



REGIONE LAZIO

DIPARTIMENTO TERRITORIO

**PIANO DI TUTELA
DELLE ACQUE**

**Geologia, Idrogeologia e Vulnerabilità del
Territorio**

GEOLOGIA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE	4
<i>Introduzione</i>	<i>4</i>
<i>Le fasi del lavoro</i>	<i>5</i>
<i>Strutturazione delle informazioni geologiche: modello concettuale</i>	<i>10</i>
<i>La leggenda</i>	<i>16</i>
<i>Bibliografia</i>	<i>28</i>
 IDROGEOLOGIA E VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	 29
<i>Introduzione</i>	<i>29</i>
<i>Metodologia</i>	<i>29</i>
<i>Caratteristiche climatiche</i>	<i>32</i>
<i>Metodologia</i>	<i>32</i>
<i>Termometria</i>	<i>33</i>
<i>Pluviometria</i>	<i>37</i>
<i>Indici e caratteristiche climatiche</i>	<i>38</i>
<i>Calcolo dell'evapotraspirazione reale</i>	<i>38</i>
<i>Calcolo dell'indice di aridità</i>	<i>39</i>
<i>Diagrammi ombrotermici</i>	<i>40</i>
<i>Idrogeologia</i>	<i>41</i>
<i>Carta idrogeologica</i>	<i>41</i>
<i>Descrizione dei complessi idrogeologici</i>	<i>42</i>
<i>Ricostruzione dell'andamento piezometrico</i>	<i>49</i>
<i>Principali sorgenti e gruppi sorgentizi</i>	<i>50</i>
 3.2 - <i>Carta delle Strutture Idrogeologiche della Regione Lazio</i>	 <i>51</i>
<i>Sistema dei monti Lepini</i>	<i>53</i>
<i>Sistema dei monti Ausoni e Aurunci</i>	<i>54</i>
<i>Unità di monte Maio</i>	<i>54</i>
<i>Gruppo dei monti Simbruini, Ernici, Cairo e delle Mainarde</i>	<i>54</i>
<i>Sistema dei monti Nuria e Velino</i>	<i>55</i>
<i>Sistema dei monti della Marsica occidentale</i>	<i>56</i>
<i>Sistema dei monti Sabini p.p., Prenestini, Cornicolani e Ruffi</i>	<i>56</i>
<i>Sistema del monte Terminillo</i>	<i>56</i>
<i>Sistema delle Capore</i>	<i>57</i>
<i>Sistema di Montoro – Stifone</i>	<i>57</i>
<i>Sistema dei Colli Albani</i>	<i>58</i>
<i>Gruppo dei monti Vulsini, Cimini e Sabatini</i>	<i>58</i>
<i>“Strutture” anidre</i>	<i>58</i>

<i>Acquiferi minori</i>	<i>59</i>
<i>La protezione degli acquiferi da parte del soprassuolo vegetale</i>	<i>60</i>
<i>Infiltrazione</i>	<i>64</i>
<i>Ruscellamento</i>	<i>64</i>
<i>Individuazione dell'infiltrazione nelle diverse aree.....</i>	<i>67</i>
<i>Vulnerabilità degli acquiferi</i>	<i>68</i>
<i>Carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi</i>	<i>69</i>
<i>Carta della vulnerabilità integrata degli acquiferi.....</i>	<i>73</i>
<i>Stato di inquinamento reale.....</i>	<i>74</i>
<i>Centri di pericolo</i>	<i>74</i>
<i>Potenziali ingestori di inquinamento</i>	<i>77</i>
<i>6.2.4 - Preventori e/o riduttori di inquinamento</i>	<i>78</i>
<i>Principali soggetti di inquinamento.....</i>	<i>81</i>
<i>Carta Sinottica</i>	<i>82</i>
<i>Conclusioni</i>	<i>84</i>
<i>Bibliografia</i>	<i>87</i>
 <i>IL MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....</i>	 <i>91</i>
<i>Il monitoraggio degli acquiferi</i>	<i>91</i>
<i>Considerazioni sulle attività di monitoraggio e loro eventuale modifica</i>	<i>92</i>
<i>Ampliamento della rete di monitoraggio</i>	<i>93</i>
<i>Nuovi punti di monitoraggio già individuati</i>	<i>94</i>
<i>Metodi di monitoraggio</i>	<i>96</i>

GEOLOGIA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE

A cura di

F. Colasanto, A. Orazi, A. Colombi (Coordinatore)

Introduzione

Il modello di sviluppo della risorsa idrica, bene sempre più prezioso in quanto potenzialmente fonte esauribile d'approvvigionamento, richiede massima attenzione verso le conoscenze di base propedeutiche al corretto utilizzo delle caratteristiche idrogeologiche del territorio.

La conoscenza del territorio, oltre ad un primo approccio di carattere geografico e morfologico, per la descrizione delle aree e delle caratteristiche meteorologiche regionali, comporta preliminarmente lo studio e la definizione di tutte le componenti di tipo geologico.

La conoscenza di queste componenti, preliminarmente a qualsiasi intervento pianificatorio, è necessaria per individuare tutte le situazioni litologico-strutturali che, in una specifica e delimitata porzione del territorio, hanno un comportamento omogeneo ai fini della valutazione della vulnerabilità idrogeologica.

L'impostazione di uno studio geoidrogeologico organico ai fini dell'individuazione e dell'attenzione delle potenziali aree vulnerabili in caso d'inquinamento e delle conseguenti misure di tutela risulta pertanto fondamentale per la predisposizione del Piano di Tutela delle Acque.

Le fasi del lavoro

Per quanto concerne l'aspetto Geologico il lavoro, per meglio rispondere alle esigenze presentate dalle finalità del P.T.A., è consistito in diverse fasi riguardanti la ricerca di tutti i lavori già editi, la definizione degli aspetti geologici con particolare attenzione a quelli litologici ed idrogeologici e secondariamente a quelli strutturali, geomorfologici.

Il prodotto finale è rappresentato dalla strutturazione e realizzazione di una Carta Geolitologica in formato digitale e della nuova Legenda relativa.

Le diverse fasi di lavoro riassumibili come segue:

- 1. Acquisizione dei dati di base esistenti da fonti bibliografiche, Istituzioni Universitarie, Enti di Ricerca e lavori professionali eseguiti in precedenza.*
- 2. Lettura critica, analisi e scelta delle fonti raccolte.*
- 3. Definizione dei criteri per la scelta delle classi geolitologiche.*
- 4. Definizione delle classi geolitologiche.*
- 5. Accorpamento delle litologie presenti sul territorio regionale nelle classi geolitologiche precedentemente definite al punto 4.*
- 6. Compilazione della Legenda Geolitologica di riferimento.*
- 7. Redazione della “**Carta Geolitologica di sintesi**”.*
- 8. Inserimento delle caratteristiche geolitologiche per ciascuno dei bacini principali individuati per il Piano di Tutela delle Acque della Regione Lazio.*
- 9. Rilettura critica e revisione degli elaborati.*

1. Acquisizione dei dati di base esistenti da fonti bibliografiche, Istituzioni Universitarie, Enti di Ricerca e lavori professionali eseguiti in precedenza:

Il lavoro più consistente ha riguardato il reperimento dei dati geologici di base, che proprio per le loro finalità dovevano essere il più possibile completi, originali e recenti. Altro aspetto fondamentale era ottenerli su

supporto informatico, al fine di uniformare i formati e ridurre i tempi di restituzione degli elaborati.

Si è proceduto quindi alla raccolta di tutte le informazioni geologiche, in senso lato, disponibili per verificarne la tipologia al fine di omogeneizzare i dati geologici, accorpendo quelli simili per poterli leggere secondo una unica chiave lito-idrogeologica per tutti i terreni della Regione Lazio.

Lo studio si è avvalso principalmente dello studio "*Realizzazione della Carta Litologica con elementi strutturali in formato digitale della Regione Lazio (2003)*", commissionato dalla Regione Lazio alla Terza Università degli Studi di Roma, Dipartimento di Scienze Geologiche. Tale scelta è frutto sia della novità in senso temporale dello studio, sia del suo carattere di lavoro di sintesi di tutti i prodotti cartografici geologici pubblicati e non sul territorio regionale.

Altre informazioni, sia cartografiche che di carattere precipuamente tematico, hanno permesso di implementare il lavoro sopra citato

2. Lettura critica, analisi e scelta delle fonti raccolte.

Il lavoro svolto dal Dipartimento di Scienze Geologiche di Roma TRE, che già aveva comportato l'adozione di una metodologia necessariamente modificata, dovendo affrontare il problema inerente sia l'eterogeneità delle informazioni geologiche a disposizione, sia la diversità dei dati geografici da utilizzare in formato digitale e la loro integrazione, è stato riletto per l'estrazione di quelle indicazioni che potevano servire per l'obiettivo principale affidato nei compiti al Gruppo di Geologia del PTA: *la redazione di una carta geolitologica con finalità idrogeologiche.*

La rilettura dei dati, cartografici e non, delle diverse Legende consultate, ha permesso di optare per una scelta metodologica che portasse ad affrontare il problema di omogeneizzazione dei dati geologici soprattutto a dispetto degli ambienti geologici e dei periodi di deposizione dei litotipi presenti sul territorio.

I dati acquisiti sono stati confrontati con le principali pubblicazioni esistenti, cercando d'integrare tutte le informazioni per giungere allo scopo prefissato.

3. Definizione dei criteri per la scelta delle classi geolitologiche.

Una volta definite ed assimilate la prime due fasi e quindi identificato quale dovesse essere il prodotto di riferimento, si è passati alla scelta dei criteri con i quali definire le classi litologiche della Carta Geolitologica per il PTA.

Partendo dall'assunto che tutte le indicazioni provenienti dall'elaborato che si andava predisponendo dovevano essere di riferimento e di supporto al Gruppo d'Idrogeologia, ed insieme con questo, al Gruppo di Vulnerabilità Idrogeologica, si è optato per una predisposizione di criteri che permettessero di definire univocamente le classi geolitologiche e di mettere in evidenza, nel medesimo tempo, per ogni singola classe sia il loro carattere idrogeologico che quello litologico.

I criteri stratigrafici, temporali e sedimentari sono stati in un certo senso considerati secondari e accessori ai primi due.

4. Definizione delle classi geolitologiche.

In questa fase, sulla base di quanto assunto nelle precedenti, e dopo ampie discussioni di merito e di metodo geologico, si è giunti alla definizione sia concettuale che terminologica delle classi litologiche.

Ognuna delle classi scelte ha avuto la funzione di essere rappresentativa di una litologia o di un gruppo di litologie che presentassero comportamenti geoidrogeologici ben definiti ed identificativi.

Questi comportamenti, non tenendo conto né dell'età né dell'ambiente geologico di sedimentazione, né tanto meno dell'aspetto stratigrafico, hanno permesso di poter riunire in poche classi tutte le litologie affioranti nel territorio regionale, che in precedenti lavori, per ovvie ragioni didattiche erano state suddivise in un numero notevolmente maggiore.

5. Accorpamento di tutte le litologie presenti sul territorio regionale nelle classi precedentemente definite al punto 4.

In considerazione del comportamento idrogeologico e litologico dei litotipi affioranti nel territorio della Regione Lazio, indipendentemente dall'età, dalle condizioni deposizionali e dalla loro serie stratigrafica dei terreni e delle rocce, è stato sviluppato, in questa fase, il sistema d'accorpamento delle differenti litologie secondo classi omogenee.

Questa fase è stata, senza ombra di dubbio, quella più difficile ed importante perché ha rappresentato il vero nucleo strutturale del lavoro di carattere geologico.

Si è trattato di un vero processo in itinere che ha portato all'accorpamento definitivo solo dopo diversi stadi preliminari in cui le varie classi, ed i contenuti al loro interno, venivano osservate non solo nel loro contesto singolare, ma anche e soprattutto nelle loro interazioni a livello regionale.

Sono state individuate, nell'intero territorio regionale, classi di litotipi all'interno delle quali raggruppare le differenti formazioni o unità geologiche a comportamento idrogeologico analogo, anche se con situazioni geologiche differenti.

Il quadro definitivo dell'accorpamento ha determinato i due punti di seguito definiti.

6. Compilazione della Legenda Geolitologica di riferimento.

E' stata redatta una nuova Legenda Geolitologica di riferimento elaborata per il presente studio, descrittiva della Carta Geolitologica di sintesi, comprendente all'interno delle Classi geolitologiche principali, le diverse facies in cui ogni classe è contraddistinta, l'età delle formazioni che comprende, i litotipi prevalenti, e quando presente sia l'indicazione sulla permeabilità dei terreni o delle rocce sia primaria che secondaria, sia il tipo d'acquifero che può instaurarsi e maturare nell'ambito delle formazioni litologiche.

7. Redazione della “Carta Geolitologica di sintesi”.

E’ importante rammentare, ai fini dell’utilizzazione del supporto informatico, che i dati di base dello studio di ROMA TRE, sono stati Georeferenziati nel sistema UTM 33 N.

Tutte le operazioni di lavoro sono indirizzate verso l’integrazione, in ambiente G.I.S. delle informazioni raccolte per la produzione del tema geologico in formato digitale.

La redazione della Carta ha tenuto conto, inoltre, delle possibili interazioni con i dati già di proprietà della Regione Lazio (S.I.R.A.).

La Carta è in formato ArcGis, quindi su diversi livelli sovrapponibili in cui sono evidenziate le Classi Geolitologiche, la tettonica e i bacini del P.T.A.

Nel lavoro di sintesi scaturito, si è preferito dare maggior risalto alle caratteristiche idrogeologico-tecniche delle formazioni superando le differenze genetiche e/o deposizionali delle stesse.

8. Inserimento delle caratteristiche geolitologiche per ciascuno dei bacini principali individuati per il Piano di Tutela delle Acque della Regione Lazio.

Per ciascuno dei bacini principali in cui è stato diviso il territorio regionale sono state inserite, nelle schede riassuntive, le caratteristiche geolitologiche presenti, sotto forma di percentuali delle estensioni di ciascun complesso geologico riferite all’estensione totale del bacino.

In quei casi, pochi per la verità, in cui il bacino individuato si estendeva anche al di fuori della Regione Lazio, la componente geologica in percentuale è stata riferita sempre all’estensione totale del bacino.

Per opportune considerazioni di spazio nella formazione delle schede, le classi geolitologiche della Carta sono state opportunamente ridotte accorpendole in 8 complessi secondo comportamenti puramente litologici.

Gli otto complessi individuati sono stati i seguenti: *Alluvioni, Antropiti e conoidi di detrito, Carbonati, Flysch, Metamorfici, Sabbie e Conglomerati, Travertini e Vulcaniti*.

Inoltre è stata espressa nella scheda di ciascun bacino la percentuale di litologie affioranti che possono determinare situazioni di carsismo.

9. Rilettura critica e revisione degli elaborati.

La rilettura critica del lavoro di carattere Geologico ha tenuto conto sia dei dati di partenza e di base, con i quali ci si è confrontati di nuovo per verificare eventuali errori macroscopici e concettuali, e sia del lavoro del Gruppo d'Idrogeologia che per primo doveva servirsi del prodotto geologico prodotto.

Strutturazione delle informazioni geologiche: modello concettuale

L'assemblaggio delle informazioni per la redazione della ***Carta Geolitologica di sintesi*** è stato eseguito, come già accennato, sulla base delle informazioni presenti nello studio dell'Università Roma Tre (*Relazione finale, Ott. 2003*) e di altri dati in possesso.

Le 46 classi definite dal lavoro dell'Università Roma Tre sono state ridotte a 18 classi geolitologiche. Infatti le diverse associazioni litologiche, che per ovvi motivi geologico-stratigrafico-strutturali erano state tenute separate nel lavoro di base da cui si è partiti, sono state accorpate secondo l'ottica prefissata come obiettivo principale sopra discusso ed in modo analogo per la parte Idrogeologica e di Vulnerabilità Idrogeologica.

Alle diciotto classi geolitologiche, si aggiungono alcuni elementi tettonico-strutturali peculiari ai fini del comportamento idrogeologico, anche se questi ultimi sono stati in parte sfoltiti ed omessi, poiché non interamente importanti per gli scopi prefissati.

Il risultato finale, per quanto riguarda la restituzione del lavoro alla Regione Lazio, base del presente lavoro, ha comportato un'ulteriore modifica della Legenda, secondo i seguenti gruppi principali, a prescindere dalla loro età o ambiente deposizionale:

ALLUVIONI, ANTROPITI, CONOIDI e DETRITI
SEDIMENTI CLASTICI CONTINENTALI E MARINI
FLYSCH
SEDIMENTI CARBONATICI MARINI
METAMORFITI
VULCANITI
FORME CARSICHE

La Carta Geolitologica di Sintesi, preparatoria alla redazione del Piano di Tutela delle Acque è stata redatta partendo dalla carta litologica alla scala 1:25.000 dell'intero territorio della Regione Lazio che ha richiesto a sua volta l'utilizzo degli Originali d'Autore e dei fogli geologici 1:100.000 che sono stati forniti dal Servizio Geologico della Regione Lazio, in formato digitale raster compresso ECW per gli Originali d'Autore, e Geotiff per i fogli a scala 1:100.000. Inoltre sono state aggiunte le cartografie raccolte nella ricerca bibliografica. utilizzate per la redazione dei limiti geologici della copertura.

Si è cercato di semplificare e raggruppare il più possibile Unità geologiche istituite con criteri litostratigrafici, cronologici, idrogeologici, geotecnici e morfologici sulla base di un criterio esclusivamente litologico ed il più possibile finalizzato agli scopi del PTA.

Così, ad esempio, la formazione del "Calcere Massiccio" della serie Umbro-Marchigiana è stata accorpata alle formazioni carbonatiche di

piattaforma del Lazio Centro-Meridionale senza considerare le interazioni geocronologiche o di facies.

I cambiamenti più evidenti apportati sono sostanzialmente gli accorpamenti di tutte le Unità flyshiodi, delle unità alluvionali, delle serie marine clastiche, delle serie marine argillose e delle formazioni che creano delle barriere o soglie di permeabilità nell'ambito di massicci rocciosi carbonatici.

Pertanto, formazioni anche molto eterogenee fra loro, sono state unite indipendentemente dalla predominanza di una componente granulometrica rispetto alla totalità della formazione, ma prevalentemente secondo la loro permeabilità e porosità, per il modo in cui tali formazioni si comportano al passaggio di flussi acquiferi o alla loro capacità d'immagazzinamento degli acquiferi stessi; in seconda analisi sono state evidenziate sulla base delle loro caratteristiche litotecniche.

Le formazioni vulcaniche hanno subito anch'esse accorpamenti sulla base delle loro caratteristiche geologico-tecniche e di fatturazione primaria o secondaria.

Sulla base dei suddetti criteri la carta finale è costituita da 18 classi geolitologiche. All'interno di ciascuna classe possono essere presenti una o più facies che rappresentano variabilità specifiche come formazioni, variazioni sedimentologiche o mineralogiche, diverse caratteristiche meccaniche, ecc.

I terreni depositi durante il Quaternario o nell'Olocene sono rappresentati da tre classi (**A, B, C**), quattro sono le classi (**D, E, F, G**) in cui sono stati riportati i litotipi d'origine sedimentaria continentale e marina principalmente del Cenozoico, una classe raggruppa tutti i terreni flyshiodi (**H**), cinque sono quelle derivanti da formazioni d'origine sedimentaria marina carbonatico-marnosa prevalentemente del Mesozoico (**I, L, M, N e O**), una classe è d'origine metamorfica (**P**), tre classi raggruppano litotipi di unità vulcaniche (**Q, R e S**) ed, infine, una classe per le forme carsiche e le doline (**T**).

Nel dettaglio si evidenziano le classi definite e le formazioni geologiche presenti al loro interno.

