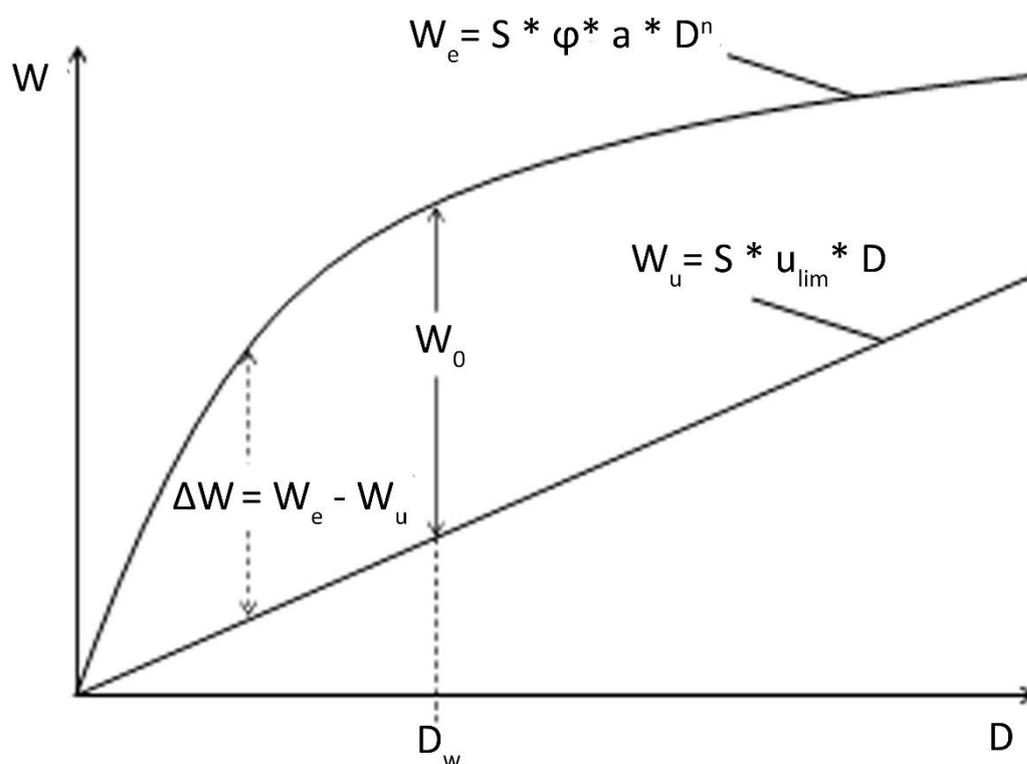


Figura 14 - Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico  $D_w$  e del corrispondente volume critico  $W_0$  di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato G.

L'Allegato G fornisce poi le formule per il calcolo della durata critica  $D_w$ :

$$D_w = \left( \frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

E il volume critico  $W_0$

$$W_0 = S \cdot \phi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,lim} \cdot D_w$$

Nell'ultimo caso descritto dal regolamento, cioè quello di impermeabilizzazione potenziale alta, in ambiti A e B, nel caso di superfici particolarmente estese, dove il metodo delle sole piogge e i requisiti minimi non potrebbe essere applicabile, si applica la "procedura dettagliata". La procedura dettagliata prevede uno studio idrologico del deflusso sulla superficie di

trasformazione che nel regolamento, a titolo esemplificativo, è svolto attraverso il “metodo cinematico”, detto “della corrivazione”, con ietogramma Chicago<sup>83</sup> e infiltrazione secondo il modello di Horton<sup>84</sup>. Per il calcolo delle perdite idrologiche, un metodo presentato dal Manuale SuDS<sup>85</sup> del 2018 è quello del Soil Conservation Service (SCS), in cui viene presentato il Curve Number. Questo strumento di calcolo consente di rappresentare con estrema flessibilità il comportamento idrologico delle diverse superfici, in funzione dell’uso e la permeabilità del suolo, e, data la sua importanza per il lavoro di tesi, viene trattato nei capitoli successivi. Tramite lo ietogramma di progetto e il metodo SCS – CN, è possibile calcolare il volume defluito, al netto delle perdite, denominato “pioggia efficace”, nel corpo idrico recettore. Confrontando il valore del volume defluito con il  $Q_{u,lim}$ , fissato dal regolamento, è possibile vedere se il progetto rispetta o meno il principio di invarianza idraulica e idrologica. Se il massimo dell’idrogramma complessivo per l’area di trasformazione, dato dalla somma degli idrogrammi di ogni singolo intervento, risultasse maggiore al valore di  $Q_{u,lim}$ , il progettista deve ridurre il picco:

- Mediante interventi che prevedano l’introduzione di sistemi di accumulo, quali cisterne o serbatoi;
- Variando il valore del CN delle superfici permeabili, ovvero modificando la capacità di infiltrazione di tali superfici, con l’introduzione di fossi di infiltrazione, trincee drenanti, ecc.

Nel regolamento regionale, il “metodo delle sole piogge” e la “procedura dettagliata” considerano come tempi di ritorno di riferimento  $T_r = 50$  anni e  $T_r = 100$  anni, per le verifiche dei franchi di sicurezza delle opere.

Per quanto riguarda il progetto di invarianza e idraulica e idrologica, secondo l’articolo 6 del regolamento, deve essere redatto contestualmente agli interventi soggetti a permesso di costruire, a segnalazione certificata di inizio attività SCIA o a comunicazione di inizio lavori asseverata CILA. Il progetto deve essere firmato da un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell’esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici. Il contenuto di tale progetto viene disciplinato dall’articolo 10 del regolamento, distinguendo i tre casi in funzione alla impermeabilizzazione potenziale, le aree su cui essa ricade e la sua estensione, come distinte in tabella 1 per la differenziazione dei casi di applicazione delle metodologie di dettaglio, sole piogge o l’adozione di requisiti minimi.

---

<sup>83</sup> Lo ietogramma Chicago è “*uno ietogramma interamente consistente con la curva di possibilità pluviometrica (CPP). La curva ottenuta per lo ietogramma dovrà quindi avere la proprietà che, per ogni durata  $d$ , il volume massimo sotteso sia pari alla relativa ordinata  $h$  in funzione della durata  $d$  della CPP. Definita la CPP nella forma monomia  $h = a * d ^ n$* ” ([http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2010/Vercelli/IDF\\_corretto-1.pdf](http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2010/Vercelli/IDF_corretto-1.pdf)). A differenza dell’altro modello, chiamato “ietogramma costante”, che invece assume l’intensità di pioggia come costante.

<sup>84</sup> Il modello di Horton appartiene ad una classe di modelli di infiltrazione che “*in base a numerose risultanze sperimentali, individua una legge decrescente di tipo esponenziale per rappresentare l’andamento nel tempo dell’infiltrazione*” (Regolamento regionale 7/2017, Allegato F, p.56).

<sup>85</sup> Questo Manuale contiene delle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile, analizzando e spiegando tutti le norme, principi, regole e suggerimenti, presenti nel Regolamento Regionale 7/2017).

Nel caso di impermeabilizzazione potenziale alta e media, ricadente nelle aree A e B, il progetto di invarianza idraulica e idrologica deve contenere:

- Una relazione tecnica, con la descrizione progettuale di invarianza idraulica e idrologica, delle opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e il sistema di drenaggio delle acque pluviali, fino al punto terminale di scarico nel corpo recettore o di disperdimento nel suolo o negli strati del sottosuolo, il calcolo delle precipitazioni di progetto, il processo di infiltrazione, di laminazione degli invasi e il dimensionamento del sistema di scarico terminale, rispetto ai requisiti del regolamento;
- La documentazione progettuale completa di planimetrie e profili in scala adeguata, sezioni e particolari costruttivi;
- Il piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema di opere di invarianza idraulica e idrologica e recapito nei recettori;
- L'asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento, redatto secondo il modello presente all'Allegato E.

Nel caso di impermeabilizzazione potenziale bassa, ovunque ricadente nelle aree A, B e C, e nel caso di impermeabilizzazione potenziale media o alta, ricadente nelle aree C, cioè i casi in cui si applicano i requisiti minimi, la relazione tecnica può tralasciare la parte relativa al calcolo delle precipitazioni di progetto, del processo di infiltrazione e di laminazione negli invasi.

Anche nel caso di interventi di superficie interessata minore o uguale a 100 mq, i contenuti sono analoghi al precedente, salvo se viene adottato il requisito minimo dell'articolo 12, comma 1, lettera a, pari a quello indicato per le aree C a bassa criticità idraulica di un invaso di 400 mc. Nell'Allegato A del regolamento, secondo quanto previsto dall'articolo 27, comma 1, della Legge Regionale 12/2005<sup>86</sup>, sono schematizzati gli interventi edilizi:

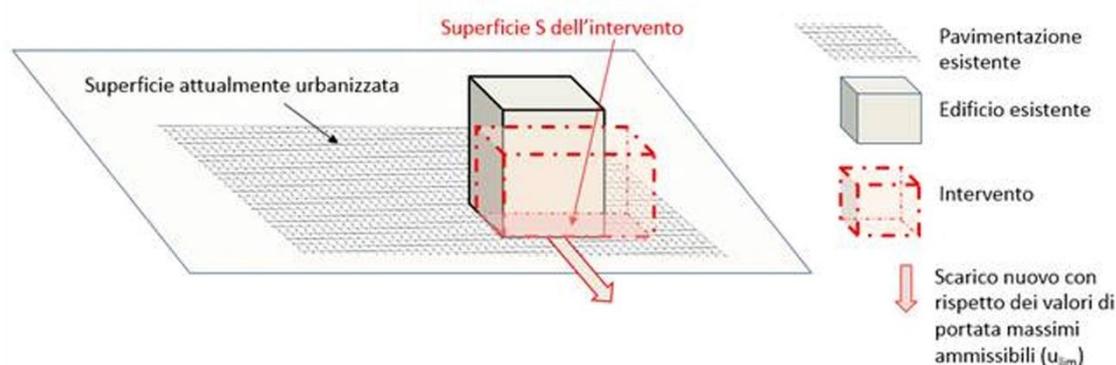


Figura 15 - Interventi di ristrutturazione edilizia, solo se consistono nella demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento della superficie coperta dell'edificio demolito.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

<sup>86</sup> Questi interventi sono ripresi da quanto stabilito dal D.P.R. 380/2001.

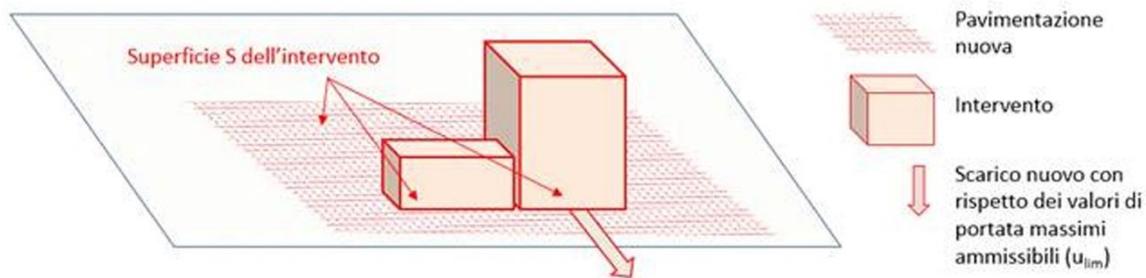


Figura 16 - Interventi di nuova costruzione.  
 Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

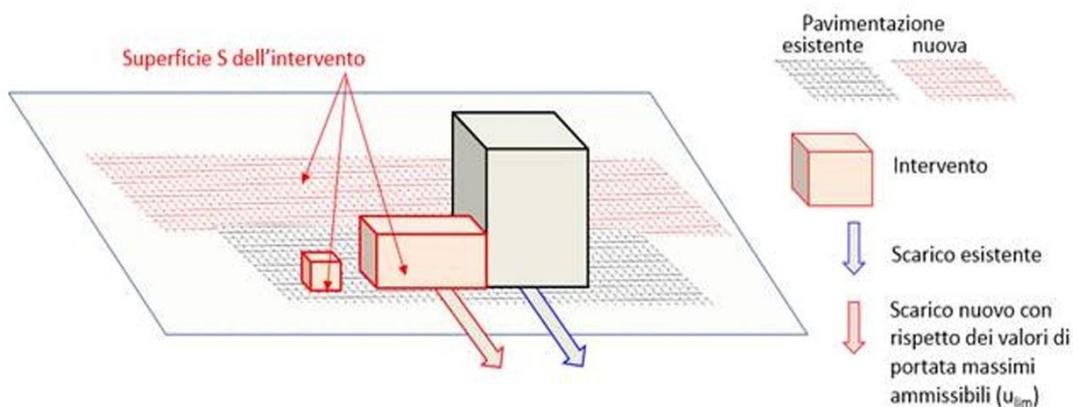


Figura 17 - Interventi di nuova costruzione, consistenti in ampliamenti, pavimentazioni, finitura di spazi esterni, parcheggi, aree di sosta, piazze, aree verdi sovrapposte a nuove solette comunque costituite, interventi pertinenziali che comportano la realizzazione di un volume inferiore al 20% del volume dell'edificio principale.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

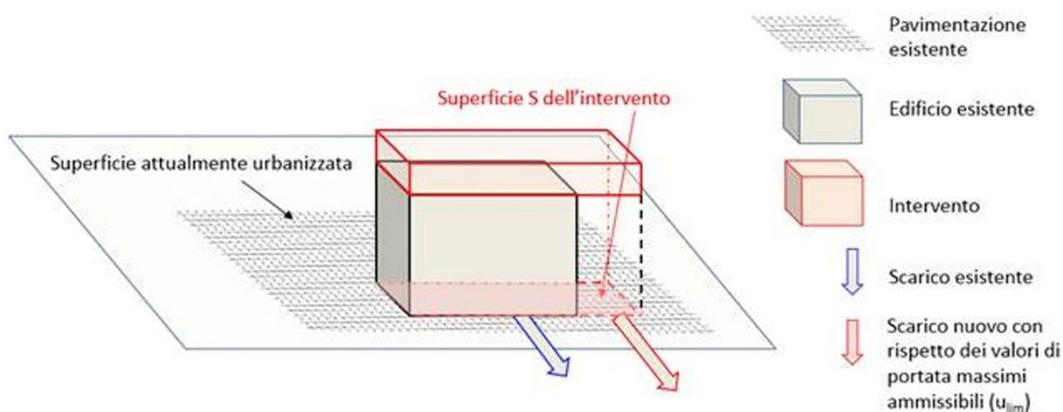


Figura 18 - Interventi di nuova costruzione consistenti in sopraelevazioni che aumentano la superficie coperta dell'edificio.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

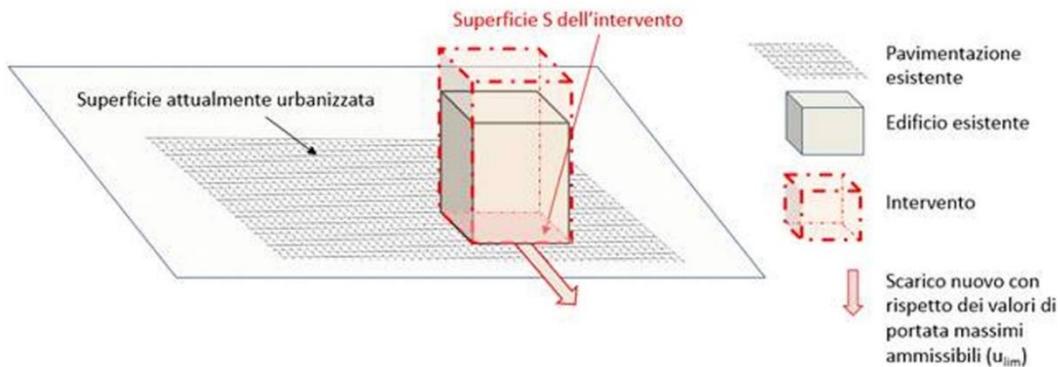


Figura 19 - Interventi di nuova costruzione derivanti da una demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento di volume.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

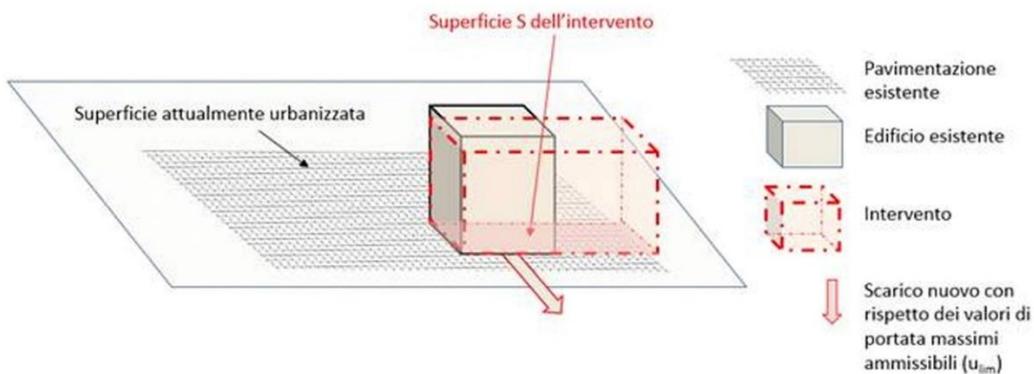


Figura 20 - Interventi di nuova costruzione, derivanti da una demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano di campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento di volume.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

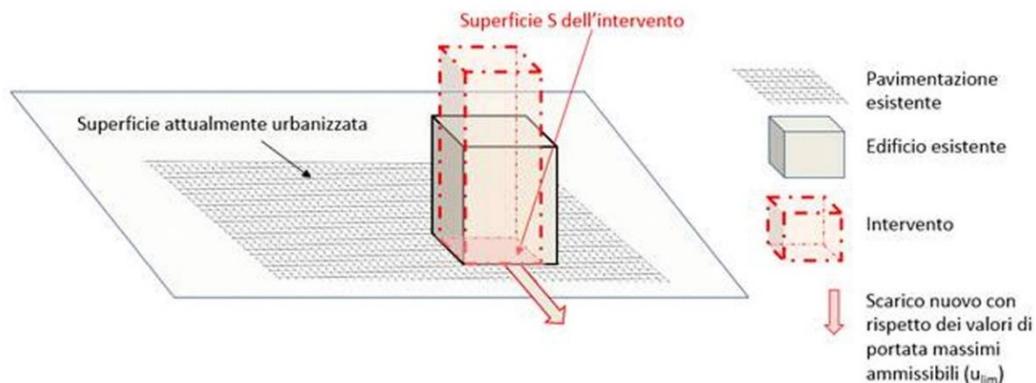


Figura 21 - Interventi di nuova costruzione, derivanti da una demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano di campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento di volume.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

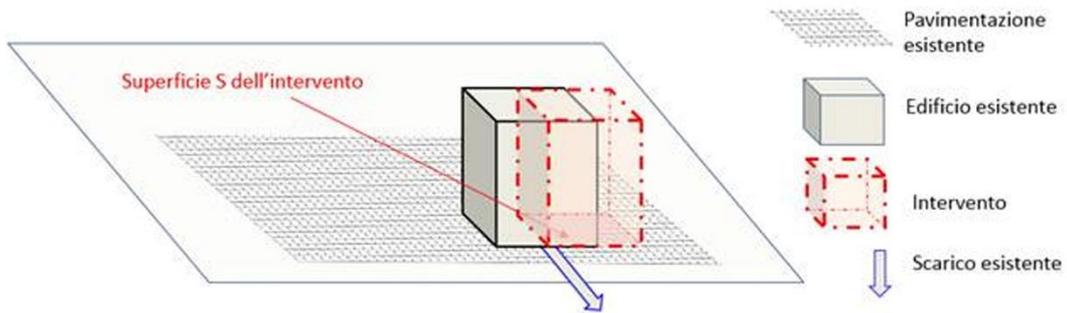


Figura 22 - Interventi di nuova costruzione, consistenti nella demolizione parziale e ricostruzione con aumento di volume. Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

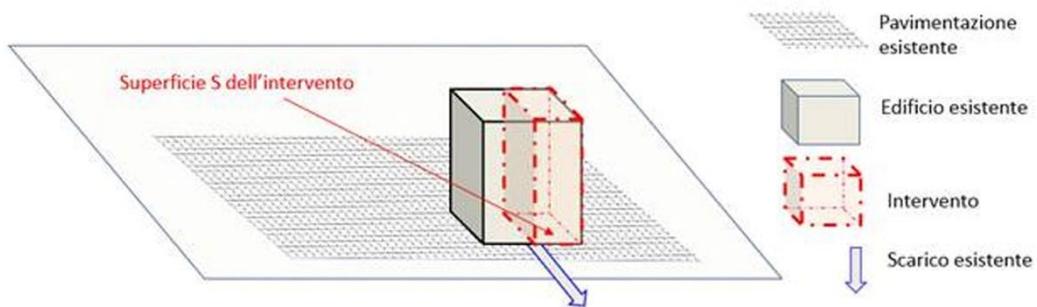


Figura 23 - Interventi di ristrutturazione edilizia, se consistenti nella demolizione parziale e ricostruzione senza aumento del volume.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

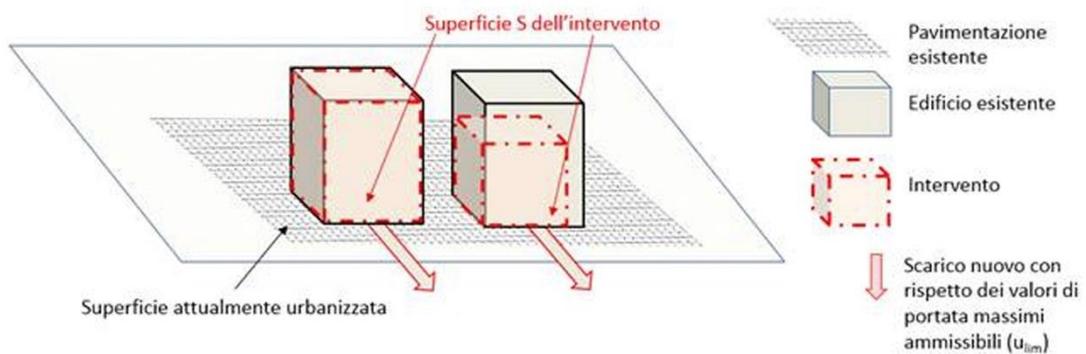


Figura 24 - Interventi di ristrutturazione edilizia, che consistono nella demolizione totale e ricostruzione senza aumento di volume e senza aumento della superficie coperta dell'edificio demolito.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

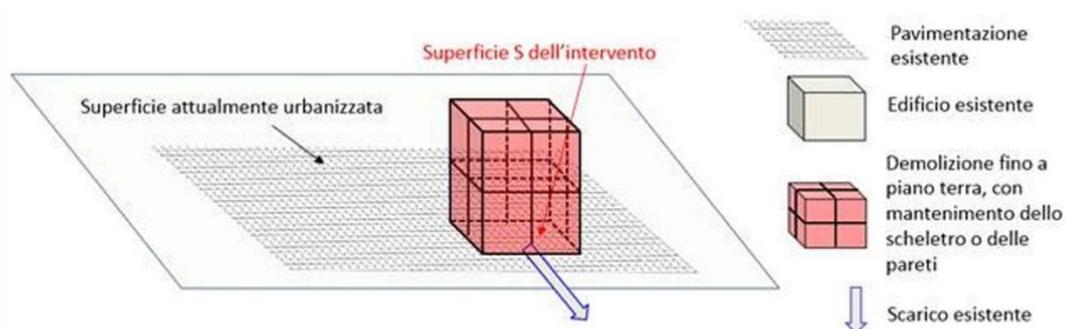


Figura 25 - Interventi di ristrutturazione edilizia, se consistenti nella demolizione con mantenimento dello scheletro o delle pareti e ricostruzione.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

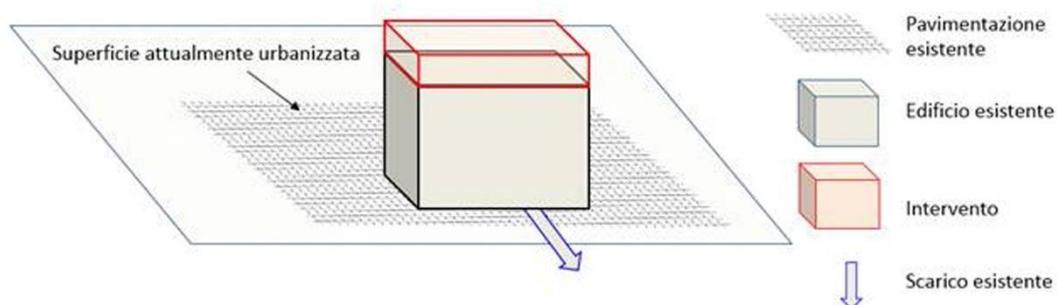


Figura 26 - Interventi di nuova costruzione, consistenti in sopraelevazioni che non alterano la superficie coperta dell'edificio.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

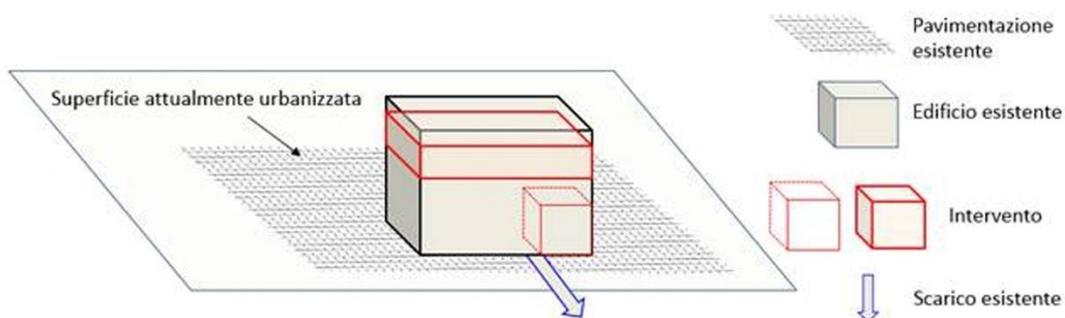


Figura 27 - Interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria e risanamento conservativo.

Fonte: Regolamento Regionale 7/2017, Allegato A.

Nella seguente tabella è indicato, per ogni intervento precedentemente schematizzato, se è necessario applicare misure di invarianza idraulica e idrologica e se la nuova portata di scarico è vincolata o meno al limite massimo ammissibile da regolamento.

Tipologia di intervento	Figura	Applicazione delle misure di invarianza idraulica e idrologica	Vincolo al limite massimo
Ristrutturazione edilizia	15	Richieste e calcolate per la superficie interessata	Si
Nuova costruzione	16	Richieste e calcolate per la superficie interessata	Si
	17		
	18		
	19		
	20		
	21		
Ristrutturazione edilizia	22	Non richieste, ma sono auspicabili	No
	23		
	24		
Nuova costruzione	25	Non richieste, ma sono auspicabili	No
	26		
Manutenzione ordinaria, straordinaria e risanamento conservativo	27	Non richieste, ma sono auspicabili	No

Tabella 2 - Schema riassuntivo delle tipologie di intervento ai quali applicare le misure di invarianza idraulica e idrologica.  
Fonte: Produzione propria.

Una volta definito quali sono gli ambiti territoriali di applicazione, la portata massima ammissibile per ettaro di superficie scolante impermeabile, le modalità di calcolo, i contenuti del progetto di invarianza idraulica e idrologica e gli interventi a cui essa si applica, il regolamento presenta nell'ultima parte, costituita dall'Allegato L, le indicazioni tecniche costruttive ed esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche.

Le opere descritte sono divise in:

- Opere di laminazione;
- Opere di infiltrazione;
- Opere miste di laminazione e infiltrazione;
- Tetti e pareti verdi.

Le opere di laminazione sono “la famiglia più numerosa di tecniche di mitigazione degli allagamenti” (Regolamento Regionale, Allegato L, p.81) e hanno la funzione di invasare una parte, a seconda del loro dimensionamento anche notevole, dei volumi d'acqua derivanti da eventi meteorici. Questi volumi sono in un secondo momento depurati o fatti defluire nel corpo idrico recettore, con una portata compatibile con essi. Alcune opere di laminazione hanno anche la possibilità di svuotamento tramite infiltrazione, ma sono classificate sempre come strutture appartenenti a questa categoria.

La classificazione delle opere di laminazione avviene sulla base dei seguenti criteri:

- La funzione da esse assolta;
- La posizione rispetto alla rete drenante;
- La posizione rispetto al piano di campagna.

La funzione assolta può essere o di “detenzione”, ovvero quando trattengono il volume d’acqua solo temporaneamente, per poi rilasciarlo progressivamente a valle durante il corso dell’evento meteorico, entro i tempi di svuotamento che, secondo il regolamento sono di 48 ore, oppure di “ritenzione”, ovvero quanto trattengono il volume d’acqua per un lungo periodo, smaltendolo tramite infiltrazione, evaporazione o riuso. In quest’ultimo caso si riescono a rimuovere notevoli quantità di inquinanti. Il Manuale SuDS del 2018 approfondisce nelle sue pagine il tema degli inquinanti, proponendo buone pratiche mediante l’impiego di sistemi di drenaggio urbano sostenibile, in modo da allinearsi alle politiche riguardanti la gestione integrata delle risorse idriche. Questo punto, presente nella Pianificazione di distretto idrografico, mira a coordinare i due aspetti di qualità e quantità, derivanti rispettivamente dalle due Direttive Acqua e Alluvione, mediante l’attuazione, non solo di misure di controllo quantitativo delle acque pluviali, ma anche di attenuazione degli inquinanti presenti nelle acque meteoriche<sup>87</sup>.



*Figura 28 - Esempio di un bacino di detenzione.  
Fonte: Manuale SuDS, 2018.*

<sup>87</sup> Le caratteristiche qualitative delle acque meteoriche sono state oggetto di numerosi studi in tutto il mondo. Le indagini si riferiscono principalmente alle fonti di inquinamento e il ruscellamento pluviale. Le prime sono legate alla spazzatura stradale, alla deposizione atmosferica di tempo asciutto su suolo e tetti, costituita da piccole particelle di varia natura, le emissioni del traffico, l’erosione urbana e il lavaggio dell’atmosfera in tempo di pioggia, costituito da sostanze che l’acqua di pioggia assorbe dall’atmosfera, come solidi sospesi, azoto, sostanze organiche, fosforo, ecc. Il ruscellamento pluviale, invece, asporta dalle superfici le sostanze depositate, trascinandole nel sistema fognario. In zone soggette a piogge acide, le coperture metalliche in zinco e rame, producono un forte aumento della concentrazione in queste acque di metalli pesanti (Manuale SuDS, 2018).