Depositi Quaternari e Olocenici

CLASSE A:

- 1) *Detriti antropici (Olocene)*
- 2) *Conoidi e detriti di pendio anche cementati, facies moreniche (Pleistocene - Olocene)*
- 3) *Accumuli e detriti di frana (Olocene)*

CLASSE B

- 1) *Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti, anche terrazzate e coperture colluviali ed eluviali (Olocene).*
- 2) *Depositi prevalentemente limo-argillosi in facies palustre, lacustre e salmastra (Pleistocene-Olocene).*
- 3) *Coperture colluviali ed eluviali e terre residuali quando distinte (Pleistocene-Olocene).*
- 4) *Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose antiche terrazzate, depositi lacustri antichi (Pleistocene).*

CLASSE C

- 1) *Travertini (Pleistocene-Olocene)*

Litotipi di origine sedimentaria continentale e marina prevalentemente del Cenozoico

CLASSE D

- 1) *Depositi prevalentemente ghiaiosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione terrazzati lungo costa (Plio-Pleistocene).*
- 2) *Depositi prevalentemente sabbiosi a luoghi cementati in facies marina e di transizione terrazzati lungo la costa (Plio-Pleistocene).*
- 3) *Sabbie litoranee, palustri e dune recenti (Olocene).*
- 4) *Conglomerati cementati di Rieti (Plio- Pleistocene).*
- 5) *Conglomerati di Santopadre (Pleistocene inf.).*
- 6) *Brecce di pendio cementate (Plio - Pleistocene).*
- 7) *Calcareniti e calcari organogeni (tipo Macco Auct.) (Pliocene).*

CLASSE E

- 1) *Depositi prevalentemente argillosi in facies marina e di transizione terrazzati lungo la costa (Plio-Pleistocene).*
- 2) *Argille (Pliocene)*

CLASSE F

- 1) *Conglomerati poligenici (Miocene - Pliocene).*

CLASSE G

- 1) *Calcareniti e calcari organogeni (Paleocene - Mioc. Medio) a luoghi con intercalazioni marnose (margine molisano).*
- 2) *Calcareniti, marne e argilliti paleogeniche intercalate come olistostromi nei flysch miocenici.*
- 3) *Emipelagiti prevalentemente marnose (Miocene).*

Formazioni flyshioidi

CLASSE H

- 1) *Olistostromi (Pliocene)*
- 2) *Flysch a componente dominante arenacea o conglomeratico-arenacea (Miocene medio-sup.).*
- 3) *Flysch a componente dominante arenacea o arenaceo-pelitica (Cretacico sup.-Miocene sup.)*
- 4) *Flysch a componente dominante pelitica o arenaceo-pelitica (Miocene medio-superiore).*
- 5) *Flysch a componente dominante calcareo marnosa, subordinatamente argillitica-arenacea o conglomeratico-arenacea (Cretacico sup.-Oligocene)*
- 6) *Argille con gessi (Miocene superiore)*

Formazioni di origine sedimentaria marina prevalentemente del

Mesozoico

CLASSE I

- 1) *Scaglia cinerea (Oligocene)*
- 2) *Scaglia cinerea transizione (Oligocene)*
- 3) *Scaglia (Cretacico sup. - Eocene)*
- 4) *Scaglia transizione (Cretacico sup. - Eocene).*

CLASSE L

- 1) *Marne a Fucoidi (Cretacico inf. - medio)*
- 2) *Rosso Ammonitico (Lias medio - superiore)*
- 3) *Dolomia (Triassico. sup.)*

CLASSE M

- 1) *Maiolica (Malm sup. - Cretacico sup.)*
- 2) *Calcari detritici granulari, marnosi, selciferi, ad Aptici, Marne a Posidonia, Calcari a filaments, Calcari Diasprigni (Dogger - Malm)*
- 3) *Corniola e Calcari Selciferi (Lias medio - superiore).*

CLASSE N

- 1) *Calcare Massiccio (Lias)*
- 2) *Calcari detritici, micritici, microcristallini, oolitici, con intercalazioni dolomitiche; Calcari organogeni della serie Laziale Abruzzese (Lias med.-Cretacico sup.)*

CLASSE O

- 1) *Calcare Cavernoso (Trias superiore)*

Formazioni metamorfiche

CLASSE P

- 1) *Filladi (Triassico)*

Unità vulcaniche

CLASSE Q

- 1) *Scorie e lapilli (Pleistocene)*
- 2) *Pozzolane (Pleistocene)*
- 3) *Facies freatomagmatiche (Pleistocene)*

CLASSE R

- 1) *Lave sovrasature e laccoliti (Pliocene sup. - Pleistocene inf.)*
- 2) *Lave sottosature e sature (Pleistocene)*

CLASSE S

- 1) *Tufi prevalentemente litoidi (Pleistocene)*
- 2) *Tufi stratificati, tufiti e tufi terrosi (Pleistocene)*

Forme carsiche areali

CLASSE T

1) Doline

La legenda

Di seguito si presenta la Legenda descrittiva della Carta Geolitologica, elaborata per il presente studio, comprendente le diverse facies in cui ogni classe è contraddistinta, l'età delle formazioni che comprende, i litotipi prevalenti, un'indicazione sulla permeabilità dei terreni o delle rocce sia primaria che secondaria, quando presente, il tipo d'acquifero che può instaurarsi e maturare nell'ambito delle formazioni litologiche.

CLASSE A:



Complesso dei Detriti antropici, dei Conoidi e Detriti di pendio e di falda, delle Facies moreniche e degli Accumuli di frana:

Detriti antropici: Terrapieni e riporti, terreni di bonifica, arginature di corsi d'acqua perenni, discariche di cava e di rifiuti dell'Olocene dalle caratteristiche di terreno eterogeneo in funzione anche dei terreni madre, a varia permeabilità.

Conoidi e detriti di pendio e di falda, facies moreniche: Detriti di falda e con di deiezione, detriti con intercalazioni di paleosuoli o terre rosse, detriti morenici, a varia permeabilità e con possibilità di esistenza di più falce sovrapposte.

Accumuli di frana: Accumuli di frane del Pleistocene-Olocene con terreni in funzione del tipo di versante o di roccia madre, a varia permeabilità e con possibilità di esistenza di più falce sovrapposte.

CLASSE B



Complesso delle Alluvioni e delle Coperture colluviali:

Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose, attuali e recenti anche terrazzate e coperture colluviali ed eluviali: Alluvioni e coperture colluviali ed eluviali, alluvioni fluviali ghiaioso-sabbiose, limose e lenti di materiale piroclastico, anche terrazzate dal I° al III ° ordine, con di deiezione non distinti dalle alluvioni, intercalazioni di melme lacustri attuali e recenti dell'Olocene con terreni derivanti dal dominio geologico presente con permeabilità da medio-bassa a medio-alta

Depositi prevalentemente limo-argillosi in facies palustre, lacustre e salmastre: Terre scure palustri, depositi sartumosi, limosi, depositi lacustri e palustri, farine fossili dell'Olocene con permeabilità da molto bassa a bassa

Coperture colluviali ed eluviali e terre residuali quando distinte: Terre rosse miste a detriti, materiale vulcanico rimaneggiato, terre nere a bassa permeabilità

Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose, antiche terrazzate e depositi lacustri antichi: Ghiaie, sabbie, argille terrazzati e fluvio-lacustri antichi (Olocene) dall'elevata variabilità verticale, da saturi a privi d'acqua

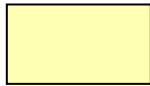
CLASSE C



Complesso dei Travertini:

Travertini: Travertini e concrezioni travertinose e limi calcarei e travertini incrostanti del Pleistocene-Olocene con permeabilità da medio-alta ad alta e con diverse soglie di permeabilità, con possibilità di sistemi di più falde.

CLASSE D



Complesso dei Conglomerati e Sabbie

Depositi prevalentemente ghiaiosi a luoghi cementati in facies marina e transizione terrazzati lungo la costa: Conglomerati e sabbie del Plio-Pleistocene, con permeabilità da media a medio-alta.

Depositi prevalentemente sabbiosi a luoghi cementati in facies marina e transizione terrazzati lungo la costa: Sabbie anche eterogenee del Plio-Pleistocene, con permeabilità da media ad alta, sabbie rossastre e depositi di selce del Plio-Pleistocene con permeabilità da bassa a media, sabbie eoliche, limi lacustri e palustri, sabbie deltizie del Plio-Pleistocene a varia permeabilità, sabbie e ghiaie del paleotevere con permeabilità da media a medio-alta

Sabbie litoranee, palustri e dune recenti: Dune, sabbie interdunari, spiagge, dune deltizie, tufi rimaneggiati delle depressioni vulcaniche.

Conglomerati cementati di Rieti: Conglomerati poligenici spesso cementati del Plio-Pleistocene, ad elevata permeabilità.

Conglomerati di Santopadre: Puddinghe a cemento sabbioso ben stratificate del Pleistocene inferiore, a permeabilità da bassa (se cementati) a medio-alta (se carsificati).

Brecce di pendio cementate: Conoidi antiche e brecce cementate del Plio-Pleistocene a permeabilità da bassa a media.

Calcareniti e calcari organogeni: Calcareniti e calcari sabbiosi intercalati da ghiaie, sabbie ed argille sabbiose del Pliocene (tipo Macco Auct.) con permeabilità da media a medio-alta.

CLASSE E



Complesso delle Argille e dei Depositi argillosi terrazzati

Depositi prevalentemente argillosi in facies marina e di transizione terrazzati lungo la costa: Argille e argille sabbiose, torbose del Plio-

Pleistocene a bassa permeabilità e saturazione dell'acquifero limitata alle parti permeabili e con falde poco rialimentate

Argille: Argille azzurre con pochi livelli ghiaioso-sabbiosi del Pliocene a permeabilità molto bassa e saturazione limitata alle parti permeabili e con falde poco rialimentate.

CLASSE F



Complesso dei Conglomerati Poligenici

Conglomerati poligenici: Breccie, calcareniti, calciruditi.

Breccie calcaree con lenti di argille marnose del Tortoniano a permeabilità bassa ed acquiferi limitati e locali.

Calcareniti e calciruditi con livelli argillosi del Miocene-Pliocene come “Breccie di Renga” a permeabilità bassa ed acquiferi limitati e locali.

Breccie calcaree poligeniche cementate con clasti del Miocene-Pliocene come “Breccie di Genazzano” a permeabilità bassa ed acquiferi limitati e locali.

Puddinghe poligeniche del Miocene-Pliocene a permeabilità bassa ed acquiferi limitati e locali.

Lenti e livelli di argille siltose del Tortoniano superiore-Messiniano rappresentate da puddinghe poligeniche mioceniche a permeabilità bassa ed acquiferi limitati e locali.

Conglomerati poligenici flyschiodi a cemento argilloso-sabbioso dell'Eocene medio-Cretaceo superiore a permeabilità bassa ed acquiferi limitati e locali.

CLASSE G



Complesso delle Calcareniti ed Emipelagiti prevalentemente marnose

Calcareniti e calcari organogeni: Calcari del Paleocene-Miocene medio come “Calcare a Briozoi e Litotamni”, talvolta ad intercalazioni marnose (margine molisano) a permeabilità media sia primaria sia secondaria. Se gli strati si presentano in continuità, sono presenti acquiferi, se gli strati

si presentano intercalati a depositi silico-clastici, gli acquiferi sono di modesta entità e solo locali.

Arenarie calcaree, calcareniti, calcarei arenacei, arenarie, molasse grigie del Paleocene-Miocene medio a permeabilità media sia primaria sia secondaria: se gli strati si presentano in continuità sono presenti degli acquiferi, se gli strati si presentano intercalati a depositi silico-clastici gli acquiferi sono di modesta entità solo locali.

Calcareniti, marne e argilliti paleogeniche intercalate come olistostromi nei Flysch miocenici: Argille con olistoliti di calcari marnosi del Miocene superiore a permeabilità estremamente bassa, calciruditi, calcari con selce del Miocene superiore a permeabilità da bassa a media.

Emipelagiti prevalentemente marnose: Calcari marnosi e marne calcaree fino a marne argillose grigio-azzurre del Miocene come “Marne ad orbulina”, a permeabilità bassa, a luoghi medio-bassa.

Calcari detritici organogeni alternati a calcari marnoso-arenacei del Miocene come “Calcari di Guadagnolo” e “Marne del Cerroghna” a permeabilità bassa a luoghi medio-bassa.

Calcari e calcari marnosi con selce, marne e marne calcaree del Langhiano inferiore–Aquitano come “Bisciaro” a permeabilità bassa a luoghi medio-bassa.

CLASSE H



Complesso dei Flysch

Olistostromi: Flysch Cretaceo-Oligocenici e Pliocenici a permeabilità bassa.

Flysch a componente dominante arenacea o conglomeratico-arenacea: Associazioni arenaceo-conglomeratiche, arenacee, arenaceo-pelitiche del Miocene medio-superiore come “Flysch della Laga”, “Macigno”, “Marnoso-arenacea” a scarsa circolazione idrica entro calcareniti o limitata nei campi di fratture.

Flysch a componente dominante arenaceo o arenaceo-pelitica:

Associazioni arenacea, arenaceo-pelitica, pelitico-arenacea in strati del Cretaceo superiore–Miocene superiore come “Flysch Frosinone” e “Marnoso-arenacea” a scarsa circolazione idrica entro calcareniti o limitata nei campi di fratture.

Associazione arenaceo-pelitica del Cretaceo superiore–Miocene superiore come “Flysch Pietraforte”, a bassa circolazione idrica entro i banchi o le coltri di alterazione ed ha influenza sulla stabilità dei versanti.

Flysch a componente dominante pelitica o arenaceo-pelitica:

Associazione pelitico-arenacea in strati del Miocene medio-superiore come “Flysch Frosinone” e “Marnoso-arenacea” a permeabilità estremamente bassa e modesta circolazione idrica entro singoli banchi o coltri d’alterazione ed ha influenza sulla stabilità dei versanti.

Flysch a componente dominante calcareo marnosa, subordinatamente argillitica-arenacea o conglomeratico-arenacea:

Calcarei marnosi, calcari microdetritici e brecciole calcaree, intercalazioni di marne grigie e varicolori, argilloscisti, calcari tipo “Palombino” e arenarie tipo “Pietraforte” a componente calcarea del Cretaceo superiore–Oligocene come “Flysch della Tolfa”, a permeabilità molto bassa. Se disposto come dorsale carbonatica sono presenti acquiferi continui perennemente ricaricati ma di bassa potenzialità: se gli strati sono disposti a giacitura caotica sono presenti piccole falde disperse in ammassi scarsamente rialimentati.

Calcareniti e calcari organogeni, calcari, calcarei arenacei, brecciole calcaree, calcareniti con alghe, briozoi, echinidi, ecc. del Miocene inferiore a permeabilità media, primaria e secondaria. Se gli strati sono in continuità sono presenti acquiferi, se intercalati a depositi silico-clastici acquiferi di modesta entità solo locali. Calcarei marnosi tipo Pietra Paesina del Cretaceo superiore–Oligocene. Flysch caotici dispersi in ammassi presenti solo piccole falde scarsamente riallineate.

Argille con gessi: Marne e argille grigie con sabbie o gessi, molasse, conglomerati e frustoli carboniosi del Miocene superiore a permeabilità estremamente bassa

CLASSE I



Complesso della Scaglia

Scaglia cinerea: Marne laminate dell'Oligocene come "Parte superiore della Scaglia Cinerea" a bassa permeabilità, marne e calcari marnosi dell'Oligocene come "Scaglia cinerea" a bassa permeabilità, marne calcaree dell'Oligocene come "Scaglia cinerea variegata" a bassa permeabilità.

Scaglia cinerea di transizione: Calcari biancastri, detritico organogeni, marne a permeabilità bassa ovvero variabile in funzione della presenza della frazione calcarea.

Scaglia: Calcari marnosi e marne calcaree del Cretaceo superiore-Eocene come "Scaglia rossa" a permeabilità bassa ovvero variabile in funzione di carsismo e fratturazione, calcari e calcari marnosi con selce e livelli bituminosi del Cretaceo superiore-Eocene come "Scaglia bianca" a permeabilità bassa ovvero variabile in funzione di carsismo e fratturazione, Marne e calcari varicolori del Cretaceo superiore-Eocene come "Scaglia variegata" a permeabilità bassa ovvero variabile in funzione di carsismo e fratturazione, Marne calcaree del Cretaceo superiore-Eocene come "Scaglia cinerea variegata" a bassa permeabilità ovvero variabile in funzione di carsismo e fratturazione.

Scaglia di transizione: Calcare detritico e organogeno e marne passanti inferiormente a calcari marnosi tipo "Scaglia", a permeabilità bassa o variabile in funzione della quantità detritica e dell'assetto strutturale, spesso con circolazione idrica di importanza regionale.

CLASSE L



Complesso delle Marne, Marne calcaree e Dolomie

Marne a *Fucoidi*: Calcari marnosi alternati a marne argillose, letti di selce, scisti argillosi del Cretaceo inferiore-medio come "Marne a fucoidi" a permeabilità scarsa e spesso con ruolo di acquiclude.

Rosso ammonitico: Marne e calcari marnosi in alternanza con noduli anche con selce del Lias medio-superiore come “Rosso ammonitico” a permeabilità scarsa e ruolo di acquiclude di importanza regionale se legata a certe situazioni geologico-strutturali.

Dolomia: Dolomie, calcari dolomitici, calcari e calcari marnosi saccaroidi o cariate del Triassico superiore come “Dolomie triassiche” a permeabilità bassa e falde con regolare scorrimento perenne al contatto con carbonati e spesso funge da acquiclude essendo un limite di permeabilità.

CLASSE M



Complesso dei Calcari di bacino

Maiolica: Calcari ben stratificati con selce ed intercalazioni detritiche nelle facies di transizione del Malm superiore-Cretaceo superiore come “Maiolica” a permeabilità media per fatturazione e carsismo, possibile presenza di falde sospese e/o sorgenti limitate in funzione della fratturazione per motivi tettonici, se come falde basali hanno cospicue emergenze che alimentano corsi d'acqua perenni.

Calcari detritici, granulari, marnosi, selciferi, ad Aptici, Marne a Posidonia, calcari a Filaments e calcari diasprigni: Calcari marnosi sottilmente stratificati con molta selce ad intercalazioni detritiche in bancate, calcare massiccio detritico, diaspri e calcari dolomitici detritici con ammoniti del Dogger-Malm appartenenti a diverse formazioni eteropiche a permeabilità bassa che danno luogo a falde poco significative e scarsamente rialimentazione dal carsismo.

Corniola e calcari selciferi: Calcari marnosi stratificati ricchi in selce ed intercalazioni di calcari detritici e, raramente, marne argillose del Lias medio-superiore come “Corniola” a permeabilità varia per fatturazione e carsismo. Se le falde sono sospese, le sorgenti sono limitate, se è presente come falda di base sono presenti cospicue emergenze che alimentano anche corsi d'acqua perenni.

CLASSE N



Complesso del Calcare Massiccio e dei Calcari della Serie Laziale-Abbruzzese

Calcare massiccio: Calcari in ammassi e banchi anche oolitici, pisolitici, dolomitici, con coralli e alghe del Lias come “Calcare massiccio” a notevole infiltrazione che diviene elevata con presenza di carsismo omogeneamente distribuito. Sature di acquiferi basali estesi e ben ricaricati con sorgenti notevoli e regimi regolari.

Calcari detritici, micritici, microcristallini, oolitici con intercalazioni dolomitiche, calcari organogeni della Serie Laziale-Abruzzese:

Calcari in ammassi e banchi con coralli, dolomitici, oolitici e pisolitici anche con selce del Lias medio-Cretaceo superiore come “Serie Laziale–Abruzzese” e particolare permeabilità che condiziona l'intero dominio con falde imponenti drenanti verso grandi sorgenti, estesi reticoli di fratture uniformi con infiltrazioni estese e reticoli carsici ancora attivi.

Calcari a luoghi marnosi e dolomitici del Lias medio-Cretaceo superiore come “Serie Laziale –Abruzzese” e particolare permeabilità che condiziona l'intero dominio con falde imponenti drenanti verso grandi sorgenti, estesi reticoli di fratture uniformi con infiltrazioni estese e reticoli carsici ancora attivi.

Calcari, dolomie saccaroidi e microcristalline del Lias medio-Cretaceo superiore come “Serie Laziale –Abruzzese” e particolare permeabilità che condiziona l'intero dominio con falde imponenti drenanti verso grandi sorgenti, estesi reticoli di fratture uniformi con infiltrazioni estese e reticoli carsici ancora attivi.

Calcari bianchi cristallini del Lias medio-Cretaceo superiore come “Serie Laziale–Abruzzese” e particolare permeabilità che condiziona l'intero dominio con falde imponenti drenanti verso grandi sorgenti, estesi reticoli di fratture uniformi con infiltrazioni estese e reticoli carsici ancora attivi.

Calcari con Rudiste, Coralli, Acteonelle e Nerinee e brecciole calcaree del Lias medio-Cretaceo superiore come “Serie Laziale–Abruzzese” e particolare permeabilità che condiziona l'intero dominio con falde

imponenti drenanti verso grandi sorgenti, estesi reticoli di fratture uniformi con infiltrazioni estese e reticoli carsici ancora attivi.

Brecce monogeniche e poligeniche calcaree anche fossilifere del Lias medio-Cretaceo superiore come “Serie Laziale–Abruzzese” e particolare permeabilità che condiziona l'intero dominio con falde imponenti drenanti verso grandi sorgenti, estesi reticoli di fratture uniformi con infiltrazioni estese e reticoli carsici ancora attivi.

CLASSE O



Complesso del Calcare Cavernoso

Calcare Cavernoso: Calcari e calcari dolomitici brecciati e vacuolari del Triassico superiore come “Calcare cavernoso” a permeabilità molto elevata anche per fratturazione e carsismo.

CLASSE P



Complesso delle Filladi

Filladi: Scisti filladici e argillosi del Triassico facenti parte del “Basamento metamorfico” a scarso assorbimento, assenza di falde libere e/o significative, potenzialità degli acquiferi trascurabile.

CLASSE Q



Complesso dei Lapilli, Scorie e Pozzolane

Scorie e lapilli: Scorie e lapilli saldate, stratificate, coni di scorie e blocchi lavici eterogenei del Pleistocene a permeabilità da media a medio-alta

Strati e lenti di ceneri e lapilli passanti a livelli di tufo anche con Lahar del Pleistocene a permeabilità da scarsa a bassa.

Pozzolane: Ignimbriti nefritico-leucititiche a matrice cineritica, massive e incoerenti del Pleistocene come “Tufo di Villa Senni”, “Pozzolane superiori”, “Pozzolanelle”, “Pozzolane nere e rosse”, “Ignimbrite A e B” a permeabilità variabile da media a medio-alta, con permeabilità verticale funzione della presenza di paleosuoli dell'ordine metrico.

Ignimbriti nefritico-leucititiche a matrice cineritica massive e incoerenti del Pleistocene come “Depositi cineritici interni al recinto calderico” con permeabilità bassa.

Facies freatomagmatiche: Eruzioni finali con brecce piroclastiche, tufi stratificati trachitico-fonolitici, cineriti e blocchi lavici del Pleistocene spesso fittamente stratificati anche con livelli tufitici e limno-palustri a permeabilità variabile verticale e orizzontale, da molto bassa a medio-bassa.