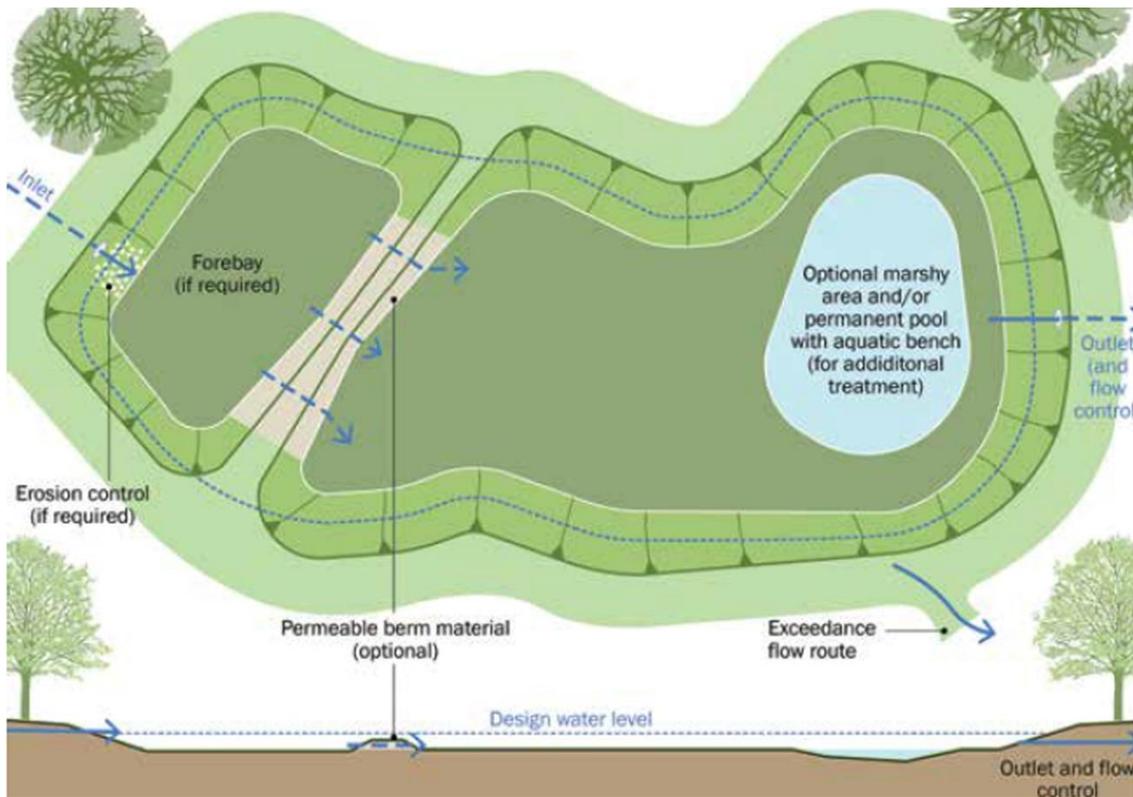


Figura 29 - Schema di un bacino di detenzione.  
Fonte: The SuDS Manual, 2015.



Figura 30 - Esempio di bacino di ritenzione.  
Fonte: Manuale SuDS, 2018.

Riguardo alla posizione rispetto alla rete drenante, si possono distinguere opere di laminazione di “transito”, se i flussi entrano direttamente nell’invaso e contemporaneamente escono dallo stesso, passando per una o più bocche che limitano la portata a valle, o di “cattura”, se l’invaso

è posto in una posizione di derivazione rispetto al condotto e viene interessato solo se le portate sono molto elevate, rispetto alla soglia prefissata.

Infine, la posizione rispetto al piano di campagna può essere o “sotterranea”, come nel caso di serbatoi chiusi costruiti al di sotto di esso, o “superficiale”, in aree aperte già esistenti o scavate per la laminazione che nel periodo di asciutto hanno magari una funzione agricola o vengono fruite dal pubblico e possono avere anche la funzione di fitodepurazione vegetale, come nel caso di wetlands, cunette vegetate e filter strips.

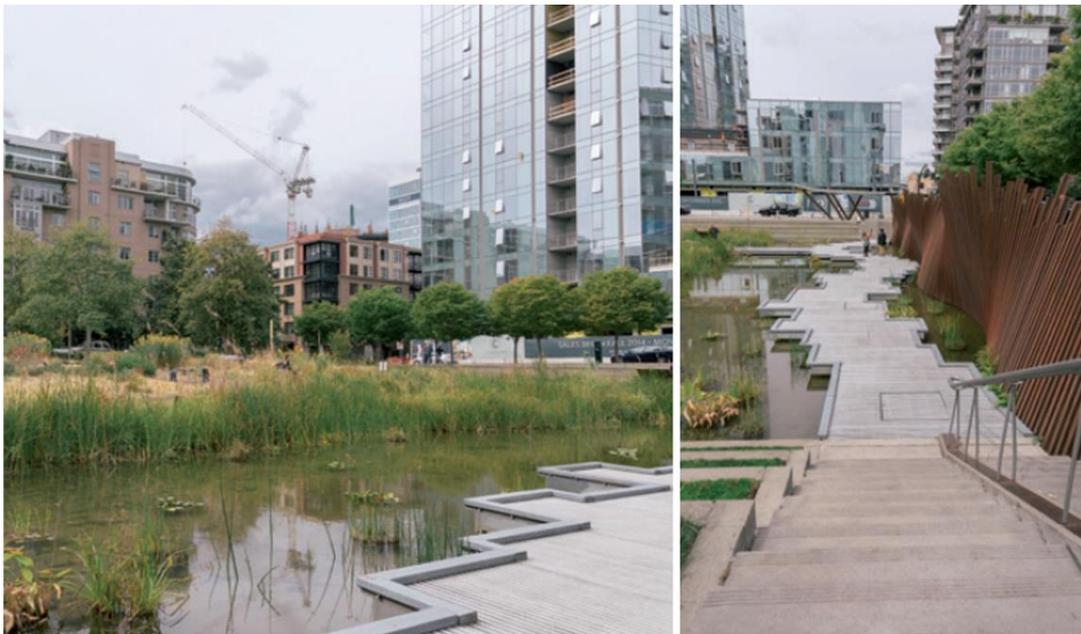


Figura 31 - Esempio di Wetland a Tanner Springs Park, Portland.

Fonte: Manuale SuDS, 2018.

Le opere classificate come “di infiltrazione”, fermo restando che, come si è visto, anche lo smaltimento dei volumi d’acqua immagazzinati dalle opere di laminazione può essere smaltito per infiltrazione, creando una classe “ibrida”, sono:

- Trincee di infiltrazione, ovvero uno scavo lungo e profondo, di uno o tre metri, riempito con materiali ad alta conduttività idraulica, come ghiaia. Viene costruita in corrispondenza di una cunetta ribassata rispetto al terreno così che il deflusso si possa accumulare all’interno della trincea ed essere gradualmente infiltrato. Generalmente si usano per drenare l’acqua di strutture lineari, come strade;

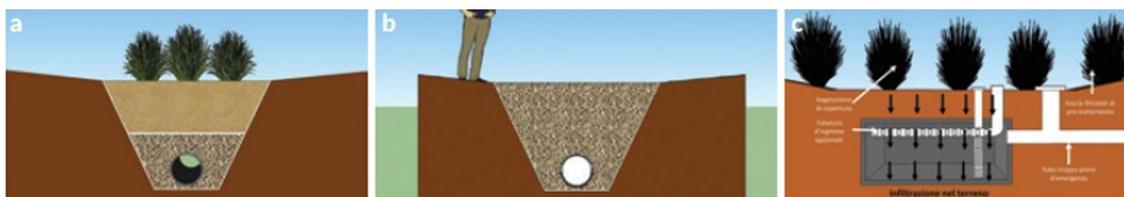


Figura 32 - Schema tipo delle trincee di infiltrazione (a) con suolo ed essenze vegetali, (b) senza suolo ed essenze vegetali (c) sezione longitudinale della trincea.

Fonte: Manuale SuDS, 2018.

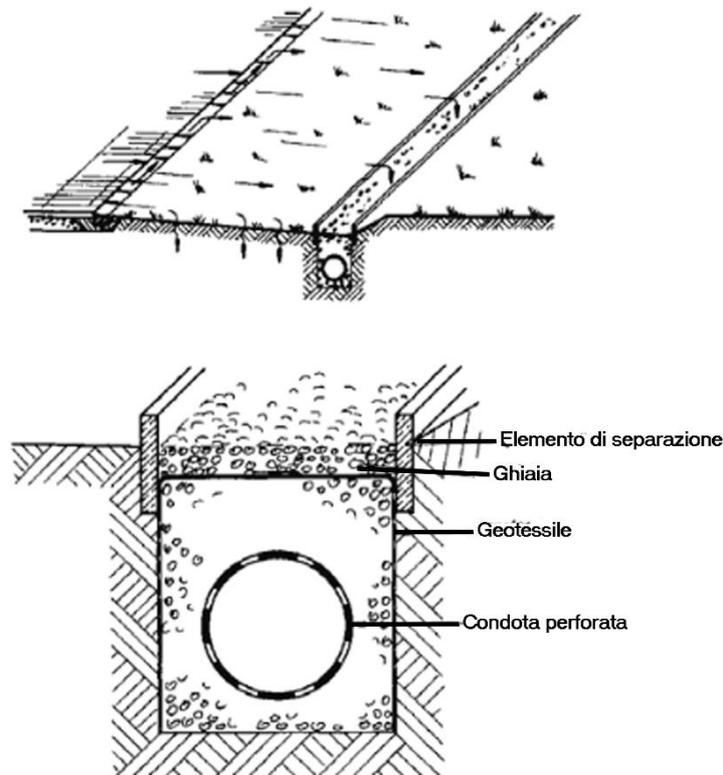


Figura 33 - Schema di una trincea di infiltrazione.  
Fonte: Regolamento Regionale 7/2017.

- Pozzi drenanti, costituiti da strutture sotterranee che raccolgono e infiltrano acqua proveniente da tetti di edifici o piazzali. Generalmente si usano in prossimità di strutture puntuali, a differenza delle trincee di infiltrazione. La struttura esterna è costituita da un materiale rigido, come ad esempio il cemento, mentre l'interno è riempito con ghiaia, con una porosità del 30% almeno. Essi sono dotati di un punto di accesso ispezionabile per garantire la manutenzione e l'ispezione. A monte è bene inserire dei filtri, in corrispondenza ad esempio delle grondaie, per evitarne l'ostruzione causata da particelle, detriti e foglie;
- Bacini e vasche di infiltrazione, ovvero invasi con il fondo permeabile. I bacini sono ricavati da depressioni naturali o artificiali del terreno, quasi sempre a cielo aperto, mentre le vasche di infiltrazione sono strutture anche sotterranee, con muri di contenimento in calcestruzzo. Le pareti dei bacini sono ricoperte da un tappeto erboso, al fine di stabilizzare le aree ed esercitare contemporaneamente un'azione filtrante per rimuovere le sostanze inquinanti. Questo tipo di opera deve essere posto ad una certa distanza dalla falda, in quanto può provocare, in presenza di alte concentrazioni di inquinanti nelle piogge, l'inquinamento della stessa. I tempi di manutenzione devono essere calcolati con precisione, altrimenti queste opere possono causare il rilascio di cattivi odori e il proliferare di insetti, come zanzare e moscerini;
- Pavimentazioni permeabili, che possono essere continue, se realizzate in modo simile alle pavimentazioni stradali normali, eliminando inerti a granulometria fine o

discontinue, ottenute tramite l'accostamento di elementi prefabbricati in calcestruzzo, perforati e autobloccanti. In entrambi i casi, al di sotto di queste pavimentazioni, si realizza uno strato filtrante, composto da strati di granulometria crescente. L'ultimo strato può essere dotato di una guaina impermeabile, rendendolo una specie di vasca di laminazione. Viene messo tra la pavimentazione e il primo strato sottostante anche un filtro per evitare l'accumulo di particelle sottili che ne causino l'ostruzione;



*Figura 34 - Esempi di pavimentazioni permeabili.  
Fonte: Manuale SuDS, 2018.*

- Caditoie filtranti, che hanno lo scopo di facilitare l'infiltrazione nel suolo delle acque che si raccolgono sui tetti o sulla superficie stradale. Le acque, accumulate lungo le cunette stradali, sono scaricate in caditoie composte da una prima camera che separa i solidi come foglie e inerti, da una seconda camera, con fondo drenante, da cui si diparte una trincea drenante.

Oltre alle opere di laminazione e di infiltrazioni, che spesso si possono trovare in una forma ibrida, sono presentate nell'Allegato L, altre opere per garantire il rispetto del principio di invarianza idrologica: i tetti e pareti verdi. Queste opere hanno lo scopo di ridurre gli afflussi ai sistemi di drenaggio mediante la ritenzione e la detenzione delle acque, permettono di contenere l'aumento delle temperature, assorbendo parte della radiazione solare, trattengono le polveri inquinanti e mitigano l'inquinamento acustico, con la riduzione della riflessione del suono verso l'esterno. La stratificazione di queste opere consta di diversi elementi:

- Strato anti-radice e strato di accumulo;
- Strato drenante;
- Strato filtrante;
- Substrato di vegetazione;
- Accessori per il drenaggio e l'irrigazione;
- Vegetazione.



Figura 35 - Schema di un tetto verde/verde pensile.  
Fonte: Regolamento Regionale 7/2017.



Figura 36 - Esempio di tetto verde.  
Fonte: Manuale SuDS, 2018.

### 3.4 Alcune considerazioni sul Regolamento Regionale 7/2017

La metodologia utilizzata dalla Lombardia per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica sul suo territorio si presenta come un lavoro, come si è visto, meticoloso e completo. In quanto tale, esso fornisce delle ottime basi e degli spunti di riflessione molto interessanti se si vuole provare a declinare il principio di invarianza idraulica e idrologica su un territorio regionale differente. Il punto di partenza è sicuramente l'assegnazione di una quantità di riferimento, rispetto a cui essere invariante, senza tralasciare il fattore qualitativo proveniente dal Piano di Gestione del distretto del fiume Po e del Piano di Tutela delle acque regionale. La classificazione del proprio territorio nei tre ambiti A, B e C e la rispettiva assegnazione di valori di portata massimi ammissibili, fissa un limite, valido per tutto il territorio regionale, che lo stesso PGRA non esplicita mai in nessuno dei suoi documenti. L'utilizzo di competenze tecniche di ingegneria, fornisce le conoscenze necessarie per il calcolo quantitativo della portata d'acqua scaricabile nei recettori per ettaro di superficie impermeabile scolante, per ogni caso stabilito dalla tabella dell'articolo 8 del regolamento regionale. Infine, l'integrazione con gli strumenti urbanistici, la definizione dei contenuti del progetto di invarianza idraulica e idrologica, l'assegnazione delle competenze, nonché l'individuazione degli interventi a cui è obbligatoria l'applicazione, fornisco, insieme ai consigli sulle buone pratiche di opere, una visione a 360 dell'argomento.

Nel Regolamento Regionale e nel Manuale SuDS, che ne approfondisce i contenuti, tuttavia, mancano alcune informazioni su come esattamente sono calcolati i valori di portata massima ammissibili e come è avvenuta la classificazione in ambiti territoriali di applicazione. Nel caso dei valori di portata massima ammissibili, essi, si ritiene, che siano troppo bassi come numeri e non è chiaro del perché aree a media e bassa criticità idraulica debbano avere lo stesso valore di 20 l/s per ettaro di superficie impermeabile scolante. Nel caso della classificazione in ambiti territoriali, la cartografia lombarda, presenta una suddivisione in tre fasce orizzontali di macro-ambiti, in cui numerosi comuni sono assegnati alla medesima categoria.

Nel prossimo capitolo è presentato il "core" del lavoro di ricerca di questa tesi, in cui si proverà a far luce sulle questioni sopracitate, cercando di avanzare una proposta metodologica per l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica nel territorio Piemontese, con un focus sul territorio torinese.

## 4 Proposte metodologiche per l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica nella Regione Piemonte.

Nell'ambito del Progetto Speciale Piano Regolatore di Revisione del P.R.G. del comune di Torino sono stati avviati dei progetti di stage in collaborazione con il Politecnico di Torino su temi specifici. Con riferimento alla tematica relativa al principio di invarianza idraulica e idrologica, previsto dal PTC2 della Città Metropolitana di Torino, si è svolto un approfondimento sull'applicazione di tale principio nel territorio torinese. Questo studio è stato condotto da me con la collaborazione dell'area urbanistica del Comune di Torino, presso la sede in via Meucci n. 4, come riferimento aziendale e la supervisione del presente lavoro del Professore Ing. Stefano Ferrari, come riferimento accademico del Politecnico di Torino. Durante il lavoro di Stage (marzo – luglio, 2019), che ha preceduto la stesura di questa tesi, è emerso che l'ente Regione Piemonte risulta sprovvisto, dal punto di vista legislativo, di una legge o norma a livello regionale relativo all'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica. Tuttavia, nel documento DS6, analizzato nella parte successiva, del PTC2 metropolitano, è presente un paragrafo relativo all'invarianza idraulica.

Partendo da questo documento, facendo leva sulle conoscenze apprese durante il Corso di Laurea Magistrale presso il Politecnico di Torino, in particolare di Idrologia Territoriale, la collaborazione con il Comune di Torino e con Politecnico stesso, tramite il Professore Ing. Stefano Ferrari, e di quanto appreso dai documenti presentati nel capitolo 2 “Inquadramento Normativo” e l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica nel territorio lombardo, presentato nel capitolo 3 “Applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica a livello regionale: esempio della Regione Lombardia”, è stata effettuata una proposta metodologica per l'applicazione di tale principio nella Regione Piemonte, in particolare nel territorio torinese.

### 4.1 DS6 del PTC2 della Città metropolitana di Torino

Il Piano Territoriale di Coordinamento della Città metropolitana di Torino<sup>88</sup> attualmente vigente è una revisione dello strumento precedente, che era stato approvato nel 2003, ed i suoi contenuti hanno assunto piena efficacia ai sensi di legge nel 2011. La Delrio del 2014, con l'istituzione dell'ente Città metropolitana, in sostituzione di quello esercitato dalla Provincia, ha confermato la validità di questo strumento, che disciplina e norma il territorio di Torino fino alla prima cintura. Gli obiettivi del Piano, trasversali ai vari sistemi, costituenti le direttrici fondamentali dell'azione della Città metropolitana, sono:

- Il contenimento del consumo di suolo e dell'utilizzo delle risorse naturali;
- Lo sviluppo socioeconomico e policentrismo;
- La riduzione delle pressioni ambientali e il miglioramento della qualità della vita;

---

<sup>88</sup> Il Piano era nato nel 2003 come Piano Provinciale e tale è rimasto dopo la sua variante nel 2011, per cui tutti i documenti di piano fanno riferimento all'ente Provincia. Tuttavia, attualmente, la funzione di gestire le disposizioni contenute nel Piano è esercitata dalla Città Metropolitana di Torino, istituita con la Delrio nel 2014.

- La tutela, valorizzazione ed incremento della rete ecologica, del patrimonio naturalistico e della biodiversità.

Questi obiettivi, stabiliti dall'articolo 14, comma 1 del Piano, sono perseguiti attraverso l'attuazione di strategie e di azioni coordinate, complementari dove occorre l'una all'altra, destinati ad essere sviluppate nell'ambito di sistemi di riferimento.

Il PTC2 articola l'apparato di dispositivo con riguardo:

- Al sistema insediativo (lettera a), articolato in sistema residenziale (lettera a.1) e sistema economico (lettera a.2);
- Al sistema del verde e delle aree libere (lettera b), articolato in rete ecologica (lettera b.1) e sistema agricolo (lettera b.2);
- Al sistema dei collegamenti (lettera c), articolato in materiali (lettera c.1) e immateriali (lettera c.2);
- Alle pressioni ambientali e alla difesa del suolo (lettera d), considerando i temi dell'aria e dell'atmosfera (lettera d.1), delle risorse idriche e della produzione idroelettrica (lettera d.2), dei rifiuti (lettera d.3), degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante (lettera d.4), delle attività estrattive (lettera d.5) e della difesa del suolo (d.6).

Riguardo la difesa del suolo, sin dal 2006, il "Servizio Difesa del Suolo", oggi "Difesa del Suolo e Attività Estrattiva", ha predisposto una serie di relazioni, presenti sottoforma di allegati al Piano che insieme costituiscono un inquadramento geologico del territorio, utile come supporto alla Variante del Piano territoriale di coordinamento. Queste relazioni, prendendo il nome di DS, sono:

- DS. Relazione generale introduttiva;
- DS1. Assetto geologico e geomorfologico della Provincia di Torino;
- DS2. Assetto idrogeologico della Provincia di Torino;
- DS3. Quadro del dissesto idrogeologico della Provincia di Torino;
- DS4. Gruppo di studio sulle deformazioni gravitative di versante. Rapporto finale;
- DS5. La manutenzione del territorio;
- DS6. Norme in materia di difesa del suolo;
- DS7. Quadro delle principali criticità idrogeologiche nel territorio provinciale.

Tra queste relazioni l'argomento "principio dell'invarianza idraulica", tralasciando il termine "idrologica", è presente nel DS6, riguardo le norme in materia di difesa del suolo. Questo documento è nato per l'adeguamento alla normativa nazionale dettata dall'attuazione del PAI a livello provinciale<sup>89</sup>. La normativa assegna il compito della difesa del suolo a livello

---

<sup>89</sup> Ai sensi dell'articolo 57 del D. Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 "La Regione, con legge regionale, prevede che il piano territoriale di coordinamento provinciale di cui l'articolo 15 della legge 8 giugno 1990, n. 142, assume il valore e gli effetti dei piani di tutela nei settori della protezione della natura, la tutela dell'ambiente, delle acque e della difesa del suolo e della tutela delle bellezze naturali, sempreché la definizione delle relative disposizioni avvenga nella forma di intese fra provincia e le amministrazioni, anche statali, competenti" (PTC2, DS6, 2011, p.3).

intermedio tra la pianificazione di bacino e il livello locale ai Piani Territoriali di Coordinamento<sup>90</sup>.

Nel DS6, l'argomento "invarianza idraulica" viene trattato in connessione con il paragrafo relativo al "rischio idraulico". Prima di entrare in merito a parlare di rischio idraulico, il documento, infatti, fornisce una "norma di carattere generale"<sup>91</sup> che recita "a tutti gli interventi di nuova urbanizzazione o di trasformazione urbanistica si applica in generale il principio di invarianza idraulica. Per trasformazione del territorio a invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa" (PTC2, DS6, 2011, p.12). Seppur riprendendo concettualmente quello di cui si è discusso in questa tesi finora, prosegue nella parte successiva parlando di "attenuazione idraulica", nel caso di corpi idrici recettori in condizioni critiche, definendo "trasformazione del territorio ad attenuazione idraulica [...] la trasformazione di un'area che determini una riduzione della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa. La riduzione della portata deve essere pari almeno al 50% rispetto alla portata in condizione ante-operam" (PTC2, DS6, 2011, p.12). Quest'ultima parte, oltre a mancare di chiarezza, non fornisce né parametri né una metodologia di calcolo né tanto meno una classificazione di "corpi idrici critici". Tuttavia, poi prosegue che il metodo per il dimensionamento delle opere è strutturato in tre fasi:

- Costruzione dello ietogramma di progetto;
- Calcolo delle perdite idrologiche;
- Calcolo delle portate di piena con il metodo "afflussi – deflussi".

In condizioni ante operam e post operam, per confrontare le situazioni e consentire il dimensionamento delle opere necessarie a garantire l'invarianza idraulica o "l'attenuazione idraulica".

Infine, fissa i tempi di ritorno per la rete a 20 anni e per la vasca 50 anni e il calcolo delle perdite tramite la metodologia CN – SCS.

In quest'ultima parte vengono ripresi sommariamente alcuni contenuti di calcolo, utilizzati in Lombardia, visti precedentemente. A mancare, oltre che una definizione chiara di cosa si intende per invarianza idraulica e cosa per invarianza idrologica, che non viene nemmeno menzionata, è un criterio che normi il territorio con una metodologia "standardizzata", che fornisca degli indicatori, dei valori e dei parametri confrontabili ed equiparabili.

La ricerca sull'argomento ha portato l'indagine al livello regionale, per comprendere come la Regione Piemonte si stava approcciando a questo tema. Quest'ultima si trova attualmente sprovvista di una normativa regionale di riferimento e si trova meno che mai lontana ad un regolamento regionale per l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica.

---

<sup>90</sup> Anche la normativa regionale, che recepisce la nazionale, nel 2005 con la deliberazione 70-15074, recante "Attuazione e aggiornamento del PAI: formazione di un Gruppo di lavoro per la definizione di procedure operative per il coordinamento di studi, analisi e piani in materia idraulica e idrogeologica", disciplina le analisi in materia di dissesto idrogeologico al fine di aggiornare il Piano Territoriale di Coordinamento, attraverso l'intesa di Autorità di Bacino (ora "distrettuale") e le Regioni, mediante l'attuazione del PAI.

<sup>91</sup> Questa "norma" è stata scritta solo come linea guida e non ha una valenza legislativa a cui gli strumenti locali si devono adeguare. Questo ha generato nell'ambito del Progetto Speciale Piano Regolatore di Revisione del PRG, non pochi problemi, in quanto il Comune di Torino non sapeva se era una norma da aggiungere alle Norme Tecniche di Attuazione del PRG.

Tuttavia, essa prima o dopo, dovrà fare i conti su come recepire il principio a livello regionale, in quanto disciplinato dal livello interregionale del PGRA.

## 4.2 Il “metodo CN”

Il cuore del lavoro di tesi è costituito dall'introduzione di un indicatore, già esistente in letteratura, che “standardizzi” il territorio piemontese, classificando le diverse aree in base alla loro permeabilità. Infatti, si è visto che a parità di intensità di pioggia, quello che fa veramente la differenza è la capacità dei suoli di far infiltrare o meno l'acqua. Questa capacità è già insita nei suoli naturali, ma viene persa qualora essi subiscono trasformazioni a seguito di impermeabilizzazioni dovute all'urbanizzazione. Per l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica, secondo la definizione fornita dalla legge lombarda, sarebbe necessario che i suoli dell'area soggetta a trasformazione mantengano le proprie capacità di far infiltrare l'acqua allo stato preesistente tale trasformazione, cioè al suolo naturale.

Questo indicatore viene fornito dal metodo elaborato dal Soil Conservation Service (SCS) ed è il Curve Number (CN).

### 4.2.1 Il metodo SCS - CN

Il Soil Conservation Service (SCS) nasce a seguito del “Soil Conservation Act”, firmato dal presidente Roosevelt il 27 Aprile 1935, nell'ambito del Dipartimento di Agricoltura statunitense. Questa nuova agenzia fu un'espansione del Soil Erosion Service (SES), che era stato creato nel 1933 con i fondi provenienti dal “National Industrial Recovery Act”. Il suo leader Hugh Bennett, che era a capo sia dell'SCS che del precedente SES, aveva osservato che l'erosione del suolo ad opera dell'acqua e del vento riduceva la capacità del territorio di sostenere la produzione agricola e si era posto il compito di aiutare la comunità agricola che dipendeva da essa ( <https://livingnewdeal.org/glossary/soil-conservation-service-scs-1935/> ).

Nel 1972<sup>92</sup> il Soil Conservation Service propone un metodo che utilizza il Curve Number (CN) che consente di stimare la pioggia netta che dà origine al deflusso superficiale, attraverso il calcolo delle perdite dovute all'infiltrazione ed intercettazione prodotta dalla vegetazione e dagli avvallamenti superficiali.

Questo metodo si basa sull'equazione di bilancio tra i valori cumulati nel tempo a partire dall'inizio dell'evento di pioggia:

$$P_n = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)}$$

In cui:

- $P_n$  è il valore di pioggia netta in millimetri;
- $P$  è la pioggia totale in millimetri;

---

<sup>92</sup> [http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2011/Argomento\\_7/produsz\\_deflusso\\_superficiale.pdf](http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2011/Argomento_7/produsz_deflusso_superficiale.pdf)

- Ia sono le perdite iniziali, date dall'intercettazione e le depressioni superficiali, solitamente assunte a 0,20 S;
- S è la capacità massima di ritenzione del suolo.

Il parametro S è dipendente dalla tipologia di suolo in questione, dal suo uso e dalle condizioni di imbibizione iniziali. Questa capacità di ritenzione S, espressa in millimetri, è correlata al parametro CN, secondo l'equazione:

$$S = 25,4 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il parametro CN può assumere dei valori compresi tra 1 e 100, in cui:

- Per CN pari a 100, la capacità di ritenzione è nulla e quindi il suolo è perfettamente impermeabile;
- Per CN pari a 1, la capacità di ritenzione è massima e quindi il suolo è perfettamente permeabile.

Per determinare i valori del parametro CN, secondo il modello SCS, si utilizzano apposite tabelle, dove le righe rappresentano il diverso utilizzo del suolo, mentre le ultime quattro colonne sono relative ai "tipi di suolo", classificati come A, B, C e D. Il metodo prevede infatti una classificazione dei suoli in quattro gruppi idrologici (USDA, 1986), di sotto riportati nella Tabella 3.

<i>Tipo</i>	<i>Descrizione</i>
A	<i>(Suolo a basso potenziale di deflusso). I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione elevato anche quando sono completamente bagnati. Sono costituiti principalmente da sabbie e ghiaie o ghiaie di notevole spessore, con drenaggio da buono a eccessivo.</i>
B	<i>I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione moderato quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli di spessore moderatamente elevato o elevato, con drenaggio da moderatamente buono a buono e con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana.</i>
C	<i>I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione basso quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli con uno strato che impedisce il movimento discendente dell'acqua, oppure suoli con tessitura da moderatamente fine a fine.</i>
D	<i>(Suoli ad alto potenziale di deflusso). I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione bassissimo quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli argillosi con un lato potenziale di rigonfiamento, suoli con una falda permanentemente alta, suoli con uno strato di argilla alla superficie o presso la superficie e suoli sottili giacenti sopra materiale pressoché impermeabile.</i>

Tabella 3 - I quattro gruppi secondo cui si classificano i suoli dal punto di vista della possibilità di infiltrazione.  
Fonte: La caratterizzazione del rischio idraulico nella stesura del piano strutturale comunale associato dell'alto ferrarese: il quadro conoscitivo, 2007

Per vedere l'uso del suolo, si utilizza generalmente la Corine Land Cover, un progetto nato a livello europeo per il monitoraggio e il rilevamento delle caratteristiche di copertura e uso del territorio. La prima realizzazione di questo progetto risale al 1990, poi viene aggiornata negli anni 2000, 2006, 2012 e 2018 e si può trovare nel sito <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover>. Nel sito è presente anche l'uso del suolo al 1960, che sarà utile nelle prossime pagine.