CLASSE R



Complesso delle Lave Sature e Sottosature

Lave sovrasure e laccoliti: Lave in domi da riolitiche a quarzolatitiche a struttura vitrofirica del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore a permeabilità da media a medio-alta con estesa rete di fratture e presenza di falde produttive di ottima fattura.

Lave sottosature e sature: Da Leucititi a Tefriti fonolitiche o basalti anche in dicchi e colate del Pleistocene permeabilità da media a medio-alta con estesa rete di fratture e presenza di falde produttive di ottima fattura e Lave quarzolatitiche in domi talora trachitico quarzifere del Pleistocene da media a medio-alta con estesa rete di fratture e presenza di falde produttive di ottima fattura.

CLASSE S



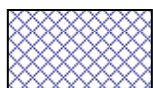
Complesso dei Tufi e delle Tufiti

Tufi prevalentemente litoidi: Colate piroclastiche massive e caotiche del Pleistocene come “Vulcanite di Onano”, “Tufo giallo litoide vulsino e

sabatino”, “Ignimbrite C” (tufo litoide a scorie nere), “Tufo limonato”, “Peperino” a permeabilità bassa: se i tufi si presentano zeoletizzati o se hanno subito raffreddamenti rapidi la permeabilità è media specie se fratturati.

Tufi stratificati, tufiti e tufi terrosi: Lenti, strati, livelli di marne, limi, sabbie con elementi vulcanici anche con livelli diatomitici, paleosuoli, da pomici e lapilli a ceneri finissime con talvolta incrostazioni travertinose del Pleistocene composte da varie e diverse facies e formazioni con permeabilità da molto bassa a bassa.

CLASSE T



Doline e forme Carsiche

Doline, campi carsici e forme carsiche: Forme carsiche generalizzate e di particolare estensione, comunque apprezzabile.

Il risultato finale, rilevabile nell'allegata ***Legenda*** e nella relativa ***Carta Geolitologica*** è il riassunto di quanto esposto, al fine di rendere d'immediata lettura quanto ritenuto necessario per un **Piano di Tutela delle Acque**.

Bibliografia

1. AA.VV. (1993): Guide geologiche regionali – Lazio, *Società Geologica Italiana*, Roma, 368 pp.
2. Boni C., Bono P., Capelli G. (1986): Carta Idrogeologica, scala 1:500.000. Schema Idrogeologico dell'Italia centrale, *Mem. Soc. Geol. It.*, 35,
3. Boni C., Bono P., Capelli G. (1988): Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio, scala 1:250.000, *Regione Lazio - Università degli Studi di Roma "La Sapienza"*, Roma, Tavola unica a colori.
4. Capelli G., Salvati R., Garelo M., Colombi A. (2002): Progetto Sinkhole del Lazio, *Regione Lazio - Università degli Studi di Roma Tre*, Roma, inedito.
5. Consiglio Nazionale delle Ricerche, (1988). Lithofacies map of Lazio, Abruzzo and neighbouring areas. Roma.
6. Praturlon A., Cecili A., Campolunghi M. P., Cinnirella A., Fabbri M., Capelli G., Mazza R., Catalano G., Meloni F. (2002): Realizzazione della Carta Litologica con elementi strutturali in formato digitale della Regione Lazio, *Regione Lazio - Università degli Studi di Roma Tre*, Roma, formato cartaceo ed digitale, inedito.
7. Regione Lazio – Università degli Studi di Roma “La Sapienza” Dipartimento di Scienze Geologiche, (1988). Modello Litostratigrafico-Strutturale della Regione Lazio in scala 1:250.000. Roma.
8. Servizio Geologico Nazionale. Carte Geologiche. Fogli n. 138-139-145-150-149-147-151
9. Università degli Studi Roma TRE Dipartimento di Scienze Geologiche, (2003). Realizzazione della Carta Litologica con elementi strutturali in formato digitale della Regione Lazio. Relazione Finale. Roma

IDROGEOLOGIA E VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

A cura di

E. Di Loreto, L. Liperi, F. Meloni, V. Tonelli, P. Zizzari, M. Toccaceli (Coordinatore)
A. Gerardi, P. Gallozzi, O. Sattalini, A. Sericola, G. Catalano (Coordinatore)

Introduzione

La normativa in tema di tutela delle acque è attualmente definita dal d.lgs 152 del 3 aprile 2006 – Norme in materia ambientale –, tuttavia la redazione del presente lavoro è stata effettuata ai sensi del d.lgs 152/99 e s.m.i. in vigore al momento della raccolta, elaborazione e valutazione dei dati.

Nell’ambito delle “Attività propedeutiche alla redazione dei piani di tutela delle acque (art. 42 del d.lgs. 152/99 e successive modifiche d.lgs. 258/00)” approvate con D.G.R. n. 66 del 16.01.2001, sono stati costituiti, con Determinazione del Direttore della Direzione Ambiente e Protezione Civile n. 565 del 03/07/2002, i Gruppi di Lavoro incaricati della realizzazione del Programma di lavoro del ***Piano Regionale di Tutela delle Acque*** approvato con la D.G.R. n. 319 del 15.03.02.

La seguente relazione fornisce il quadro delle indagini conoscitive eseguite e dei risultati ottenuti dai Gruppi di Lavoro “Idrogeologia” e “Vulnerabilità degli acquiferi”. La decisione di redigere un’unica relazione è legata allo stretto collegamento esistente tra le tematiche affrontate dai due gruppi di lavoro.

Metodologia

Il processo di lavoro si è articolato nelle fasi di seguito descritte:

1. Raccolta e acquisizione di materiale bibliografico concernente diversi tematismi di interesse presso biblioteche ed archivi pubblici e privati. Le informazioni sono state acquisite in parte su supporto digitale ed in parte in formato cartaceo;
2. Analisi critica dei dati acquisiti;
3. Ampliamento delle banche dati climatiche, loro validazione ed informatizzazione;

4. Caratterizzazione, in chiave di protezione degli acquiferi, del soprassuolo vegetale;
5. Creazione ex novo dei database relativi a:
 - Attività estrattive;
 - Fognature;
 - Aree di salvaguardia di captazioni ad uso idropotabile;
 - Discariche;
6. Successivamente, utilizzando tutte le banche dati disponibili e con l'ausilio di un GIS, sono state effettuate elaborazioni dei tematismi e realizzate cartografie tematiche digitali, di base e di sintesi. Nella scelta delle metodologie da seguire per le elaborazioni, si è preso spunto da studi già noti in letteratura o comunque da quanto condotto per lavori analoghi.

In tabella 1.1 è riportato il diagramma di flusso del lavoro svolto per singoli step.

Caratteristiche climatiche

Tra i fattori che concorrono a definire le caratteristiche ambientali di un'area, un ruolo fondamentale viene svolto da quello climatico, in quanto, tra l'altro, alimentatore del flusso idrico e regolatore dell'evapotraspirazione. La definizione delle grandezze climatiche è inoltre necessaria per la caratterizzazione dei singoli bacini idrografici in cui è stata suddivisa la Regione Lazio (Fig. 2.1 – Elaborati cartografici).

Metodologia

La prima fase del lavoro è consistita nella raccolta e acquisizione di serie storiche climatiche relative all'intervallo temporale 1951-1999, con particolare riferimento alla temperatura media mensile e annua e alle precipitazioni totali mensili e annue.

I dati provengono essenzialmente dalle registrazioni effettuate nelle stazioni termometriche e pluviometriche degli Uffici Compartimentali di Roma, Napoli, Pescara e Bologna del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale e pubblicate nella Parte Prima degli Annali Idrologici editi dal Servizio stesso. I dati termometrici, essendo in numero limitato, sono stati integrati utilizzando quelli contenuti nel lavoro di Blasi (1994) edito dalla Regione Lazio. Al fine di poter utilizzare nelle elaborazioni successive dati statisticamente significativi, sono state utilizzate solo le registrazioni provenienti da stazioni di misura con almeno 15 anni di funzionamento nell'arco temporale preso in considerazione.

Le informazioni relative alla temperatura sono state acquisite solo in formato cartaceo mentre quelle di tipo pluviometrico sono state acquisite parte in formato digitale e parte (relativamente agli Annali idrologici compresi tra il 1987 al 1999) su supporto cartaceo.

I dati pluviometrici informatizzati provengono dalla banca dati (denominata Sistema Informativo Territoriale) predisposta dalla Regione Lazio nell'ambito del piano "Pluriennale di Protezione Civile".

Dal database, sono stati estratti i dati contenuti nei seguenti campi:

1. Codice della stazione;

2. Quota della stazione;
3. Nome della stazione;
4. Dati pluviometrici mensili e totale annuo.

Partendo da questa base di dati è stata realizzata una nuova banca dati pluviometrica attraverso l'accorpamento mensile ed annuale dei dati informatizzati, implementati con i dati più recenti degli Annali Idrologici. La banca dati termometrica (Tabella 2.1) è stata invece informatizzata ex-novo avendo a disposizione solo dati in formato cartaceo.

Tutti i dati inseriti nei database sono stati verificati tramite controlli incrociati con i dati contenuti nelle pubblicazioni del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale.

Contemporaneamente sono state ubicate e georeferenziate le stazioni di misura termometriche (Fig.2.2 - Elaborati cartografici) e pluviometriche (Fig. 2.3 - Elaborati cartografici) associandole i valori da esse registrate.

Infine si è proceduto all'elaborazione di cartografie tematiche, a scala regionale, utilizzate sia per la caratterizzazione climatica dei singoli bacini che per le interpolazioni con i dati provenienti dagli altri tematismi.

Termometria

Per la definizione delle caratteristiche termiche della Regione, come già accennato, sono stati raccolti ed elaborati i dati registrati in 87 stazioni termometriche appartenenti alla rete di misurazione del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (S.I.M.N.). Occorre precisare che, per aumentare l'affidabilità ed il numero dei dati nelle zone di confine, sono state utilizzate 21 stazioni ricadenti in aree limitrofe al territorio regionale, comunque con caratteristiche climatiche paragonabili. La serie è stata ulteriormente integrata con i dati relativi ad 8 stazioni della rete dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (Blasi, 1994).

Nonostante ciò, a causa della scarsità di dati a disposizione, dovuta soprattutto dalla irregolare distribuzione spaziale delle stazioni di misura con lunghi periodi di funzionamento (relativamente all'intervallo preso in considerazione), la determinazione delle caratteristiche termometriche è

stata alquanto difficile. Comunque la copertura utilizzata (95 stazioni) consente di ottenere un quadro abbastanza rappresentativo dell'andamento delle temperature nella Regione. Dal punto di vista altimetrico 41 stazioni sono ubicate a quote comprese tra 0 e 250 m, 22 tra 250 e 500 m, 19 tra 500 e 750 m, 10 a quote maggiori di 750 e minori ai 1000 m e solo 3 a quote superiori ai 1000 m.

Nella tabella 2.1 (vede anche CD-Rom allegato) sono riportati in dettaglio, il nome, la quota s.l.m. e i valori delle temperature medie mensili e medie annue. Le stazioni sono ordinate in base al codice S.I.M.N. (MIN.LL.PP.-SERVIZIO IDROGRAFICO,1976).

TEMPERATURE MEDIE MENSILI ED ANNUE IN °C (Tabella 2.1)

Stazione	Quota	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Media
Amatrice	955	1,40	2,20	4,70	7,90	12,2	15,90	18,70	18,60	15,80	11,00	6,70	2,90	9,83
Santa Fiora	687	4,8	6	7,5	10,8	13,6	16,7	20,4	21,3	17,4	14	9,3	5,8	12,30
Pitigliano	313	6,67	8,03	9,82	13,32	17,49	20,21	21,50	21,06	17,47	13,81	9,33	7,04	13,81
Bolsena	348	5,45	6,02	8,07	11,6	15,22	19,23	21,92	22,36	18,95	14,53	9,49	6,12	13,25
Tuscania	166	6,97	7,51	9,67	12,74	16,55	20,14	22,98	22,55	19,38	15,25	10,25	8,46	14,37
Monte Romano	230	7,86	8,59	10,73	13,33	17,63	19,84	21,67	21,09	20,40	16,16	11,07	7,72	14,67
Viterbo	327	6,37	7,54	9,92	12,81	16,91	20,72	23,51	23,66	20,25	15,71	10,87	7,38	14,64
Allumiere	609	6,84	7,20	9,35	12,09	16,30	20,03	22,76	22,32	18,64	14,83	10,02	7,34	13,98
Civitavecchia	6	9,85	10,27	11,71	14,50	18,32	21,47	24,22	24,20	21,32	18,42	14,04	10,89	16,60
Bracciano	288	8,43	8,90	10,53	13,00	17,43	21,00	23,68	23,40	19,49	16,65	11,80	8,84	15,26
Anguillara Sabazia	164	8,50	9,20	10,00	12,10	16,80	20,10	22,90	22,60	19,90	16,20	11,20	9,20	14,89
Maccarese	4	8,91	9,47	11,11	13,63	17,55	21,26	23,76	23,94	21,19	17,44	12,74	9,73	15,89
Abbadia S. Salvatore	829	2,37	3,52	5,88	9,18	13,10	15,82	17,31	16,73	13,47	10,63	6,47	3,62	9,84
Piancastagnaio	772	2,82	4,77	7,02	11,02	14,79	17,51	19,86	19,48	15,79	11,25	6,84	4,41	11,30
S. Casciano dei Bagni	582	5,81	7,18	10,67	12,70	15,79	18,12	20,04	20,08	17,14	14,24	9,29	6,67	13,14
Pratolungo	374	5,01	5,29	7,87	10,18	14,08	18,25	21,33	21,60	18,06	13,58	8,49	5,53	12,44
Acquapendente	425	4,69	5,62	8,09	11,36	15,91	19,70	22,19	22,06	18,41	14,31	8,41	5,19	13,00
Orvieto	315	5,62	7,10	10,19	14,05	17,92	21,12	23,41	22,69	17,93	13,78	9,77	6,07	14,14
Cetona	384	6,30	10,20	11,60	11,40	18,10	21,10	24,50	24,10	19,80	16,90	10,00	4,70	14,89
Alviano	89	6,23	6,83	9,56	12,63	17,00	21,11	23,83	24,59	20,40	15,66	10,76	6,97	14,63
Orte	51	5,24	6,69	9,12	13,02	17,16	21,41	24,16	24,26	20,84	15,59	10,04	6,43	14,50
Leonessa	974	1,84	2,52	4,66	8,15	12,34	15,94	18,57	18,84	15,46	11,11	6,11	3,18	9,89
Posta	721	2,61	3,30	5,47	8,99	13,50	16,65	19,27	19,14	15,81	11,60	7,26	3,49	10,59
Monte Terminillo	1750	-1,75	-1,04	0,34	3,08	7,97	11,51	14,68	15,14	11,46	7,74	3,06	-0,10	6,01
Antrodoto	510	4,54	5,47	8,30	11,56	15,06	19,44	22,30	21,82	19,09	14,19	9,66	6,02	13,12
Rosciolo	903	3,39	3,05	7,55	10,61	14,38	16,97	17,92	17,36	12,33	8,13	3,95	1,80	9,79
Massa d'Albe	856	0,88	2,75	5,75	7,86	11,83	16,02	17,41	16,10	11,85	8,44	3,87	1,89	8,72
Tagliacozzo	775	2,76	2,78	5,56	8,41	12,77	16,33	17,58	18,69	14,44	10,01	5,08	2,50	9,74
Tubione	865	2,97	5,07	7,89	9,40	13,07	16,33	17,96	16,30	14,24	8,86	4,96	2,73	9,98
Scurcola Marsicana	730	3,00	3,60	6,60	8,60	13,70	16,80	19,10	18,70	15,40	10,50	5,70	2,60	10,36
Balze Santa	540	4,68	5,32	7,83	10,75	14,67	17,74	20,72	20,83	18,18	13,91	9,19	6,33	12,51

Stazione	Quota	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Media
Lucia														
Rieti	402	4,56	6,09	8,38	12,09	15,86	19,22	21,91	21,89	18,67	13,84	8,97	5,25	13,06
Carsoli	640	3,24	4,46	6,83	9,40	13,20	16,70	19,20	19,50	16,80	12,30	8,00	5,40	11,25
Posticciola	540	5,05	5,19	7,79	11,03	15,33	19,13	22,12	22,29	18,35	14,14	9,53	5,97	12,99
Calvi dell'Umbria	401	6,25	5,95	8,15	11,55	16,60	20,45	22,60	23,90	19,20	14,80	8,80	5,75	13,67
Capranica di Sutri	370	5,50	6,40	9,16	12,36	15,95	20,77	23,20	22,72	20,04	15,17	10,61	6,98	14,07
Ronciglione	441	5,01	5,93	8,72	11,96	15,56	19,86	22,75	22,26	19,55	14,97	10,13	6,49	13,60
Stimigliano	205	5,80	7,10	9,60	12,40	16,30	20,10	23,20	23,10	20,10	15,20	8,73	7,05	14,06
Poggio Mirteto	242	6,84	7,78	10,27	12,74	17,26	21,14	23,53	23,14	19,04	14,36	9,89	7,56	14,46
Abbazia di Farfa	192	6,73	7,59	10,25	13,38	17,08	21,40	24,34	23,85	21,21	16,42	11,81	8,20	15,19
Baccano	225	7,70	9,40	10,30	11,40	17,30	20,00	23,50	24,20	20,10	16,20	11,00	7,10	14,85
Castel Giubileo	63	7,50	9,20	12,00	14,20	18,50	23,50	25,60	25,10	22,40	18,20	12,30	9,10	16,47
Filettino	1062	2,90	3,40	5,20	8,60	13,06	14,56	15,79	16,79	15,18	11,78	6,57	3,39	9,77
Sorgenti di Carpinetto	930	2,90	3,27	5,55	9,23	14,33	18,22	20,43	18,50	13,32	9,85	7,04	4,65	10,61
Subiaco Santa Scolastica	511	5,37	5,81	7,92	10,91	15,02	18,64	21,47	21,48	17,99	13,55	9,19	6,50	12,82
Monte Guadagnolo	1203	1,29	1,52	3,79	6,85	10,72	14,54	17,49	18,21	14,77	10,19	5,85	2,88	9,01
Tivoli	238	7,34	8,02	10,79	14,28	18,33	22,12	25,13	25,04	21,49	16,17	11,48	8,47	15,72
Rocca di Papa	685	3,76	4,03	6,45	9,47	13,27	17,45	19,97	19,94	16,71	13,23	8,19	5,02	11,46
Frascati	322	7,41	7,96	10,03	13,30	17,36	21,79	24,66	21,27	17,16	15,30	11,78	8,30	14,69
Roma Macao	55	9,25	9,67	12,15	15,85	19,32	22,51	23,72	22,68	19,90	16,21	12,15	9,31	16,06
Roma UCEA	51	8,45	9,25	11,33	14,25	18,50	22,47	25,37	25,39	21,97	17,08	12,61	9,30	16,33
Roma EUR	24	7,60	8,60	10,90	13,10	17,20	22,20	24,50	24,50	21,40	17,20	11,80	9,60	15,72
Roma Monte Mario	110	8,13	8,83	10,89	13,64	18,04	21,83	25,24	25,48	21,73	17,43	12,30	8,55	16,01
Ardea	37	8,26	9,25	11,06	13,88	17,32	20,84	22,91	22,72	20,02	16,07	11,55	8,89	15,23
Velletri	352	7,10	7,54	9,76	13,08	17,40	21,39	24,47	24,40	20,92	16,40	11,75	8,66	15,24
Torre Olevola	6	9,24	9,50	10,74	13,42	16,90	20,51	23,09	23,32	20,79	17,16	13,83	10,48	15,75
Latina	12	8,73	9,20	11,24	13,98	17,75	21,29	23,95	23,85	21,01	17,42	12,93	9,61	15,91
Terracina	2	9,95	10,72	12,21	14,88	18,46	22,84	25,23	25,37	22,41	19,07	14,76	11,25	17,26
Lenola	470	8,10	8,30	9,30	11,70	15,90	20,10	23,00	23,50	19,50	16,10	11,60	8,30	14,62
Fondi	8	10,30	8,80	12,20	14,30	17,70	21,50	25,20	24,30	22,10	18,00	14,50	10,80	16,64
Itri	173	7,80	8,20	11,20	12,40	17,50	20,90	24,70	25,60	21,10	16,90	12,20	8,90	15,62
Gaeta ist.naut.	32	10,00	10,50	12,40	14,60	18,50	22,00	24,90	25,20	22,80	18,90	14,60	11,20	17,13
Capistrello	735	2,20	3,80	6,40	9,10	13,30	17,00	20,00	20,10	16,80	12,02	7,40	3,80	10,99
Avezzano	708	2,70	4,20	7,40	10,40	14,50	18,10	21,00	21,30	17,90	13,20	7,70	3,60	11,83
Sora	267	5,60	7,00	9,70	12,40	17,00	20,50	23,90	23,80	20,50	15,80	10,10	7,00	14,44
Fontana Liri Superiore	150	4,80	5,90	8,60	11,40	15,80	19,60	22,60	22,00	19,00	13,70	8,20	5,60	13,10
Casamari	300	5,65	6,89	9,28	12,25	16,66	20,67	23,27	23,09	19,94	14,90	10,27	7,43	14,19
Ceprano	100	7,07	7,92	10,55	13,67	17,39	21,71	24,66	24,17	21,55	16,78	12,14	8,54	15,51
Valmontone	306	3,40	5,30	7,50	10,50	15,40	19,50	23,50	23,00	19,30	14,50	8,60	4,90	12,95
Segni	664	4,80	5,00	7,20	10,00	14,60	18,40	21,20	21,10	17,70	13,40	9,30	5,80	12,38
Colleferro	241	5,00	6,50	9,20	11,80	16,20	19,70	23,00	22,40	19,40	14,80	8,80	6,00	13,57
Anagni	450	5,90	6,60	8,80	12,40	17,10	19,90	24,20	24,80	20,70	16,10	10,40	7,80	14,56
Collepardo (Trisulti)	631	4,66	5,53	7,23	9,91	14,58	17,69	20,75	20,61	17,16	13,53	9,18	5,83	12,22
Fiuggi	621	3,40	4,60	6,90	10,10	14,30	17,10	20,00	19,80	16,60	12,20	7,40	4,40	11,40
Alatri	497	6,50	7,00	9,70	12,30	16,80	20,70	24,10	24,00	20,60	15,60	10,70	7,60	14,63
Frosinone	192	6,31	7,19	9,88	13,04	16,70	21,03	23,96	23,46	20,81	16,00	11,40	7,79	14,80
S. Giovanni Incarico	200	4,60	5,90	8,70	12,00	16,60	20,30	24,50	23,40	20,20	13,70	9,00	6,00	13,74
Picinisco	830	2,9	3,7	5,9	9,2	13	14,8	19	20,5	15,5	11,2	7,3	4,7	10,64
Atina	520	5,90	6,70	8,80	11,50	15,30	19,50	22,80	23,00	19,70	14,40	9,80	6,60	13,67

Stazione	Quota	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Media
Pontecorvo	97	5,10	6,50	9,50	13,00	17,30	22,30	24,80	24,20	19,90	16,10	10,10	8,20	14,75
Esperia inferiore	302	8,00	8,90	11,80	13,70	18,80	22,20	23,83	23,34	22,50	17,80	11,90	8,40	15,93
Valleluce-Collechiavico	745	2,70	4,00	6,70	9,10	12,80	16,70	19,60	19,20	16,30	11,60	6,90	4,10	10,81
Cassino	42	8,50	10,20	12,60	15,00	19,60	23,00	25,50	25,70	22,80	18,10	13,10	9,60	16,98
Sessa Aurunca	213	8,00	9,10	11,00	13,90	18,10	21,90	24,90	24,50	21,40	17,10	12,50	9,30	15,98
Roccamonfina	545	6,80	7,10	9,00	12,60	15,80	19,70	22,80	22,70	19,60	15,10	10,60	7,60	14,12
Venafro	187	5,90	7,00	9,40	12,30	16,20	20,10	23,00	23,00	19,50	15,00	9,90	7,10	14,03
Ponza (Aeroporto Mil.)	82	10,20	10,10	11,40	13,20	16,90	21,00	24,20	24,60	22,00	18,20	14,00	11,30	16,43
Borghetto di Grottaferrata	329	7,30	8,15	10,00	12,75	16,80	20,50	23,40	23,35	20,10	15,65	11,60	8,30	14,83
Ciampino Aeroporto	137	7,40	8,45	10,30	12,83	16,87	20,99	23,64	23,79	20,61	15,92	11,58	8,46	15,07
Fiumicino Aeroporto	2	8,47	9,00	10,63	13,04	16,79	20,73	23,28	23,49	20,92	17,07	12,84	9,51	15,48
Guidonia Aeroporto	83	7,42	8,53	10,51	13,24	17,23	23,82	24,10	24,13	21,45	16,32	11,66	8,32	15,56
Pomezia UCEA	37	8,40	9,10	10,60	12,90	16,95	20,55	22,75	22,95	20,40	16,50	12,55	9,35	15,25
Pratica di Mare Aeroporto.	37	8,21	8,88	10,20	12,25	15,88	19,72	22,18	22,63	20,37	16,78	12,73	9,67	14,96
Roma Casalotti	52	7,45	8,55	10,15	12,75	16,65	20,30	22,70	22,70	20,25	15,95	11,65	7,85	14,75
Roma Urbe Aeroporto	35	7,06	8,52	10,51	13,09	17,08	21,12	23,57	23,70	20,74	16,20	11,51	7,99	15,09

Dall'analisi della tabella possiamo notare che i valori delle temperature medie mensili, per il periodo 1951-1999, variano da un minimo di $-1,75^{\circ}\text{C}$ in gennaio (mese più freddo), relativo alla stazione di Monte Terminillo, ad un massimo di $25,70^{\circ}\text{C}$, nel mese di agosto (mese in assoluto più caldo) registrato nella stazione di Cassino Genio Civile. Occorre però precisare che, mediamente, il mese più caldo risulta essere luglio.

Per le temperature stagionali si può osservare come i valori delle temperature medie nei tre mesi invernali varino da un valore di $-1,40^{\circ}\text{C}$ (Monte Terminillo) a un valore $10,25^{\circ}\text{C}$ (a Gaeta), mentre le temperature medie estive raggiungono i valori più elevati, superiori ai 24°C , in 8 stazioni situate non lontane dai litorali e con altitudine inferiore ai 250 m. Le temperature medie nei mesi che precedono e seguono quelli estivi mostrano, rispettivamente, un aumento e una diminuzione quasi costanti. Inoltre si nota, in linea generale, come l'autunno sia più caldo della primavera.

I valori delle temperature medie annue, nel periodo considerato, presentano valori medi compresi tra i $6,01^{\circ}\text{C}$ di Monte Terminillo e i

17,26 °C di Terracina e risultano essere quasi regolarmente decrescenti con l'aumentare della altitudine, secondo ben note leggi di dipendenza.

I dati termometrici hanno permesso la redazione delle carte della distribuzione della temperatura mensile ed annuale relativa al periodo 1952-1999. In Figura 2.4, 2.5 e 2.6 del volume Elaborati cartografici sono rappresentati, rispettivamente, l'andamento delle temperature medie nel mese più freddo (gennaio), di quello generalmente più caldo (luglio) e le temperature medie annue.

Dalla osservazione di queste carte si nota una netta separazione del territorio regionale tra i settori occidentali (litoranei) e quelli orientali (zone interne appenniniche) e tra quelli settentrionali e meridionali.

Pluviometria

Per la definizione delle caratteristiche pluviometriche della Regione, come già accennato, sono stati raccolti ed elaborati i dati registrati in 227 stazioni pluviometriche appartenenti alla rete di misurazione del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale. Occorre specificare che, analogamente alle caratteristiche termometriche, 59 delle 227 stazioni ricadono in aree limitrofe al territorio regionale.

Nella banca dati inserita nel CD-Rom allegato sono riportati, oltre al nome, al codice e alla quota s.l.m. della stazione, i valori di piovosità media mensile e totale annua espressi in mm.

Da un'analisi sommaria dei dati possiamo notare che i massimi valori delle medie di pioggia totale annua sono registrati nelle stazioni di Sorgente Carpinetto e di Vallepietra ubicate sui rilievi dei Monti Simbruini ed Ernici, dove si hanno valori rispettivamente di circa 1748 mm e 1593 mm.

Il valore medio di pioggia totale annua, pari a circa 1093 mm, è di poco superiore alla media nazionale (MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO, 1961).

I minimi valori medi di pioggia totale annua sono stati rilevati lungo la costa tirrenica presso le stazioni di Civitavecchia, Tarquinia e Anzio con valori rispettivamente di 663, 668 e 719 mm.

Anche osservando i dati mensili è possibile osservare che le aree più intensamente piovose sono quelle ubicate presso i maggiori rilievi montuosi dove, per esempio, nel periodo estivo si registrano in media 50-60 mm contro valori inferiori ai 10 mm lungo la costa, nel tratto compreso tra la foce del Tevere e il promontorio di Anzio.

I dati pluviometrici hanno permesso la redazione delle carte della piovosità totale mensile (Fig. 2.7 – Elaborati cartografici) e della piovosità totale annua (Fig. 2.8 - Elaborati cartografici), utili sia per la caratterizzazione pluviometrica dei bacini regionali che per l'interpolazione con altri tematismi.

Indici e caratteristiche climatiche

I dati di piovosità e temperatura descritti nei paragrafi precedenti sono stati utilizzati per il calcolo di alcuni indici e caratteristiche climatiche quali:

- *Evapotraspirazione reale annua* in mm, calcolata tramite la formula di TURC (1953);
- *Indice di aridità* calcolato tramite l'indice agrometeorologico di DE MARTONNE (1926);
- *Diagrammi ombrotermici* di BAGNOULS - GAUSSEN (1957).

L'evapotraspirazione reale e l'Indice di aridità sono stati utilizzati per la definizione delle aree a diversa infiltrazione.

Calcolo dell'evapotraspirazione reale

Partendo dai dati climatologici in nostro possesso, si è calcolata l'Evapotraspirazione reale che rappresenta il volume d'acqua realmente perso per evapotraspirazione. La formula utilizzata per il calcolo dell'Evapotraspirazione reale è quella di Turc:

$$ET = \frac{P}{\sqrt{(0.9 + P^2/L^2)}}$$

dove:

ET = evapotraspirazione reale annua, in mm;

P = precipitazione annua, in mm;

$L = 300 + 25T + 0,05T^3$;

T = temperatura media annua in °C.

I valori così calcolati hanno permesso la redazione della carta della evapotraspirazione reale riportata in figura 2.9. del volume “Elaborati cartografici

Calcolo dell'indice di aridità

Il calcolo dell'Indice di aridità è stato effettuato utilizzando la formula di De Martonne:

$$I_a = \frac{\frac{P}{T+10} + \frac{12p}{t+10}}{2}$$

dove

P = precipitazione totale annua, in mm;

T = temperatura media annua, °C;

p = precipitazione totale del mese più arido, in mm;

t = temperatura media del mese più arido, °C.

Il valore di I_a cresce all'aumentare del rapporto fra precipitazione totale annua e temperatura media annuale e del rapporto fra precipitazioni del mese meno piovoso e relativa temperatura mensile. In generale quindi ci si deve aspettare, a parità di temperatura, un maggior deflusso superficiale al crescere dell'altezza delle precipitazioni e viceversa; a parità di afflusso meteorico, un aumento di coefficiente di deflusso al diminuire della temperatura.

De Martonne raggruppa gli indici di aridità in “tipi climatici” secondo la classificazione seguente:

Indice di aridità	Tipo climatico	Irrigazione
<5	Arido	Indispensabile
5-10	Semiarido	Indispensabile
10-20	Secco sub-umido	Indispensabile o utile
20-30	Sub-umido	Spesso utile
30-50	Umido	Non Richiesta
>50	Per-umido	Non Richiesta

Dall'osservazione della Fig. 2.10 del volume “Elaborati cartografici” si evince che gran parte del territorio costiero ricade nel tipo climatico secco sub-umido e che, spostandosi verso i rilievi appenninici interni, si incontra il tipo climatico per-umido.

La classificazione di De Martonne propone anche una interessante correlazione tra il tipo climatico e la necessità di irrigazione.

Diagrammi ombrotermici

Un'altra metodologia per evidenziare le caratteristiche climatiche della Regione è quella di Bagnouls - Gaussen che mette in relazione la temperatura media mensile e la piovosità totale mensile per ogni stazione di registrazione, tramite diagrammi, detti ombrotermici.

Tali diagrammi riportano in ascisse i mesi dell'anno, in ordinata di destra le precipitazioni totali mensili (in mm) e in ordinata di sinistra le temperature medie mensili in °C.

La scala relativa alle temperature è doppia rispetto a quella delle precipitazioni cosicché quando la curva ombrotermica passa sotto la curva termica si ha $P > 2T$. Quando la curva termica è sotto a quella delle precipitazioni si ha un bilancio d'acqua positivo e quindi un periodo umido. Quando la curva termica è sopra quella pluviometrica, si ha un periodo secco con valori più elevati dell'evaporazione e della traspirazione. L'eventuale superficie di sovrapposizione mostra, in tale rappresentazione, la durata ed anche l'intensità del periodo secco.

L'elaborazione dei dati è stata realizzata attraverso la costruzione di più matrici (12 per le temperature medie di ogni mese e 12 per le piogge totali

di ogni mese). L'incrocio delle matrici attraverso procedure GIS ha permesso di redigere una mappa che rappresenta per il territorio regionale i mesi in cui si ha un bilancio d'acqua negativo (periodi aridi), secondo Bagnouls - Gaussen (Fig. 2.11- Elaborati cartografici).

Dall'esame delle carte si evidenziano le seguenti situazioni:

- Nei rilievi appenninici e nelle valli intramontane interne si ha aridità assente o, in pochi casi, limitata ad 1 o 2 mesi l'anno.
- Nella porzione settentrionale della provincia di Viterbo e nella fascia dei rilievi vulcanici Cimini e Vicani si hanno due mesi di aridità;
- Le valli del fiume Tevere tra Orte e Monterotondo e del fiume Sacco, le piane di Cassino e di Pontecorvo, i rilievi collinari della maremma laziale e della Campagna Romana, i rilievi vulcanici Tolfetani, Sabatini e dei Colli Albani, sono caratterizzati da 2-3 mesi di aridità.
- Lungo il settore costiero si hanno 3-4 mesi di aridità con scarse precipitazioni estive.

Idrogeologia

Facendo riferimento alle attività conoscitive previste dal d.lgs 152/99, si è provveduto al reperimento e all'acquisizione di studi e pubblicazioni riguardanti le acque sotterranee della Regione Lazio.

Scopo della ricerca è stato quindi quello di assemblare e analizzare le conoscenze idrogeologiche disponibili e predisporre degli elaborati cartografici di sintesi sul territorio regionale (carta idrogeologica e carta delle strutture idrogeologiche).

Carta idrogeologica

Gli elementi contenuti in questa carta, (Fig. 3.1 in scala 1:75000.) che saranno approfonditi separatamente, sono i seguenti:

- Complessi idrogeologici;
- Ricostruzione dell'andamento piezometrico;
- Principali sorgenti e gruppi sorgentizi;

Descrizione dei complessi idrogeologici

Una delle prime fasi della ricerca è consistita nella identificazione dei complessi idrogeologici più significativi ai fini del presente lavoro. I 22 complessi idrogeologici individuati derivano da quelli contenuti nello studio Boni C., Bono P. & Capelli G. (1988) con alcuni affinamenti dovuti sia alla diversa scala di studio sia all'ausilio rappresentato dalla carta geolitologica vettoriale della Regione Lazio (Praturlon A. et alii, 2002).

Le modifiche hanno riguardato, inoltre, la delimitazione di alcuni sottocomplessi opportunamente contraddistinti. I complessi idrogeologici vengono di seguito descritti, in termini di caratteristiche litologiche, deposizionali, di età, di spessore, di permeabilità e, per alcuni di essi, di infiltrazione.

1. Complesso di copertura recente

Suoli e paleosuoli, "terre rosse", coperture eluviali, tufi pedogenizzati e, più genericamente, prodotti di alterazione del substrato sedimentario o depositi di colmamento di depressioni, in aree carsiche o vulcaniche (Olocene).

Lo spessore è variabile da qualche metro a poche decine di metri.

Questi terreni possono contenere esigue falde locali di potenzialità limitata.

2. Complesso detritico

Detriti di falda, conoidi e brecce di pendio, costituite da frammenti di rocce carbonatiche o piroclastiche (Pleistocene - Olocene).

Lo spessore è variabile da pochi metri a diverse decine di metri.

Questi terreni, generalmente molto permeabili, assorbono gran parte delle acque meteoriche e di ruscellamento che li interessano direttamente. Dove poggiano su un substrato permeabile non contengono falde consistenti, perché le acque vengono drenate verso il basso. Invece, dove i detriti sono sostenuti da un substrato a bassa permeabilità, si possono avere acquiferi d'interesse locale che alimentano sorgenti poste alle periferie del deposito detritico o acquiferi contigui.

3. Complesso dei depositi alluvionali di limitato spessore

Depositi alluvionali, antichi e recenti, formati da sabbie e ghiaie intercalate a limi ed argille in varia proporzione (Pleistocene - Olocene).

Lo spessore è variabile da pochi metri ad alcune decine di metri.

Questi complessi, dotati di permeabilità molto variabile in funzione della granulometria, sono sovente sterili ma possono, localmente, contenere falde di estensione e produttività limitata.

4. Complesso dei depositi alluvionali di corsi d'acqua perenni

Questo complesso è formato da sabbie e ghiaie con limi ed argille in varia proporzione costituenti depositi alluvionali, antichi e recenti, dei fiumi Tevere, Fiora, Marta, Mignone, Velino, Salto, Turano, Aniene, Sacco, basso Liri, Cosa, Rapido, Amaseno, Garigliano (Pleistocene-Olocene).

Lo spessore è variabile, indicativamente, da una decina ad oltre un centinaio di metri.

Il complesso contiene falde, anche sovrapposte, generalmente ben rialimentate dai corsi d'acqua e quindi molto produttive.

5. Complesso dei travertini

Travertini di prevalente origine idrotermale, generalmente intercalati a depositi alluvionali e lacustri (Pleistocene-Olocene).

Lo spessore massimo indicativo è di circa un centinaio di metri.

I travertini sono generalmente molto permeabili e porosi. Quando sono isolati contengono falde di interesse locale. Altresì, quando sono in rapporto con grandi acquiferi alluvionali o carsici, contengono falde molto produttive perché ben rialimentate (valle del Fiora, Fiano Romano, Bagni di Tivoli, alto Sacco, medio Liri). A causa dei residui di fenomeni idrotermali, le acque contenute nei travertini hanno generalmente notevole durezza ed elevato contenuto in solfati e, quindi, qualità generalmente scadente.

6. Complesso delle sabbie dunari

Depositi dunari costieri, antichi e recenti, prevalentemente sabbiosi distribuiti lungo il litorale da Ladispoli alla foce del Garigliano (Pleistocene-Olocene).

Lo spessore massimo è di alcune decine di metri.

Questo complesso contiene una falda continua ed estesa, con acqua di buona qualità laddove l'acquifero non è contaminato da fattori esterni o da apporti idrotermali. Sebbene l'acquifero abbia scarsa produttività puntuale, per la ridotta permeabilità delle sabbie, viene intensamente sfruttato da un enorme numero di pozzi con portate limitate. La qualità dell'acqua è minacciata sia dall'inquinamento organico e chimico sia, laddove lo sfruttamento è eccessivo, dall'ingressione delle acque marine e conseguente aumento della salinità.

7. Complesso dei depositi fluvio-palustri

Argille, limi e sabbie, con lenti di torbe e locali intercalazioni di ghiaie e travertini depositi nell'ambiente palustre che divideva le dune costiere dai rilievi calcarei e vulcanici (Olocene).

Lo spessore, variabile da pochi metri ad alcune decine di metri a nord del Tevere, aumenta notevolmente nel settore pontino.

Questi complessi contengono una falda caratterizzata da produttività variabile in relazione alla locale permeabilità dei sedimenti: dove prevalgono ghiaie, sabbie e travertini la portata estraibile è considerevole. La qualità dell'acqua è generalmente scadente. Agli orizzonti di torbe può associarsi localmente la presenza di sacche contenenti gas infiammabile.

8. Complesso delle piroclastiti

Prodotti piroclastici indifferenziati (Pliocene-Pleistocene). Si tratta di tufi litoidi, colate piroclastiche, tufi scoriacei e cineritici.

Lo spessore varia da pochi metri ad un migliaio di metri.

Questo complesso ha, nel suo insieme, buona permeabilità e capacità di immagazzinamento e contiene falde di notevole importanza nell'economia idrogeologica regionale. In ogni edificio vulcanico una falda molto estesa alimenta il lago principale che occupa la depressione centrale, numerose sorgenti e i corsi d'acqua perenni che solcano le pendici degli apparati. Sopra la falda basale si possono trovare falde sospese generalmente di limitata estensione. Le piroclastiti del Lazio assorbono in media ogni anno circa 300 mm di pioggia. La qualità dell'acqua è generalmente buona per il ridotto contenuto salino; si trovano tuttavia, localmente, acque molto mineralizzate prodotte da residua attività idrotermale, con concentrazioni

anomale di particolari elementi (Fluoro e Arsenico) e con notevole contenuto gassoso.

9. Complesso delle lave ed ignimbriti litoidi

Sono costituite dalle colate laviche e ignimbriti litoidi intercalate a vari livelli nel complesso piroclastico (Pliocene-Pleistocene).

Lo spessore di questo complesso, estremamente variabile, oscilla tra qualche decina ad un centinaio di metri.

Questo complesso, essendo costituito da rocce dure e compatte ma permeabili per fessurazione, contiene falde molto produttive con acque di buona qualità.

10. Complesso dei depositi clastici eterogenei

Il complesso pleistocenico, costituito da sabbie più o meno cementate, limi, argille con intercalazioni ghiaiose e conglomeratiche, è molto diffuso nelle Valle del Tevere e nella Sabina (complesso 10.1). Al suo interno sono state differenziate le calcareniti e le calcareniti organogene tipo “Macco degli auct.” (10.2) e i conglomerati poligenici presenti nella Valle Latina tra Frosinone e Cassino (10.3).

Lo spessore è variabile da qualche decina ad oltre un centinaio di metri.

Questo complesso, a causa della notevole eterogeneità dei sedimenti che lo costituiscono, associati in ogni proporzione, ha caratteri idrogeologici molto variabili anche se generalmente contiene falde discontinue di limitata estensione, ubicate nelle intercalazioni sabbiose, arenacee e conglomeratiche con produttività generalmente limitata.