I dati relativi alla copertura e all'uso del suolo sono i dati più richiesti per la gestione e pianificazione sostenibile del territorio, allo scopo di fornire informazioni per i processi decisionali e le strategie intraprese a livello comunitario. Tramite l'apposita cartografia è possibile vedere nel tempo come si è modificato l'uso del suolo e localizzare dove e quando sono avvenuti i più importanti processi di consumo di suolo.

Di seguito è mostrata la classificazione utilizzata per la realizzazione del progetto Corine Land Cover, riportando la sigla utilizzata dal servizio per identificare i diversi usi del suolo e la relativa descrizione.

<b>Sigla Corine</b>	<b>Descrizione della classe</b>
<b>1</b>	<b>TERRENI MODELLATI ARTIFICIALMENTE</b>
<b>11</b>	<b>Zone urbanizzate</b>
	<i>Tessuto urbano continuo.</i> Spazi strutturati dagli edifici e dalla viabilità. Gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente occupano più dell'80% della superficie totale. La vegetazione non lineare e il suolo nudo rappresentano l'eccezione. Sono qui compresi i cimiteri senza vegetazione.
111	Problema particolare degli abitati a sviluppo lineare (villes-rue): anche se la larghezza delle costruzioni che costeggiano la strada, compresa la strada stessa, raggiunge solo 75 m, a condizione che la superficie totale superi 25 ha, queste aree saranno classificate come tessuto urbano continuo (o discontinuo se le aree non sono congiunte).
	<i>Tessuto urbano discontinuo.</i> Spazi caratterizzati dalla presenza di edifici. Gli edifici, la viabilità e le superfici a copertura artificiale coesistono con superfici coperte da vegetazione e con suolo nudo, che occupano in maniera discontinua aree non trascurabili. Gli edifici, la viabilità e gli edifici ricoperti artificialmente coprono dal 50% all'80% della superficie totale. Si dovrà tenere conto di questa densità per le costruzioni localizzate all'interno di spazi naturali (foreste o spazi erbosi). Questa voce non comprende: le abitazioni agricole sparse nelle periferie delle città o nelle zone di coltura estensiva comprendenti edifici adibiti a impianti di trasformazione e ricovero; le residenze secondarie disperse negli spazi naturali o agricoli. Comprende invece i cimiteri senza vegetazione.
112	
<b>12</b>	<b>Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione</b>
	<i>Aree industriali o commerciali.</i> Aree a copertura artificiale (in cemento, asfaltate o stabilizzate, per esempio terra battuta), senza vegetazione, che occupano la maggior parte del terreno (coprono più del 50% della superficie totale). La zona comprende anche edifici e/o aree con vegetazione. Le zone industriali e commerciali ubicate nei tessuti urbani continui e discontinui sono da considerare solo se si distinguono nettamente dall'abitato (insieme industriale di aree superiore a 25 ha con gli spazi associati: muri di cinta, parcheggi, depositi, ecc..). Le stazioni centrali delle città fanno parte di questa categoria, ma non i grandi magazzini integrati in edifici di abitazione, i sanatori, gli stabilimenti termali, gli ospedali, le case di riposo, le prigioni, ecc..
121	
122	<i>Reti stradali e ferroviari e spazi accessori.</i> Larghezza minima da considerare è 100m. Autostrade, ferrovie, comprese le superfici annesse (stazioni, binari, terrapieni, ecc..) e le reti ferroviarie più larghe

- di 100 che penetrano nella città. Sono qui compresi i grandi svincoli stradali e le stazioni di smistamento, ma non le linee elettriche ad alta tensione con vegetazione bassa che attraversano le aree forestali.
- 123 **Aree portuali.** Infrastrutture delle zone portuali compresi i binari, i cantieri navali e i porti da diporto. Quando i moli hanno meno di 100 m di larghezza. La superficie dei bacini (d'acqua dolce e salata) delimitata dagli stessi è da comprendere nel calcolo dei 25 ha.
- 124 **Aeroporti.** Infrastrutture aeroportuali: piste edifici e superfici associate. Sono da considerare solo le superfici che sono interessate dall'attività aeroportuale (anche se alcune parti di queste sono utilizzate occasionalmente per agricoltura-foraggio). Di norma queste aree sono delimitate da recinzioni o strade. In molti casi, l'area aeroportuale figura sulle carte topografiche a grande scala (1: 25.000 e 1: 50.000). Non sono compresi i piccoli aeroporti da turismo (con piste consolidate) ed edifici da dimensioni molto piccole.
- 13 **Zone estrattive, discariche e cimiteri**
- 131 **Aree estrattive.** Estrazione di materiali inerti a cielo aperto (cave di sabbia e di pietre) o di altri materiali (miniere a cielo aperto). Ne fanno parte le cave di ghiaia, eccezion fatta, in ogni caso, per le estrazioni nei letti dei fiumi. Sono qui compresi gli edifici e le installazioni industriali associate. Rimangono escluse le cave sommerse, mentre sono comprese le superfici abbandonate e sommerse, ma non recuperate, comprese in aree estrattive. Le rovine, archeologiche e non, sono da includere nelle aree ricreative.
- 132 **Discariche.** Discariche e depositi di miniere, industrie e collettività pubbliche.
- 133 **Cantieri.** Spazi in costruzione, scavi e suoli rimaneggiati.
- 14 **Zone verdi artificiali non agricole**
- 141 **Aree verdi urbane.** Spazi ricoperti di vegetazione compresi nel tessuto urbano. Ne fanno parte i cimiteri con abbondante vegetazione e parchi urbani.
- 142 **Aree sportive e ricreative.** Aree utilizzate per camping, attività sportive, parchi di divertimento, campi da golf, ippodromi, rovine archeologiche e non, ecc. Ne fanno parte i parchi attrezzati (aree dotate intensamente di attrezzature ricreative, da picnic, e.., compresi nel tessuto urbano. N.B. sono escluse le piste da sci.

2

## TERRENI AGRICOLI

- 21 **Seminative superfici coltivate regolarmente arate e generalmente sottoposte a un sistema di rotazione**
- 211 **Seminativi in aree non irrigue.** Sono da considerare perimetri irrigui solo quelli individuabili per fotointerpretazione, satellitare o aerea, per la presenza di canali e impianti di pompaggio. Cereali, leguminose in pieno campo, colture foraggiere coltivazioni industriali, radici commestibili e maggesi. Vi sono compresi i vivai e le colture orticole, in pieno campo, in serra e sotto plastica, come anche gli impianti per la produzione di piante medicinali, aromatiche e culinarie. Vi sono comprese le colture foraggiere (prati artificiali) ma non i prati stabili.
- 2111 **Vivai e colture protette.** Vi sono compresi i vivai, in serra e in pieno campo, e le colture ortive in serra e sotto plastica.
- 2112 **Altri seminativi.**
- 212 **Seminativi in aree irrigue.** Colture irrigate stabilmente e periodicamente grazie a un'infrastruttura permanente (canale di irrigazione, rete di drenaggio). La maggior parte di queste colture non potrebbe realizzarsi senza l'apporto artificiale dell'acqua. Non vi sono comprese le superfici irrigate sporadicamente.
- 213 **Risaie.** Superfici utilizzate per la coltura del riso. Terreni terrazzati e dotati di canali d'irrigazione. Superfici sporadicamente inondate.
- 22 **Colture Permanenti**
- 221 **Vigneti.** Superfici piantate a vigna.
- 2211 **Colture permanenti miste con leggera prevalenza di vigneti.** Mosaico di appezzamenti a vigneto, oliveto e/o frutteto in parti pressoché uguali ma con una leggera prevalenza dei vigneti.

- 2212 **Altri vigneti.**  
**Frutteti e frutti minori.** Impianti di alberi o arbusti fruttiferi: colture pure o miste di specie produttrici di frutta o alberi da frutto in associazione con superfici stabilmente erbate. Ne fanno parte i castagneti da frutto e i nocciolieti. I frutteti di meno di 25 ha compresi nei terreni agricoli (prati stabili o seminativi) ritenuti importanti sono da comprendere nella classe 2.4.2. I frutteti con presenza di diverse associazioni di alberi sono da includere in questa classe.
- 2221 **Colture permanenti miste con leggera prevalenza di frutteti.** Mosaico di appezzamenti a vigneto, oliveto e/o frutteto in parti pressoché uguali ma con leggera prevalenza di oliveti.
- 2222 **Frutteti che ricadono in aree irrigue.**
- 2223 **Castagneti da frutto.**
- 2224 **Altri frutteti.**
- 223 **Oliveti.** Superfici piantate a olivo, comprese particelle a coltura mista di olivo e vite.
- 2231 **Colture permanenti miste con leggera prevalenza di oliveti.** Mosaico di appezzamenti a vigneto, oliveto e/o frutteto in parti pressoché uguali ma con leggera prevalenza dei frutteti.
- 2232 **Altri oliveti.**
- 23 **Prati stabili**  
**Prati stabili.** Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee, non soggette a rotazione, sono per lo più pascolate ma il foraggio può essere raccolto meccanicamente. Ne fanno parte i prati permanenti e temporanei e le marcite. Sono comprese le aree con siepi. Le colture foraggere (prati artificiali inclusi in brevi rotazioni) sono da classificare come seminativi (2111).
- 24 **Zone agricole eterogenee**  
**Colture annuali associate a colture permanenti.** Colture temporanee: seminativi o prati in associazione con colture permanenti sulla stessa superficie, quando le particelle a frutteto (o altro) comprese nelle colture annuali non associate, rappresentano meno del 25% della superficie totale.
- 242 **Sistemi colturali e particellari complessi.** Mosaico di piccoli appezzamenti con varie colture annuali, prati stabili e colture permanenti, occupanti ciascuno meno del 75% della superficie totale dell'unità. Vi sono compresi gli "orti per pensionati" e simili. Eventuali lotti superanti i 25 ha sono da includere nelle zone agricole.
- 243 **Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali.** Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali (formazioni vegetali naturali, boschi, lande, cespugliati, bacini d'acqua, rocce nude) importanti. Le colture agrarie occupano più del 25 e meno del 75% della superficie totale dell'unità.
- 244 **Aree agroforestali.** Colture annuali o pascolo sotto copertura arborea composta da specie forestali.

3

## TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMINATURALI

31

**Zone boscate**

- 311 **Boschi di latifoglie.** Formazioni vegetali, costituite principalmente da alberi ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali a latifoglie. La superficie a latifoglie deve coprire almeno il 75% dell'unità, altrimenti è da classificare bosco misto. N.B.: vi sono compresi pioppeti e gli eucalitteti.
- 3111 **Colture arboree** di specie a rapido accrescimento (pioppeti ecc..).
- 3112 **Altri boschi di latifoglie.**  
**Boschi di conifere.** Formazioni vegetali costituite principalmente da alberi ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali conifere. La superficie a conifere deve coprire almeno il 75% dell'unità, altrimenti è da classificare bosco misto. N.B.: non vi sono comprese le conifere a rapido accrescimento.
- 312 **Boschi misti.** Formazioni vegetali, costituite principalmente da alberi ma anche da cespugli e arbusti, dove non dominano né le latifoglie né le conifere.
- 313

32	<b>Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea</b>
321	<i>Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota.</i> Aree foraggere a bassa produttività. Sono spesso situate in zone accidentate. Interessano spesso superfici rocciose, roveti e arbusteti. Sulle aree interessate dalla classe non sono di norma presenti limiti di particelle (siepi, muri, recenti).
322	<i>Brughiere e cespuglietti.</i> Formazioni vegetali basse e chiuse, composte principalmente di cespugli arbusti e piante erbacee (eriche, rovi, ginestre dei vari tipi, ecc...). Vi sono comprese le formazioni a pino mungo.
323	<i>Aree a vegetazione sclerofilla.</i> Ne fanno parte macchie e garighe. Macchie associazioni vegetazioni dense composte da numerose specie arbustive miste su terreni silicei acidi in ambiente mediterraneo. Garighe: associazioni cespugliose discontinue delle piattaforme calcaree mediterranee. Sono spesso composte da quercia coccifera, corbezzolo, lavanda timo, cisto bianco, ecc. Possono essere presenti rari alberi isolati.
324	<i>Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione.</i> Vegetazione arbustiva o erbacea con alberi sparsi. Formazioni che possono derivare dalla degradazione della foresta o da una rinnovazione della stessa per ri colonializzazione di aree non forestali
33	<b>Zone aperte con vegetazione rada o assente</b>
331	<i>Spiagge dune e sabbie.</i> Le spiagge, le dune e le distese di ambienti litorali e continentali (più larghe di 100m), compresi i letti sassosi dei corsi d'acqua a regime torrentizio. Le dune ricoperte di vegetazione (erbacea o legnosa) devono essere classificate nelle voci corrispondenti: boschi (311,312 e 313), prati (231) o aree a pascolo naturale (321).
332	<i>Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti.</i>
333	<i>Aree con vegetazione rada.</i> Comprende steppe xerofile, le steppe alofile, le tundre e le aree calanchive in senso lato.
334	<i>Aree percorse da incendi.</i> Superfici interessate da incendi recenti. I materiali carbonizzati sono ancora presenti.
335	<i>Ghiacciai e nevi perenni.</i> Superfici coperte da ghiacciai o da nevi perenni.
4	<b>ZONE UMIDE</b>
41	<b>Zone umide interne, zone non boscate saturate parzialmente temporaneamente o in permanenza di acqua stagnante o corrente</b>
411	<i>Paludi interne.</i> Terre basse generalmente inondate in inverno o e più o meno saturate d'acqua durante tutte le stagioni.
412	<i>Torbiere,</i> terreni spugnosi umidi nei quali il suolo è costituito principalmente da muschi e materiali vegetali decomposti. Torbiere utilizzate o meno.
42	<b>Zone umide marittime. Zone non boscate, saturate parzialmente temporaneamente o in permanenza da acqua salmastra o salata</b>
421	<i>Paludi salmastre.</i> Terre basse con vegetazione, situate al di sotto del livello di alta marea, suscettibili pertanto di inondazione da parte delle acque del mare. Spesso in via di riempimento, colonizzate a poco a poco da piante alofite.
422	<i>Saline, saline attive o in via di abbandono.</i> Parti di paludi salmastre utilizzate per la produzione di sale per evaporazione. Sono nettamente distinguibili dal resto delle paludi per la forma regolare delle particelle e il loro sistema di argini.
423	<i>Zone intertidali.</i> Superfici limose, sabbiose o rocciose generalmente prive di vegetazione comprese fra il livello delle alte e delle basse maree.
5	<b>CORPI IDRICI</b>
51	<b>Acque continentali</b>
511	<i>Corsi d'acqua, canali e idrovie.</i> Corsi d'acqua naturali o artificiali che servono per il deflusso delle acque. Larghezza minima da considerare 100 m.

512	<b>Bacini d'acqua.</b> Superfici naturali o artificiali coperte da acque.
52	<b>Acque marittime</b>
521	<b>Lagune.</b> Aree coperte da acque salate o salmastre, separate dal mare da barre di terra o altri elementi topografici simili. Queste superfici idriche possono essere messe in comunicazione col mare in certi punti particolari, permanentemente o periodicamente.
522	<b>Estuari.</b> Parte terminale dei fiumi, alla foce, che subisce l'influenza delle acque
523	<b>Mari e oceani.</b> Aree al di là del limite delle maree più basse.

Tabella 4 - La classificazione Corine.Land Cover.

Fonte: La caratterizzazione del rischio idraulico nella stesura del piano strutturale comunale associato dell'alto ferrarese: il quadro conoscitivo, 2007.

Mettendo a sistema le categorie sopracitate con i tipi idrologici del suolo, descritti in precedenza, è possibile tabellare i valori del CN dipendenti da questi due parametri.

Di seguito sono riportate, a titolo esemplificativo, delle tabelle che il Soil Conservation Service propone per l'assegnazione del parametro CN in base al tipo di copertura del suolo e la classe di suolo, relativo ai tipi idrologici.

Vengono distinte, nella Tabella 5, le aree urbane, a seconda della superficie occupata dall'area impermeabile, i parcheggi, tetti e pavimenti, le aree industriali e le aree di verde urbano. Ad una prima lettura appare evidente che, fatta eccezione per gli spazi aperti, prati, campi da golf e altre aree di verde, nelle aree maggiormente urbanizzate, soprattutto per quanto concerne i parcheggi pavimentati, tetti e viali di accesso, troviamo i valori del CN maggiori. Infatti, essi sono caratterizzati da una capacità di infiltrazione decisamente bassa, indipendentemente dal tipo idrologico del suolo in cui tali coperture sono allocate.

<b>Tipo di copertura</b>		<b>Classe del suolo</b>			
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Aree residenziali <sup>(1)</sup>					
Area media dei lotti	Area impermeabile (%)				
1/8 acro o meno	65	77	85	90	92
1/4 acro	38	61	75	83	87
1/3 acro	30	57	72	81	86
1/2 acro	25	54	70	80	85
1 acro	20	51	68	79	84
Parcheggi pavimentati, tetti, viali d'accesso <sup>(2)</sup>		98	98	98	98
Strade urbane ed extraurbane pavimentate, a dorso di mulo o con fognatura <sup>(3)</sup>		98	98	98	98
in ghisa		76	85	89	91
sterrate		72	82	87	89

Aree commerciali e professionali (impermeabili per l'85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (impermeabili per i 72%)	81	88	91	93
Spazi aperti, prati, campi da golf, cimiteri etc. in buone condizioni: copertura erbosa sul 75% o più in discrete condizioni: copertura erbosa sul 50÷75%	39 49	61 69	74 79	80 84
(1) Si assume che il deflusso dalla casa e dal viale di accesso sia diretto verso la strada, con una minima quantità di acqua del tetto diretta al prato, dove potrebbe aver luogo una infiltrazione addizionale. (2) Si assume che le rimanenti aree permeabili (prato) si trovino nelle condizioni di un buon pascolo. (3) In alcuni climi particolarmente caldi degli Stati Uniti CN si può assumere pari a 95.				

*Tabella 5 - Valori del parametro CN per diverse combinazioni di suolo e copertura per aree urbane e assimilabili.  
Fonte: La caratterizzazione del rischio idraulico nella stesura del piano strutturale comunale associato dell'alto ferrarese: il quadro conoscitivo, 2007.*

Nella Tabella 6, invece, troviamo tabellati i CN relativi alle aree agricole, distinte in base alla coltura prevalente, le aree utilizzate per il pascolo, i prati, le zone boscate, le aziende agricole e le relative infrastrutture. Una ulteriore distinzione viene fatta in tavola dal tipo di trattamento dei suoli ad uso agricolo e la condizione idrologica, prima del sopraggiungere dell'evento alluvionale. La condizione idrologica "cattiva" è caratterizzata da suoli che lasciano defluire maggiormente l'acqua, a differenza della condizione idrologica "buona" che, invece, favorisce l'infiltrazione.

<b>Tipo di copertura</b>			<b>Classe del suolo</b>			
<b>Uso del suolo</b>	<b>Trattamento o pratica</b>	<b>Condizione idrologica</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Maggesi	a solchi dritti	-	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi dritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi dritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	a solchi dritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi dritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81

Legumi seminati folti o prati in rotazione	a solchi diritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi diritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
Aziende agricole		-	59	74	82	86
Strade sterrate		-	72	82	87	89
Strade pavimentate		-	74	84	90	92

Tabella 6 - Valori del parametro CN per diverse combinazioni di suolo e copertura per aree agricole, prati, pascoli e boschi.  
Fonte: La caratterizzazione del rischio idraulico nella stesura del piano strutturale comunale associato dell'alto ferrarese: il quadro conoscitivo, 2007

### 4.3 Applicazione del metodo del Curve Number in Piemonte

Per proporre una metodologia di applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica in Piemonte è necessario porsi due domande:

- Rispetto a **quanto** deve essere invariante?
- Rispetto a **quando** deve essere invariante?

Per il primo quesito, si pensa generalmente a ricorrere a calcoli che richiedono conoscenze specifiche di ingegneria, relativi alla “capacità ricettiva della rete di drenaggio”, ma in questo caso, dato che il lavoro si prefissa a diffondere conoscenza “utile per la pianificazione del territorio” e quindi rivolta anche ai “non tecnici”, si analizzerà il deflusso naturale/antropizzato, scelto in base ad uno scenario di riferimento. La scelta di quest’ultimo risponderà alla seconda domanda, relativa al quando. Gli scenari ipotizzabili sono quattro:

- 1- Relativo all’uso del suolo originario, quando il Piemonte era coperto di boschi e foreste, il che implica di sottoporre ad invarianza idrologica e idraulica anche ciò che ad oggi è territorio urbanizzato;
- 2- Uso del suolo al 1960, corrispondente alla prima digitalizzazione dell’uso del suolo presente sul sito “sina.net”, antecedente alla prima Corine Land Cover, che invece è del 1990;
- 3- Uso del suolo al 2018, corrisponde all’ultima digitalizzazione dell’uso del suolo da parte di Corine Land Cover;

- 4- Uso del suolo relativo ad un assetto futuro del territorio al momento in cui il principio di invarianza idraulica e idrologica sarà codificato in una legge regionale e relativo regolamento.

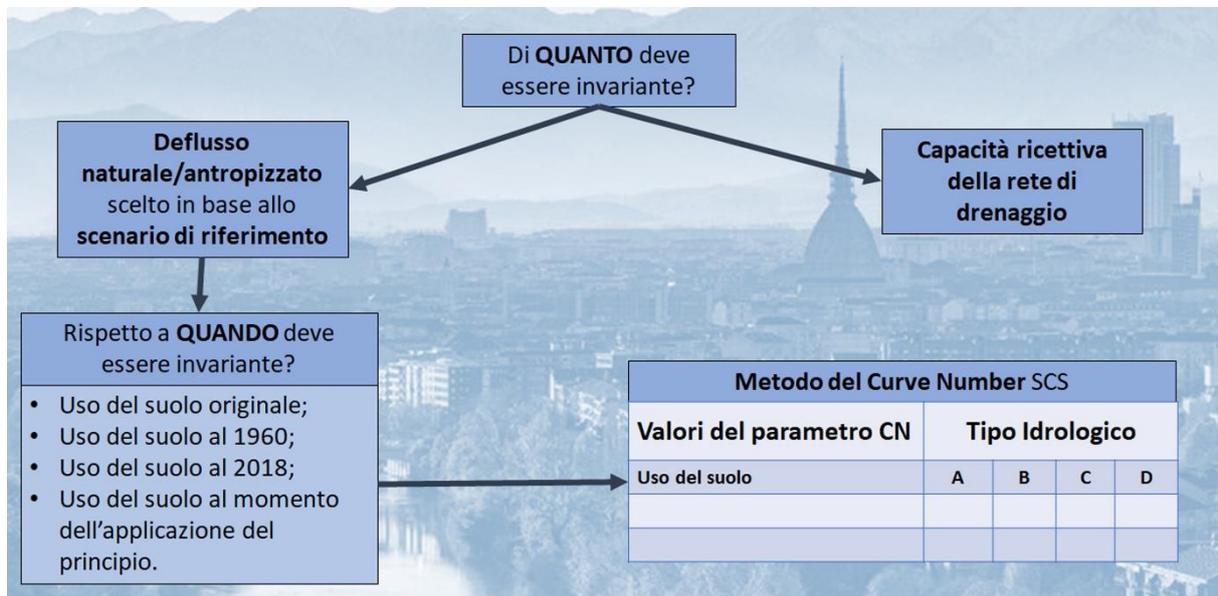


Figura 37 - Sintesi delle questioni relative all'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica in Piemonte.  
Fonte: Produzione propria.

Il CN, come si è appena visto, è un indicatore molto semplice, ma che, con efficacia e immediatezza, mostra le diverse permeabilità dei suoli, mettendo a sistema le sole caratteristiche relative al “tipo idrologico” A, B, C e D e l’uso del suolo, derivato dalla Corine Land Cover. La sua versatilità ne consente l’impiego anche in contesti locali, al di fuori del contesto americano.

Basandosi su questo presupposto, nelle pagine seguenti è mostrato come applicare l’indicatore sintetico CN al territorio piemontese.

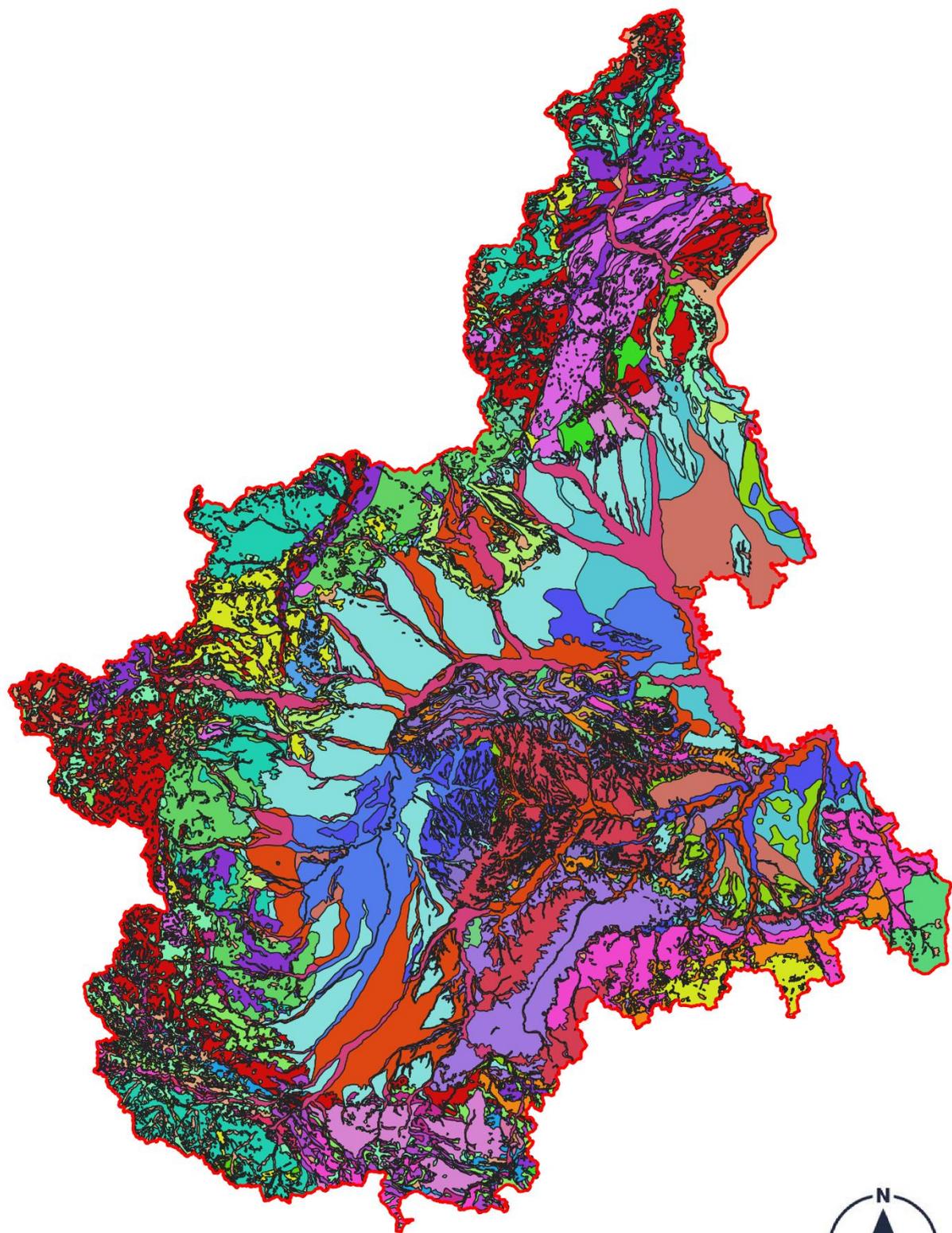
#### 4.3.1 La Litologia e i “Tipi idrologici” di suolo in Piemonte

Come si è detto precedentemente gli elementi necessari per l’impiego del CN sono due:

- 1- Uso del suolo;
- 2- Tipi idrologici.

Dato che l’uso del suolo è già cartografato e tabellato in uno shapefile visualizzabile tramite appositi strumenti GIS, l’elemento mancante è costituito dai “Tipi idrologici” di suolo. Questo tipo di dato cartografico non è presente per la Regione Piemonte e quindi è stato necessario ricavarlo, mettendo in connessione tutti i dati disponibili.

Per tale fine, il punto di partenza è la carta litologica dei suoli, fornita da ARPA Piemonte, riportata in Figura 38.



0 10 20 30 40 50 km



*Figura 38 - Carta Litologica.  
Fonte: ARPA Piemonte.*

A causa della sua grandezza, la legenda della Carta Litologica è riportata a pagina seguente.

## Legenda

Confini piemonte

### Litologia Piemonte

ALLUVIONI CIOTTOLOSE CON SABBIA GROSSA E LIMI.	DETRITO, CONI DETRITICI E CONOIDI DI DEIEZIONE.
ALLUVIONI CIOTTOLOSE-GHIAIOSE	DOLOMIE, DOLOMIE CALCAREE E CALCARI DOLOMITICI.
ALLUVIONI FLUVIO-GLACIALI GHIAIOSE E CIOTTOLOSE,	GESSI.
ALLUVIONI GHIAIOSE	GNEISS OCCHIADINI TABULARI,
ALLUVIONI GHIAIOSE SABBIOSE E LIMOSE	GNEISS OCCHIADINI, GNEISS GRANITOIDI MASSICCI
ALLUVIONI PREVALENTEMENTE SABBIOSE.	GRANITI ALTERATI C
ALLUVIONI SABBIOSE E LIMOSE C	GRANITI MASSICCI PRIVI DI COPERTURA ED ALTERAZIONE.
ALTERNANZE DI CALCARI	GRANULITI, ANFIBOLITI, DIORITI, DIABASI E METAGABBRI.
ANDESITI, TUFI ANDESITICI E AGGLOMERATI TUFACEI.	KINZIGITI E GNEISS ANFIBOLICI E OCCHIADINI ASSOCIATI.
ANFIBOLITI, SERPENTINITI, PRASINITI.	LHERZOLITI E PERIDOTITI.
APLITI E PEGMATITI.	MARMI SACCAROIDI T, MARMI DOLOMITICI CALCIFERI.
ARGILLE E MARNE ARGILLOSE	MARNE CALCAREO-ARENACEE
ARGILLE SILTOSE	MARNE SABBIOSE-SILTOSE ED ARGILLOSE
ARGILLE.	MICASCISTI GRAFITOSI E CARBONIOSI
CALCARI MASSICCI O STRATIFICATI IN BANCHI.	MICASCISTI,
CALCARI, CALCARI MARNOSI, CALCARI CON SELCE	PORFIDI E PORFIDI ALTERATI.
CALCESCISTI,	QUARZITI, ARENARIE QUARZOSE, QUARZITI ARENACEE
CONGLOMERATI	RIOLITI, AGGLOMERATI E TUFI RIOLITICI.
DEPOSITI ALLUVIONALI LIMOSO-ARGILLOSI	SABBIE
DEPOSITI MORENICI A CIOTTOLI ALTERATI	SCISTI SERICITICI E QUARZOSO SERICITICI.
DEPOSITI MORENICI GENERALMENTE NON ALTERATI.	SERIE FLJSCHOIDI: ARGILLE, MARNE, CALCARI,
DEPOSITI SARTUMOSI O TORBOSI	SIENITI, MONZONITI, DIORITI QUARZIFERE E GRANODIORITI.