11. Complesso dei conglomerati

Conglomerati plio-pleistocenici costituiti da ciottoli eterogenei, cementati da matrice generalmente calcarea; ai conglomerati dominanti si associano sabbie, limi ed argille. Questo complesso è stato localmente (Scifelli) profondamente alterato da un processo di ferrettizzazione.

Gli spessori sono variabili da qualche decina ad oltre un centinaio di metri.

All'interno di questo complesso sono stati individuati 3 sottocomplessi differenziati in base al grado di saturazione in relazione al substrato. Nella zona di Rieti e Formia, i conglomerati sono saturi e contengono

falde produttive (sigla 11.1). Il sottocomplesso indicato con la sigla 11.3 si riferisce alle aree di affioramento delle formazioni di Santopadre e dei conglomerati della Sabina, poggianti su un substrato permeabile, sede di piccole falde discontinue d'interesse locale. Le alluvioni ghiaiose della zona di Cassino, indicate con la sigla 11.2, hanno caratteristiche intermedie.

12. Complesso delle argille plioceniche

Questo complesso è costituito prevalentemente da argille grigie con locali intercalazioni di sabbie e ghiaie (Pliocene). Sono diffuse ad est di Tarquinia, nei pressi di Cerveteri, nella valle del Paglia e in alcune aree ad est di Roma.

Il complesso ha uno spessore molto variabile che raggiunge e supera i cento metri.

La parte argillosa è impermeabile e non contiene acque sotterranee. Nelle sabbie e conglomerati si possono trovare piccole falde d'interesse locale.

13. Complesso del flysch marnoso-arenaceo

Arenarie, marne ed argille in ritmica alternanza (Miocene).

Lo spessore è di alcune centinaia di metri.

Questo complesso, diffuso in diverse zone del Lazio, è ovunque poverissimo di acque sotterranee. Falde esigue si possono trovare solo dove prevalgono le arenarie fratturate e nelle coltri sabbiose di alterazione.

14. Complesso del flysch argilloso - marnoso con intercalazioni litoidi

E' costituito da successioni, generalmente caotiche, di argille e marne con intercalazioni di arenarie e calcari marnosi (Cretacico - Miocene). Questo complesso è diffuso nei monti della Tolfa e nella valle Latina.

Gli spessori sono molto variabili e raggiungono il migliaio di metri.

I terreni, poco permeabili, sono poverissimi di acque sotterranee ed esigue falde locali sono situate nelle intercalazioni litoidi fessurate.

15. Complesso marnoso-calcarenitico

Successione di marne intercalate a calcari, calcari marnosi e calcareniti (Cretacico sup. - Miocene).

Lo spessore è di alcune centinaia di metri.

Le intercalazioni calcaree, generalmente molto fessurate, sono interessate da un diffuso carsismo che può assumere particolare sviluppo. Questo complesso contiene, localmente, falde discontinue disposte in orizzonti sovrapposti che alimentano piccole sorgenti e ruscelli con portata perenne. L'infiltrazione media stimata è di 250 mm/anno.

16. Complesso dei calcari pelagici cretacici

Calcari micritici e calcari marnosi, bianchi e rosati, stratificati, con intercalazioni di calcari bioclastici. All'interno di questo complesso sono stati individuati 2 sottocomplessi corrispondenti alle formazioni della "Scaglia" (16.1) e della "Maiolica" (16.2).

Il complesso, potente oltre 600 metri, comprende anche, a metà della sua altezza, una formazione marnoso – argillosa dello spessore di alcune decine di metri (Scisti a Furoidi);

Questo complesso, molto permeabile nei termini prettamente calcarei (16.2), assorbe in media circa 600 mm/anno di acqua meteorica e contiene falde generalmente molto profonde e produttive.

17. Complesso marnoso – argilloso - selcifero giurassico

Marne e argille con diaspri e calcari marnosi (Formazioni del Rosso Ammonitico, Scisti ad Aptici, Diaspri e Calcari a filaments).

Questo complesso ha uno spessore molto variabile fino a raggiungere alcune centinaia di metri.

La permeabilità è bassa, non contiene falde significative e non contribuisce in modo apprezzabile alla rialimentazione della falda carsica.

18. Complesso delle calcareniti giurassiche

Si tratta di Calcari detritici in strati e banchi intercalati in varia proporzione ai terreni del complesso marnoso – argilloso - selcifero.

I calcari, fessurati e carsificati, sono molto permeabili e contribuiscono alla rialimentazione degli acquiferi carsici con un'infiltrazione che può essere stimata in circa 400 mm/anno. Contiene falde produttive, generalmente profonde.

19. Complesso dei calcari micritici liassici

Calcari micritici, stratificati, con abbondanti intercalazioni di calcari bioclastici e noduli e lenti di selce policroma (Formazione della Corniola). Lo spessore è variabile da pochi metri ad un massimo di oltre 300 metri. Questo complesso, fessurato e carsificato, contribuisce alla rialimentazione degli acquiferi carsici con un'infiltrazione efficace che può essere stimata mediamente in 600 mm/anno. Contiene falde molto produttive e generalmente molto profonde.

20. Complesso di piattaforma carbonatica

All'interno di questo complesso sono stati individuati 2 sottocomplessi corrispondenti ad una potente sequenza di calcari e calcari dolomitici, indifferenziati, privi di intercalazioni significative di altra natura, indicato con la sigla 20.1. Il secondo sottocomplesso, indicato con la sigla 20.2, corrisponde ai lembi calcarei miocenici trasgressivi.

Lo spessore del sottocomplesso 20.1 è di alcune centinaia di metri nei monti Reatini e Sabini (Calcere Massiccio - Lias inf.) e di oltre duemila metri nei rilievi posti ai limiti orientali e sud orientali del Lazio (monti Lepini, Ausoni, Aurunci; monti Simbruini, Ernici, monte Cairo; monti Carseolani; monte Giano e monte Nuria) dove affiora l'intera serie di piattaforma (Lias medio - Cretacico sup.).

Il complesso di piattaforma carbonatica, ovunque fratturato e carsificato, è molto permeabile e assorbe ogni anno da 750 a 1000 mm di acqua meteorica, che si infila in profondità verso gli importanti acquiferi che saturano la base dei rilievi carbonatici e alimentano numerose grandi sorgenti.

21. Complesso dolomitico basale

Questo complesso è costituito da dolomie poste alla base del complesso di piattaforma carbonatica e affioranti solo in poche località (Trias - Lias inf.).

Le dolomie, meno permeabili dei calcari, hanno la particolarità di contenere acquiferi fino a quote elevate, dove alimentano sorgenti e corsi d'acqua perenni (Vallepietra, Filettino, Mainarde, Val Canneto).

22. Complesso metamorfico

È costituito da scisti, quarziti e filladi (Paleozoico). Esso affiora solo in una ristretta area del medio bacino del Fiume Fiora.

La permeabilità del complesso è molto bassa.

Date le sue caratteristiche litologiche e la ridottissima area di affioramento, questo complesso ha un ruolo trascurabile nell'idrogeologia regionale.

Ricostruzione dell'andamento piezometrico

La ricostruzione dell'andamento piezometrico è uno degli elementi principali necessari alla redazione delle carte di vulnerabilità anche se è uno di quelli di più difficile determinazione nelle condizioni in cui si opera. Infatti, esso varia continuamente nel tempo a causa sia delle condizioni atmosferiche sia dei prelievi antropici.

Le condizioni atmosferiche influenzano il livello piezometrico attraverso le precipitazioni e lo scioglimento delle nevi che alimentano continuamente gli acquiferi, costituendone la ricarica; ne consegue che una loro variazione nel tempo in senso positivo o negativo provoca un innalzamento o un abbassamento del livello piezometrico.

I prelievi antropici invece producono esclusivamente una depressione temporanea del livello piezometrico che però, al loro cessare, può recuperare parzialmente o totalmente il livello originario.

Da quanto sopra descritto si può evincere che soltanto una rete di monitoraggio diffusa sul territorio ed in funzione nel tempo (come quella del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano che registra i dati climatici) può fornire i dati necessari ad una ricostruzione fedele dell'andamento piezometrico regionale.

Purtroppo, ad eccezione di alcuni esempi di monitoraggio, limitati geograficamente e nel tempo, non si hanno a disposizione dati provenienti da reti di monitoraggio quantitative della falda. Soltanto recentemente la Regione Lazio, con la D.G.R. n. 355 del 18/04/2003, ha iniziato ad

implementare una rete quantitativa fissa di monitoraggio delle acque sotterranee relativamente a 73 sorgenti utilizzate ad uso idropotabile.

Dalla mancanza di una rete di monitoraggio diffusa sul territorio deriva la frammentarietà dei dati a disposizione, sia perché essi sono relativi a brevi intervalli di tempo sia perché circoscritti geograficamente. Inoltre, i dati raccolti, risentono del fatto di essere stati registrati in periodi differenti, da diversi Enti e gruppi di ricerca, in punti differenti, con approssimazioni e scopi diversi. Si può quindi immaginare, alla luce di quanto premesso, quanto difficile sia stata l'opera di omogeneizzazione delle diverse banche dati e come il risultato, per larghe porzioni del territorio regionale, sia da considerarsi indicativo.

I dati trovati, erano, in parte, su supporto cartaceo. La prima fase del lavoro è stata quindi quella di acquisire in formato digitale le cartografie cartacee e poi di georeferenziarle.

In seguito, procedendo ad un'analisi critica degli studi e privilegiando quelli più recenti è stato così possibile ricostruire la piezometrica come riportato nella figura 3.1 del volume "Elaborati cartografici".

Dall'osservazione della figura 3.1 si nota la non omogenea distribuzione dei dati con una maggiore densità di informazioni in corrispondenza degli affioramenti vulcanici. Questo è dovuto allo studio dettagliato sull'idrogeologia di questi depositi eseguito, in tempi recenti, da parte dell'università degli studi di Roma TRE, per conto della Regione Lazio e dell'Autorità Nazionale di Bacino del Fiume Tevere.

Principali sorgenti e gruppi sorgentizi

La realizzazione di questo tematismo ha comportato preventivamente l'acquisizione, sia in formato cartaceo che digitale, di diversi studi e banche dati, realizzati da soggetti differenti, per diverse finalità e in aree limitate del territorio regionale (ad esclusione dello studio di Boni C., Bono P. & Capelli G., 1988, che interessa tutto il territorio regionale). Le informazioni acquisite sono state successivamente elaborate ed

omogeneizzate per rendere confrontabili i dati, individuare i duplicati e le discordanze tra le diverse fonti.

Per la costruzione della banca dati delle sorgenti e dei pozzi sono stati presi in considerazione i seguenti dati :

- **Carta Idrogeologica della Regione Lazio alla scala 1:250.000** (Boni C., Bono P. & Capelli G., 1988).

Questo documento individua le seguenti tipologie di sorgenti:

- Sorgenti con portate superiori ai 20 l/s, in numero di circa 600;
- Sorgenti con portate inferiori ai 20 l/s, in numero di circa 350.

La base cartografica è stata digitalizzata e quindi si è confrontato il dato d'origine, in scala 1:250.000, con la carta geolitologica vettoriale in scala 1:25.000 (Praturlon et al., 2002) e con la base cartografica IGM in scala 1:25.000. Attraverso tale verifica è stato possibile migliorare l'ubicazione di varie sorgenti rendendola congruente con l'assetto geologico e con la posizione indicata sulla cartografia IGM.

- **Autorità di Bacino Regionale (ABR)**

I dati utilizzati, provenienti dagli studi di Capelli G., Mazza R. (2003) e Sappa G. (2004a, b), sono circa 300 distribuiti soprattutto sul territorio dell'ABR ricadente nelle province di Roma e Viterbo;

- **Ambito Territoriale Ottimale ATO2**

I dati forniti da questa struttura (ATO 2, 2004) derivano dalla ricognizione delle opere idrauliche presenti nel territorio di competenza. Le informazioni idrogeologiche contenute in questa banca sono abbastanza scarse contenendo, in pratica, solo l'ubicazione ed il nome delle emergenze. Le sorgenti censite, circa 100, sono ubicate soprattutto nella provincia di Roma;

- **Regione Lazio – Area Servizi idrici**

I dati analizzati, circa 500, provengono dallo studio per l'aggiornamento del Piano Regolatore Generale Acquedotti del Lazio (Sappa G., 2004b).

3.2 - Carta delle Strutture Idrogeologiche della Regione Lazio

Gli elementi contenuti in questa carta (Fig. 3.2 – Elaborati cartografici), che verranno in seguito analizzati separatamente, sono i seguenti:

- Strutture idrogeologiche;
- “Strutture” anidre;
- “Acquiferi minori”;

Il modello idrogeologico regionale, che si è andato delineando nel corso degli anni, suddivide il territorio regionale in strutture idrogeologiche ognuna delle quali è definita come “... formata da rocce permeabili affioranti circondate da terreni a bassa permeabilità. Ogni struttura risulta pertanto “chiusa” alla periferia da un limite di permeabilità, generalmente ben definito.

In base alla loro superficie e complessità vengono considerati tre diversi tipi di strutture idrogeologiche: «**Unità**» (con dimensioni inferiori a 200 km²), «**Sistemi**» (con dimensioni di qualche centinaio di km²) e “**Gruppi**» (con dimensioni di diverse centinaia o migliaia di km²).

Gli scambi sotterranei tra strutture contigue vengono considerati trascurabili. La struttura idrogeologica alimenta un numero generalmente ridotto di sorgenti, distribuite lungo la sua periferia. Talvolta la struttura, invece che da sorgenti localizzate viene drenata da corsi d’acqua....

Ogni struttura idrogeologica risulta quindi caratterizzata da:

- una ben definita superficie, che coincide con la sua area di alimentazione;
- un acquifero di base, variamente articolato;
- un sistema di sorgenti che erogano una portata media (m³/a) complessiva pari all’infiltrazione efficace media (mm/a) moltiplicata per la superficie di alimentazione (m²).” (Boni C., Bono P. & Capelli G. 1986).

Come si evince dalla definizione di struttura idrogeologica, un ruolo fondamentale è espletato dai complessi a permeabilità relativa inferiore, sede di acquiferi minori, che permettono la venuta a giorno di molte di quelle sorgenti che contribuiscono al patrimonio idrico sotterraneo della

Regione Lazio. Queste “strutture”, non differenziate nel lavoro di Boni C., Bono P. & Capelli G. (1988) sono state delimitate in questa sede.

Dall’esame della carta (Fig. 3.2 – Elaborati cartografici) si osserva che le principali idrostrutture si identificano con le dorsali appenniniche e gli edifici vulcanici peritirrenici, capaci di assorbire e di trasmettere in falda una rilevante aliquota della precipitazione efficace.

Di seguito sono descritte le principali caratteristiche delle strutture idrogeologiche che insistono nel territorio regionale, così come sono state delineate nel lavoro di Boni C., Bono P. & Capelli G. (1986) e, in parte, nello studio di Boni C. (1994), in termini di limiti geografici, complessi idrogeologici costituenti e principali sorgenti. Sono stati anche individuati i “limiti di permeabilità” costituiti dai complessi anidri e dalle aree a permeabilità relativa inferiore che contengono acquiferi minori.

Sistema dei monti Lepini

Questo sistema è costituito essenzialmente da depositi appartenenti al complesso idrogeologico di piattaforma carbonatica. I terreni prevalenti sono rappresentati da calcari dolomitici e calcari, altamente permeabili per fratturazione e carsismo. All’interno del massiccio omonimo si trovano anche rari affioramenti di flysch e depositi piroclastici di limitata estensione.

Il limite nord - occidentale è marcato, in affioramento, dalle vulcaniti dei Colli Albani.

A nord-est, il limite è costituito dal fronte di sovrascorrimento del massiccio Lepino sui depositi a bassa permeabilità della valle Latina.

Lungo il confine sud - occidentale, il massiccio dei Lepini, ribassato da faglie dirette, si trova a contatto con i terreni quaternari della pianura Pontina che costituiscono un limite parzialmente stagno in quanto comunque permette un limitato afflusso nell’acquifero della piana stessa.

A sud-est, il limite dell’unità idrogeologica coincide con l’importante discontinuità tettonica dell’Amaseno che la divide dal sistema dei Monti Ausoni e Aurunci.

Le sorgenti e i gruppi sorgivi di maggiore interesse sono: Ninfa, Gricilli,

gruppo delle Sardellane, gruppo dei Laghi del Vescovo.

Sistema dei monti Ausoni e Aurunci

Questo sistema è costituito principalmente dai calcari e calcari dolomitici del complesso di piattaforma carbonatica.

Il limite nord-occidentale coincide con la discontinuità tettonica della valle dell'Amaseno mentre quelli settentrionale ed orientale sono costituiti dall'accavallamento tettonico della struttura carbonatica sui depositi flyschoidi della Valle Latina. Gli altri limiti sono rappresentati dai depositi quaternari delle pianure Pontina e di Fondi sovrapposti all'acquifero carbonatico ribassato per faglie.

La presenza di questi limiti impermeabili o a permeabilità relativamente inferiore permette l'emergenza di sorgenti e gruppi sorgentizi, i più importanti delle quali sono:

Capodacqua di Amaseno, Capodacqua di Spigno Saturnia, Fiumicello, Marutte, gruppo Ponticelli, gruppo Linea, gruppo Mola Bisletti, gruppo villa S. Vito, S. Magno, gruppo Capodacqua di Fondi, gruppo Gegni, gruppo Vetere, gruppo di Sperlonga, S. Maria di Conca, gruppo Mazzoccolo.

Unità di monte Maio

Questa unità è costituita essenzialmente dai calcari e calcari dolomitici del complesso di piattaforma carbonatica.

L'unità idrogeologica carbonatica è circondata su tutti i lati da sedimenti relativamente meno permeabili quali il "Flysch di Frosinone", le vulcaniti di Roccamonfina e le alluvioni della piana del Garigliano.

Le principali sorgenti alimentate da questa unità sono quelle di Suio e di S. Giorgio a Liri.

Gruppo dei monti Simbruini, Ernici, Cairo e delle Mainarde

Questo gruppo è costituito principalmente da depositi appartenenti al complesso di piattaforma carbonatica. I terreni prevalenti sono rappresentati da calcari, molto permeabili per fratturazione e carsismo. In subordine, troviamo le dolomie triassiche che hanno una minore permeabilità relativa a causa degli intensi fenomeni tettonici a cui sono state sottoposte. Le dolomie, *“..pur rappresentando la base della serie carbonatica, si trovano tettonicamente sottoposte ai litotipi calcarei in entrambe le zone di maggiore ampiezza degli affioramenti (alti strutturali di Vallepietra - Filettino e di Guarcino - Trisulti).”* (Bonifica, 1990).

Il limite nord-occidentale coincide con la faglia, di importanza regionale, “Antrodoco - Olevano” mentre quello nord-orientale è costituito dal fronte di sovrascorrimento della “Valle Roveto s.l”. (da Carsoli ad Atina). Il limite meridionale è rappresentato dai depositi poco permeabili o anidri della Valle Latina.

Le principali sorgenti sono: Liri, Pertuso, Ceraso, Tufano, Bucone, Capo d’acqua d’Aquino, gruppo fiume Gari, gruppo Simbrivio, gruppo Acqua marcia, gruppo le Monache, gruppo Laghetto.

Sistema dei monti Nuria e Velino

Questo sistema è costituito primariamente da depositi appartenenti al complesso di piattaforma carbonatica. I terreni prevalenti sono rappresentati da calcari, altamente permeabili per fratturazione e carsismo. In subordine, troviamo le dolomie triassiche dotate di una minore permeabilità relativa .

Il limite nord-orientale è costituito dalla linea tettonica di interesse regionale conosciuta come “Olevano – Antrodoco” mentre quello meridionale è rappresentato da depositi del complesso flyschoidale a bassa permeabilità. Gli altri limiti della struttura non interessano direttamente l’ambito regionale.

Le principali sorgenti alimentate da questo sistema sono quelle del Peschiera.

Sistema dei monti della Marsica occidentale

Questo sistema è costituito principalmente da depositi appartenenti al complesso di piattaforma carbonatica. I terreni prevalenti sono rappresentati da calcari, molto permeabili per fratturazione e carsismo. In subordine troviamo le dolomie triassiche dotate di una minore permeabilità relativa .

Il limite meridionale della struttura è rappresentato da depositi del complesso flyschoidale o comunque da terreni recenti a permeabilità relativa inferiore. Gli altri limiti della struttura non interessano direttamente l'ambito regionale.

Le principali sorgenti alimentate da questo sistema sono quelle del Fibreno e della Val Canneto.

Sistema dei monti Sabini p.p., Prenestini, Cornicolani e Ruffi

Questo sistema è costituito da depositi appartenenti a vari complessi, a diversa permeabilità, dal Marnoso calcarenitico a quello di piattaforma carbonatica. I terreni sono rappresentati da marne, calcari marnosi, calcari dolomitici e calcari, molto permeabili per fratturazione e carsismo. Il limite orientale è costituito dalla linea tettonica che prende il nome di "Linea del Licenza - Monte degli Elci", che la separa dal Sistema delle Capore, e dal complesso dei Flysch marnoso-arenacei. Ad occidente il sistema è limitato dai depositi a permeabilità relativa minore del complesso terrigeno plio-pleistocenico. Il limite meridionale è con il sistema dei Colli Albani. Le principali sorgenti alimentate dal sistema sono quelle di Tivoli .

Sistema del monte Terminillo

Questo sistema è costituito essenzialmente da depositi appartenenti al complesso di piattaforma carbonatica. I terreni prevalenti sono rappresentati da calcari dolomitici e calcari, molto permeabili per fratturazione e carsismo.

Il sistema è delimitato a sud dai sedimenti a permeabilità relativa inferiore della piana Reatina. Il confine orientale è marcato dalla linea tettonica “Olevano – Antrodoco” e a nord-ovest dal *”motivo strutturale che costituisce la prosecuzione meridionale della nota linea della Valnerina”* (Boni C., 1994).

La principale sorgente alimentata da questo sistema è quella di Santa Susanna, ubicata sul margine settentrionale della conca di Rieti, che eroga una portata media di circa 5-6 m³/s.

Sistema delle Capore

Questo sistema è costituito principalmente da depositi appartenenti al complesso di piattaforma carbonatica. I terreni predominanti sono rappresentati da calcari dolomitici e calcari, molto permeabili per fratturazione e carsismo.

Il limite occidentale è costituito dalla linea tettonica “Licenza - monte degli Elci - monte Tancia”. Ad oriente il sistema è limitato dalla linea “Olevano – Antrodoco” e a nord dai depositi a permeabilità relativa minore della piana reatina.

Le principali sorgenti alimentate dal sistema sono quelle omonime, che erogano una portata media di circa 5 m³/s e, più a nord, le sorgenti lineari dei fiumi Salto e Turano.

Sistema di Montoro – Stifone

Questo sistema è costituito essenzialmente da depositi appartenenti al complesso di piattaforma carbonatica. I terreni prevalenti sono rappresentati da calcari dolomitici e calcari, molto permeabili per fratturazione e carsismo.

Il limite orientale del Sistema è costituito dalla linea tettonica “Licenza - monte degli Elci – monte Tancia” mentre ad occidente il contatto, di tipo tettonico, è con i depositi del complesso terrigeno plio–pleistocenico, a permeabilità relativa minore.

Le principali emergenze alimentate da questo sistema si rinvergono lungo

il corso del fiume Nera.

Sistema dei Colli Albani

Questo sistema è costituito fundamentalmente da depositi appartenenti al complesso idrogeologico delle piroclastiti e, in subordine, da terreni del complesso delle lave ed ignimbriti litoidi.

Le principali sorgenti sono: Acqua Vergine, Squarciarelli e Acqua Felice. Sono presenti, inoltre, innumerevoli manifestazioni termali e sulfuree e diversi incrementi delle portate negli alvei dei principali torrenti che si irradiano dalle pendici dei rilievi vulcanici.

Gruppo dei monti Vulsini, Cimini e Sabatini

Questo gruppo è costituito essenzialmente da depositi appartenenti al complesso idrogeologico delle piroclastiti e, in subordine, da terreni del complesso delle lave ed ignimbriti litoidi.

Le principali sorgenti sono: Gradoli, Fontana Grande, Le Vene, S. Lorenzo, Barano, sorgente lineare sul torrente Olpetà.

Sono presenti, inoltre molteplici manifestazioni termali e sulfuree e diversi incrementi delle portate negli alvei dei principali torrenti che si irradiano dalle pendici dei rilievi vulcanici.

“Strutture” anidre

Sono costituite essenzialmente dalle alternanze di strati arenacei e pelitici caratteristici dei complessi flyschoidi al cui interno la circolazione d'acqua è limitatissima o del tutto assente. Gli affioramenti più estesi sono localizzati soprattutto nell'area dei monti della Tolfa, nelle valli dei fiumi Paglia e Tevere, nei monti della Laga, nei monti Carseolani, nella valle Latina e a sud dei monti Ruffi.

Acquiferi minori

Sono costituiti dai depositi alluvionali eterometrici dei grandi fiumi, dai sedimenti marini plio-pleistocenici e dai sedimenti recenti della Pianura Pontina e delle altre pianure costiere. La circolazione d'acqua al loro interno è estremamente variabile in funzione sia della granulometria dei depositi sia dei pur limitati scambi con le strutture idrogeologiche adiacenti. Sono localizzati principalmente lungo le pianure costiere, le valli dei principali corsi d'acqua, le valli intramontane e nei comprensori calcarei del monte Circeo e vulcanici di Pofi e Tolfa - Allumiere.

La protezione degli acquiferi da parte del soprassuolo vegetale

Nell'ambito della caratterizzazione vegetazionale del territorio regionale, è stata redatta la "Carta della protezione degli acquiferi da parte del soprassuolo vegetale" (Fig. 4.1 – Elaborati cartografici) che è parte integrante della carta sinottica. Le informazioni contenute nella carta sono state successivamente utilizzate per la definizione della copertura vegetazionale di ogni singolo bacino idrologico così come specificatamente richiesto dal d.lgs 152/99.

L'azione di protezione e salvaguardia della qualità delle acque sotterranee svolta dai sistemi forestali si esplica attraverso i seguenti meccanismi:

- conservazione del suolo e suo effetto depurante sulle acque;
- aumento della capacità di infiltrazione dell'acqua nel suolo;
- riduzione della velocità media di scorrimento delle acque meteoriche ed incremento dei volumi d'acqua trattenuti dal suolo. Ad esempio Susmel (1967) indica una velocità di infiltrazione a deflusso costante da 3 a 20 ml/minuto in boschi efficienti che decresce a valori compresi tra 0.5 a 2 ml/minuto in boschi degradati;

La funzione di salvaguardia esercitata dalla copertura vegetale dipende, in prima analisi, dalla densità, dalla struttura e dall'età delle cenosi vegetali. Occorre però precisare che il potere di intercettazione della pioggia da parte dei boschi aumenta con l'età ma fino ad un valore soglia oltre il quale esso diminuisce. Nell'azione di salvaguardia un contributo importante viene dato anche dal sottobosco e dalla lettiera che formano uno schermo protettivo e filtrante nonché dalle tipologie vegetali.

I suoli forestali dotati di alta porosità favoriscono l'infiltrazione anche per merito dell'attività biologica delle piante arboree e di tutti gli organismi vegetali e animali che sono parte integrante dell'ecosistema.

Di seguito si propone una classificazione, in base ai tipi vegetazionali, con valori di protezione delle acque decrescenti:

- 1) Boschi vetusti pluristratificati stramaturi con porzioni senescenti, con potenzialità per il Tiglio e con ricchezza elevata in legnose temperate;

- 2) Macchia mediterranea, boschi maturi (anche con tracce di impatto umano come castagneti da frutto abbandonati), sugherete, praterie di alta quota cacuminali (*Festuca* e *Trifolium*);
- 3) Cedui compatti (ad esempio cedui di Roverella, Carpino nero ecc.), Leccete chiuse;
- 4) Boschi di conifere (*Pinus pinea* ubicate prevalentemente nelle zone costiere e pinete a *Pinus nigra* situate in genere in parti più interne del territorio laziale), Praterie montane dominate da *Bromus erectus* e *Brachypodium genuense*);
- 5) Oliveti a selva abbandonati, Arbusteti (pruneti e roveti), Cespuglieti (scopeti a *Cytisus*);
- 6) Oliveti coltivati;
- 7) Coltivi erborati e Prati pascoli;
- 8) Seminativi.

La redazione della “Carta della protezione delle acque da parte del soprassuolo vegetale” presuppone la disponibilità di carte della vegetazione omogenee e dettagliate. Purtroppo cartografie che rispondano a questi requisiti sono disponibili solo per alcuni settori della Regione Lazio. Per questo motivo, in attesa della pubblicazione della carta dell’Uso del Suolo in scala 1:10.000 da parte della Direzione Regionale Urbanistica e Territorio della Regione Lazio, si sono utilizzate le informazioni contenute nel Corine Land Cover (Centro Interregionale, 1995), che fornisce la rappresentazione della copertura del suolo in scala 1:100.000, realizzata con protocollo standard per tutto il territorio europeo su iniziativa della Commissione Europea.

Nella tabella che segue sono riportati i codici identificativi delle classi di copertura del suolo tratti dal Corine Land Cover e il corrispondente valore crescente del grado di protezione, variabile da 0 a 7, basato sulle considerazioni espresse in precedenza.

Codice Corine Land Cover	Valore di protezione
1.1.1 - Tessuto urbano continuo.	0
1.1.2 - Edificato Urbano discontinuo	0
1.2.1 - Aree industriali o commerciali.	0
1.2.2 - Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	0
1.2.3 - Aree portuali	0
1.2.4 – Aeroporti	0
1.3.1 - Aree estrattive	0
1.3.2 – Discariche	0
1.3.3 – Cantieri	0
1.4.1 - Aree verdi urbane	1
1.4.2 - Aree sportive e ricreative	0
2.1.1 - Seminativi in aree non irrigue.	1
2.2.1 – Vigneti	2
2.2.2 - Frutteti e frutti minori	2
2.2.3 – Oliveti	3
2.3.1 - Prati stabili	3
2.4.1 - Colture annuali associate a colture permanenti	2
2.4.2 - Sistemi colturali e particellari complessi.	2
2.4.3 - Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	2
3.1.1 - Boschi di latifoglie	7
3.1.2 - Boschi di conifere	5
3.1.3 - Boschi misti	6
3.2.1 - Aree a pascolo naturale e praterie d’alta quota	4
3.2.2 - Brughiere e cespuglietti	5
3.2.3 - Aree a vegetazione sclerofilla.	7
3.2.4 - Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	6
3.3.1 - Spiagge, dune, sabbie	1
3.3.2 - Rocce nude, falesie, rupi affioramenti.	0
3.3.3 - Aree con vegetazione rada	2
3.3.4 - Aree percorse da incendi	3
4.1.1 - Paludi interne	5
4.2.2 – Saline	0
5.1.1 -Corsi d’acqua, canali e idrovie.	0
5.1.2 - Bacini d’acqua	0

La carta della protezione delle acque in funzione della copertura vegetale evidenzia con sufficiente chiarezza che le classi di protezione più alte (5,

6, 7) sono ampiamente rappresentate sui rilievi appenninici (monti Simbruini, monti Ernici, monti Reatini), lungo l'allineamento Lepini - Ausoni - Aurunci e, in misura minore, sui quattro sistemi vulcanici (Vulsino, Cimino, Sabatino e Laziale) e nel Lazio costiero in corrispondenza di aree naturali protette.

Risulta inoltre evidente come le attività antropiche, in particolare le pratiche agricole e gli insediamenti urbani, hanno sottratto spazi considerevoli allo sviluppo naturale della vegetazione che svolge, con maggiore efficacia di altre coperture, la funzione protettiva delle acque.

Infiltrazione

La valutazione di questo parametro e delle sue modulazioni è un'operazione indispensabile per individuare quei settori del territorio regionale che sono sede di serbatoi di risorse idriche strategicamente importanti e per la pianificazione della loro tutela.

Il valore dell'infiltrazione (in mm/anno) è stato ricavato utilizzando la seguente espressione:

$$I = P - ETR - R$$

dove:

I = infiltrazione;

P = Precipitazione media annua;

ETR = Evapotraspirazione reale

R = Ruscellamento

I metodi utilizzati per il calcolo delle Precipitazioni e della Evapotraspirazione reale sono stati illustrati nel capitolo 2. Di seguito verrà descritta la metodologia utilizzata per il calcolo del Ruscellamento e per la redazione della “Carta dell’Infiltrazione” (Fig. 5.2 – Elaborati cartografici).

Ruscellamento

Il metodo utilizzato per la stima di questo parametro idrologico è quello di Kennessey (1930) modificato da Tardi & Vittorini (1977), generalmente utilizzato per la sua semplicità di applicazione e la discreta attendibilità di risultati.

La valutazione del volume di deflusso superficiale prevede, preliminarmente, il calcolo di un indice detto coefficiente di deflusso (Cd). Tale coefficiente è influenzato sia dai fattori climatici quali piovosità e temperatura sia dalle caratteristiche fisiografiche del bacino (acclività, copertura vegetale e permeabilità).

I valori climatici presi in considerazione, oltre alla piovosità e alla temperatura medie annue, sono la precipitazione e la temperatura del mese

più arido. L'indice di aridità (Ia), come definito con il metodo di De Martonne, prende in considerazione questi parametri. Il valore di tale indice è direttamente proporzionale al rapporto fra le precipitazioni totali annue e temperatura media annua e al rapporto fra precipitazioni del mese più arido e relativa temperatura mensile.

$$Ia = \frac{\frac{P}{T+10} + \frac{12p}{t+10}}{2}$$

Quindi per il Cd ci si deve aspettare, a parità di temperatura, un maggior deflusso superficiale al crescere dell'altezza delle precipitazioni e viceversa, a parità di afflusso meteorico, un aumento di Cd al diminuire della temperatura.

Per quanto riguarda le componenti del deflusso dovute ai parametri fisiografici del bacino sono stati presi in considerazione l'acclività media del bacino (Ca), la sua copertura vegetale (Cv) e la permeabilità delle rocce affioranti (Cp).

Il coefficiente di deflusso per ciascun bacino sarà uguale alla sommatoria dei singoli parametri $Cd = Cv + Cp + Ca$.

Il metodo di Kennessey individua tre intervalli di valori di Ia, ad ognuno dei quali corrisponde una serie differente di coefficienti di deflusso parziali.

Ca - acclività	Ia < 25	25 < Ia < 40	Ia > 40
>35%	0.22	0.26	0.30
10-35	0.12	0.16	0.20
3.5-10	0.01	0.03	0.05
<3.5	0.00	0.01	0.03
Cp - permeabilità			
Molto Bassa	0.21	0.26	0.30
Bassa	0.16	0.21	0.25
Mediocre	0.12	0.16	0.20
Buona	0.06	0.08	0.10
Elevata	0.03	0.04	0.05

<i>Cv - vegetazione</i>			
Roccia nuda	0.26	0.28	0.30
Pascoli	0.17	0.21	0.25
Colture e arbusti	0.07	0.11	0.15
Bosco d'alto fusto	0.03	0.04	0.05

I parametri fisiografici sono stati calcolati utilizzando le seguenti cartografie:

- carta della copertura del suolo con maglia di 250 metri di lato (Centro Interregionale, 1995);
- carta della permeabilità proveniente dalla elaborazione della carta geolitologica (Praturlon et alii, 2002) in formato vettoriale a maglia di 250 metri di lato;
- carta del modello digitale del terreno (originale a 40 metri ricampionato a 250 metri per omogeneizzarlo con le altre cartografie);

E' opportuno evidenziare che il coefficiente di deflusso calcolato è relativo alla singola cella considerata ed è da intendersi come la quantità di pioggia che si trasforma in deflusso, a scala di cella, e non come portata convogliata dalla rete idrografica.

Calcolato il coefficiente di deflusso, è stato possibile determinare il valore del Ruscellamento attraverso la seguente formula:

$$R = C_d * (P - ETR)$$

Dove:

R = Ruscellamento

Cd = Coefficiente di deflusso

ETR = Evapotraspirazione reale

I risultati delle elaborazioni, riportati in fig 5.1 del volume "Elaborati cartografici", mostrano, come era logico aspettarsi, valori maggiori di ruscellamento lungo i rilievi appenninici (dove si riscontrano maggiori precipitazioni ed elevata acclività) mentre i valori più bassi si registrano nelle piane costiere.

Individuazione dell'infiltrazione nelle diverse aree

La costruzione della “Carta della infiltrazione” (Fig. 5.2 – Elaborati cartografici). è stata effettuata calcolando la Deviazione Standard dei dati quantitativi di infiltrazione ottenuti utilizzando la formula descritta all’inizio del capitolo. Questo ha permesso di stabilire 4 classi, denominate molto bassa, bassa, alta ed elevata, in cui l’infiltrazione è, per le prime due, minore del valore medio mentre è maggiore per le altre due.

In linea generale l’osservazione della carta mostra che le zone con maggiore infiltrazione sono localizzate lungo i rilievi appenninici e in corrispondenza di parte dei rilievi collinari vulcanici Albani, Sabatini, Vicani e Cimini mentre le aree con minore infiltrazione sono ubicate lungo la fascia costiera settentrionale e la campagna romana.

Occorre precisare che il motivo per cui si è deciso di utilizzare una restituzione di tipo qualitativo è legata al fatto che alcuni dei dati utilizzati, in particolare quelli relativi alla copertura del suolo e all’evapotraspirazione reale, sono disponibili solo a scala molto grande o sono stati ricavati in maniera empirica e potrebbero portare a risultati deterministici non corretti.

Viceversa, una restituzione qualitativa, non togliendo nulla al significato intrinseco delle elaborazioni, risulta efficace agli scopi del lavoro.

Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità degli acquiferi è definita come *“la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche e idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità delle acque sotterranee, nello spazio e nel tempo”* (Civita M., 1987).

Lo strumento comunemente adottato per la rappresentazione della vulnerabilità è rappresentato dalle “Carte di vulnerabilità degli acquiferi”. Nel territorio laziale non sono state realizzate carte di questo tipo, salvo casi sporadici e di limitata estensione areale (Civita M., 1992; Coviello M.T., Sappa G. & Tulipano L., 2002). L’unico esempio di carta di vulnerabilità tematica a scala regionale è stato redatto recentemente dal Servizio Geologico Regionale (Regione Lazio, 2003), come rapporto interno, nell’ambito delle attività del Gruppo di Lavoro interassessorile finalizzato alla definizione delle aree vulnerabili all’inquinamento da nitrati di origine agricola, ai sensi del d.lgs 11 maggio 1999 n. 152.

Tra i diversi possibili approcci metodologici, si è scelto di realizzare uno strumento “dinamico”, suscettibile di essere tempestivamente adeguato alle relativamente rapide modificazioni che tipicamente incidono sugli aspetti considerati in questo tematismo, sia in termini di variazioni del dato di base (come nel caso di incidenti con dispersione di sostanze inquinanti, realizzazione di nuovi depuratori ecc.) che in termini di disponibilità d’informazioni (completamento / aggiornamento dei censimenti, nuove comunicazioni, ecc.).

La scelta conseguente è stata quindi di organizzare le informazioni in una banca dati georeferenziata, la cui architettura è stata strutturata tenendo conto delle seguenti esigenze:

- garantire la “tracciabilità” del dato ovvero mantenendo la possibilità di risalire all’informazione “origine”;

- integrare, laddove possibile, dati ed informazioni provenienti da fonti differenti e caratterizzate da un contenuto “informativo” non omogeneo;
- accettare la “ridondanza” del dato proveniente da fonti diverse, privilegiando l’aspetto “conservativo” dell’informazione e rinviando eventuali “filtraggi” dei duplicati alle successive fasi di analisi ed interpretazione dei dati;
- consentire l’inserimento e/o la sostituzione di set di dati completi;
- poter generare agevolmente report selettivi articolati per tipologia, ambito territoriale o intersezione con altri tematismi, che concorrono alle analisi di vulnerabilità.

Le metodologie utilizzate per la costruzione delle carte di vulnerabilità sono essenzialmente di due tipi: qualitative o parametriche.

Data la vastità del territorio da analizzare e l’assenza di carte pedologiche a scala regionale, indispensabili per l’applicazione del metodo parametrico, si è scelto di utilizzare quello qualitativo elaborato dal GNDCI – CNR (AA.VV., 1988). Questo metodo prevede la valutazione della vulnerabilità in funzione delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche dell’acquifero e pertanto essa verrà definita in seguito vulnerabilità intrinseca dell’acquifero.

Carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi

La realizzazione della “Carta della Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi” (Fig. 6.2 – Elaborati cartografici) ha comportato l’analisi dei 22 complessi idrogeologici descritti nel paragrafo 3.1.1. ed il loro accorpamento in 6 classi di vulnerabilità variabili da molto alta (EE) a molto bassa (BB). La classificazione è stata effettuata adattando criticamente la legenda unificata suggerita da Civita (1994) alle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi. Inoltre, per una migliore lettura della Carta è stato aggiunto un ulteriore livello rappresentato dal modello digitale del terreno.

Nella tabella 6.1 sono illustrati i complessi idrogeologici, la classe di vulnerabilità assegnata ad ognuno di essi e la classe corrispondente alla legenda unificata illustrata nella Tab. 6.1.