Figura 39 - Legenda Carta Litologica.

Fonte: ARPA Piemonte.

Il Piemonte si può geograficamente dividere in tre ampie regioni, disposte in forma semi concentrica:

- La regione più esterna è caratterizzata dalla cerchia montuosa, comprendente le Alpi Occidentali e l'Appennino;
- La regione più interna è caratterizzata dalla pianura;
- La regione restante comprende la vasta zona collinare del Monferrato e delle Langhe.

Ciascuna di queste regioni ha caratteristiche geologiche, strutturali e geomorfologiche peculiari. Troviamo rocce ignee, tra i quali possiamo distinguere vulcaniti, graniti e dioriti, e metamorfiche, come gli gneiss, i micascisti, i calcescisti, i marmi e le serpentiniti, caratteristici del settore alpino. Le rocce sedimentarie, come argilliti, arenarie, marne e calcari, diffuse nell'area appenninica e collinare e, infine, sedimenti, come sabbia e ghiaia, caratterizzanti le aree di pianura o gli ambienti glaciali o periglaciali.

Questa estrema variabilità di rocce, di diversa natura e origine, caratterizzate da mineralizzazioni anche alle volte peculiari, del territorio regionale piemontese, testimoniano una storia geologica molto complessa, sviluppatasi in 300 milioni di anni

(<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/geologia-e-dissesto/georegionale/georegionale>).

La tabella associata alle geometrie della Carta Litologica piemontese, contiene una serie di informazioni, relative alla composizione dei singoli suoli. La descrizione estesa dei litotipi<sup>93</sup> ha

<sup>93</sup> Questa descrizione, a causa delle sue dimensioni, non è stata riportata nella legenda associata alla Carta Litologica. Essa si può trovare sia nel file GIS allegato alla tesi, sia nelle prossime pagine.

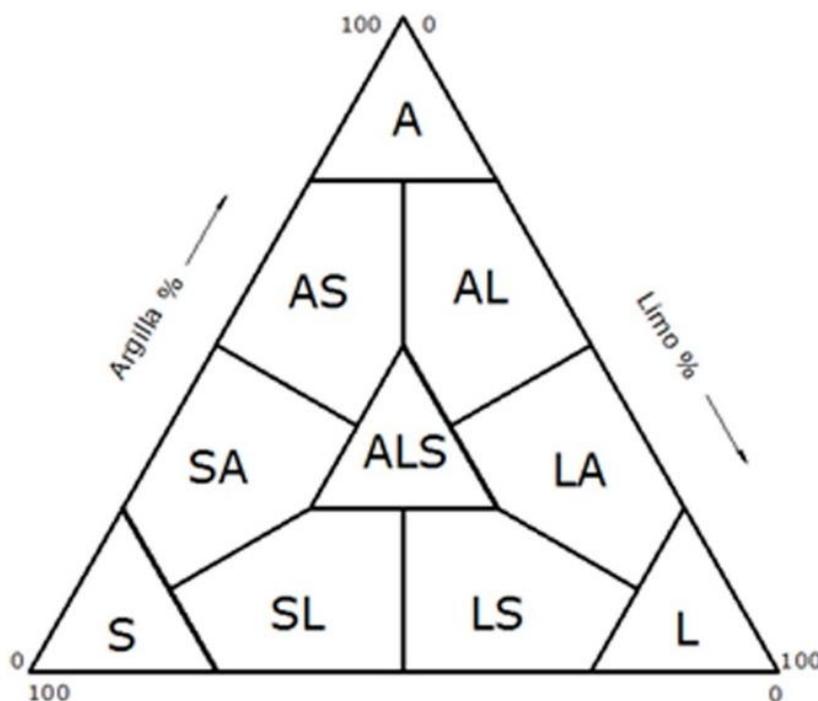
consentito una lettura della cartografia propedeutica alla classificazione dei suoli in “tipi idrologici”. L’assegnazione è stata fatta in collaborazione con la Geologa Gabriella De Renzo, della Città Metropolitana di Torino, che, con molta disponibilità e professionalità, ha fornito le proprie conoscenze del settore per lo studio di ricerca di questa tesi.

Per la definizione dei tipi idrologici di suolo, oltre la descrizione estesa presente nella carta litologica, sono state usate:

- Le definizioni dei “tipi idrologici” di suolo, riportati in precedenza nella Tabella 3;
- Il triangolo di Shepard.

Il triangolo di Shepard è una classificazione dei sedimenti in base alla loro composizione granulometrica. Egli distingue tre componenti base o principali: l’argilla, la sabbia e il limo ed in base alla loro quantità, espressa in percentuale, presente in ogni campione, fornisce il nome del sedimento. Se uno dei tre componenti base è in quantità superiore al 50%, esso è definito “dominante”

[http://www.unife.it/scienze/beni\\_culturali/insegnamenti/geologia-applicata/materiale-didattico/a%20-%20terre2.pdf](http://www.unife.it/scienze/beni_culturali/insegnamenti/geologia-applicata/materiale-didattico/a%20-%20terre2.pdf).



<i>Simbologia Classe</i>	<i>Nome classe</i>
A	Argilla
AL	Argilla Limosa
ALS	Argilla Limo Sabbiosa
AS	Argilla sabbiosa
L	Limo
LA	Limo Argilloso
LS	Limo Sabbioso
S	sabbia
SA	Sabbia Argillosa
SL	Sabbia Limosa

Figura 40 – Il triangolo di Shepard.

Fonte: La caratterizzazione del rischio idraulico nella stesura del piano strutturale comunale associato dell’alto ferrarese: il quadro conoscitivo, 2007.

In uno studio del 2007, portato avanti dall’Università di Ferrara, dal titolo “La caratterizzazione del rischio idraulico nella stesura del piano strutturale comunale associato dell’alto ferrarese: il quadro conoscitivo”, viene associato ad ogni classe individuata dal triangolo di Shepard un “tipo idrologico”.

Di seguito è riportato il triangolo di Shepard colorato in base al tipo idrologico di appartenenza delle singole classi.

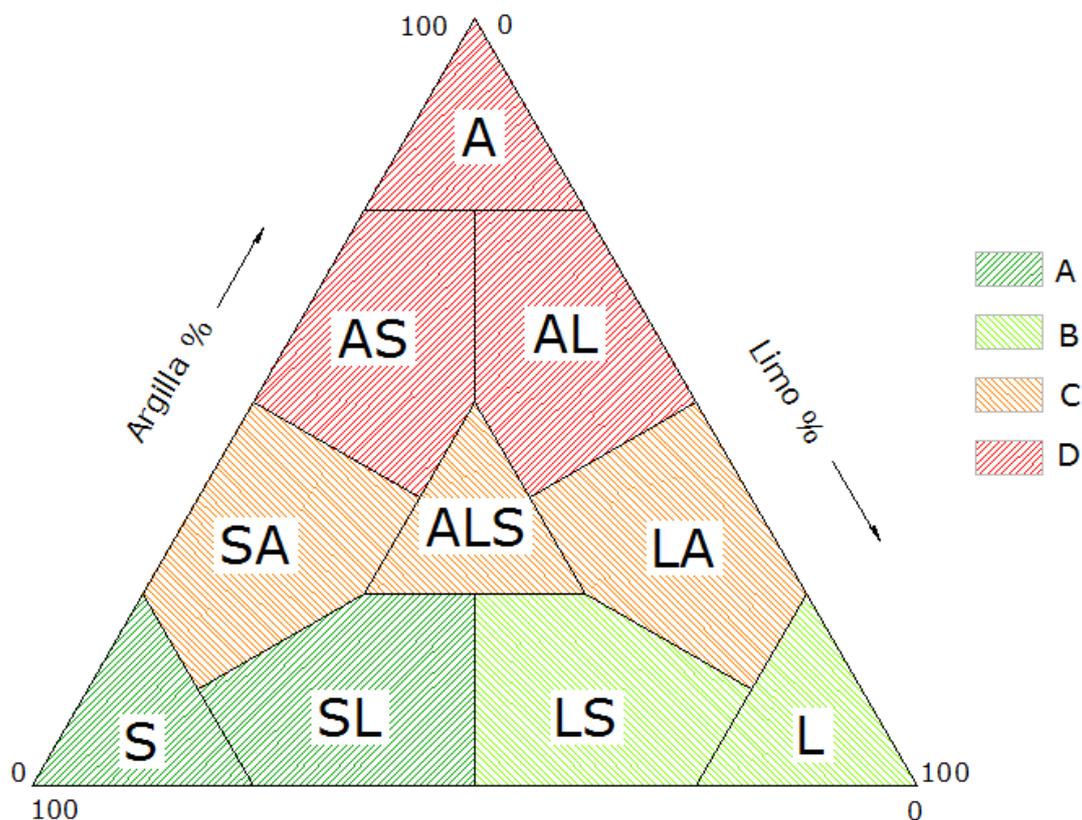


Figura 41 - Il triangolo di Shepard ed i tipi idrologici di terreno.

Fonte: La caratterizzazione del rischio idraulico nella stesura del piano strutturale comunale associato dell'alto ferrarese: il quadro conoscitivo, 2007.

Tramite il triangolo di Shepard, la descrizione dei tipi idrologici di suolo e quella relativa ai litotipi, fornita da ARPA Piemonte, è stato possibile assegnare ai diversi suoli un “Tipo Idrologico”.

Nella Tabella 7 sono riportate le descrizioni estese dei litotipi, affiancate al tipo idrologico a cui appartengono.

Descrizione estesa dei litotipi della regione Piemonte (Fonte ARPA Piemonte)	Tipo Idrologico
Alluvioni ciottolose con sabbia grossa e limi	B
Alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose e ciottolose, talora con grossi trovanti alterate i terreni argillosi (Ferretto)	C
Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei fluviali	A
Alluvioni ghiaiose talora sabbiose e limose, antiche e terrazzate	B
Alluvioni prevalentemente sabbiose	A
Alluvioni sabbiose e limose con debole strato di alterazione	B
Alternanze di alluvioni ciottolose-ghiaiose rugginose e di sabbie giallastre più o meno argillose talora con lenti di argilla, argille caoliniche da alterazione	C
Alternanze di calcari, calcari marnosi, calcari arenacei, argille e marne	D
Andesiti, tufi andesitici e agglomerati tufacei	D
Anfiboliti, serpentiniti, prasiniti	D

Apliti e pegmatiti	D
Argille e marne argillose gessifere con lenti di gesso (non cartografabili) e subordinate intercalazioni di calcari cariati, sabbie o arenarie (formazione gessoso-solfifera); dolomie cariate e calcari cariati	C
Argille siltose con intercalazioni sabbiose; marne ed argille con sabbie	C
Argille	D
Calcari massicci o stratificati in banchi	D
Calcari, calcari marnosi, calcari con selce a stratificazione media e/o sottile	C
Calcescisti, micascisti, gneiss minuti, argilloscisti	D
Conglomerati poligemici, conglomerati ed arenarie in grosse bancate intercalati a marne sabbiose, argille e calcari, conglomerati porfirici	D
Depositi alluvionali prevalentemente limoso-argilloso	C
Depositi morenici a ciottoli alterati talora intensamente ferrettizzati	D
Depositi morenici generalmente non alterati	C
Depositi sartumosi o torbosi di fasi lacustri-palustri recenti	D
Detrito di falda, con detritici e conoidi di deiezione	B
Dolomie, dolomie calcaree e calcari dolomitici	D
Gessi	C
Gneiss occhiadini tabulari, con elevata densità di giunti di fratturazione, gneiss minuti	C
Gneiss occhiadini, gneiss granitoidi massicci e con giunti di fratturazione radi, porfiroidi	D
Graniti alterati con potenti coperture di sabbioni arcocici	C
Graniti massicci, bianchi, verdi, rosa, privi di copertura ed alterazione	D
Granuliti basiche e anfiboliti associate, dioriti melanocratiche diabasi e metagabbri	D
Kinzigiti e gneiss anfibolici e occhiadini associati	D
Lherzoliti e peridotiti	C
Marmi saccaroidi talvolta a silicati, marmi dolomitici calciferi	D
Marne calcareo-arenacee (pietra da cantoni) e calcari marnosi con limitate intercalazioni di calcari, marne siltose e arenarie	D
Marne sabbioso-siltose ed argillose, marne con intercalazioni arenacee, calcaree, calcareo-marnose e argillose	C
Micascisti grafitosi e carboniosi con intercalazioni di strati e lenti grafitiche	D
Micascisti, micascisti gneissici, micascisti quarziticci, micascisti filladici	C
Porfidi e porfidi alterati	D
Quarziti, arenarie quarzose, quarziti arenacee e conglomeratiche, quarziti micacee, quarzoscisti	D
Rioliti, agglomerati e tufi riolitici	D
Sabbie, anche grossolane con livelli ghiosi ed intercalazioni di arenarie e marne, banchi calcarenitici e calciruditici poco cementati	B
Scisti sericitici e quarzoso sericitici	D
Serie fljschoidi: argille, marne, arenarie, calcari, calcari marnosi	C
Sieniti, monzoniti, dioriti quarzifere e granodioriti	D

Tabella 7 - Assegnazione dei "Tipi Idrologici" di suolo in base ai litotipi.  
Fonte: Produzione propria.

In base a questa classificazione, adoperando l'uso di strumenti GIS, è stato possibile cartografare i suoli in base al tipo idrologico assegnato.

## Legenda

□ Confini piemonte

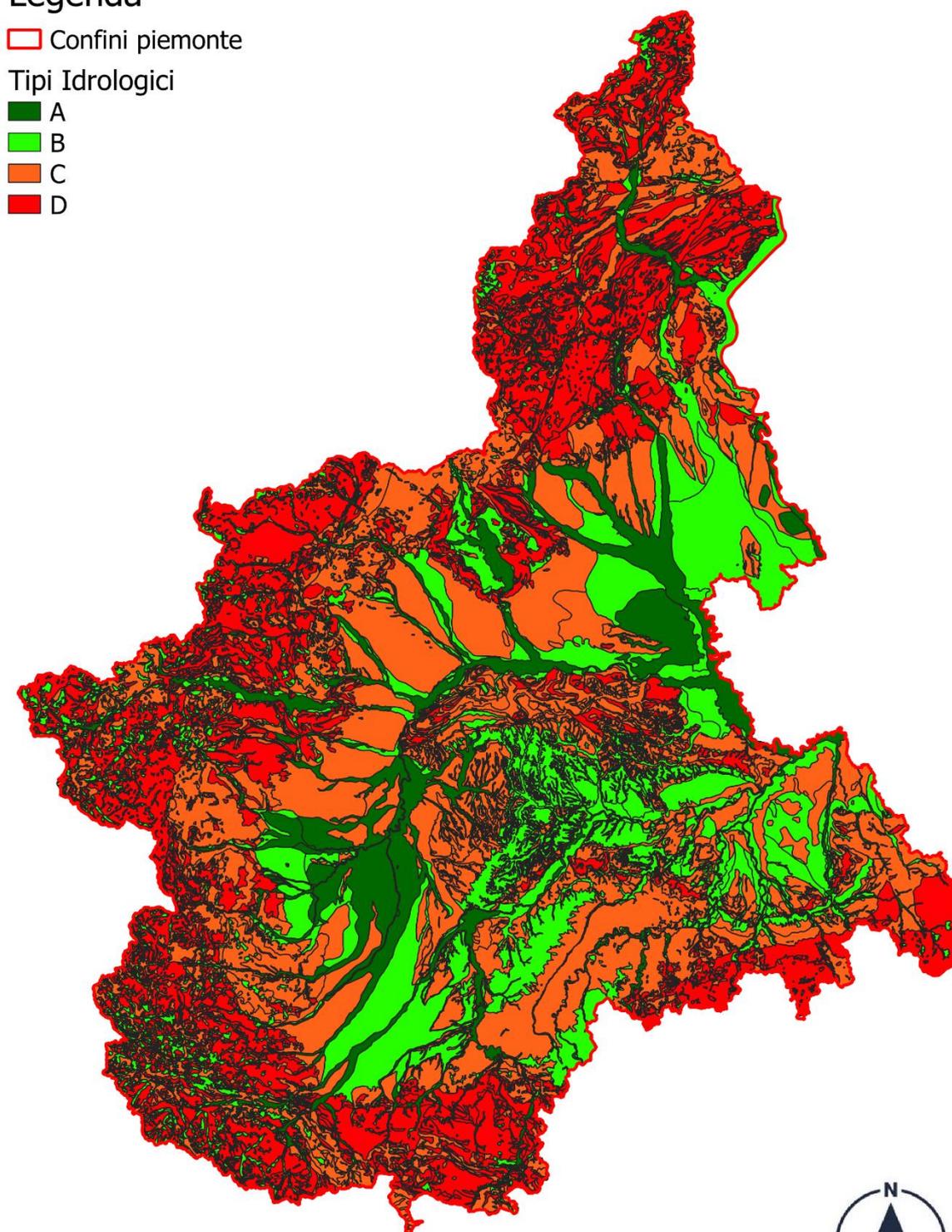
Tipi Idrologici

■ A

■ B

■ C

■ D



0 10 20 30 40 50 km



*Figura 42 - Tipi idrologici di suolo della regione Piemonte.  
Fonte: Produzione propria.*

La carta dei Tipi Idrologici mostra una distribuzione di suoli che si può suddividere in quattro fasce:

- Una fascia molto impermeabile nella zona nord – occidentale alpina ed in quella dell'appennino settentrionale;
- Una fascia semi impermeabile, che comprende la zona collinare delle Langhe e del Monferrato;
- Una fascia semi permeabile che interessa le aree di pianura;
- Una fascia ramificata permeabile, in corrispondenza dei corsi d'acque e delle aree allagabili ad essi adiacenti.

Tale suddivisione risulta coerente con le fasce dei litotipi prevalenti, descritti nel sito di ARPA Piemonte, presso cui è stata reperita la Carta Litologica.

Le aree montuose sono caratterizzate da rocce molto impermeabile che fanno infiltrare l'acqua solo se sono fratturate. Questi suoli sono prevalentemente appartenenti al tipo idrologico D.

Le aree collinari, intervallate alcune volte da suoli molto impermeabili, presentano un tipo di rocce in cui prevale la componente argillosa, ma non sono totalmente impermeabili come quelle caratterizzanti le aree montuose. Questi suoli sono prevalentemente appartenenti al tipo idrologico C.

Le aree pianeggianti sono caratterizzate per lo più da rocce di natura ghiaiosa, che agevolano maggiormente il passaggio dell'acqua verso il sottosuolo. Questi suoli sono prevalentemente appartenenti al tipo idrologico B. Tuttavia, in certi punti di queste aree, specialmente quando ci si allontana dai corsi d'acqua e si procede verso la zona alpina o appenninico-settentrionale, si riscontrano suoli, classificati come di tipo idrologico C.

Infine, in presenza di corsi d'acqua che contribuiscono enormemente all'erosione del suolo, troviamo zone caratterizzata da presenza di limi e sabbie, fortemente permeabili. Questi suoli sono prevalentemente appartenenti al tipo idrologico A.

Prima di passare alle analisi relative agli usi del suolo, è necessario fare una precisazione sull'individuazione dei tipi idrologici. Dalla descrizione presentata dal Soil Conservation Service appare evidente che per classificare un suolo come A, B, C o D, è necessario avvalersi, oltre dei litotipi presenti sul primo strato superficiale, di informazione relative:

- Allo spessore dei litotipi;
- All'altezza della falda.

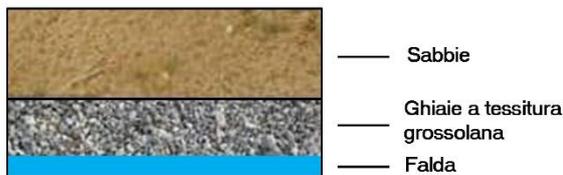
Lo spessore dei litotipi che caratterizzano i diversi suoli è un parametro fondamentale per la loro classificazione in tipi idrologici. Può succedere infatti, che un suolo sia composto solo nel primo strato da materiale permeabile o impermeabile, ma, pochi centimetri sotto, esso presenti strati aventi una composizione totalmente diversa.

Nella descrizione dei tipi di idrologici appare evidente che per distinguere un suolo A da uno B è necessario vedere quanto in profondità si estende il primo strato permeabile; mentre per distinguere un suolo C da uno D è necessario vedere quanto in profondità si estende, invece, il primo strato impermeabile.

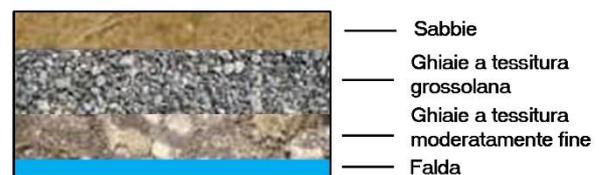
Infine, nel tipo di suolo D, viene precisato se vi è o meno la presenza di falda permanentemente alta. In questo caso l'altezza della falda gioca un ruolo decisivo per la classificazione poiché se essa si trova quasi in superficie non consente l'infiltrazione nel sottosuolo.

Nella Figura 43 sono riportati alcuni esempi di classificazioni in base allo spessore dei vari strati e la presenza o meno di una falda permanentemente alta.

### Tipo Idrologico A



### Tipo Idrologico B



### Tipo Idrologico C



### Tipo Idrologico D

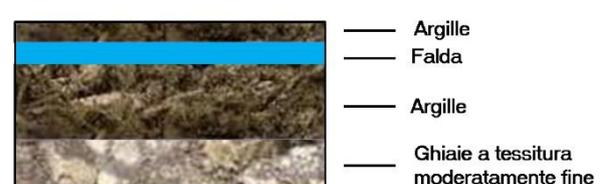


Figura 43 - Esempi di classificazione di suoli in Tipi Idrologici, in base allo spessore dei litotipi e l'altezza della falda.  
Fonte: Produzione propria.

L'assegnazione dei tipi idrologici ai suoli piemontesi, presente in questa tesi, è stata effettuata, come detto in precedenza, solo per i litotipi caratterizzanti il primo strato dei suoli, il più superficiale, per una questione legata alla reperibilità delle fonti cartografiche e tabellari. Per avere un lavoro completo, è necessario implementare la ricerca integrando informazioni aggiuntive, trasferendo su appositi strumenti GIS i dati relativi alla stratigrafia dei suoli, fino al livello inferiore.

Per lo scopo prefissato da questa tesi, tuttavia, si ritiene che i dati utilizzati siano sufficienti per l'impostazione di una metodologia di applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica sul territorio e pertanto la Cartografia dei Tipi Idrologici mostrata in precedenza fornisce un'ottima base da interpolare agli usi del suolo.

### 4.3.2 Scenari ipotetici di applicazione

Una volta classificati, con le dovute precisazioni, i Tipi Idrologici di suolo, è necessario definire rispetto a “Quando deve essere invariante”. Come accennato in precedenza sono stati ipotizzati quattro scenari di riferimento, in base ai dati disponibili, relativi all’uso, in passato, negli anni ’60, nel 2018 e nel futuro, del suolo.

La prima ipotesi riguarda una condizione precedente l’antropizzazione del territorio della regione Piemonte, in cui vi erano solo aree boscate, pascoli e prati.

#### Legenda

-  Confini piemonte
- Ipotesi uso del suolo originale
-  Boschi
-  Corpi Idrici
-  Praterie

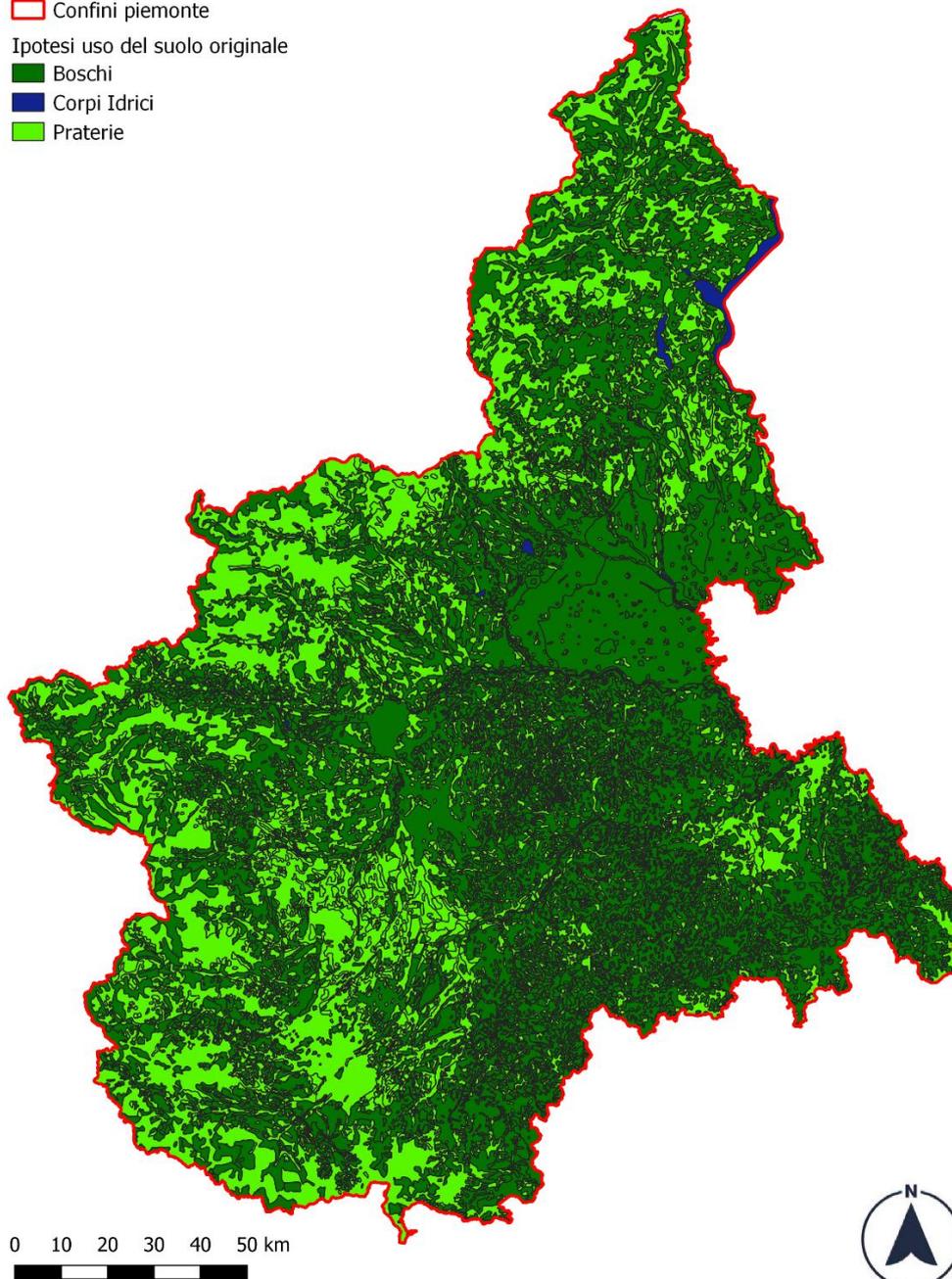


Figura 44 - Ricostruzione dell'uso del suolo originale del territorio piemontese.

Fonte: Produzione propria.

Essere invariante rispetto a questa condizione, significa ripristinare la naturale capacità dei suoli di fare infiltrare l'acqua e farla defluire nel sottosuolo. Ciò comporterebbe la necessità di realizzare degli interventi sulla città consolidata esistente, che compensino l'impermeabilizzazione dei suoli dovuto all'urbanizzazione. Questo tipo di prospettiva, tuttavia, per quanto interessante, si rivela nella pratica decisamente utopica e pertanto presentata per completezza, ma tralasciata ai fini delle prossime analisi.

La seconda ipotesi concerne lo scenario relativo all'uso del suolo al 1960, presente nel sito Sina.net.

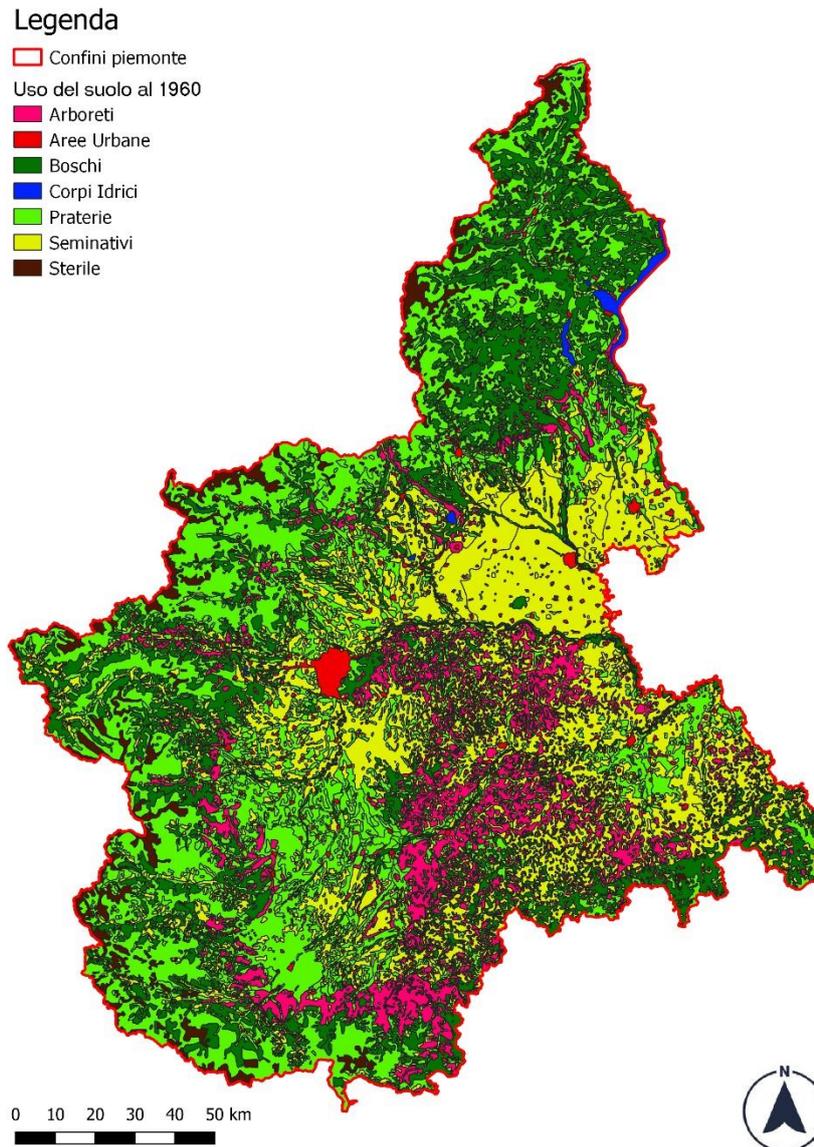


Figura 45 - Carta dell'uso del suolo al 1960.

Fonte: [http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover/uso\\_suolo\\_1960/view](http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover/uso_suolo_1960/view)

La cartografia dell'uso del suolo al 1960 che precede il progetto Corine Land Cover degli anni '90, mostra un territorio abbastanza naturale, caratterizzato da boschi e praterie, con un antropizzato che interessa i soli poli urbani delle principali città e vaste aree a vocazione agricola. Essere invariante rispetto a questa condizione significa sottoporre al principio

dell'invarianza idraulica e idrologica solamente le aree che hanno subito un mutamento di uso del suolo, che ha ridotto la capacità di infiltrazione, dagli anni '60 fino al momento in cui il principio ha avuto coerenza normativa. Questa prospettiva, a differenza della precedente risulta essere abbastanza realistica, e pertanto sarà utilizzata nelle prossime analisi.

La terza ipotesi concerne lo scenario relativo all'uso del suolo al 2018, ultima realizzazione cartografica del progetto Corine Land Cover.

## Legenda

-  Confini piemonte
- CLC2018 Piemonte
-  Aeroporti
-  Arboreti
-  Aree industriali
-  Boschi senza sottobosco
-  Boschi con sottoboschi
-  Corpi idrici
-  Praterie
-  Reti stradali e ferroviarie
-  Seminativi
-  Tessuto urbano consolidato
-  Tessuto urbano discontinuo
-  Zone estrattive, discariche e cantieri
-  Zone umide
-  Zone di verde urbano

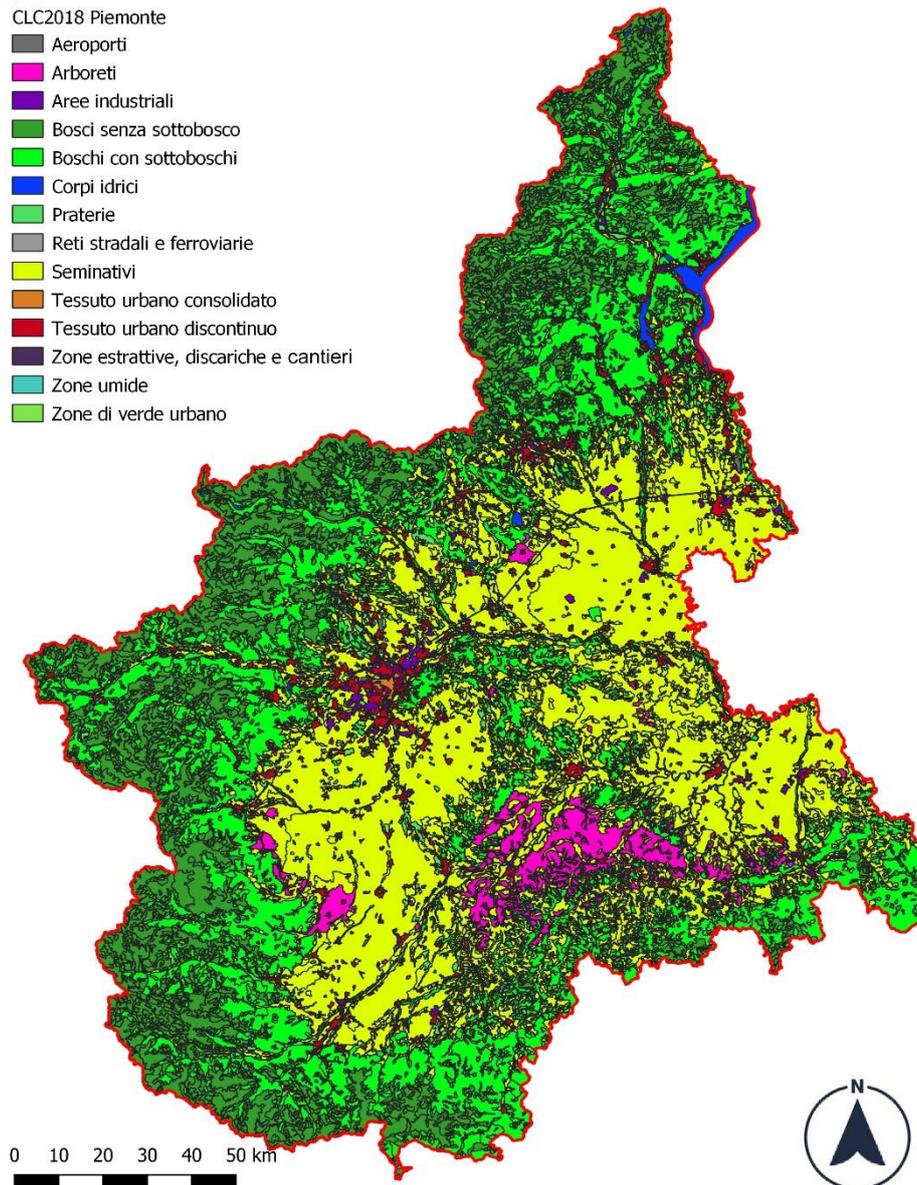


Figura 46 - Corine Land Cover 2018.

Fonte: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>.

Dal confronto tra i due scenari proposti, relativi al 1960 e al 2018, è subito emerso che le tabelle relative all'uso del suolo e le geometrie ad esse associate, sono state riportate in maniera totalmente differente. Il dettaglio presente nella carta degli usi del suolo al 1960 infatti, risulta

essere molto basso, tendendo ad accorpare i suoli per macro-categorie<sup>94</sup>, riportate sulla carta in maniera grossolana. La Corine Land Cover del 2018, essendo anche uno dei progetti più recenti, digitalizzato con tecnologie e conoscenze decisamente superiori, si presenta ad un dettaglio molto più alto, differenziando molto le diverse categorie di suolo, come mostrato in precedenza nella Tabella 4.

Per cercare di agevolare quanto più possibile il dialogo tra questi due strumenti, sono stati accorpati gli usi del suolo che presentavano proprietà di infiltrazione simili tra loro, in modo da ottenere macro-categorie, rinominate in legenda nel modo più simile possibile per entrambi gli scenari. Nella tabella 8 sono schematizzati gli accorpamenti effettuati per la carta degli usi del suolo al 1960.

<b>Legenda originale degli usi del suolo al 1960</b>	<b>Legenda rinominata e accorpata</b>
Castagneto (da frutto)	Arboreti
Frutteto (frutta a guscio duro o baccello)	
Frutteto (frutta polposa)	
Uliveto	
Insedamenti ed altre forme di utilizzazione	Aree urbane
Bosco ceduo	Boschi
Bosco d'alto fusto	
Bosco promiscuo (ceduo composto)	
Corpi idrici	Corpi idrici
Seminativo arborato (asciutto)	Praterie
Seminativo arborato irriguo	
Pascolo e prato arborato (asciutti)	
Pascolo e prato arborato (irrigui)	
Pascolo ed incolto produttivo	
Risaia	Seminativi
Seminativo (asciutto)	
Seminativo irriguo	
Orto	
Sterile	Sterile

*Tabella 8 - Sintesi degli accorpamenti e delle voci rinominate nella legenda degli usi del suolo del 1960.*

*Fonte: Produzione propria.*

Favorire il confronto tra le due cartografie di usi del suolo non è il solo scopo per cui è stato effettuato l'accorpamento delle categorie; esso ha anche e soprattutto lo scopo di unificare usi dei suoli che presentano il medesimo comportamento di far passare acqua nel sottosuolo.

Le voci “seminativo arborato (asciutto)” e “seminativo arborato irriguo” pur essendo classificate come “seminativi”, non sono state riportate in questa categoria, in quanto si è ipotizzato che abbiano delle caratteristiche di infiltrazione analoghe al quelle delle praterie.

<sup>94</sup> La classificazione effettuata nel 1960 degli usi del suolo ha una matrice più rurale, differenziando molto i suoli in base alle colture presenti e accorpendo le aree urbane, anche di diverso tipo, in un'unica categoria, chiamata genericamente “insediamenti e altre forme di utilizzazione”.

Una ulteriore precisazione va fatta per le macro-categorie “arboreti” e “seminativi” che, sebbene siano assimilabili entrambe ad un uso agricolo del suolo, sono state distinte in due gruppi diversi. Questo perché si ipotizza che le radici degli alberi da frutto tendano a rendere il terreno più compatto e meno permeabile, rispetto ai terreni sottoposti a movimenti continui di terra, tipici dei terreni destinati a seminativo.

Nella tabella 9 sono schematizzati gli accorpamenti effettuati per la carta degli usi del suolo al 2018.

<b>Legenda originale degli usi del suolo al 2018</b>	<b>Legenda rinominata e accorpata</b>
Aeroporti	Aeroporti
Vigneti	Arboreti
Frutteti e frutti minori	
Colture annuali associate a colture permanenti	
Sistemi colturali e particellari complessi	
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con spazi naturali	
Aree industriali o commerciali	Aree industriali
Aree a pascolo naturale e praterie d’alta quota	Boschi senza sottobosco
Brughiere e cespuglieti	
Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	
Aree con vegetazione rada	
Boschi di latifoglie	Boschi con sottoboschi
Boschi di conifere	
Boschi misti	
Corsi d’acqua, canali e idrovie	Corpi idrici
Bacini d’acqua	
Prati stabili	Praterie
Reti stradali e ferroviari e spazi accessori	Reti stradali e ferroviarie
Seminativi in aree non irrigue	Seminativi
Risaie	
Tessuto urbano continuo	Tessuto urbano consolidato
Tessuto urbano discontinuo	Tessuto urbano discontinuo
Aree estrattive	Zone estrattive, discariche e cantieri
Discariche	
Cantieri	
Paludi interne	Zone umide
Aree verdi urbane	Zone di verde urbano
Aree sportive e ricreative	

*Tabella 9 - Sintesi degli accorpamenti e delle voci rinominate nella legenda della Corine Land Cover del 2018.  
Fonte: Produzione propria.*

Le considerazioni relative alle categorie “arboreti” e “seminativi” relativi agli usi del suolo precedenti sono valide anche per gli usi del suolo definiti dalla Corine Land Cover del 2018.

Prima di mettere in connessione le informazioni relative ai tipi idrologici e gli usi del suolo individuati dai due scenari del 1960 e del 2018, viene ipotizzato un ultimo scenario di applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologico. Questo scenario non è ancora definito perché corrisponde all’assetto del territorio in un punto imprecisato del futuro, in cui il principio avrà cogenza normativa. Occorrerà in questo caso utilizzare le analisi relative agli usi del suolo in quel momento per una nuova assegnazione del CN. Essere invariante rispetto a questa condizione significa applicare il principio solamente agli interventi di trasformazione futuri e quindi non mitigare l’impermeabilizzazione dovuta alle espansioni precedenti quel momento.

### 4.3.3 Assegnazione dei CN

Una volta individuati i tipi idrologici e gli usi del suolo relativi agli scenari di riferimento scelti, si è potuto procedere con l’assegnazione dei CN. Quest’ultimo ha lo scopo di sintetizzare, con un numero di facile lettura, la tendenza o meno dei diversi suoli di far defluire o infiltrare l’acqua. Si ricorda che un CN tendente a 0 è tipico dei suoli che hanno una notevole capacità di far passare l’acqua nel sottosuolo, mentre un CN tendente a 100 è tipico dei suoli più impermeabili.

Per l’assegnazione dei CN sono state ricondotte le categorie di “uso del suolo” presenti in tabella 8 e in tabella 9, a quelle mostrate in tabella 5 e in tabella 6 proposte da SCS, schematizzate e tradotte dallo studio dell’Università di Ferrara “La caratterizzazione del rischio idraulico nella stesura del piano strutturale comunale associato dell’alto ferrarese: il quadro conoscitivo” del 2007. Per quanto riguarda gli usi del suolo al 1960, è stato effettuato il seguente ragionamento:

- Gli “Arboreti”, non essendo presente voci tipo alberi da frutto, frutteti e similari, sono stati associati alla voce “Colture a solchi” più generica. Data l’ipotesi, già accennata in precedenza, che gli arboreti facessero infiltrare meno acqua, essendo il suolo meno soggetto a movimenti di terra, gli sono stati assegnati i valori del CN più alti presenti in questa categoria;
- Le “Aree urbane”, essendo composte esclusivamente da tetti, strade asfaltate molto impermeabili e parcheggi, sono state associate alla voce “Parcheggi pavimentati, tetti e viali d’accesso”, con dei CN elevatissimi, indipendentemente dal tipo idrologico su cui esse insistono<sup>95</sup>;
- I “Boschi” trovano una diretta corrispondenza nella tabella fornita da SCS e, dato che non si conosce esattamente la condizione in cui essi si trovavano al 1960, né la presenza o meno di sottobosco, sono stati scelti i valori del CN più alti presenti in questa categoria;

---

<sup>95</sup> Le strade costituiscono lo strato più superficiale del suolo, al di sopra del primo strato costituito dai litotipi categorizzati per “Tipi Idrologici”.

- Le “Praterie” trovano non solo una diretta corrispondenza nella tabella fornita da SCS, ma ad esse sono associati valori del CN esclusivamente dipendenti dalla classe del suolo A, B, C o D;
- I “Seminativi”, essendo stati accorpati tutti in un’unica categoria, sono stati associati a “Colture a solchi”, prendendo però stavolta i valori del CN più bassi presenti in questa categoria. Al loro interno, infatti, potrebbero esserci sia aree agricole destinate a “Maggesi” che aree con colture a “Grani Piccoli” o “Legumi seminati folti o prati in rotazione”. Tra tutti questi valori è stata fatta una media, rappresentata quasi perfettamente dalla riga “Colture a solchi a reggi poggio e terrazze” in condizione idrologica “buona”;
- Il suolo “Sterile”, infine, è stato associato alla categoria “Prati”, essendo questi ultimi non destinati né ad un fine agricolo, né a quello urbano.

Per quanto riguarda gli usi del suolo, individuati dalla Corine Land Cover del 2018, è stato effettuato un ragionamento simile al precedente, associando chiaramente gli stessi valori del CN in presenza di voci già presenti nella 1960, come “Arboreti”, “Praterie” e “Seminativi”, che pertanto non saranno riproposte:

- I “Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco” sono stati associati alla categoria “Boschi” prendendo però stavolta i valori del CN più bassi. Si ipotizza, infatti, che il sottobosco, costituito da piante e piccoli arbusti, faciliti l’infiltrazione dell’acqua nel sottosuolo;
- I “Boschi in presenza di copertura rada e senza sottobosco” pur presentandosi in maniera più dettagliata come voce, viene associata alla stessa categoria “Boschi” del 1960, in quanto si ipotizza che l’assenza di sottobosco rende il suolo più impermeabile, per lo stesso ragionamento della categoria “Arboreti” e quindi si ritrova ad avere assegnati i valori del CN più alti presenti in questa categoria;
- Le “Reti stradali e ferroviarie” sono state associate alla categoria “Strade urbane e extraurbane”, e anche in questo caso, come le “Aree urbane”, corrispondono dei valori del CN molto elevati, indipendenti dal tipo idrologico su cui esse si trovano;
- Il “Tessuto urbano continuo”, secondo la descrizione della Corine Land Cover del 2018, sintetizzata nella Tabella 4, è costituito da spazi strutturati da edifici, viabilità e superfici ricoperte artificialmente che occupano più dell’80% della superficie. Il restante è costituito da vegetazione non lineare e suolo nudo in piccola parte. Dato che questo “restante” è in seguito classificato come “Zone di verde urbano”, viene considerata tutta la superficie come urbanizzata, assimilata quindi alle “Aree urbane” del 1960, con valori del CN molto elevati, indipendentemente dal tipo idrologico di suolo su cui insiste. A queste aree è stato accorpati l’uso del suolo “Aeroporti”;
- Il “Tessuto urbano discontinuo”, secondo la descrizione della Corine Land Cover del 2018, è costituito da edifici, viabilità e superfici ricoperte artificialmente che occupano dal 50% all’80%. Pertanto, è stata associata alla categoria “Aree residenziali”, prendendo i valori del CN più alti presenti in questa categoria. Essi corrispondono ad un’area impermeabile del 65%, la più alta tra quelle proposte, quindi assimilabile a quella descritta dalla Corine Land Cover.

- Le “Zone di verde urbano”, comprendenti anche le aree per lo sport e tempo libero, sono state associate alla categoria simile, riportata dalla tabella SCS, “Spazi aperti, prati, campi da golf, ecc.”, prendendo i valori del CN corrispondenti ad una copertura erbosa sul 75% o più. Queste aree, come detto in precedenza, sono state classificate a parte rispetto al suolo puramente urbano e quindi si ipotizza che siano costituite per la maggior parte di esse da copertura erbosa;
- Le “Zone estrattive, discariche e cantieri”, non trovando corrispondenza nelle tabelle di SCS, sono state ricondotte, in base alla natura dei suoli da cui sono composte, alla categoria “Strade urbane e extraurbane”, però nella sottocategoria “in ghisa”. In questo caso si tratta di superfici che non sono né estremamente impermeabili, né tantomeno permeabili;
- Le “Zone industriali” sono descritte come aree caratterizzate dall’assenza di vegetazioni, con copertura artificiale in cemento, che occupano più del 50% del terreno. Pertanto, sono stati associati i valori del CN corrispondenti alla voce “Aree commerciali e professionali”, impermeabili per l’85%. È stata presa questa categoria e non quella dei “distretti industriali” (impermeabili per il 72%), perché oltre alle coperture che occupano il 50%, vi sono le pertinenze dei corpi industriali, che sono anche esse caratterizzate da superfici estremamente impermeabili. Inoltre, l’assenza della vegetazione di suolo nudo, porta ad assumere tra le due categorie quella con i valori del CN più elevati.

In entrambi i casi, le categorie “Corpi idrici” e “Zone umide” sono state trascurate, in quanto non contribuiscono al deflusso superficiale.

Nella tabella 10 sono riportati i valori del CN a seconda dei tipi idrologici e dell’uso del suolo al 1960, secondo i criteri seguiti in questo lavoro di ricerca, precedentemente esplicitati.

<b>Valori del parametro CN (adimensionale)</b>	<b>Tipo idrologico Suolo</b>			
<b>Tipologia di Uso del Territorio (1960)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Arboreti	72	81	88	91
Aree Urbane	98	98	98	98
Boschi	45	66	77	83
Praterie	30	58	71	78
Seminativi	62	71	78	81
Sterile	30	58	71	78

*Tabella 10 - Valori del parametro CN relativi all'uso del suolo al 1960 e ai Tipi idrologici.*

*Fonte: Produzione propria.*

Nella tabella 11 sono riportati i valori del CN a seconda dei tipi idrologici e dell’uso del suolo individuati dalla Corine Land Cover del 2018, secondo i criteri seguiti in questo lavoro di ricerca, precedentemente esplicitati.

Valori del parametro CN ( <i>adimensionale</i> )	Tipo idrologico Suolo			
↓ Tipologia di Uso del Territorio (2018)	A	B	C	D
Arboreti	72	81	88	91
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Boschi in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Praterie	30	58	71	78
Reti stradali e ferroviarie	98	98	98	98
Seminativi	62	71	78	81
Tessuto urbano continuo	98	98	98	98
Tessuto urbano discontinuo	77	85	90	92
Zone di verde urbano	39	61	74	80
Zone estrattive, discariche e cantieri	76	85	89	91
Zone industriali	89	92	94	95

Tabella 11 - Valori del parametro CN relativi all'uso del suolo al 2018 e ai Tipi idrologici.  
Fonte: Produzione propria.

Si può notare in questo caso che il valore minimo assunto da CN (25), quando alla tipologia di uso del territorio “Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco” si trova in un suolo, classificato come di tipo idrologico A, è più basso di quello assunto nel caso precedente (30). Ciò potrebbe portare la classificazione per il confronto tra i valori dei CN dei due scenari, a dei valori, in alcune zone, tendenzialmente più bassi.

Per mostrare la distribuzione del parametro CN sul territorio della regione Piemonte, sono state realizzate due cartografie, relative allo scenario al 1960 e allo scenario al 2018.

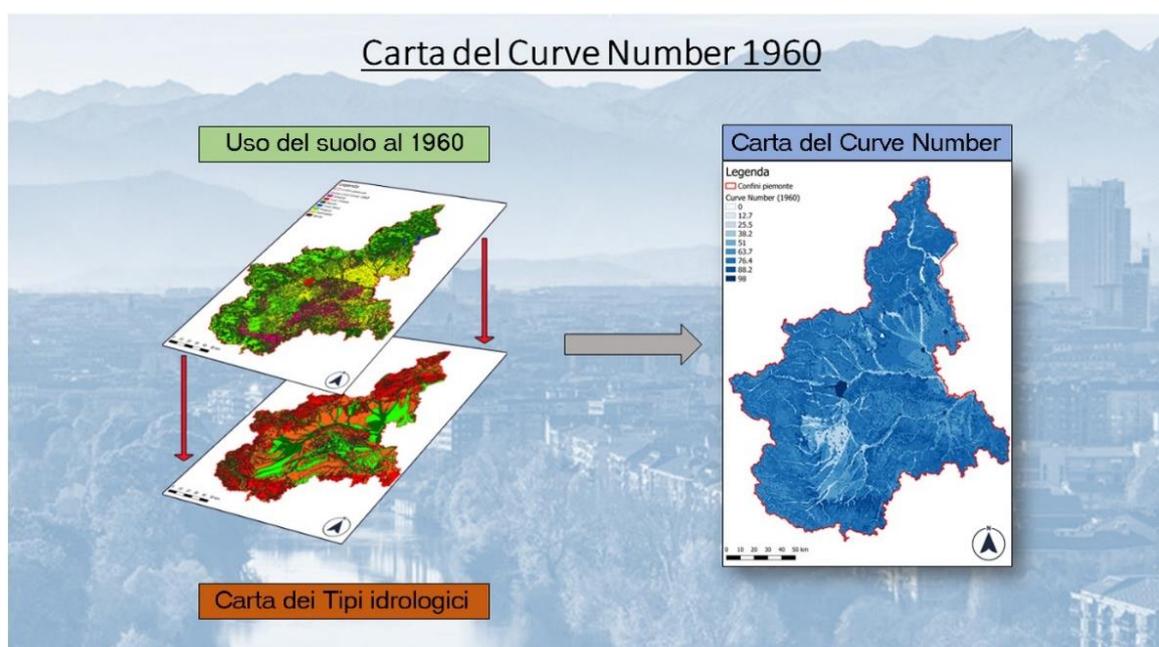


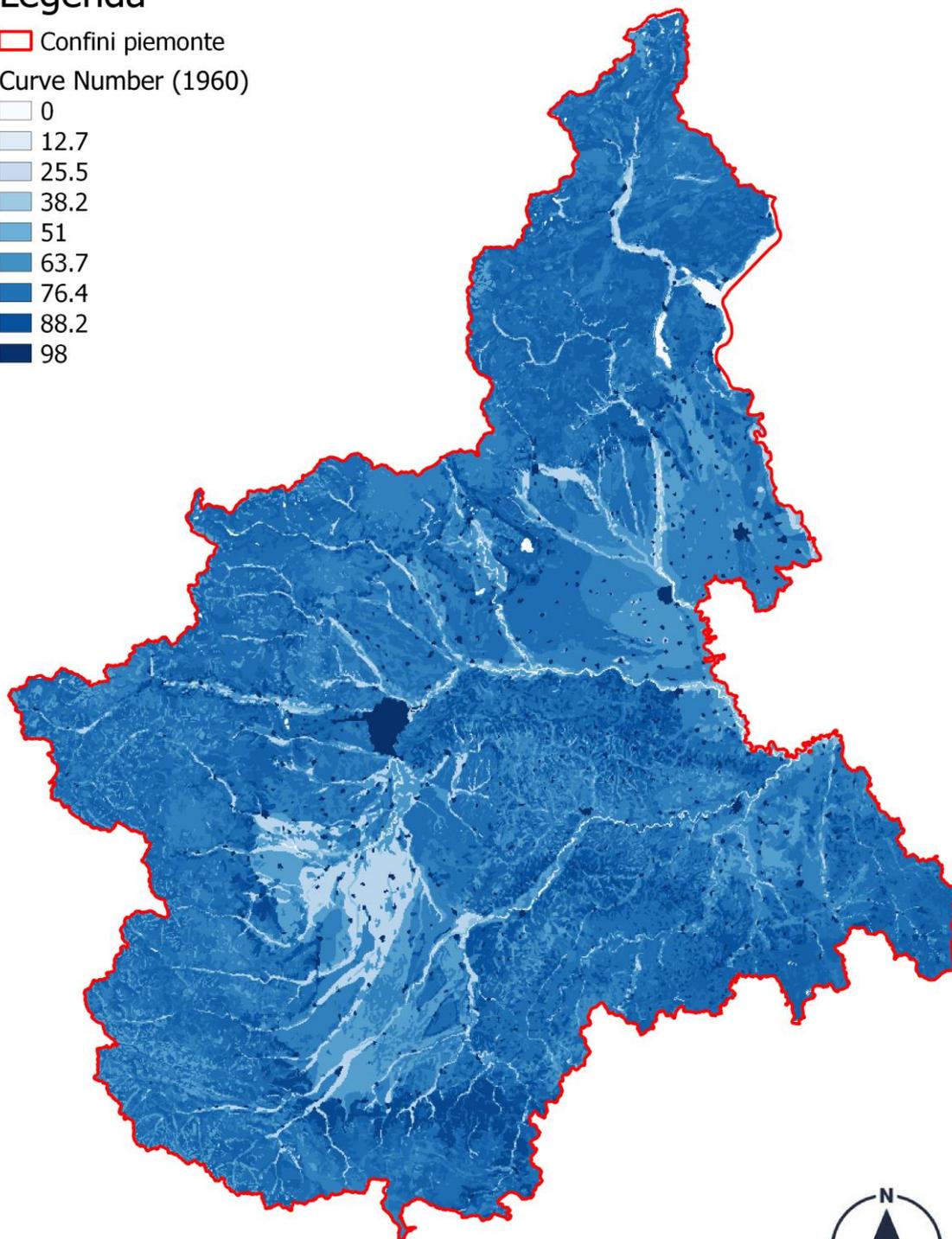
Figura 47 - Schema del processo di overlay per la produzione della Carta del Curve Number relativa al 1960.  
Fonte: Produzione propria.

## Legenda

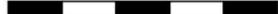
 Confini piemonte

Curve Number (1960)

-  0
-  12.7
-  25.5
-  38.2
-  51
-  63.7
-  76.4
-  88.2
-  98



0 10 20 30 40 50 km



*Figura 48 - Carta dei valori del CN relativi all'uso del suolo al 1960.  
Fonte: Produzione propria.*

I dati del CN sono presentati in formato “Raster”, con una maglia quadrata di lato 250 metri, contenenti le informazioni derivanti dagli usi del suolo e dei tipi idrologici.

Il Raster è stato ottenuto con un “overlay” tra le carte degli usi del suolo e quelle dei tipi idrologici, tramite strumenti GIS, in modo da ottenere graficamente il risultato con un nuovo poligono, contenente entrambe le informazioni.

Nella cartografia dei valori del Curve number, relativo all’assetto del territorio al 1960, si può notare che i valori più bassi del CN corrispondono alle aree limitrofe i corsi d’acqua, fatta eccezione per quelle interessate dall’urbanizzazione, che ha modificato la permeabilità naturale originali dei suoli.

I valori del CN più alti si trovano chiaramente in corrispondenza delle grandi città, caratterizzate dalla presenza di superfici fortemente impermeabili.

Il resto del territorio ha dei valori del CN medio bassi in corrispondenza delle aree pianeggianti, a destinazione agricola, che insistono su tipi idrologici di classe A e B e dei valori del CN medio alti in prossimità dei rilievi montuosi, costituiti da rocce meno permeabili.

Il dislivello molto marcato tra il CN assegnato alle aree urbanizzate e il resto del territorio, che invece presenta un grado di sfumatura del parametro molto omogeneo, è dovuto al fatto che negli usi del suolo, relativo allo scenario al 1960, le aree urbane sono state classificate nella macro-categoria “insediamenti ed altre forme di utilizzazioni” ad una scala di dettaglio molto bassa. Questo ha portato ad avere assegnato, a parità del tipo idrologico su cui i suoli insistono, il valore massimo del CN, creando le macchie blu scuro presenti nella restituzione cartografica.