Tabella 6.1 - Vulnerabilità dei complessi idrogeologici

CODICE COMPLESSO	CLASSE DI VULNERABILITA'	DESCRIZIONE DEI COMPLESSI	CODICE LEGENDA CNR
1	B	Complesso di copertura recente	4
2	M	Complesso detritico	5
3	B	Complesso dei depositi alluvionali di limitato spessore	6
4	E	Complesso dei depositi alluvionali di corsi d'acqua perenni	10
5	E	Complesso dei travertini	13,1
6	E	Complesso delle sabbie dunari	10
7	Bb	Complesso dei depositi fluvio-palustri	6
8	M	Complesso delle piroclastiti	7
9	Ee	Complesso delle lave ed ignimbriti litoidi	3
10,1	A	Complesso dei depositi clastici eterogenei (sabbiosi)	12
10,2	E	Complesso dei depositi clastici eterogenei (macco)	14,1
10,3	M	Complesso dei depositi clastici eterogenei (conglomerati)	17
11,1	E	Complesso dei conglomerati di Rieti	10
11,2	A	Complesso dei conglomerati (alluvioni ghiaiose)	12
11,3	M	Complesso dei Conglomerati di Santopadre e altri depositi ghiaiosi	12,1
12	Bb	Complesso delle argille plioceniche	6
13	Bb	Complesso del flysch marnoso-arenaceo	4
14	Bb	Complesso del flysch argilloso-marnoso con intercalazioni litoidi	4
15	B	Complesso marnoso-calcarenitico	2,2
16,1	M	Complesso dei calcari pelagici cretaci (Scaglia)	2,1
16,1	M	Complesso dei calcari pelagici cretaci (Scaglia di transizione)	2,1
16,2	E	Complesso dei calcari pelagici cretaci (Maiolica)	15,1
17	B	Complesso marnoso-argilloso-selcifero giurassico	2,2
18	A	Complesso delle calcareniti giurassiche	14,2
19	A	Complesso dei calcari micritici liassici	14,2
20,1	Ee	Complesso di piattaforma carbonatica	13,1

CODICE COMPLESSO	CLASSE DI VULNERABI LITA'	DESCRIZIONE DEI COMPLESSI	CODICE LEGENDA CNR
20,2	E	Complesso di piattaforma carbonatica a componente arenacea e marnosa	13,2
21	M	Complesso dolomitico basale	15,2
22	Bb	Complesso metamorfico	8

GRADO DI VULNERABILITÀ VULNERABILITY DEGREES						E ₁ Esposizione elevata Exposure Very high		A M		B B ₁		B B ₂		B B ₃		B B ₄		B B ₅		B B ₆		B B ₇		B B ₈		B B ₉		B B ₁₀		B B ₁₁		B B ₁₂		B B ₁₃		B B ₁₄		B B ₁₅		B B ₁₆		B B ₁₇		B B ₁₈		B B ₁₉		B B ₂₀		B B ₂₁		B B ₂₂		B B ₂₃		B B ₂₄		B B ₂₅		B B ₂₆		B B ₂₇		B B ₂₈		B B ₂₉		B B ₃₀		B B ₃₁		B B ₃₂		B B ₃₃		B B ₃₄		B B ₃₅		B B ₃₆		B B ₃₇		B B ₃₈		B B ₃₉		B B ₄₀		B B ₄₁		B B ₄₂		B B ₄₃		B B ₄₄		B B ₄₅		B B ₄₆		B B ₄₇		B B ₄₈		B B ₄₉		B B ₅₀		B B ₅₁		B B ₅₂		B B ₅₃		B B ₅₄		B B ₅₅		B B ₅₆		B B ₅₇		B B ₅₈		B B ₅₉		B B ₆₀		B B ₆₁		B B ₆₂		B B ₆₃		B B ₆₄		B B ₆₅		B B ₆₆		B B ₆₇		B B ₆₈		B B ₆₉		B B ₇₀		B B ₇₁		B B ₇₂		B B ₇₃		B B ₇₄		B B ₇₅		B B ₇₆		B B ₇₇		B B ₇₈		B B ₇₉		B B ₈₀		B B ₈₁		B B ₈₂		B B ₈₃		B B ₈₄		B B ₈₅		B B ₈₆		B B ₈₇		B B ₈₈		B B ₈₉		B B ₉₀		B B ₉₁		B B ₉₂		B B ₉₃		B B ₉₄		B B ₉₅		B B ₉₆		B B ₉₇		B B ₉₈		B B ₉₉		B B ₁₀₀		B B ₁₀₁		B B ₁₀₂		B B ₁₀₃		B B ₁₀₄		B B ₁₀₅		B B ₁₀₆		B B ₁₀₇		B B ₁₀₈		B B ₁₀₉		B B ₁₁₀		B B ₁₁₁		B B ₁₁₂		B B ₁₁₃		B B ₁₁₄		B B ₁₁₅		B B ₁₁₆		B B ₁₁₇		B B ₁₁₈		B B ₁₁₉		B B ₁₂₀		B B ₁₂₁		B B ₁₂₂		B B ₁₂₃		B B ₁₂₄		B B ₁₂₅		B B ₁₂₆		B B ₁₂₇		B B ₁₂₈		B B ₁₂₉		B B ₁₃₀		B B ₁₃₁		B B ₁₃₂		B B ₁₃₃		B B ₁₃₄		B B ₁₃₅		B B ₁₃₆		B B ₁₃₇		B B ₁₃₈		B B ₁₃₉		B B ₁₄₀		B B ₁₄₁		B B ₁₄₂		B B ₁₄₃		B B ₁₄₄		B B ₁₄₅		B B ₁₄₆		B B ₁₄₇		B B ₁₄₈		B B ₁₄₉		B B ₁₅₀		B B ₁₅₁		B B ₁₅₂		B B ₁₅₃		B B ₁₅₄		B B ₁₅₅		B B ₁₅₆		B B ₁₅₇		B B ₁₅₈		B B ₁₅₉		B B ₁₆₀		B B ₁₆₁		B B ₁₆₂		B B ₁₆₃		B B ₁₆₄		B B ₁₆₅		B B ₁₆₆		B B ₁₆₇		B B ₁₆₈		B B ₁₆₉		B B ₁₇₀		B B ₁₇₁		B B ₁₇₂		B B ₁₇₃		B B ₁₇₄		B B ₁₇₅		B B ₁₇₆		B B ₁₇₇		B B ₁₇₈		B B ₁₇₉		B B ₁₈₀		B B ₁₈₁		B B ₁₈₂		B B ₁₈₃		B B ₁₈₄		B B ₁₈₅		B B ₁₈₆		B B ₁₈₇		B B ₁₈₈		B B ₁₈₉		B B ₁₉₀		B B ₁₉₁		B B ₁₉₂		B B ₁₉₃		B B ₁₉₄		B B ₁₉₅		B B ₁₉₆		B B ₁₉₇		B B ₁₉₈		B B ₁₉₉		B B ₂₀₀		B B ₂₀₁		B B ₂₀₂		B B ₂₀₃		B B ₂₀₄		B B ₂₀₅		B B ₂₀₆		B B ₂₀₇		B B ₂₀₈		B B ₂₀₉		B B ₂₁₀		B B ₂₁₁		B B ₂₁₂		B B ₂₁₃		B B ₂₁₄		B B ₂₁₅		B B ₂₁₆		B B ₂₁₇		B B ₂₁₈		B B ₂₁₉		B B ₂₂₀		B B ₂₂₁		B B ₂₂₂		B B ₂₂₃		B B ₂₂₄		B B ₂₂₅		B B ₂₂₆		B B ₂₂₇		B B ₂₂₈		B B ₂₂₉		B B ₂₃₀		B B ₂₃₁		B B ₂₃₂		B B ₂₃₃		B B ₂₃₄		B B ₂₃₅		B B ₂₃₆		B B ₂₃₇		B B ₂₃₈		B B ₂₃₉		B B ₂₄₀		B B ₂₄₁		B B ₂₄₂		B B ₂₄₃		B B ₂₄₄		B B ₂₄₅		B B ₂₄₆		B B ₂₄₇		B B ₂₄₈		B B ₂₄₉		B B ₂₅₀		B B ₂₅₁		B B ₂₅₂		B B ₂₅₃		B B ₂₅₄		B B ₂₅₅		B B ₂₅₆		B B ₂₅₇		B B ₂₅₈		B B ₂₅₉		B B ₂₆₀		B B ₂₆₁		B B ₂₆₂		B B ₂₆₃		B B ₂₆₄		B B ₂₆₅		B B ₂₆₆		B B ₂₆₇		B B ₂₆₈		B B ₂₆₉		B B ₂₇₀		B B ₂₇₁		B B ₂₇₂		B B ₂₇₃		B B ₂₇₄		B B ₂₇₅		B B ₂₇₆		B B ₂₇₇		B B ₂₇₈		B B ₂₇₉		B B ₂₈₀		B B ₂₈₁		B B ₂₈₂		B B ₂₈₃		B B ₂₈₄		B B ₂₈₅		B B ₂₈₆		B B ₂₈₇		B B ₂₈₈		B B ₂₈₉		B B ₂₉₀		B B ₂₉₁		B B ₂₉₂		B B ₂₉₃		B B ₂₉₄		B B ₂₉₅		B B ₂₉₆		B B ₂₉₇		B B ₂₉₈		B B ₂₉₉		B B ₃₀₀		B B ₃₀₁		B B ₃₀₂		B B ₃₀₃		B B ₃₀₄		B B ₃₀₅		B B ₃₀₆		B B ₃₀₇		B B ₃₀₈		B B ₃₀₉		B B ₃₁₀		B B ₃₁₁		B B ₃₁₂		B B ₃₁₃		B B ₃₁₄		B B ₃₁₅		B B ₃₁₆		B B ₃₁₇		B B ₃₁₈		B B ₃₁₉		B B ₃₂₀		B B ₃₂₁		B B ₃₂₂		B B ₃₂₃		B B ₃₂₄		B B ₃₂₅		B B ₃₂₆		B B ₃₂₇		B B ₃₂₈		B B ₃₂₉		B B ₃₃₀		B B ₃₃₁		B B ₃₃₂		B B ₃₃₃		B B ₃₃₄		B B ₃₃₅		B B ₃₃₆		B B ₃₃₇		B B ₃₃₈		B B ₃₃₉		B B ₃₄₀		B B ₃₄₁		B B ₃₄₂		B B ₃₄₃		B B ₃₄₄		B B ₃₄₅		B B ₃₄₆		B B ₃₄₇		B B ₃₄₈		B B ₃₄₉		B B ₃₅₀		B B ₃₅₁		B B ₃₅₂		B B ₃₅₃		B B ₃₅₄		B B ₃₅₅		B B ₃₅₆		B B ₃₅₇		B B ₃₅₈		B B ₃₅₉		B B ₃₆₀		B B ₃₆₁		B B ₃₆₂		B B ₃₆₃		B B ₃₆₄		B B ₃₆₅		B B ₃₆₆		B B ₃₆₇		B B ₃₆₈		B B ₃₆₉		B B ₃₇₀		B B ₃₇₁		B B ₃₇₂		B B ₃₇₃		B B ₃₇₄		B B ₃₇₅		B B ₃₇₆		B B ₃₇₇		B B ₃₇₈		B B ₃₇₉		B B ₃₈₀		B B ₃₈₁		B B ₃₈₂		B B ₃₈₃		B B ₃₈₄		B B ₃₈₅		B B ₃₈₆		B B ₃₈₇		B B ₃₈₈		B B ₃₈₉		B B ₃₉₀		B B ₃₉₁		B B ₃₉₂		B B ₃₉₃		B B ₃₉₄		B B ₃₉₅		B B ₃₉₆		B B ₃₉₇		B B ₃₉₈		B B ₃₉₉		B B ₄₀₀		B B ₄₀₁		B B ₄₀₂		B B ₄₀₃		B B ₄₀₄		B B ₄₀₅		B B ₄₀₆		B B ₄₀₇		B B ₄₀₈		B B ₄₀₉		B B ₄₁₀		B B ₄₁₁		B B ₄₁₂		B B ₄₁₃		B B ₄₁₄		B B ₄₁₅		B B ₄₁₆		B B ₄₁₇		B B ₄₁₈		B B ₄₁₉		B B ₄₂₀		B B ₄₂₁		B B ₄₂₂		B B ₄₂₃		B B ₄₂₄		B B ₄₂₅		B B ₄₂₆		B B ₄₂₇		B B ₄₂₈		B B ₄₂₉		B B ₄₃₀		B B ₄₃₁		B B ₄₃₂		B B ₄₃₃		B B ₄₃₄		B B ₄₃₅		B B ₄₃₆		B B ₄₃₇		B B ₄₃₈		B B ₄₃₉		B B ₄₄₀		B B ₄₄₁		B B ₄₄₂		B B ₄₄₃		B B ₄₄₄		B B ₄₄₅		B B ₄₄₆		B B ₄₄₇		B B ₄₄₈		B B ₄₄₉		B B ₄₅₀		B B ₄₅₁		B B ₄₅₂		B B ₄₅₃		B B ₄₅₄		B B ₄₅₅		B B ₄₅₆		B B ₄₅₇		B B ₄₅₈		B B ₄₅₉		B B ₄₆₀		B B ₄₆₁		B B ₄₆₂		B B ₄₆₃		B B ₄₆₄		B B ₄₆₅		B B ₄₆₆		B B ₄₆₇		B B ₄₆₈		B B ₄₆₉		B B ₄₇₀		B B ₄₇₁		B B ₄₇₂		B B ₄₇₃		B B ₄₇₄		B B ₄₇₅		B B ₄₇₆		B B ₄₇₇		B B ₄₇₈		B B ₄₇₉		B B ₄₈₀		B B ₄₈₁		B B ₄₈₂		B B ₄₈₃		B B ₄₈₄		B B ₄₈₅		B B ₄₈₆		B B ₄₈₇		B B ₄₈₈		B B ₄₈₉		B B ₄₉₀		B B ₄₉₁		B B ₄₉₂		B B ₄₉₃		B B ₄₉₄		B B ₄₉₅		B B ₄₉₆		B B ₄₉₇		B B ₄₉₈		B B ₄₉₉		B B ₅₀₀		B B ₅₀₁		B B ₅₀₂		B B ₅₀₃		B B ₅₀₄		B B ₅₀₅		B B ₅₀₆		B B ₅₀₇		B B ₅₀₈		B B ₅₀₉		B B ₅₁₀		B B ₅₁₁		B B ₅₁₂		B B ₅₁₃		B B ₅₁₄		B B ₅₁₅		B B ₅₁₆		B B ₅₁₇		B B ₅₁₈		B B ₅₁₉		B B ₅₂₀		B B ₅₂₁		B B ₅₂₂		B B ₅₂₃		B B ₅₂₄		B B ₅₂₅		B B ₅₂₆		B B ₅₂₇		B B ₅₂₈		B B ₅₂₉		B B ₅₃₀		B B ₅₃₁		B B ₅₃₂		B B ₅₃₃		B B ₅₃₄		B B ₅₃₅		B B ₅₃₆		B B ₅₃₇		B B ₅₃₈		B B ₅₃₉		B B ₅₄₀		B B ₅₄₁		B B ₅₄₂		B B ₅₄₃		B B ₅₄₄		B B ₅₄₅		B B ₅₄₆		B B ₅₄₇		B B ₅₄₈		B B ₅₄₉		B B ₅₅₀		B B ₅₅₁		B B ₅₅₂		B B ₅₅₃		B B ₅₅₄		B B ₅₅₅		B B ₅₅₆		B B ₅₅₇		B B ₅₅₈		B B ₅₅₉		B B ₅₆₀		B B ₅₆₁		B B ₅₆₂		B B ₅₆₃		B B ₅₆₄		B B ₅₆₅		B B ₅₆₆		B B ₅₆₇		B B ₅₆₈		B B ₅₆₉		B B ₅₇₀		B B ₅₇₁		B B ₅₇₂		B B ₅₇₃		B B ₅₇₄		B B ₅₇₅		B B ₅₇₆		B B ₅₇₇		B B ₅₇₈		B B ₅₇₉		B B ₅₈₀		B B ₅₈₁		B B ₅₈₂		B B ₅₈₃		B B ₅₈₄		B B ₅₈₅		B B ₅₈₆		B B ₅₈₇		B B ₅₈₈		B B ₅₈₉		B B ₅₉₀	
---	--	--	--	--	--	---	--	--------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	---------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--	-----------------------	--

Una rappresentazione percentuale della distribuzione delle singole classi di vulnerabilità è riportata nella Fig. 6.3 del volume “Elaborati cartografici”. Dal suo esame si nota che il territorio regionale è costituito per circa il 43 % da aree vulnerabili o molto vulnerabili (classi EE, E e A) e per il 23 % da zone poco vulnerabili (classi BB e B). Il resto del territorio regionale è rappresentato dai laghi (1,2%) e dalla classe M (32,1%).

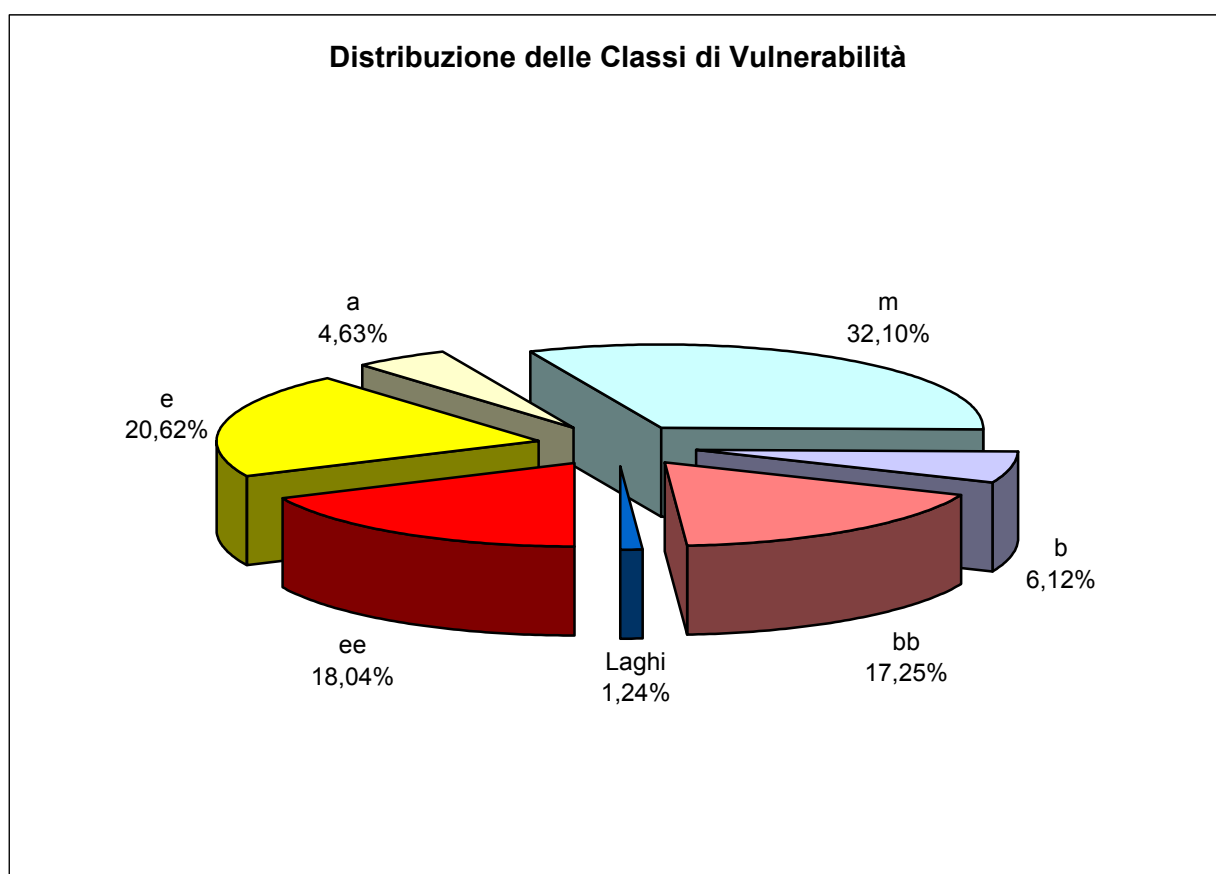


Fig. 6.3 - Distribuzione percentuale delle singole classi di vulnerabilità

Carta della vulnerabilità integrata degli acquiferi

L'introduzione di ulteriori elementi, descritti di seguito, trasforma la “Carta della Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi” nella “Carta della Vulnerabilità integrata degli acquiferi” (Fig. 6.5 – Elaborati cartografici).

Stato di inquinamento reale

Questo tematismo è rappresentato dalle aree interessate da inquinamento da nitrati di origine agricola delimitate ai sensi del decreto legislativo 11 maggio 1999 n. 152. (Dipartimento Ambiente e Protezione Civile della Regione Lazio, 2003).

Centri di pericolo

I centri di pericolo, altrimenti detti produttori reali e potenziali di inquinamento, sono definiti come *“tutte le attività che generano o possono generare e/o trasmettere un impatto sulle acque in genere e su quelle sotterranee in particolare”* (Civita M., 1994).

Gli elementi presi in considerazione sono i seguenti:

- Aree industriali e commerciali;
- Aree Urbane ad oltre 1500 metri dai collettori censiti;
- Aree Urbane;
- Vie di comunicazione;
- Siti potenzialmente contaminati.

Di seguito, per ciascuno degli elementi considerati, si riporta una sintetica descrizione di quali fonti informative sono state utilizzate, dei criteri e delle modalità seguiti per l'acquisizione e la georeferenziazione del dato e, infine, delle possibilità/previsioni di integrazione ed aggiornamento dello stesso nel breve-medio periodo.

Aree industriali e commerciali

Per queste tematiche sono stati utilizzati i dati del Corine Land Cover (Centro Interregionale, 1995) relativi ai perimetri delle aree classificate industriali e commerciali, non essendo disponibili altre fonti di dati più aggiornati. Il data base associato alla cartografia, potrà essere aggiornato mediante la semplice sostituzione del data set corrispondente, quando saranno fruibili i dati definitivi della nuova carta regionale dell'uso del suolo che fornirà un maggior contenuto informativo.

Aree Urbane ad oltre 1500 metri da collettori censiti (potenzialmente non collettate)

Con riferimento a questo sottotema (Fig. 6.4 – Elaborati cartografici) si è riscontrata un'assoluta mancanza di dati utili adeguatamente georeferenziati. Ritenendo, tuttavia, che questa tipologia di centri di pericolo possa avere una valenza particolarmente significativa in relazione alle finalità del P.T.A., si è voluto comunque realizzare una prima sommaria individuazione delle principali aree che potenzialmente rientrano in questa categoria. Tale individuazione è stata operata, in questa fase, selezionando tutte le zone di edificato urbano da Corine Land Cover che si trovano in fasce di distanza crescenti (oltre 500, 1000, 1500, 2000 m) da un qualsiasi tronco di fognatura: su tali aree si è proceduto ad eseguire una serie di verifiche “a campione” sulla base delle quali è risultato che le fasce relative ai 500 e 1000 m forniscono indicazioni scarsamente significative, soprattutto nelle grosse aree urbane.