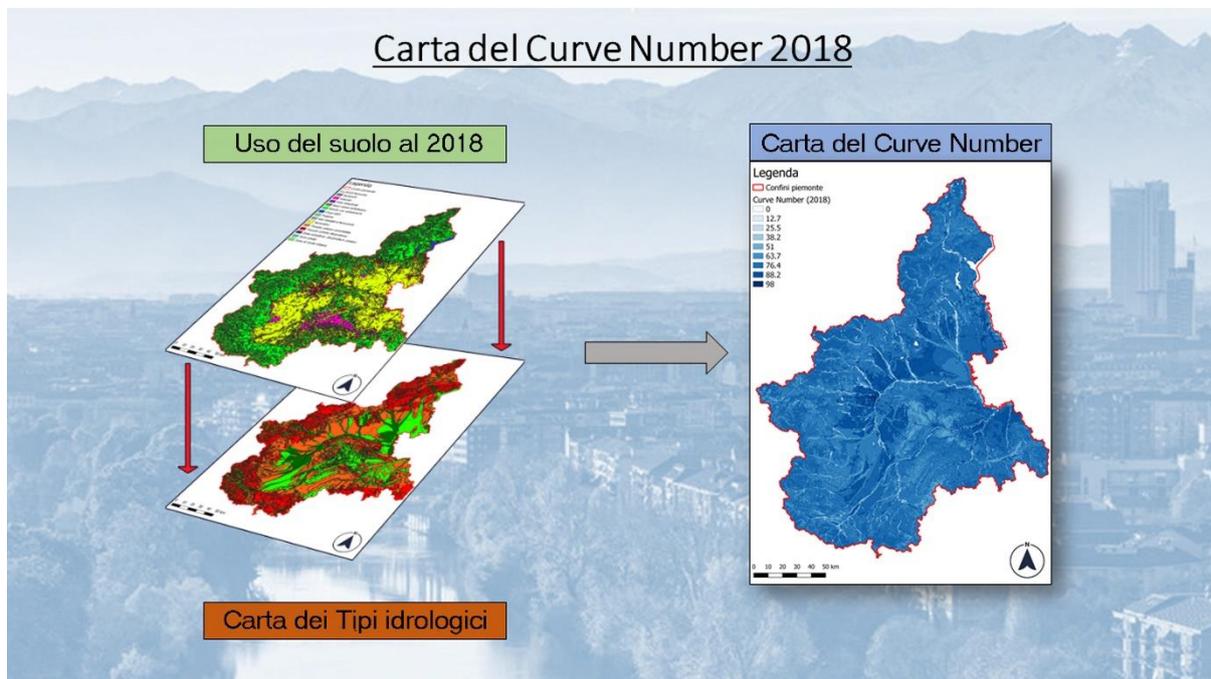


Figura 49 - Schema del processo di overlay per la produzione della Carta del Curve Number relativa al 1960.

Fonte: Produzione propria.

In Figura 50 è presentata, nella sua interezza, la cartografia che riporta la distribuzione dei valori del CN nel territorio regionale, relativo agli usi del suolo al 1960.

# Legenda

Confini piemonte

Curve Number (2018)

- 0
- 12.7
- 25.5
- 38.2
- 51
- 63.7
- 76.4
- 88.2
- 98

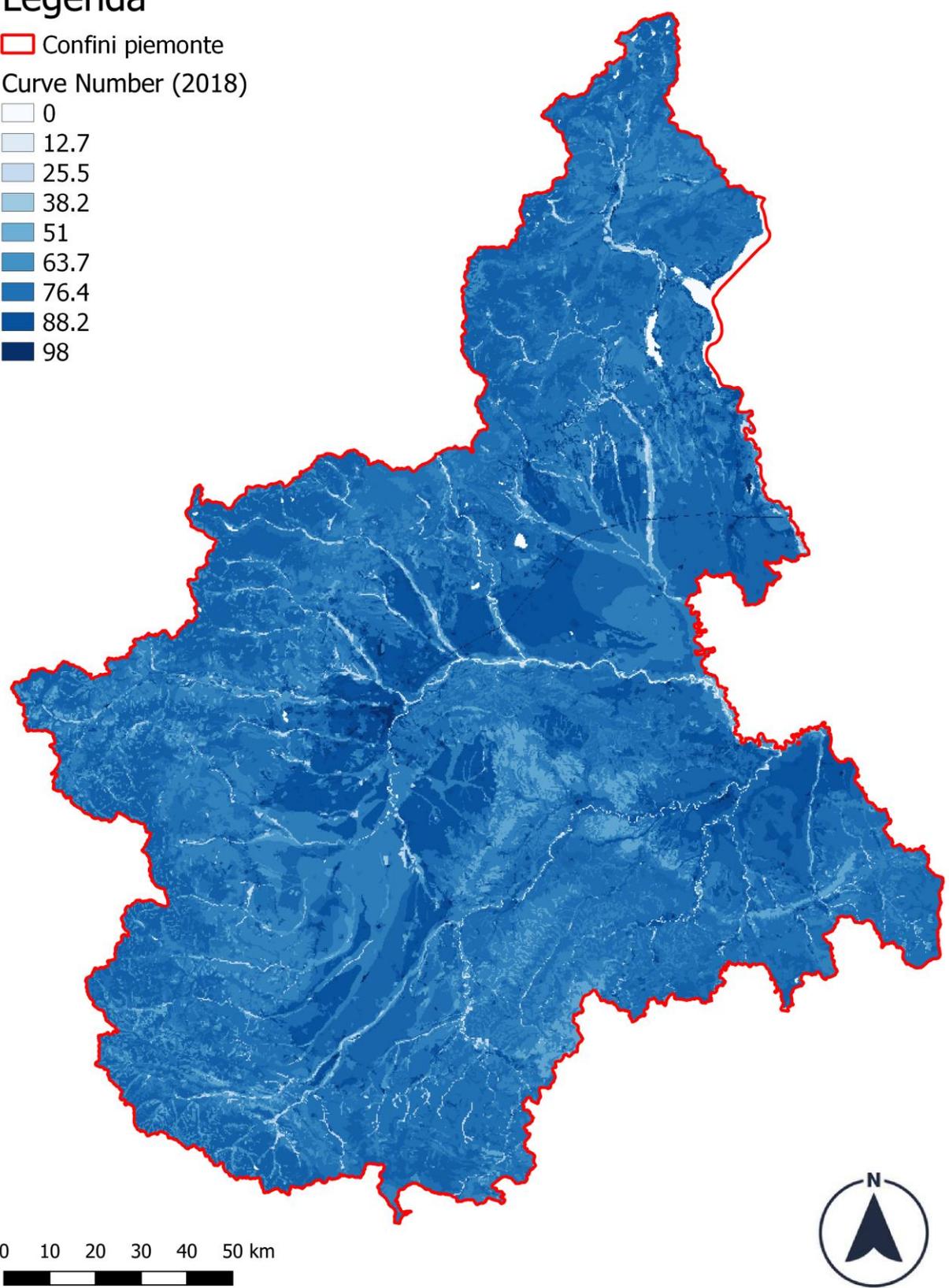


Figura 50 - Carta dei valori del CN relativi all'uso del suolo al 2018.  
Fonte: Produzione propria.

Nella cartografia dei valori del Curve number, relativo all'assetto del territorio al 2018, si nota immediatamente una distribuzione dei valori molto più uniforme. Questo è dato dal fatto che le aree urbane sono rappresentate dalla Corine Land Cover ad un livello molto elevato di dettaglio. L'urbanizzato, distinto in "Tessuto urbano continuo", "Tessuto urbano discontinuo", "Zone estrattive, discariche e cantieri" e "Zone industriali", si presenta molto più frammentato e distribuito in maniera omogenea. Chiaramente, oltre a questa discrepanza legata alla rappresentazione degli usi del suolo nelle due carte, si assiste dagli anni '60 ad oggi ad una notevole espansione della città che ha portato il diffondersi di suoli impermeabilizzati, causando l'incremento dei valori del CN.

In figura 51 è presentato il confronto tra i valori del CN nel 1960 e nel 2018 delle aree antropizzate delle principali città piemontesi.

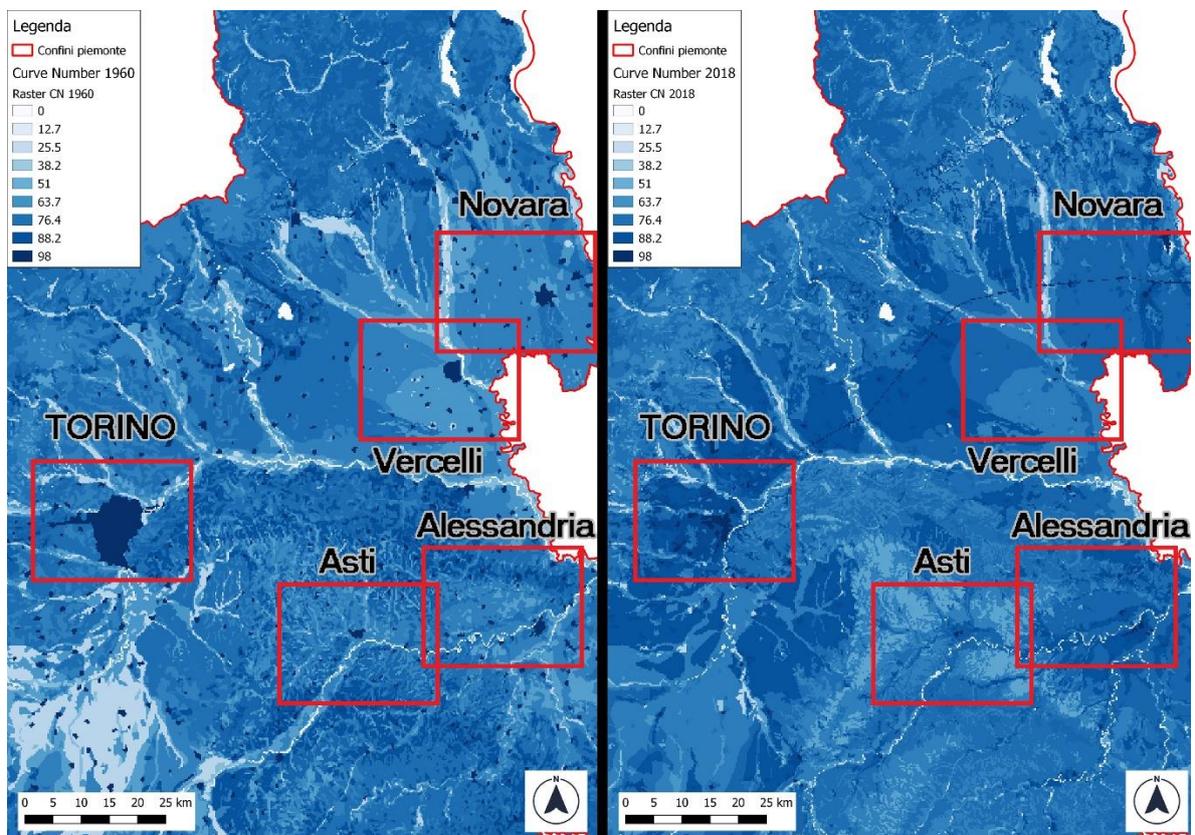


Figura 51 - Confronto tra i valori del CN nelle aree antropizzate delle principali città piemontesi al 1960 (a sinistra) e al 2018 (a destra).

Fonte: Produzione propria.

I valori più alti del CN li troviamo stavolta non solo nei grandi poli urbani, ma anche in tutto il territorio ad essi adiacenti. In particolare, la Corine Land Cover del 2018 riporta gli assi autostradali e ferroviari principali, che avendo 98 del CN, sono rappresentati da una lunga linea blu scuro che parte dalla città di Torino, fino a giungere ai confini della regione, annettendosi con la Lombardia: l'asse di collegamento Torino – Milano.

In figura 52 è raffigurato nel dettaglio il valore del CN corrispondente alla rete ferroviaria ad alta velocità.

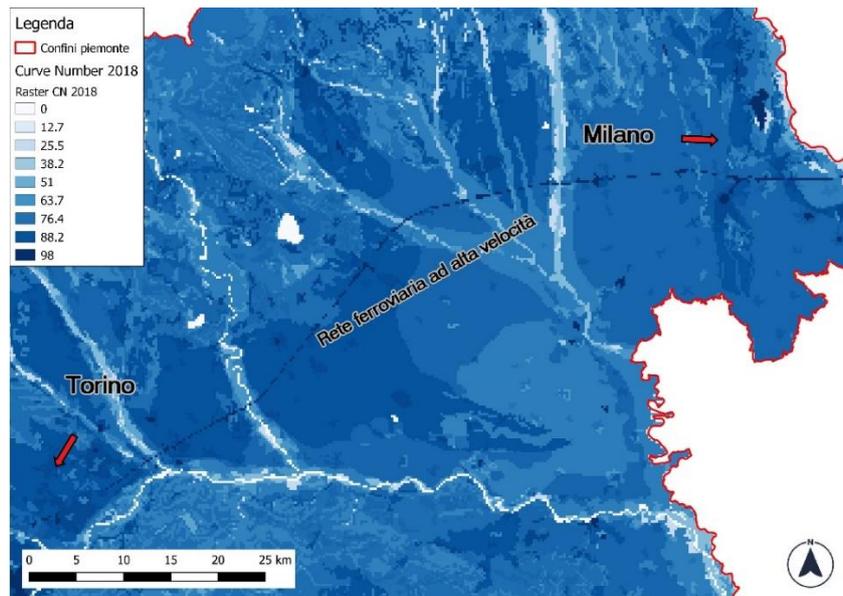


Figura 52 - Valori del CN in corrispondenza della rete ferroviaria ad alta velocità che collega Torino a Milano.  
Fonte: Produzione propria.

I valori più bassi del CN, invece, sono localizzati sempre nei pressi degli assi fluviali e in corrispondenza con i tipi idrologici più permeabili A e B.

Da un confronto tra le due carte, emerge inoltre un incremento generale di tutti i valori del CN che prima erano nella fascia medio-bassa, soprattutto quelli localizzati nel territorio compreso tra Torino e Cuneo, rappresentato in Figura 53.

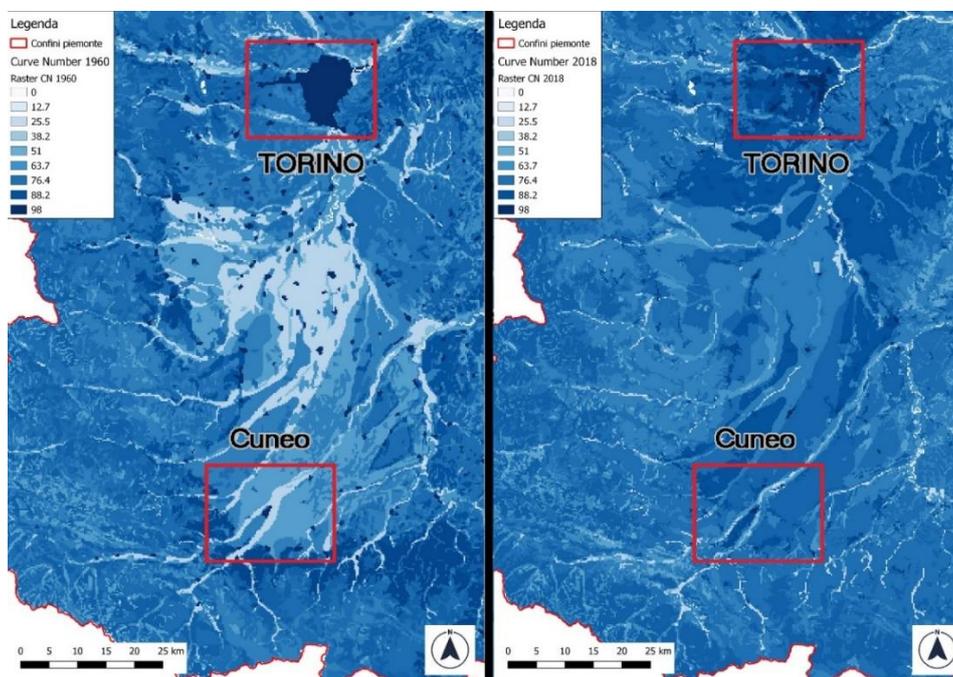


Figura 53 – Confronto dei valori del CN nell'area compresa tra Torino e Cuneo.  
Fonte: Produzione propria.

Il motivo di questa discrepanza non risulta ancora essere chiaro, ma si pensa o che sia dovuto sempre a problemi inerenti al livello di dettaglio riportato dalle due cartografie degli usi del

suolo oppure ad un'assegnazione errata di valori del CN a categorie accorpate come "simili", ma che in realtà presentano una permeabilità differente.

In ogni caso si ritiene necessaria, da un lato, una verifica a scala locale delle diverse destinazioni d'uso del suolo, elaborate dalle città piemontesi per il rispettivo territorio comunale, dall'altro, una consultazione con i settori di competenza specifica per analisi di maggior dettaglio e precisione.

Un appunto fondamentale va fatto per quelle aree che si trovano nei pressi dei confini regionali piemontesi. Queste ultime infatti non hanno un coefficiente CN assegnato e risultano senza valore. Ciò è causato dal fatto che il ritaglio della Corine Land Cover del 2018, il cui file originale è a scala europea, è stato ritagliato esattamente sui confini del Piemonte, come anche quello relativo agli usi del suolo al 1960, mentre i tipi idrologici, derivati dalle geometrie individuate dalla carta litologica, terminavano di essere rappresentate prima del confine regionale. Il risultato è stato avere nella tabella, creata con l'overlay delle due carte, geometrie con un tipo idrologico nullo e tipi idrologici a cui non corrispondeva un uso del suolo. Per ovviare a questo problema tali geometrie sono state cancellate manualmente, rendendo quegli spazi bianchi, come mostrato in Figura 54.

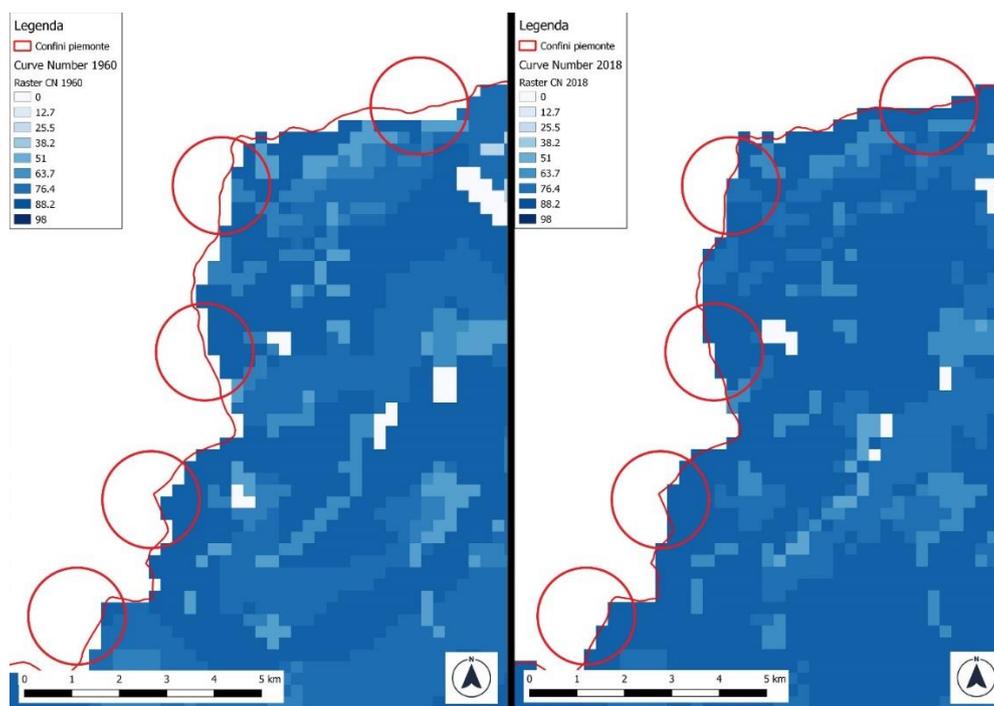


Figura 54 - Aree adiacenti ai confini regionali che non hanno un valore del CN.

Fonte: Produzione propria.

Per un ulteriore approfondimento su queste aree, si consiglia di connettere le informazioni relative alla litografia e conseguentemente ai tipi idrologici delle Regioni o Nazioni limitrofe.

#### 4.4 Applicazione del Curve Number nel torinese

Una volta definiti i valori del CN per il territorio regionale piemontese, applicare il precedente ragionamento al caso della città di Torino risulta abbastanza immediato. Nelle prossime pagine

viene ripercorso il processo metodologico proposto da questo lavoro di tesi, spostandosi da una scala regionale ad una scala locale, soprattutto per comprendere la sua versatilità. Dato che tutte le considerazioni fatte in precedenza e i dati di base restano analoghi, sono riportati solo i passaggi salienti per l'assegnazione dei valori del CN per il suolo torinese.

#### 4.3.1 La Litologia e i “Tipi idrologici” di suolo a Torino

Applicando il metodo utilizzato in precedenza a livello regionale, il lavoro di assegnazione dei valori del CN inizia con l'analisi dei litotipi presenti sul territorio comunale.

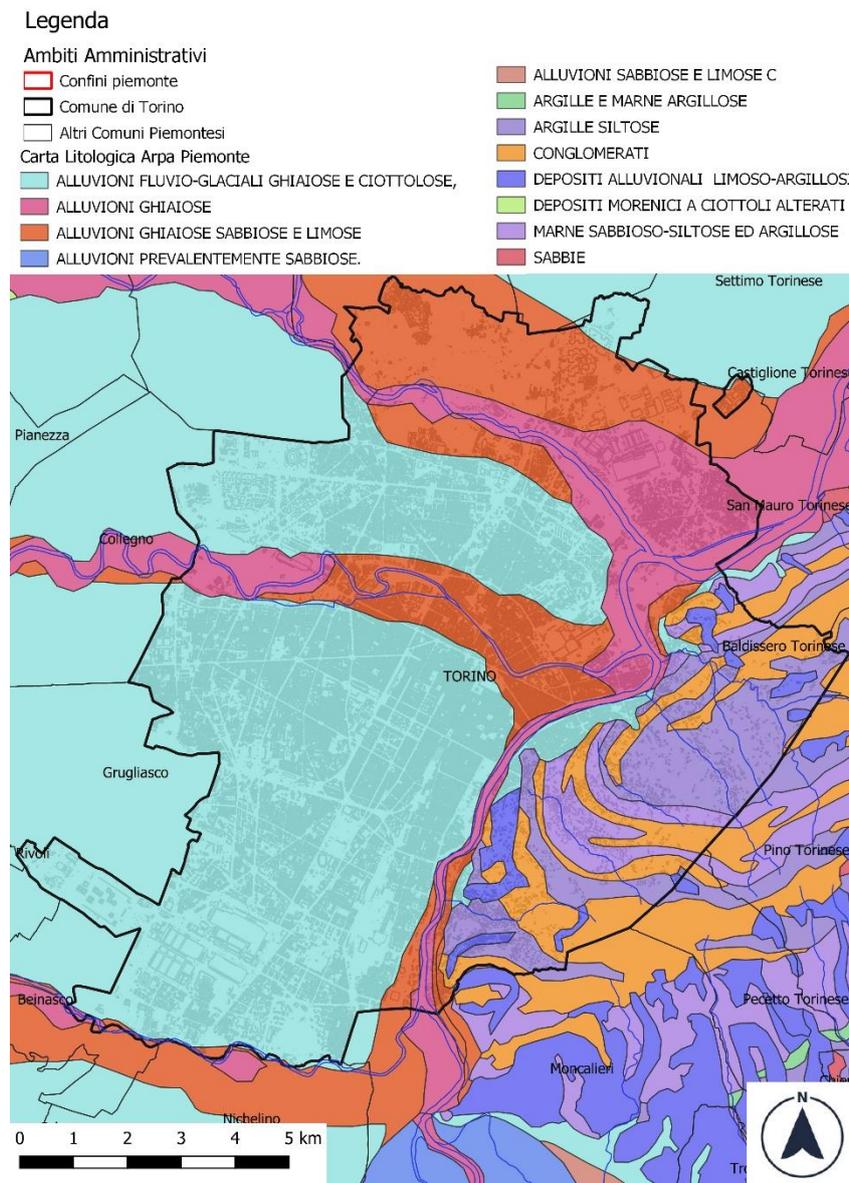


Figura 55 - Carta Litologica del Comune di Torino.  
Fonte: ARPA Piemonte.

La maggior parte della pianura del comune di Torino è costituita da “Alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose e ciottolose”, caratterizzate dalla presenza del ferretto. Quest’ultimo è “*un suolo argilloso, ricco di ossidi e idrossidi di ferro e alluminio, di colore rosso mattone, consiste in uno strato superficiale di alterazione rossastra delle masse alluvionali, per lo più ghiaiose, il quale provoca ristagno delle acque in superficie inducendo spesso la morte per asfissia delle piante*” (<http://www.parcopineta.org/page.aspx?pageID=2> ). Ai fini della determinazione dei Tipi Idrologici, questo tipo di suolo è stato classificato come C, data la presenza di argilla, seppur in poca quantità.

La restante parte della pianura è formata “Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei fluviali” e “Alluvioni sabbiose e limose con debole strato di alterazione”, in corrispondenza dei fiumi Po, Dora, Stura di Lanzo e Sangone. Questi terreni, fortemente permeabili, sono stati classificati come afferenti ai tipi idrologici A e B.

La collina torinese, invece, è costituita da un numero elevato di litotipi diversi, afferenti ad un tipo idrologico molto più impermeabile, contenente limo e argilla o rocce che fanno infiltrare l’acqua per fessurazione, con una tessitura da moderatamente fine a fine, classificati come tipi idrologici C e D.

L’assegnazione dei tipi idrologici ai litotipi presenti nel territorio torinese, in maniera analoga al caso regionale piemontese, viene riportata schematicamente nella tabella 12.

<b>Descrizione estesa dei litotipi della regione Piemonte (Fonte ARPA Piemonte)</b>	<b>Tipo Idrologico</b>
Alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose e ciottolose, talora con grossi trovanti alterate i terreni argillosi (Ferretto)	C
Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei fluviali	A
Alluvioni ghiaiose talora sabbiose e limose, antiche e terrazzate	B
Alluvioni prevalentemente sabbiose	A
Alluvioni sabbiose e limose con debole strato di alterazione	B
Argille e marne argillose gessifere con lenti di gesso (non cartografabili) e subordinate intercalazioni di calcari carciati, sabbie o arenarie (formazione gessoso-solfifera); dolomie carciate e calcari carciati	C
Argille siltose con intercalazioni sabbiose; marne ed argille con sabbie	C
Conglomerati poligemici, conglomerati ed arenarie in grosse bancate intercalati a marne sabbiose, argille e calcari, conglomerati porfirici	D
Depositi alluvionali prevalentemente limoso-argilloso	C
Depositi morenici a ciottoli alterati talora intensamente ferrettizzati	D
Marne sabbioso-siltose ed argillose, marne con intercalazioni arenacee, calcaree, calcareo-marnose e argillose	C
Sabbie, anche grossolane con livelli ghiosi ed intercalazioni di arenarie e marne, banchi calcarenitici e calciruditici poco cementati	B

Tabella 12 - Assegnazione dei "Tipi Idrologici" di suolo in base ai litotipi.  
Fonte: Produzione propria.

Una volta schematizzati i litotipi in base alla classificazione dei suoli in tipi idrologici, è stato possibile realizzare una cartografia, che, come quella per il territorio regionale, mostra visivamente la loro distribuzione nel territorio comunale.

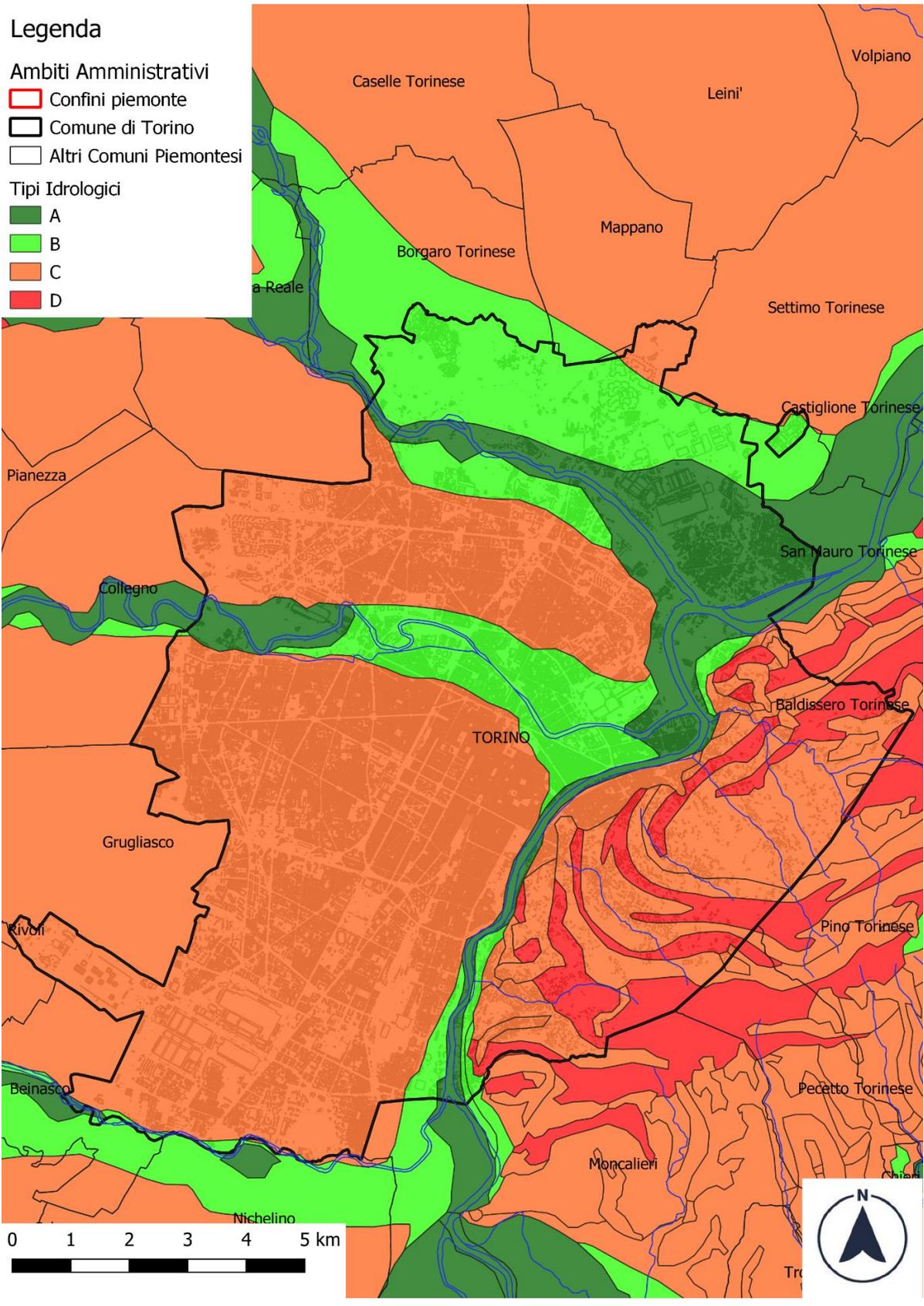


Figura 56 - Tipi idrologici di suolo della Comune di Torino.  
 Fonte: Produzione propria.

Essendo la scala su cui si sta operando di maggior dettaglio, è stato possibile inserire le informazioni relative all'edificato della città di Torino, posto sotto i livelli di campitura dei tipi idrologici, ottenuto direttamente dagli uffici Comunali.

Anche in questo caso la classificazione in tipi idrologici fornisce una sintesi sul comportamento dei diversi suoli in maniera sintetica, di facile lettura anche da un non esperto del settore geologico.

Occorre precisare che uscendo dall'ambito di tesi, di proposta metodologica, queste analisi, come le precedenti, dovranno essere implementate con le informazioni relative allo spessore dei litotipi e della presenza o meno di una falda permanentemente alta.

#### 4.3.2 Scenari ipotetici di applicazione a Torino

Una volta definiti i tipi idrologici, occorrono le informazioni relative al “rispetto a quando essere invariante?”, mediante gli scenari ipotetici di applicazioni. In base alle considerazioni fatte a livello regionale, verranno di seguito riportati gli usi del suolo al 1960 e quelli al 2018. Nel caso degli usi del suolo al 1960, il problema di rappresentazione dei territori connotati da una forte antropizzazione, afferenti alla voce “insediamenti e altre forme di utilizzazione”, appare in questa scala molto evidente. Quindi, nel momento in cui essa farà parte dello studio definitivo, si consiglia di approfondire questa tematica mediante l'impiego di dati contenenti informazioni di maggior dettaglio.

Mediante la sovrapposizione dell'edificato della città di Torino, aggiornato a marzo 2019, è possibile notare l'espansione della città in direzione nord – est e, in maniera diffusa, nella collina e a sud, per annettersi ai comuni minori vicini.

Il resto del territorio è costituito da praterie e seminativi, evidenziando una forte componente agricola dell'uso del suolo. I boschi, che secondo lo scenario di ricostruzione originale del suolo, ricoprivano una volta tutto il territorio, sono ora presenti nell'area collinare e in corrispondenza del fiume Stura di Lanzo. Invece, i suoli destinati ad “arboreti”, sono concentrati per lo più ad est, oltre la collina.

Le aree classificate come “sterile” in questo caso corrispondono ai sabbioni del fiume Stura di Lanzo, formati in seguito a processi di deposizione di materiale alluvionale e un successivo abbassamento del livello del fiume, oramai non più percorse dalle acque, se non in caso di eventi estremi.

In figura 57 è riportata la cartografia degli usi del suolo al 1960, rappresentati con delle geometrie dai perimetri molto arrotondati e meno netti rispetto a quelli che invece si possono riscontrare in figura 58 per gli usi del suolo della Corine Land Cover del 2018.

In generale, tutti gli accorpamenti degli usi del suolo al 1960 e al 2018 sono stati fatti esattamente come il precedente caso regionale, in modo da agevolare il più possibile il confronto tra le due analisi rappresentanti, seppur in scala diversa, lo stesso territorio.

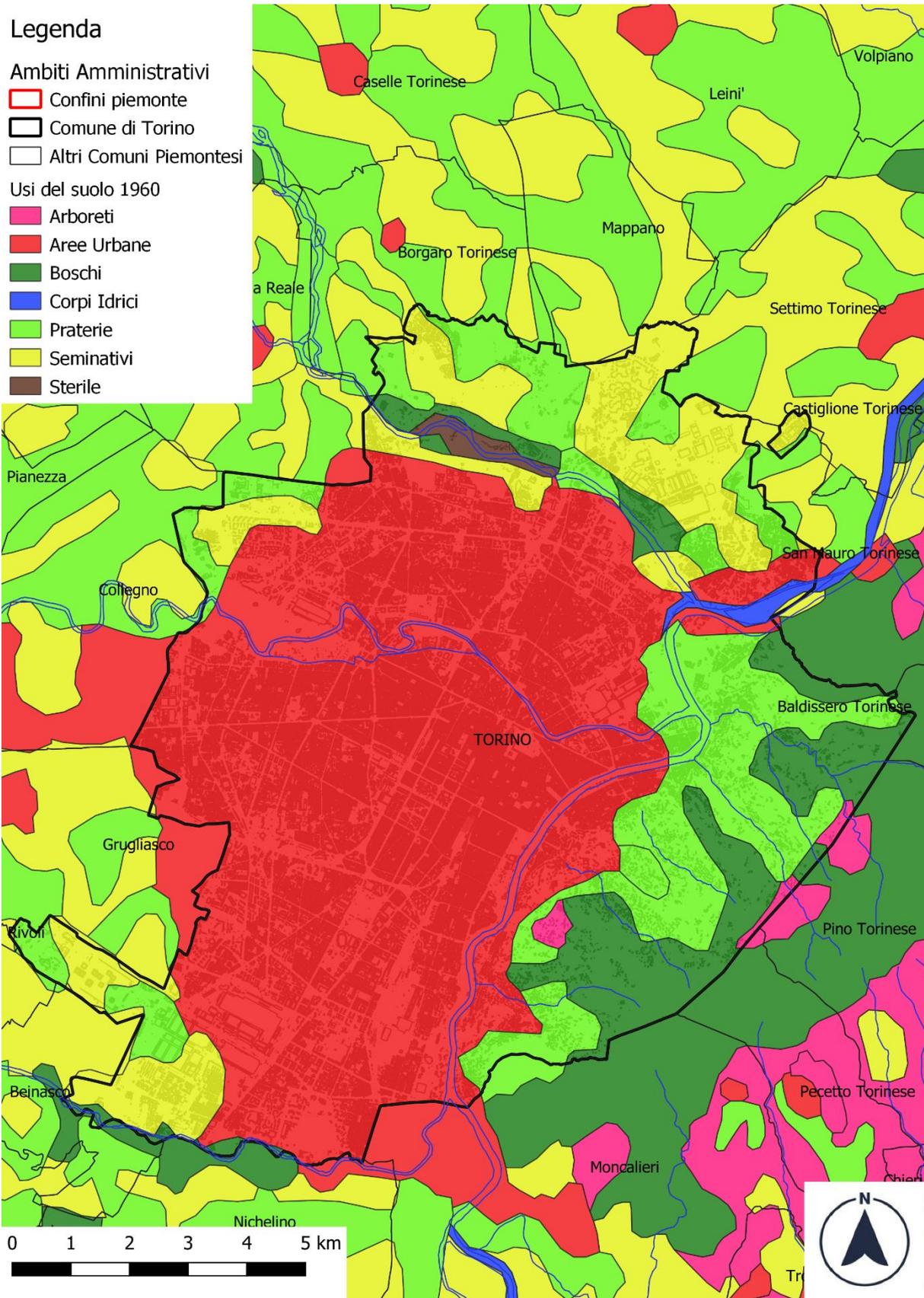


Figura 57 - Carta degli usi del suolo al 1960 per il Comune di Torino.

Fonte: [http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover/uso\\_suolo\\_1960/view](http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover/uso_suolo_1960/view)

## Legenda

### Ambiti Amministrativi

 Confini piemonte

 Comune di Torino

 Altri Comuni Piemontesi

### CLC 2018

 Aeroporti

 Arboreti

 Aree industriali

 Boschi senza sottobosco

 Boschi con sottoboschi

 Corpi idrici

 Praterie

 Reti stradali e ferroviarie

 Seminativi

 Tessuto urbano consolidato

 Tessuto urbano discontinuo

 Zone estrattive, discariche e cantieri

 Zone umide

 Zone di verde urbano

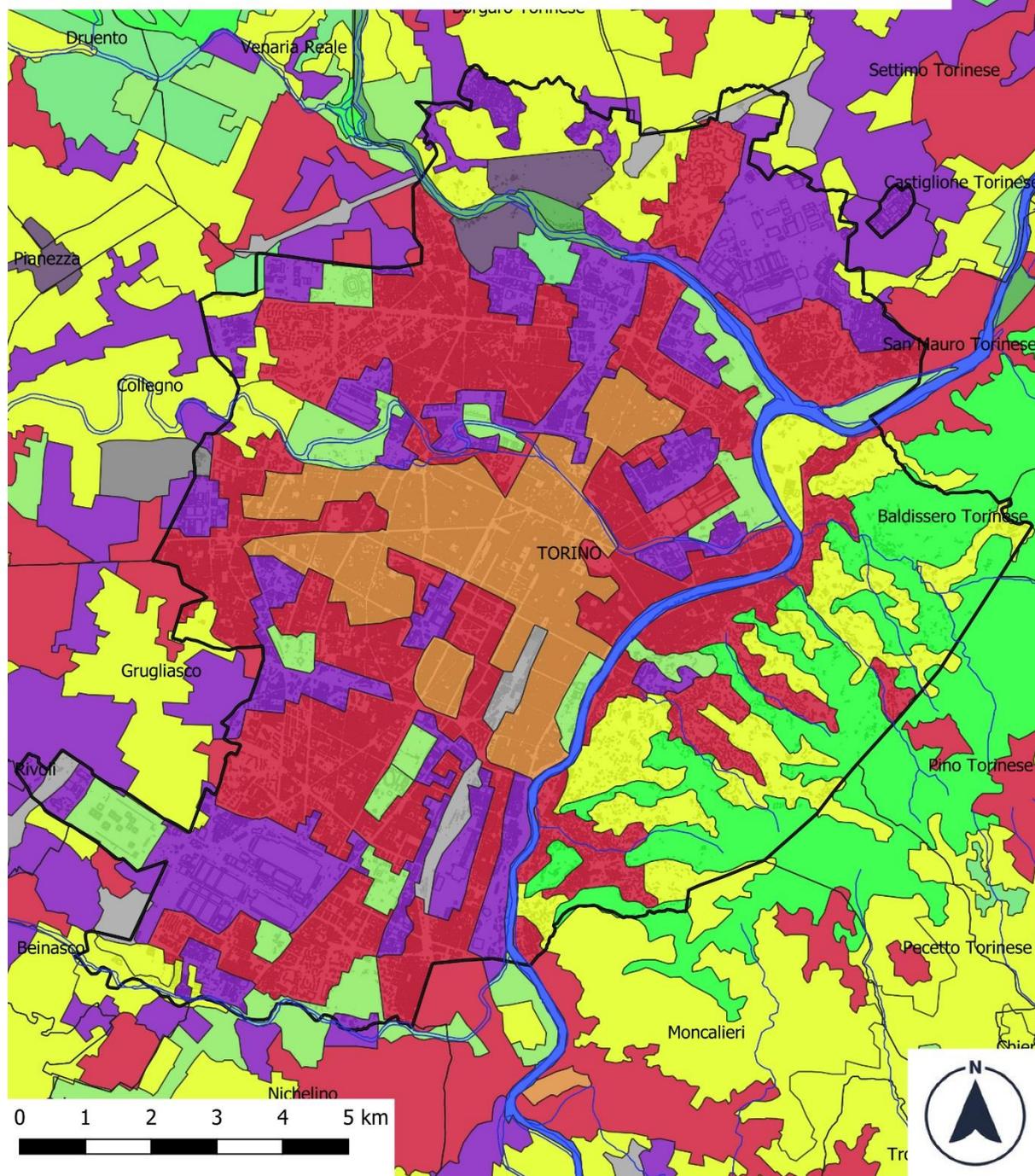


Figura 58 - Corine Land Cover 2018 per il Comune di Torino.

Fonte: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>

La Corine Land Cover del 2018, anche in questa scala, fornisce un dettaglio decisamente più elevato rispetto alla carta degli usi del suolo al 1960, differenziando, in maniera discretamente precisa le diverse zone della città. Ancora una volta, sovrapponendo l'edificato della città, è possibile associare facilmente le diverse destinazioni delle aree, distinte "aree industriali", "tessuto urbano consolidato" e "tessuto urbano discontinuo".

L'area classificata come "tessuto urbano consolidato" in questo caso corrisponde al centro storico della città, mentre il "tessuto urbano discontinuo" corrisponde alle aree di espansione della città.

Le "aree industriali" sono situate nelle zone periferiche della città e corrispondono a tutti quegli impianti realizzati negli anni della "Torino industriale", ormai dismessi o riqualificati, destinati ad un uso ricreativo, turistico o utilizzati per eventi, mostre e spettacoli.

Gli "Aeroporti" corrispondono a delle aree a nord dell'Aeroporto di Caselle e si trovano in questa rappresentazione, per motivi di spazio, sotto il riquadro della legenda.

I "seminativi" e "boschi con sottoboschi" sono situati per lo più nella collina torinese, come nel caso della rappresentazione degli usi del suolo al 1960, solo che sono stati differenziati in maniera più precisa.

Le "zone di verde urbano" sono in corrispondenza dei parchi urbani, sia interni alla città, sia molto spesso in adiacenza dei corsi d'acqua, come il Parco Dora o il Parco del Valentino.

#### 4.3.3 Assegnazione del metodo CN nel territorio torinese

Una volta definiti e analizzati gli usi del suolo riportati dai due scenari ipotetici di applicazione, si può procedere all'assegnazione dei CN. La corrispondenza tra gli usi del suolo, raggruppate in macro-categorie, in maniera analoga al caso regionale precedente, e quelli riportati dalle tabelle SCS, è mantenuta, facendo leva sugli stessi ragionamenti relativi al comportamento dei suoli di far infiltrare o meno l'acqua.

Una volta assegnati i valori dei CN è stato possibile, anche in questo caso, rappresentare mediante l'impiego di strumenti GIS, la distribuzione di questo indicatore sul territorio, facendo riferimento agli usi del suolo al 1960 e al 2018, sovrapposti con l'overlay ai tipi idrologici.

Le geometrie ottenute sono state nuovamente trasformate e riportate in dei Raster, di lato quadrato di 250 metri, rappresentanti le diverse aree l'andamento del CN.

Nel caso dei CN riferiti allo scenario del 1960, essi avranno un valore molto elevato in corrispondenza della macro-area identificata come "aree urbane", per motivi sempre legati alla restituzione della carta degli usi del suolo corrispondente. Si ha così una enorme macchia di colore blu scuro, con un CN a 98, che non permetterà la distinzione delle diverse sotto aree di cui questa porzione di territorio è composta.

Differente, invece, il caso della carta dei CN afferente allo scenario del 2018, che invece riporta dei valori di maggior dettaglio, distinguendo le diverse aree della città.

# Legenda

## Ambiti Amministrativi

-  Confini piemonte
-  Comune di Torino
-  Altri Comuni Piemontesi

## Curve Number (1960)

-  0
-  12.7
-  25.5
-  38.2
-  51
-  63.7
-  76.4
-  88.2
-  98

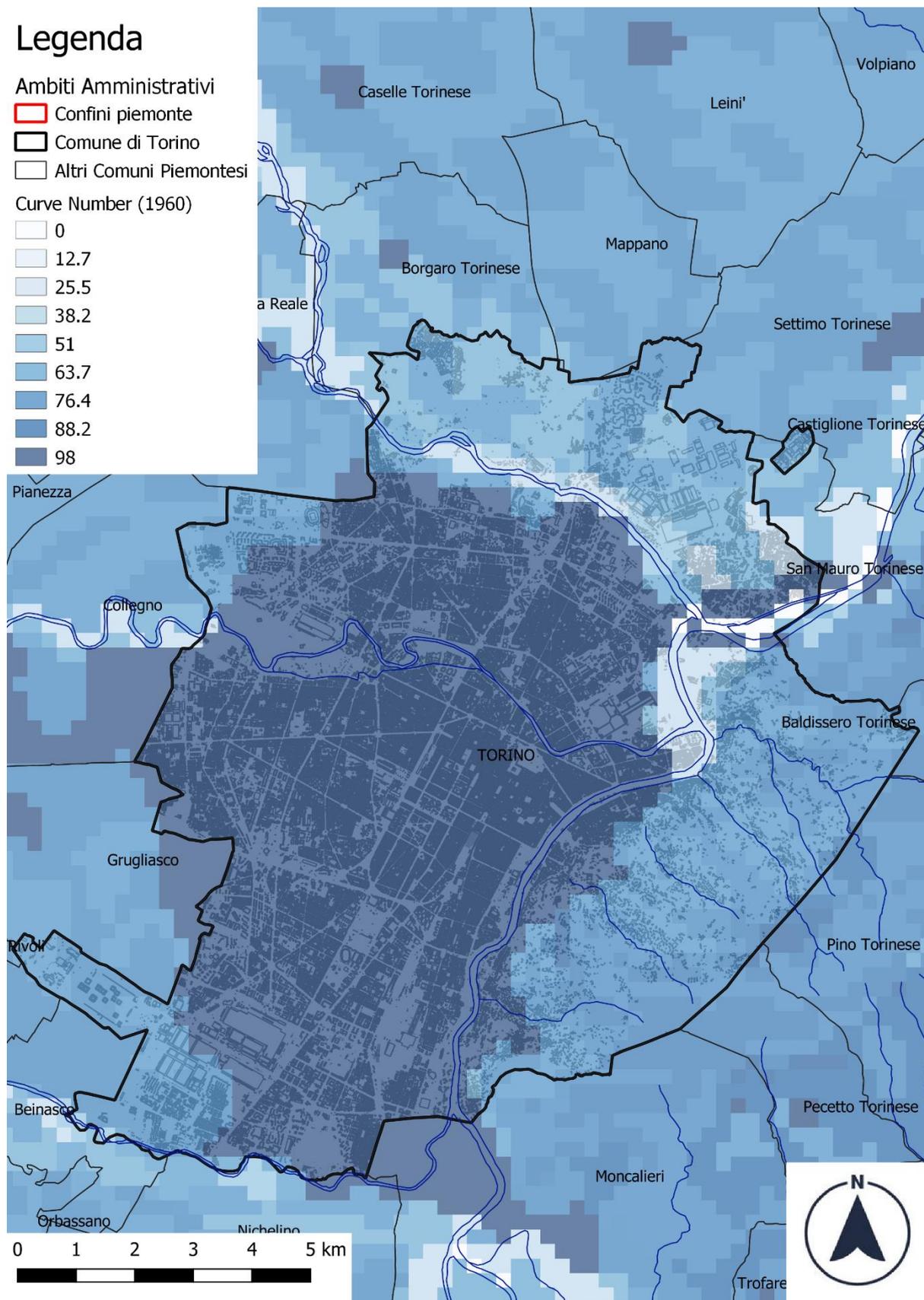


Figura 59 - Carta dei valori del CN relativi all'uso del suolo al 1960 per il Comune di Torino.  
Fonte: Produzione propria.

# Legenda

## Ambiti Amministrativi

- Confini piemonte
- Comune di Torino
- Altri Comuni Piemontesi

## Curve Number (2018)

- 0
- 12.7
- 25.5
- 38.2
- 51
- 63.7
- 76.4
- 88.2
- 98

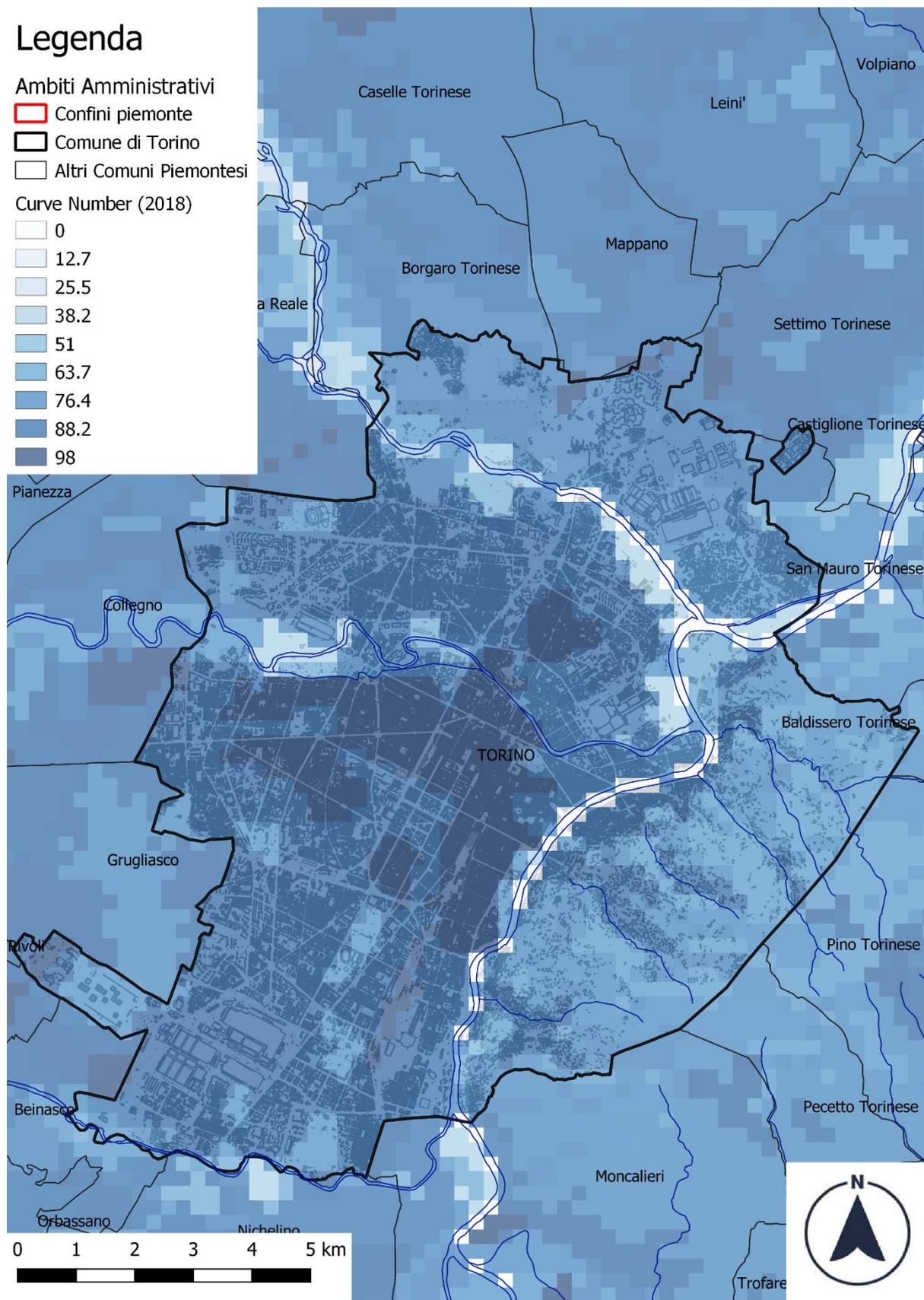


Figura 60 - Carta dei valori del CN relativi all'uso del suolo al 2018 per il Comune di Torino.  
Fonte: Produzione propria.

In entrambe le cartografie i valori dei CN seguono gli stessi criteri delle rappresentazioni fatte precedentemente a scala regionale:

- I valori dei CN più elevati si trovano in corrispondenza delle aree fortemente urbanizzate, in corrispondenza di un uso del suolo classificato come “aree urbane”, nello scenario del 1960, e “tessuto urbano consolidato”, nello scenario del 2018;
- I valori dei CN più bassi si trovano nelle aree adiacenti i corsi d’acqua, in corrispondenza delle “praterie” e “seminativi”, nello scenario del 1960, e “tessuto urbano discontinuo”, “aree industriali” e “zone di verde urbano”, nello scenario al 2018. In queste zone, infatti, data la natura dei suoli, caratterizzati da una forte componente sabbiosa e limosa, con tessiture molto grossolane, troviamo tipi idrologici afferenti alle categorie A e B e quindi nonostante la componente antropica sia rilevante, assumono i valori di CN più bassi della loro categoria;
- I valori medi dei CN si trovano, invece, in corrispondenza di aree anche lontane dai corsi d’acqua che, pur trovandosi su suoli di tipo C, hanno una componente antropica molto ridotta, con un uso del suolo di forte natura agricola.

Essere invarianti rispetto allo scenario del 1960 o rispetto allo scenario del 2018 porta a trarre le stesse considerazioni che sono state fatte per il caso regionale:

- Nel caso dello scenario relativo al 1960, applicare oggi il principio di invarianza idraulica e idrologica, al territorio torinese significa sottoporre ad interventi di incremento della permeabilità sia i suoli di nuova impermeabilizzazione, dal momento dell’applicazione in poi, sia inserire quelli che dal 1960 al 2018 hanno subito un processo di trasformazione che ne ha modificato le caratteristiche di infiltrazione;
- Nel caso dello scenario relativo al 2018, applicare oggi il principio di invarianza idraulica e idrologica, significa sottoporre ad interventi di incremento della permeabilità esclusivamente i suoli di nuova impermeabilizzazione, lasciando immutati quelli che, invece, sono stati impermeabilizzati con l’espansione della città in un momento antecedente al 2018.

## 5 Descrizione dei dati presenti sul CD

Prima di passare alle conclusioni del lavoro di ricerca di questa tesi, è stato inserito un capitolo inerente alla descrizione dei dati contenuti nel CD in allegato ad essa.

All'interno di esso è possibile trovare due file:

- Il PDF contenete il presente documento di tesi;
- Una cartella dal titolo "File QGIS Tesi".

Nella cartella contenente i file utilizzati per la presente tesi si trovano delle sottocartelle contenenti gli shapefiles da caricare su appositi strumenti GIS e i due "progetti" in formato "QGS Project", versione 3.6.1, tramite cui si accede al visualizzatore con i dati allestiti per la realizzazione delle relative cartografie.

I file GIS sono georiferiti secondo il sistema di riferimento 3003 Monte Mario/Italy zone 1

Le sottocartelle contengono:

- **Alvei corsi d'acqua**, scaricabili dal sito di ARPA Piemonte, al seguente link:  
[http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalserver\\_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA\\_TO%3A07-03-01\\_atp-D\\_2013-10-21%3A16%3A00&title=Arpa%20Piemonte%20-%20BDGeo100%20-%20Alveo%20tipi%20e%20portate](http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalserver_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA_TO%3A07-03-01_atp-D_2013-10-21%3A16%3A00&title=Arpa%20Piemonte%20-%20BDGeo100%20-%20Alveo%20tipi%20e%20portate)

Nel pacchetto "BDGeo100 – Alveo tipi e portate" si trova la Carta degli alveo-tipi e portate massime misurate o indirettamente valutate. Il tema illustra i principali tronchi d'alveo della rete idrografica piemontese, differenziati in funzione dell'ambiente caratteristico, così come le portate massime registrate o valutate indirettamente associate ad un punto di misura. Sono stati esaminati: frequenza delle piene e regime delle portate, pendenza dell'alveo, quantità e dimensioni granulometriche dei materiali trasportati, erodibilità delle sponde e del fondo. In cartografia sono inoltre indicati i punti di osservazione delle portate massime al colmo registrate alle stazioni idrometrografiche o ricavate da misure indirette in sezioni trasversali significative. Il dataset fa parte della Banca Dati dei Processi Geologici realizzata nella seconda metà degli anni '80 dal Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte (confluito poi nell'Arpa) per rispondere alla crescente richiesta di informazioni logiche e strutturate sul territorio, necessarie per le funzioni di programmazione, coordinamento ed indirizzo delle scelte e degli interventi in ambito territoriale-geologico. Il dato tematico originario è stato realizzato su taglio I.G.M. 1:100.000 strutturando ed integrando i dati già raccolti dal CNR-IRPI di Torino nell'ambito della ricerca tesa a valutare la pericolosità connessa ad eventi idrologici nel territorio piemontese.

I dati sono stati creati nel 1988 e pubblicati nel 2013.

Al fine del lavoro di tesi è stato preso solo lo shapefile "alveotipi" in modo da poter rappresentare in cartografia i corsi d'acqua principali e i loro affluenti;

- **AMBITI AMMINISTRATIVI COMUNI**, scaricabili dal Geoportale Piemonte al link: <http://www.geoportale.piemonte.it/geocatalogorp/?sezione=catalogo>

Questo file, aggiornato al 2019, contiene i confini di tutti i comuni piemontesi. Da esso sono stati estratti i “Confini Piemonte” con il geoprocessing “dissolve”;

- **Carta Litologica Arpa**, in formato WMS sul sito ARPA Piemonte, al seguente link [http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalserver\\_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA\\_TO%3A07.02.05-D\\_2011-06-27%3A15%3A23&title=Arpa%20Piemonte%20-%20Carta%20Litologico%20Giacimentologica](http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalserver_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA_TO%3A07.02.05-D_2011-06-27%3A15%3A23&title=Arpa%20Piemonte%20-%20Carta%20Litologico%20Giacimentologica)  
Tale formato non consente l’accesso alle tabelle degli attributi, ma solo a vedere graficamente come i Litotipi sono distribuiti sul territorio.  
Il formato Shapefile editabile è stato richiesto all’Ente ARPA ai fini di questo lavoro, tramite l’URP.  
I file, creati nel 1988, sono aggiornati al 2011;
- **Corine Land Cover**, al cui interno si trovano le due carte di uso dei suoli relative al 1960 e al 2018.  
Quella del 1960 è stata scaricata al seguente link <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover>  
Sul sito sono presenti, oltre la carta di uso del suolo al 1960, le Corine Land Cover relative al 1990, al 2000, al 2006 e al 2012 e i relativi confronti per analisi sul consumo di suolo.  
Quella del 2018 è stata scaricata al seguente link <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>  
All’interno di un file di diversi giga di pesantezza, si trova la CLC 2018 riferita a tutta l’Europa. Per questo lavoro tale cartografia è stata clippata e riproiettata secondo il sistema di riferimento 3003 Monte Mario/Italy zone 1;
- **Edificato Torino** contiene le informazioni inerenti “unità volumetrica”, “edificio”, “elemento di copertura”, “particolare architettonico” e “edificio minore”, secondo la suddivisione effettuata dagli Uffici del Comune di Torino e sono stati reperiti presso il comune stesso durante l’attività di Stage.  
I dati sono aggiornati a marzo 2019;
- **Raster CN** contiene i Raster al 1960 e al 2018 dei valori di CN, utilizzati sia per le analisi in scala regionale, che locale del territorio torinese. Essi sono stati creati ai fini della presente tesi durante il periodo di Stage;
- **Tipi Idrologici** contiene lo shapefile relativo alla classificazione dei suoli per “tipi idrologici”. Esso è stato creato ai fini della presente tesi durante il periodo di Stage;
- **Union CLC e Tipi Idrologici** contiene gli shapefiles relativi all’overlay dei tipi idrologici con i due scenari ipotetici di applicazione, al fine di assegnare i valori dei CN. Il file è un passaggio intermedio, prima della sua trasformazione in raster. Esso è stato creato ai fini della presente tesi durante il periodo di Stage.

I due file di progetto, contenenti il visualizzatore dei file appena elencati, sono organizzati secondo la stessa ripartizione, in modo da consentire a chi legge di orientarsi in maniera analoga, nonostante il cambio di scala da regionale, nel caso del Piemonte e locale, nel caso del Comune di Torino.

Entrambi si aprono con una pagina iniziale contenente i layer attivi del gruppo “Ambiti Amministrativi”, con all’interno i confini del Piemonte, i confini dei comuni piemontesi e lo shapefiles del comune di Torino e “Alvei dei corsi d’acqua”, comportandosi come un “contenitore” nel quale inserire le altre informazioni. Nel caso del visualizzatore di Torino, si trova attivo anche gruppo “Edificato del Comune di Torino”, contenete i 5 shapefiles in cui esso è classificato dagli uffici comunali.

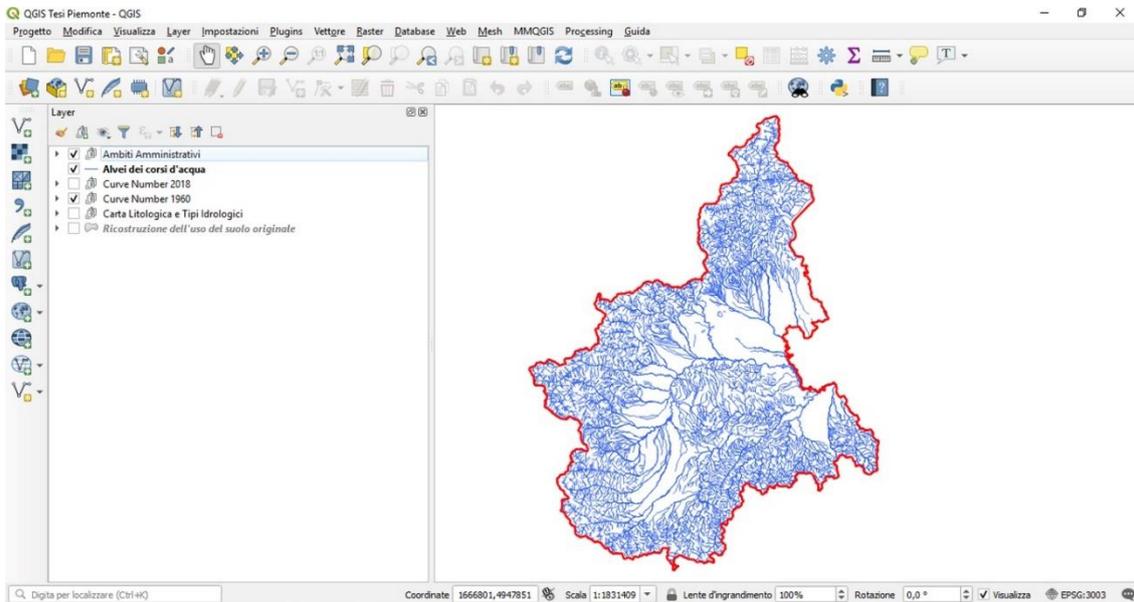


Figura 61 - Pagina iniziale del progetto Qgis relativo al Piemonte.

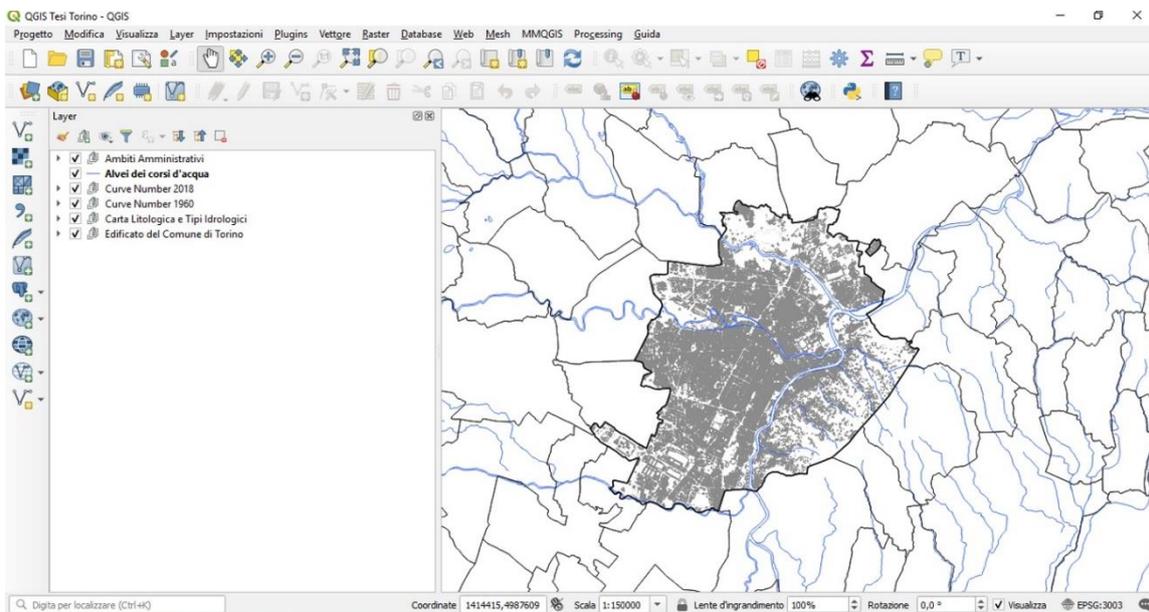


Figura 62 - Pagina iniziale del progetto Qgis relativo al Comune di Torino.

I layer relativi al Piemonte sono stati raggruppati in quattro gruppi:

- Curve Number 2018, contenente le informazioni relative all'uso del suolo al 2018, rappresentate nella Corine Land Cover del 2018 e il Raster dei valori dei CN relativi;

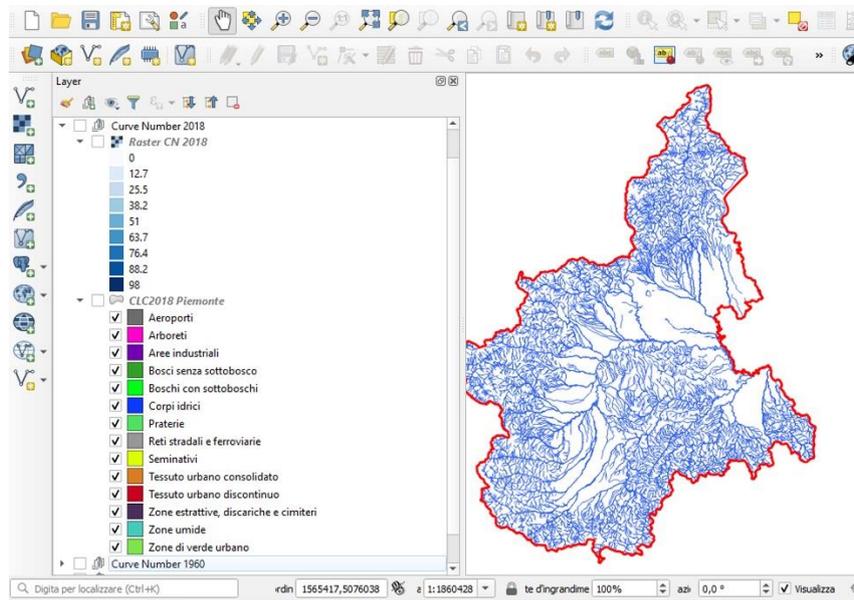


Figura 63 - Screen Gruppo "Curve Number 2018"

- Curve Number 1960, contenente le informazioni relative all'uso del suolo al 1960, rappresentate nella Carta degli usi del suolo del 1960 e il Raster dei valori dei CN relativi;

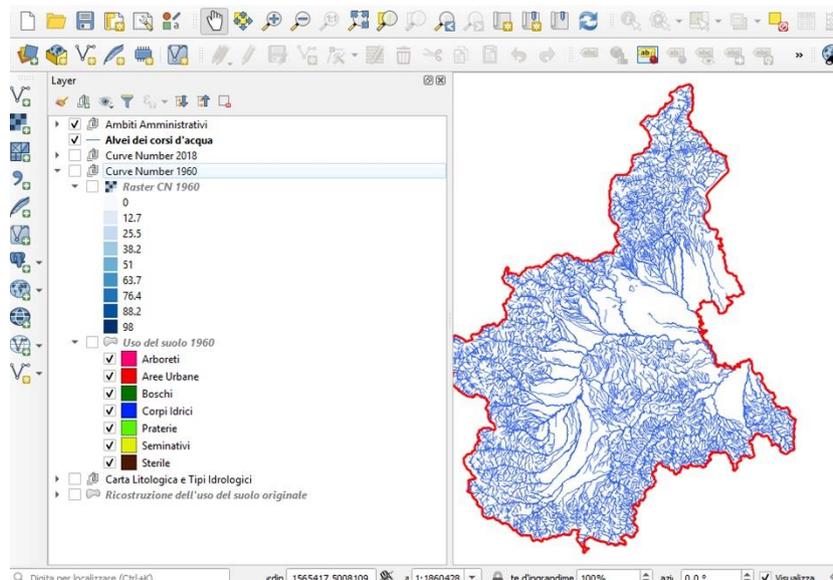


Figura 64 - Screen Gruppo "Curve Number 1960"

- Carta Litologica e Tipi Idrologici, contenete le due cartografie relative ai litotipi e ai tipi idrologici di suolo;

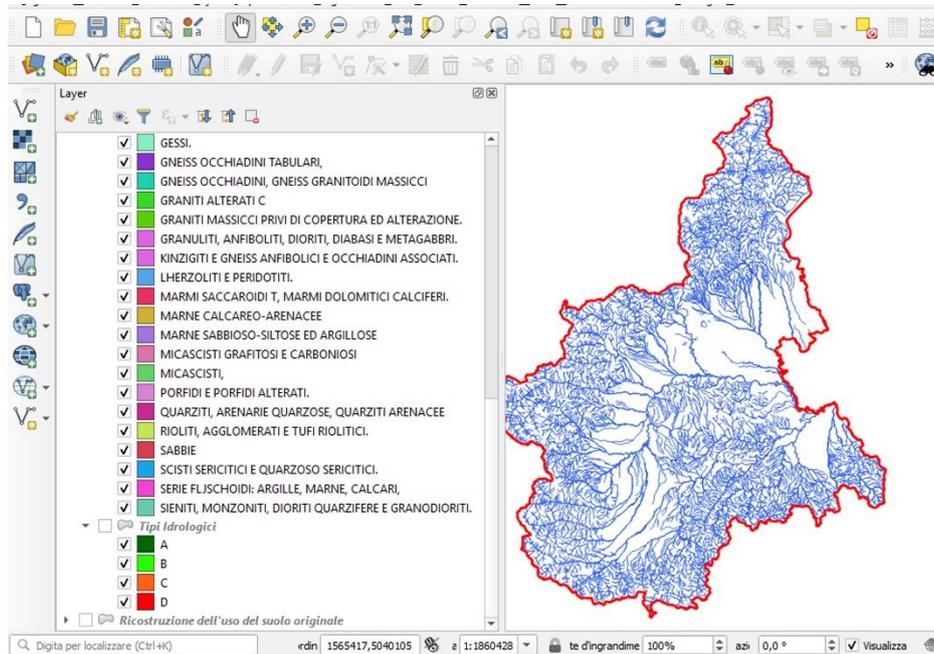


Figura 65 - Screen Gruppo "Carta Litologica e Tipi Idrologici".

- Ricostruzione dell'uso del suolo originale, contenente un'ipotesi ricostruttiva dello scenario originale piemontese, con boschi, praterie e corsi d'acqua.

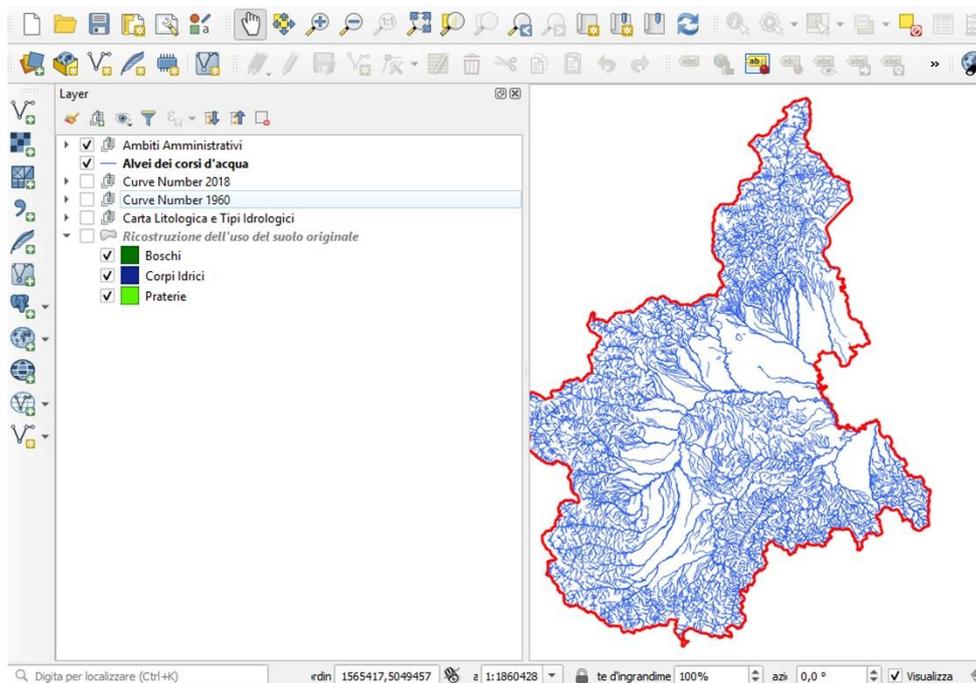


Figura 66 - Screen Gruppo "Ricostruzione dell'uso del suolo originale".

I layer relativi al Comune di Torino presentano la medesima organizzazione dei precedenti, a differenza del fatto che in elenco non è stato inserito il gruppo “Ricostruzione dell’uso del suolo originale” ed è stato aggiunto il gruppo “Edificato del Comune di Torino”, organizzato secondo lo screen in Figura 67.

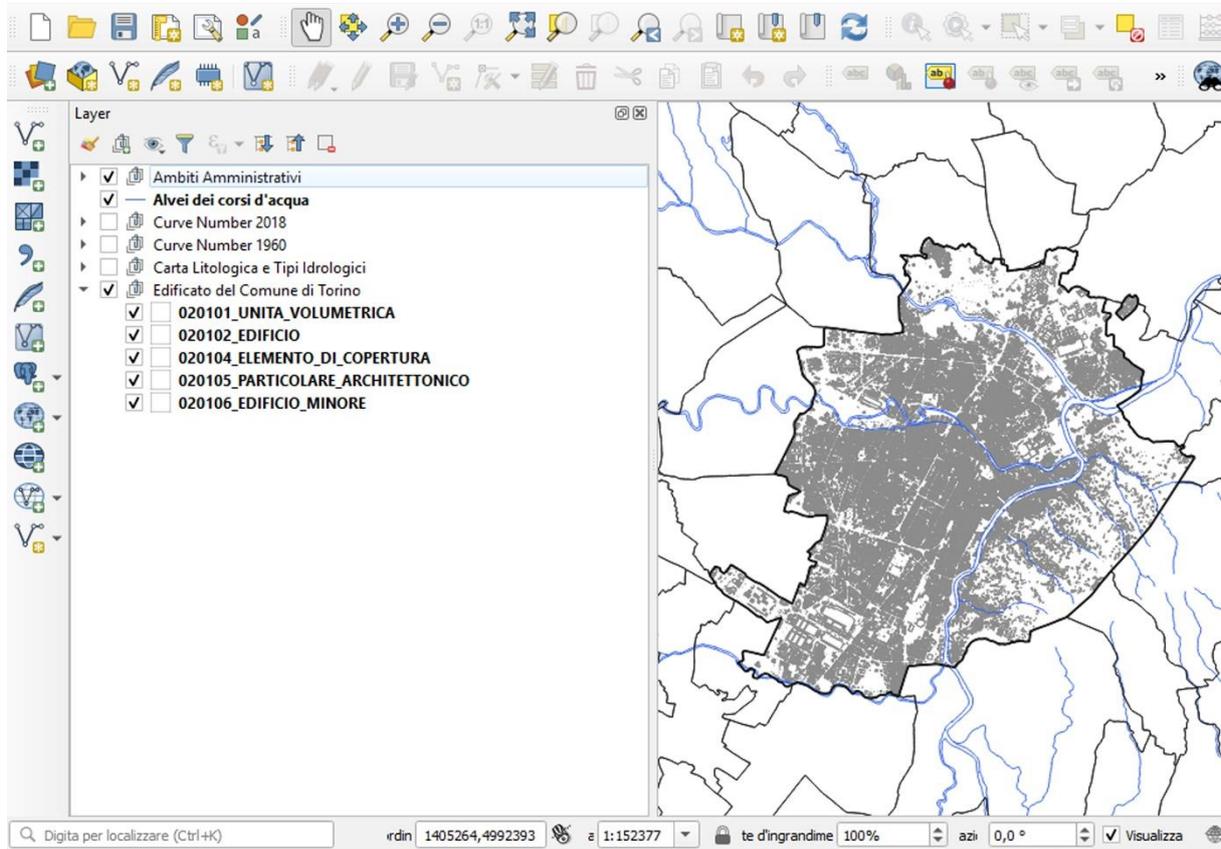


Figura 67 - Screen Gruppo "Edificato del Comune di Torino".

## 6 Conclusioni

Al termine dello Stage presso il Comune di Torino, è stato tenuto un incontro informale, giorno 9 luglio 2019, per discutere con i dirigenti del Comune di Torino, il rappresentante del reparto di geologia della Città Metropolitana, Gabriele Papa, nonché autore del paragrafo del DS 6 del PTC2, relativo all'invarianza idraulica, e il professore Stefano Ferrari, relatore del presente lavoro e tutor accademico di chi scrive la tesi, dei risultati che la ricerca ha prodotto.

Da questo incontro sono emersi spunti di riflessione: alcuni hanno alimentato i capitoli del presente lavoro, altri restano da affrontare.

Questo lavoro di tesi si pone come obiettivo principale l'individuazione di una metodologia per l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica mediante un sistema semplice sull'intero territorio piemontese.

Gli approcci utilizzati in precedenza per l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica possono essere distinti in due tipi:

- Valutazione di invarianza puntuale;
- Valutazione di invarianza per macro-aree.

Nel primo caso troviamo procedure di calcolo applicate al singolo intervento per stimare l'idrogramma di deflusso pre e post intervento. L'obiettivo è di ricondurre l'idrogramma post intervento ad invarianza idraulica o idrologica rispetto al pre e questo si ottiene prevalentemente tramite opere idrauliche di laminazione o interventi diffusi per l'infiltrazione.

Il secondo metodo, invece, come nel caso della regione Lombardia (vedi cap. 3), si basa sulla suddivisione del territorio in macro-aree, nelle quali è stabilito un valore ammissibile di portata unitaria scaricabile nei recettori. Al di là di limiti procedurali, analizzati nel paragrafo 3.4, la classificazione del territorio lombardo si presenta come una novità nell'ambito di applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica nel panorama italiano.

La metodologia proposta in questo lavoro di tesi, si pone come una via di mezzo tra la classificazione puntuale dei singoli interventi e la suddivisione in aree eccessivamente grandi. L'utilizzo del parametro CN, infatti, permette una classificazione del territorio più dettagliata e aderente alle originarie prestazioni idrologiche.

Tenersi ad un dettaglio non troppo elevato, rende il metodo molto più flessibile, adattandosi a tutti i diversi tipi di terreno e usi del suolo di territori anche molto ampi. In questa procedura non è fornito un calcolo numerico, ma un indice di prestazione a cui attenersi. Il parametro CN di un territorio, è valutabile con riferimento specifico al momento storico che si intende porre come "livello 0" di invarianza.

L'utilizzo del CN consente di leggere gli effetti delle trasformazioni dell'intero territorio e pianificarne gli sviluppi futuri. Inoltre, si presta ad un più semplice trasferimento della informazione, anche ad un pubblico non tecnico.

L'applicazione del metodo, che è richiamato e richiesto da tutti i piani di settore (dal livello distrettuale a quello locale) richiede una norma cogente che ad oggi, in Piemonte, manca.

Sicuramente la Legge Regionale 4/2016 e il Regolamento Regionale 7/2017, forniscono i giusti spunti per rispondere a questioni legate agli interventi a cui applicare questa metodologia e sulle

“buone pratiche” da utilizzare per minimizzare l’impatto dell’impermeabilizzazione del suolo a seguito di interventi di trasformazione del territorio.

Gli interventi, infatti, sono quelli previsti dal D.P.R. 380 del 2001, individuati a livello nazionale a cui sono applicate misure di invarianza idraulica e idrologica nei casi schematizzati in Tabella 2.

Le buone pratiche possono riprendere quelle presentate nel Regolamento regionale lombardo e trattate in maggior dettaglio nei Manuali SuDS (nel caso della Lombardia quello del 2018), distinte in opere di laminazione, infiltrazione e tetti verdi, che consentono di ripristinare il deflusso naturale delle acque nelle condizioni precedenti all’urbanizzazione. L’impiego di questi interventi consente, nell’ambito dell’utilizzo del CN, di compensare l’incremento del suo valore, dovuto all’incremento dell’impermeabilizzazione e riportare tale valore a quello fissato ante opera, in base allo scenario di riferimento scelto.

Per l’applicazione della metodologia proposta da questo lavoro di tesi, nell’ambito della redazione di un regolamento, è necessario che le lacune presenti nei vari passaggi logici precedentemente decritti siano colmate. Tali lacune si presentano come una mancanza di informazioni e dati, reperibili attraverso richiesta in sede di lavoro ufficiale o di collaborazione presso enti di settore competenti.

Secondo chi scrive la tesi, i passaggi tra i vari step di costruzione della “metodologia CN” infatti sono trattati e presentati in maniera logica e precisa e necessitano soltanto di essere implementati.

Le informazioni mancanti si possono suddividere in due gruppi:

- Quelle relative al settore geologico;
- Quelle relative alla stratificazione degli usi del suolo.

Delle prime si è già parlato, nel paragrafo 4.3.1, relativo alla litologia e ai tipi idrologici di suolo in Piemonte, in quanto, nonostante il supporto dei geologi della Città Metropolitana, non è stato possibile implementare l’assegnazione dei tipi idrologici di suolo, con le informazioni relative allo spessore dei litotipi e alla presenza o meno di falda superficiale o comunque all’altezza di quest’ultima rispetto agli strati suolo. Queste informazioni sono presenti o in database webgis, consultabili esclusivamente online e scaricabili solo per piccole porzioni, oppure in studi dei primi anni 2000, relativi all’area pianeggiante piemontese e quindi non del tutto completi, né facilmente digitalizzabili.

Le seconde sono emerse in ambito di discussione del lavoro di ricerca, con riferimento alla applicazione effettiva del metodo CN nel territorio comunale torinese. Nella fase in cui viene stabilito lo scenario di riferimento per l’applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica degli usi del suolo, non è semplice la corretta ricostruzione storica delle stratificazioni di uso del territorio antecedenti alle due cartografie di riferimento. Ad esempio, aree a “verde urbano”, possono coprire detriti, fabbriche dismesse o edifici industriali come la zona torinese di “Spina 3”. Questo certamente falsifica i valori del parametro CN se il suolo è semplicemente letto “visivamente” come “verde urbano”. La corretta lettura richiede quindi una ricostruzione storica attenta delle trasformazioni del territorio preso in esame.

Al di là dei limiti di informazioni di cui la metodologia risulta ad oggi carente, essa si pone comunque come un approccio all'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica, efficace ed innovativo, ma basato su un metodo idrologico consolidato.

La forza di questo metodo andrà cercata nella adozione di procedure standard in tutto il territorio regionale mediante una norma "soft"; che non generi disparità tra le diverse aree della regione, non necessiti di eccessiva codifica della metodologia e sia di semplice applicazione, in aree sia rurali che urbane.

La stima della alterazione di CN dovrebbe essere legata anche alla adozione di misure non strutturali, del costruire in maniera adattiva, avendo rispetto e tutela del naturale deflusso delle acque, avviandosi così verso politiche resilienti, indicate come imperative a tutti i livelli di pianificazione.

L'approccio è relativamente nuovo ed afferente a normative affinate negli ultimi vent'anni e il lavoro da fare per renderlo fruibile per la stesura di un regolamento ufficiale è ancora lungo. Percorrere la giusta strada è il primo passo per arrivare quanto più velocemente possibile alla meta.

Un ultimo aspetto, non trascurabile, è la partecipazione che il pubblico deve avere per rendere la strategia ancora più efficace. I documenti del PGRA e del Piano di gestione del distretto idrografico del fiume Po, si dotano di sezioni che fanno particolarmente leva su quest'ultimo punto. La metodologia proposta da questo lavoro di tesi, si pone come un approccio relativamente semplice, alla portata di tutti e di facile lettura, che può facilitare la partecipazione nella fase di redazione e la successiva condivisione.

## Bibliografia

- Berkes, F. (2007). Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking. *Natural Hazards* 41(2):283-295. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-006-9036-7>
- De Bruijn K.M. (2005). *Resilience And Flood Risk Management A Systems Approach Applied To Lowland Rivers*, DUP Science, Delft University Press
- Franchini M. (2007). La caratterizzazione del rischio idraulico nella stesura del piano strutturale comunale associato dell'alto ferrarese: il quadro conoscitivo. Dipartimento di ingegneria, Università degli studi di Ferrara, pp. 217-265.
- Holling, C.S., (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, 1–23
- Liao, K. (2012). A theory on urban resilience to floods—a basis for alternative planning practices. *Ecology and Society* 17(4): 48. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05231-170448>
- Masseroni D., Massara F., Gandolfi C., Bischetti G. B. (2018). *Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile*. Dipartimento di scienze agrarie e ambientali, Università degli studi di Milano.
- Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (2016). *Relazione sullo stato dell'ambiente*. Roma.
- Montin P. (2012). *Acque meteoriche di dilavamento, Principi di progettazione e dimensionamento degli impianti di trattamento*. Flaccovio Dario. Palermo. ISBN 978-88-579-0156-5.
- Pellizzoni L. (2017) I rischi della resilienza, in Mela, Mugnano, Olori (2017) *Territori vulnerabili. Verso una nuova sociologia dei disastri italiana*, Franco Angeli, Milano, pp. 28-41
- Russo A. (2019). *Un modello sistemico di valutazione della resilienza nella gestione del rischio inondazioni. Il caso del comune di San Mauro Torinese*. Tesi di laurea magistrale. Politecnico di Torino. Corso di Laurea Magistrale in Pianificazione territoriale, urbanistica e paesaggistico-ambientale
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2007). *Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*. <https://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>

- Vergine C. (2013). Stima e gestione del rischio di alluvione in ambito urbano. Tesi di laurea magistrale. Politecnico di Torino. Corso di Laurea Magistrale in Pianificazione territoriale, urbanistica e paesaggistico-ambientale
- Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarcke H., Illman S., Scott T., Ashley., Kellagher R. (2015). The SuDS Manual. Department for environment food & rural affairs. United Kingdom.

## Sitografia

- Arpa Piemonte:  
<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/geologia-e-dissesto/georegionale/georegionale>  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)
- Università degli Studi di Ferrara, Materiale didattico:  
<http://www.unife.it/scienze/beni.culturali/insegnamenti/geologia-applicata/materiale-didattico/a%20-%20terre2.pdf>
- Servizio di scarico dati di ISPRA:  
[http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover/uso\\_suolo\\_1960/view](http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover/uso_suolo_1960/view)  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)
- Servizio di scarico dati “Copernicus”:  
<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)
- Sito di Parco Pineta, Regione Lombardia:  
<http://www.parcopineta.org/page.aspx?pageID=2>  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)
- Geoportale ARPA Piemonte:  
[http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalserver\\_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA\\_TO%3A07-03-01\\_atp-D\\_2013-10-21%3A16%3A00&title=Arpa%20Piemonte%20-%20BDGeo100%20-%20Alveo%20tipi%20e%20portate](http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalserver_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA_TO%3A07-03-01_atp-D_2013-10-21%3A16%3A00&title=Arpa%20Piemonte%20-%20BDGeo100%20-%20Alveo%20tipi%20e%20portate)  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)
- Geoportale Piemonte:  
<http://www.geoportale.piemonte.it/geocatalogorp/?sezione=catalogo>  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)

- Geoportale ARPA Piemonte:  
[http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalserver\\_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA\\_TO%3A07.02.05-D\\_2011-06-27%3A15%3A23&title=Arpa%20Piemonte%20%20Carta%20Litologico%20Giacimentologica](http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalserver_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA_TO%3A07.02.05-D_2011-06-27%3A15%3A23&title=Arpa%20Piemonte%20%20Carta%20Litologico%20Giacimentologica)  
 (Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Servizio di scarico dati di ISPRA:  
<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover>  
 (Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Sito di “Living new Deal”:  
<https://livingnewdeal.org/glossary/soil-conservation-service-scs-1935/>  
 (Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Politecnico di Torino, Materiale didattico:  
[http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2011/Argomento\\_7/produz\\_deflusso\\_superficiale.pdf](http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2011/Argomento_7/produz_deflusso_superficiale.pdf)  
 (Ultima consultazione: 20/07/2019)
  
- Politecnico di Torino, Materiale didattico:  
[http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2010/Vercelli/IDF\\_corretto-1.pdf](http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2010/Vercelli/IDF_corretto-1.pdf)  
 (Ultima consultazione: 20/07/2019)
  
- Sito del Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare:  
[www.minambiente.it/direttive/direttive-acque](http://www.minambiente.it/direttive/direttive-acque)  
 (Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Sito del Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare:  
<https://www.minambiente.it/direttive/aspetti-general>  
 (Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Sito del Centro Italiano per la Riquilificazione Fluviale:  
<https://www.cirf.org/it/distretti-idrografici/>  
 (Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Sito della protezione civile:  
[www.protezionecivile.gov.it/dipartimento](http://www.protezionecivile.gov.it/dipartimento)  
 (Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Autorità di Bacino del fiume Po:

[https://www.adbpo.gov.it/wp-content/uploads/2018/10/Distretto\\_Satellite\\_hdr\\_03set2018\\_VestizSatDistretto.jpeg](https://www.adbpo.gov.it/wp-content/uploads/2018/10/Distretto_Satellite_hdr_03set2018_VestizSatDistretto.jpeg)  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)

- Sito ARPA Toscana:  
<http://sira.arpat.toscana.it/sira/sira/dpsir.html>  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Autorità di bacino del fiume Po:  
<https://pianoalluvioni.adbpo.it/progetto-esecutivo-delle-attivit/>  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Autorità di bacino del fiume Po:  
[http://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2015/Mappe/ProfiliPiena.pdf](http://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2015/Mappe/ProfiliPiena.pdf)  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Autorità di bacino del fiume Po:  
[http://www.adbpo.it/PDGA\\_Documenti\\_Piano/PGRA2015/Sezione\\_B/PGRA\\_ParteB\\_generale.pdf](http://www.adbpo.it/PDGA_Documenti_Piano/PGRA2015/Sezione_B/PGRA_ParteB_generale.pdf)  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)
  
- Ufficio delle Nazioni Unite “Disaster Risk Reduction”:  
<https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>  
(Ultima consultazione: 03/08/2019)