Si è pertanto deciso di rappresentare come “aree potenzialmente sprovviste di collettamento” le porzioni di edificato urbano distanti più di 1500 m dai collettori censiti, sottolineando comunque la valenza essenzialmente “indicativa” di tale rappresentazione.

E' opportuno evidenziare che da questa elaborazione risultano mancanti i centri urbani della provincia di Rieti e di alcuni comuni della provincia di Roma in quanto non sono ancora disponibili i risultati della ricognizione effettuata dall'A.T.O. 3.

Aree Urbane e Vie di Comunicazione

Sono stati presi in considerazione i dati contenuti nel Corine Land cover.

Siti potenzialmente contaminati

Questo sottotema è stato predisposto accorpando informazioni e dati relativi a diverse tipologie di aree su cui risultano segnalate situazioni di potenziale contaminazione del suolo e del sottosuolo. Si è ritenuto opportuno, in questa fase, tener conto di tutti i dati disponibili, a prescindere da una eventuale verifica o selezione delle diverse situazioni, sia in termini di estensione, tipologia e caratteristiche del potenziale

inquinamento sia in termini di accuratezza ed affidabilità dei riferimenti geografici.

La banca dati così realizzata ha la finalità primaria di consentire una prima verifica (necessariamente “di massima”) delle eventuali interferenze tra aree oggetto di segnalazioni ed aree significative ai fini della tutela delle risorse idriche, evidenziando su quali settori andranno mirati i successivi approfondimenti, intesi come verifiche dei dati e valutazioni puntuali.

La parte più consistente della banca dati è stata realizzata utilizzando i 438 siti individuati nel “3° censimento discariche abusive” eseguito dal C.F.S. nel 2002. Al fine di rendere compatibili, con il GIS regionale, le ubicazioni dei siti si è dovuto operare una traslazione delle coordinate geografiche.

Sono stati poi riportati i 150 dati relativi alle discariche contenute in Brunamonte F. et alii (1987), individuate nell’ambito degli studi propedeutici al vecchio piano regionale dei rifiuti, del quale non è stato però possibile recuperare le originarie “schede di rilievo” e, per la georeferenziazione, si è dovuto far riferimento alla cartografia di sintesi in scala 1:200.000.

Sempre nell’ottica di realizzare un sistema “aperto” a progressive implementazioni, si è infine deciso di inserire nella banca dati anche i 106 siti individuati in seguito ad un recente censimento eseguito nell’ambito della sola Provincia di Frosinone.

Per quanto riguarda i siti oggetto delle «notifiche di potenziale inquinamento ex D.M. 471/99», l’attuale sistema di catalogazione adottato presso l’area regionale rifiuti (e le procedure istruttorie in corso sui relativi fascicoli) non consente, in questa fase, di prendere in considerazione questi dati. È stata tuttavia recentemente avviata la informatizzazione e georeferenziazione dell’intero archivio delle notifiche e si prevede che nell’arco di alcuni mesi il lavoro possa essere completato ed utilizzato per implementare la presente banca dati.

Potenziali ingestori di inquinamento

In questa categoria sono compresi fattori naturali (doline e sinkhole) ed antropici come le attività estrattive in grado di amplificare la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, diminuendo o eliminando gli effetti del potere autodepurante del terreno in quanto, ad esempio con l'attività di escavazione, vengono eliminate quelle barriere naturali che si interpongono tra gli agenti inquinanti e gli acquiferi.

Di seguito si fornisce una descrizione dei potenziali ingestori di inquinamento e/o le fonti dei dati utilizzati e/o i criteri e le modalità seguite per la georeferenziazione del dato.

1. Doline

I dati inseriti provengono da Praturlon et alii (2002).

2. Sinkhole o sprofondamenti catastrofici

Questi fenomeni, *“sono un tipo di dissesto che interessa la superficie del suolo con improvvisi e repentini collassi che avvengono nel corso di un ristretto arco di tempo (6-24 ore) e che si differenziano dalle normali forme di evoluzione carsica proprio per la loro repentinità e per le condizioni di innesco e sviluppo.”* (Capelli et alii, 2002). I Sinkhole portano all'eliminazione, in tempi brevissimi, di porzioni di terreno, diventando vie di comunicazione diretta o preferenziale con la falda. Per questo motivo si è decisa la loro introduzione tra i potenziali ingestori di inquinamento.

Tutti i dati riportati provengono dallo studio redatto da Capelli et alii (2002) nell'ambito di una convenzione tra Regione Lazio e Università Roma TRE che ha censito ed analizzato i Sinkhole presenti nel territorio regionale.

3. Attività estrattive

I dati relativi a questo tematismo provengono da tre fonti di seguito descritte congiuntamente alle fasi di analisi ed elaborazione:

- richieste di nulla osta al vincolo idrogeologico e di pareri geologici (in special modo quelle dell'area regionale di Valutazione d'Impatto

Ambientale) pervenute presso l'attuale Area Difesa del Suolo della Direzione Regionale Ambiente e Protezione Civile della Regione Lazio ed archiviate presso la stessa struttura. Nell'archivio, per quanto riguarda cave e miniere, sono presenti un totale di 406 fascicoli di cui 249 relativi al Vincolo Idrogeologico e 157 relative a richieste di parere geologico. Le 406 istruttorie si riferiscono sia all'apertura di nuove cave o miniere che all'ampliamento di quelle già esistenti.

Giacché le basi cartografiche sono estremamente variabili e molti progetti sono riferiti allo stesso sito, la prima fase del lavoro è stata quella dell'analisi dei fascicoli e della rilocalizzazione su Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 di tutti i progetti anche con l'ausilio di foto aeree. Questa fase di indagine ha portato all'individuazione di 240 siti estrattivi.

- Altri 177 siti estrattivi sono stati accertati ex novo, sia desumendo ulteriori informazioni contenute nei progetti visionati (attività estrattive ubicate nelle immediate vicinanze o in aree più lontane) sia individuando particolari conformazioni geomorfologiche o toponimi (es., cava di ...) durante la fase di rilocalizzazione su CTR.
- Terza fonte di dati sono le cartografie allegate al Piano Stralcio Rio Galeria – Magliana (D.G.R. n. 529 del 10/05/1999) che ha permesso l'aggiunta di altri 31 siti ricadenti nella Provincia di Roma.

6.2.4 - Preventori e/o riduttori di inquinamento

Si tratta di opere ed impianti destinati alla diminuzione del carico inquinante che insiste sui corpi idrici. Sono stati considerati:

- a) Discariche controllate;
- b) Depuratori collegati alle reti fognanti;
- c) Fognature;
- d) Aree di salvaguardia delle captazioni destinate al consumo umano.

Di seguito, per ciascuno degli elementi considerati, si riporta una sintetica descrizione delle fonti informative utilizzate, dei criteri e delle modalità seguiti per l'acquisizione e la georeferenziazione del dato e, infine, delle

possibilità/previsioni di integrazione ed aggiornamento dello stesso nel breve-medio periodo.

a) *Discariche controllate*

Nell'ambito di questo sottotema si è scelto di fare riferimento esclusivamente alle discariche comprese nel Piano di gestione dei rifiuti (D.G.R. 112/2002) o, comunque, utilizzate nell'ambito delle procedure emergenziali attuate dal Commissario Straordinario per i Rifiuti.

Oltre alle discariche attualmente in esercizio si è ritenuto opportuno inserire gli impianti esauriti di recente per i quali risulta regolarmente individuato un Ente/Impresa responsabile della corretta attuazione delle procedure di post-gestione.

Per quanto riguarda i numerosi siti che in passato (talvolta remoto) sono stati oggetto, più o meno abusivamente, di attività di discarica (e al riguardo dei quali le informazioni disponibili sono spesso approssimative) si è ritenuto più corretto riportarli nell'ambito delle aree potenzialmente inquinate di cui al paragrafo 6.2.2.

Al momento non risultano disponibili dati significativi in relazione alla distribuzione delle discariche per rifiuti inerti (precedentemente note come II A, per lo più autorizzate in sede comunale) che, pertanto, non sono state riportate come tali.

Si segnala infine che, con riferimento ai rifiuti pericolosi, l'unica discarica attiva sul territorio regionale è l'impianto "Guerrucci" di Civitavecchia, attiguo alla discarica per rifiuti urbani di Fosso del Prete.

b) *Depuratori*

Il sottotema è stato realizzato utilizzando esclusivamente i dati forniti dall'apposito gruppo di lavoro costituito nell'ambito di questo progetto.

c) *Fognature*

Per la realizzazione di questo sottotema (Fig. 6.4 – Elaborati cartografici) si è deciso di fare esclusivo riferimento ai dati ufficiali ricavati dal lavoro di "ricognizione" che ciascuna A.T.O. ha svolto per il proprio territorio di competenza.

Questa scelta ha consentito di utilizzare direttamente dati ed informazioni già “validati” e di evitare così una “problematica” attività di verifica sulla attendibilità delle numerose ed eterogenee informazioni provenienti da fonti diverse (progetti, relazioni descrittive, cartografie, elenchi, ecc.); Anche per questo tematismo non si hanno dati per il territorio della provincia di Rieti e per alcuni comuni della provincia di Roma, in quanto non sono ancora disponibili i risultati della ricognizione effettuata dall’A.T.O. 3.

Nel realizzare il tematismo, vista la disomogeneità dei dati forniti per i diversi ATO, si è deciso di non rappresentare né il dato “tipologico” relativo alle caratteristiche delle reti né i tratti “programmati” laddove esplicitamente indicati come tali nei dati di ricognizione. Massima cura si è prestata nel mantenere, all’interno del data base, un elevato livello di dettaglio nell’informazione includendo nelle tabelle i campi descrittivi utili a registrare le informazioni di base. Come negli altri casi la banca dati è stata comunque strutturata in modo da consentirne il rapido aggiornamento.

d) *Aree di salvaguardia delle captazioni destinate al consumo umano*

La Regione Lazio con la D.G.R. 5817 del 14.12.99, ha fornito le Linee Guida per la redazione degli studi Idrogeologici per l’individuazione delle aree di Salvaguardia delle captazioni destinate al consumo umano. La normativa prevede la realizzazione di una proposta di delimitazione effettuata dall’Ente Gestore relativa, oltre che alla zona di tutela assoluta, alle aree di rispetto e, eventualmente, di protezione in cui valgono prescrizioni di tipo diverso.

Sulle proposte di delimitazione il Servizio Geologico Regionale esprime preliminarmente un parere per gli aspetti di propria competenza. I dati inseriti rappresentano tutte le proposte di delimitazione, definitive o in itinere, finora avanzate dagli Enti Gestori. In totale sono state prese in considerazione 57 proposte di delimitazione di cui 18 già approvate dalla Giunta Regionale e 39 in corso di approvazione. Nella Carta della

Vulnerabilità integrata sono riportate con simbologie diverse le aree di protezione e di rispetto delle captazioni.

Occorre sottolineare che le proposte di delimitazione sono in numero notevolmente inferiore rispetto alle captazioni ad uso idropotabile presenti nel territorio regionale in quanto solo una piccola parte degli Enti Gestori ha presentato istanza.

Principali soggetti di inquinamento

Sono rappresentati dai pozzi e sorgenti utilizzati a scopo idropotabile illustrati nel capitolo 3.1.3.

Carta Sinottica

La parte più ponderosa delle attività svolte dai Gruppi di lavoro Idrogeologia e di Vulnerabilità è stata senz'altro la realizzazione delle carte allegate da cui è possibile trarre apprezzabili caratterizzazioni su tutti quegli elementi che trovano nel testo una dettagliata analisi. Al fine di avere un ulteriore strumento di agevole consultazione, che permetta di esaminare in modo sinottico il territorio, si è deciso di mettere in relazione alcune delle informazioni elaborate redigendo la cartografia di Fig. 7.1 del volume "Elaborati cartografici". I tematismi presi in considerazione sono i seguenti:

- **Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi;**
- **Aree a diversa infiltrazione;**
- **Copertura del soprassuolo vegetale.**

I tre prodotti che racchiudono le informazioni prima esposte sono stati così ulteriormente elaborati:

1. semplificazione delle legende come riportato nella seguente tabella:

Vulnerabilità intrinseca		Aree a diversa infiltrazione		Copertura del soprassuolo vegetale	
Molto elevata	3	Molto bassa	1	7	3
Elevata	3	Bassa	1	6	3
Alta	2	Alta	2	5	2
Media	2	Elevata	3	4	2
Bassa	1	Molto elevata	3	3	1

2. predisposizione delle informazioni, in tutte le combinazioni possibili, in modo spaziale, attraverso elaborazioni GIS di layer in formato GRID secondo il seguente schema

Vulnerabilità intrinseca	Aree a diversa ricarica	Soprassuolo vegetale	Carta sinottica
3 alta	1 bassa	2 media	3.1.2 (alta- bassa-media)
2 media	2 media	1 bassa	2.2.1 (media-media-bassa)
1 bassa	3 alta	3 alta	1.3.3 (bassa-alta-alta)

Il risultato ottenuto è la suddivisione del territorio in 27 classi in modo da offrire al pianificatore uno strumento agevole e di immediata lettura che, da un lato rispecchia alcune delle fragilità e peculiarità del territorio mettendo in evidenza, ad esempio, il ruolo svolto dalla copertura vegetale nella protezione delle acque e dall'altro, fornisce ulteriori informazioni al pianificatore sugli interventi da effettuare per la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee.

A titolo esemplificativo si descrivono di seguito le informazioni che si possono trarre dalla lettura della Carta Sinottica, relativamente ad una realtà della nostra Regione.

Nella catena carbonatica dei Volsci dotata di gradi elevati di vulnerabilità intrinseca e di infiltrazione esistono zone con ottima copertura vegetale (zone Alta-Alta-Alta) e aree con bassa copertura vegetale. Queste ultime risultano quindi, a parità di alcune condizioni geologiche, più esposte ai pericoli di inquinamento e quindi gli interventi pianificatori dovranno essere ispirati anche a questa realtà.

Conclusioni

Riteniamo che questo capitolo conclusivo possa servire oltre che per riassumere i risultati ottenuti anche per evidenziare alcune problematiche relative sia alla disponibilità di dati di base sia all'organizzazione regionale al fine di fornire elementi utili alla redazione del piano di tutela delle acque.

Il presente lavoro ha permesso di ricostruire un panorama idrogeologico regionale, aggiornato alla fine del 2003, che rappresenta, al momento attuale, l'unico prodotto che:

1. Raccoglie ed analizza le principali informazioni di carattere idrogeologico regionale;
2. Le informatizza e le rende uniformi per tutta l'area di studio;
3. Produce una cartografia della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi, finora mai prodotta per la Regione Lazio.
4. Redige, come ulteriore sintesi dell'intero lavoro, una cartografia, da noi denominata Carta sinottica, che permette una lettura immediata del territorio sotto alcuni aspetti non collegati nelle carte di vulnerabilità.

Nell'ambito della definizione della cartografia della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi, sono state redatte le seguenti cartografie tematiche originali, tutte su supporto informatico e georeferenziate:

- **Carta delle piogge e temperature mensili e annue.**
- **Carta dell'indice di aridità:** Si tratta del primo esempio di questo tipo di tematismo esteso all'intero territorio della Regione Lazio.
- **Carta ombrotermica.**
- **Carta della protezione idrogeologica in funzione della copertura vegetale.**
- **Carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi.**
- **Carta della vulnerabilità integrata degli acquiferi** contenente tematismi parzialmente e completamente originali come:

1. **Ubicazione delle cave e miniere.** La redazione di questa carta, che contiene, se non la totalità, buona parte delle cave e miniere

regionali, è il risultato di un lavoro di ricerca dati e della loro elaborazione.

2. **Aree di salvaguardia**: E' il primo esempio, a livello regionale, di cartografia riguardante questo tematismo.

3. **Sistemi fognari e dei depuratori**: Anche se questa cartografia è il risultato di un assemblamento di dati provenienti dalla ricognizione effettuate dai vari Ambiti Territoriali Ottimali e dal Comune di Roma, per la prima volta si ha a disposizione una mappatura omogenea da un punto di vista informatico (le ricognizioni sono state effettuate utilizzando 3 diversi programmi di georeferenziazione) ed estesa a tutto il territorio regionale.

▪ **Carta sinottica**: Si tratta di uno strumento utile nell'ambito della pianificazione territoriale.

In questa sede ci sembra utile sottolineare quali sono, a nostro avviso, le carenze strutturali che non permettono una puntuale definizione di alcuni aspetti quantitativi degli acquiferi regionali.

Il primo aspetto messo in evidenza in diverse parti della relazione è quello relativo alla strutturale carenza di dati idrogeologici quantitativi relativamente al territorio regionale. Questo è dovuto alla mancanza di una rete di rilevazione fissa, che registri in maniera periodica, oltre a dati di tipo idrochimico anche dati quantitativi quali i livelli piezometrici. L'importanza di una siffatta rete è alla base di una corretta gestione delle acque sotterranee in quanto possiamo considerare le raccolte dati e le relative ricostruzioni piezometriche nel territorio laziale, sporadicamente intraprese da vari Enti ed Istituti di ricerca, come serie di fotogrammi, più o meno lunghi, di un film in continua evoluzione. In altre parole, noi ci troviamo a ricostruire la superficie piezometrica regionale con gli stessi dati che avrebbe a disposizione un meteorologo che volesse ricostruire l'andamento del tempo degli ultimi decenni disponendo solo di alcuni dati relativi a qualche mese di un qualche anno senza cioè l'ausilio della rete di rilevazione periodica e continua del Servizio Idrografico e Mareografico. La Regione Lazio, solo di recente, ha iniziato, con la delibera n. 355 del 18 Aprile 2003, a porre le basi per una acquisizione

periodica di dati quantitativi su una serie di sorgenti regionali captate ad uso idropotabile, ma riteniamo necessario ed urgente, anche alla luce della continua variazione delle condizioni climatiche generali del pianeta, ampliarla con l'implementazione di una rete fissa di rilevazione dei dati idrici allargata, oltre che ad altre sorgenti, anche a pozzi.

Come conseguenza di quanto detto scaturisce l'esigenza di evidenziare un secondo aspetto, di tipo tecnico – amministrativo, collegato con l'implementazione della rete di rilevazione: la attivazione di una struttura di ambito regionale che funga da raccolta e prima elaborazione sia dei dati provenienti dalla rete di rilevazione fissa sia dei dati relativi ad altre opere idriche non direttamente registrate (ad esempio raccolta e georeferenziazione dei dati provenienti dalle strutture provinciali che censiscono i pozzi privati, informazioni sulle modalità ed i tempi di uso di pozzi pubblici ad uso idropotabile ecc.).

In definitiva si può affermare che i prodotti ottenuti devono essere considerati, per i motivi di precedenza evidenziati, non come un punto di arrivo ma, vista la complessità della materia trattata, la sua continua evoluzione e la necessità di ottenere dati di base quantitativi, come un punto di partenza per futuri aggiornamenti e approfondimenti.

Bibliografia

- AA.VV. (1988): Proposta di una normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee, *Francani V. e Civita M. Ed., Geograph*, Milano, 277 pp.
- AA.VV. (1993): Guide geologiche regionali – Lazio, *Società Geologica Italiana*, Roma, 368 pp.
- AA.VV. (2003): Analisi di vulnerabilità del territorio della Regione Lazio, *Dipartimento Ambiente e Protezione Civile della Regione Lazio*, Roma, Rapporto tecnico interno, inedito.
- Bagnouls F. & Gaussen H.I. (1957): I climi biologici e la loro classificazione. *Ann. di geogr.*, 66. Parigi.
- Blasi C. (1994): Fitoclimatologia del Lazio, *Fitosociologia*, **27**, Estratto, con appendice inedita
- Boni C. (1994): Sintesi delle conoscenze sulla struttura idrogeologica delle "Capore" per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche, ai sensi del D.P.R. 236/88.
- Boni C., Bono P., Capelli G. (1986): Carta Idrogeologica, scala 1:500.000. Schema Idrogeologico dell'Italia centrale, *Mem. Soc. Geol. It.*, **35**,
- Boni C., Bono P., Capelli G. (1988): Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio, scala 1:250.000, *Regione Lazio - Università degli Studi di Roma "La Sapienza"*, Roma, Tavola unica a colori.
- Bonifica (1990, a cura di): Relazioni monografiche delle unità idrogeologiche del Lazio meridionale e relazione di sintesi, *Regione Lazio - Consorzio Acque*.
- Brunamonte F., Cosentino D., D'Amico L., Gavasci R., Prestininzi A., Romagnoli C., (1987): Carta dei sistemi idrogeologici del Territorio della Regione Lazio, *Regione Lazio - Università degli Studi di Roma "La Sapienza"*, Roma, tavola unica a colori.
- Capelli G., Cosentino D., Messina P., Raffi R. & Ventura (1987): Modalità di ricarica e assetto strutturale dell'acquifero delle sorgenti Capore - S. Angelo (Monti Lucretili - Sabina meridionale), *Geologica Romana*, **26**, 419-447.
- Capelli G., Mazza R. (1994): Lineamenti idrogeologici dei terrazzi marini pleistocenici del Lazio settentrionale, *Geologica Romana*, **30**.
- Capelli G., Mazza R. (2003): Studi idrogeologici per la definizione degli strumenti necessari alla redazione dei piani stralcio relativi agli acquiferi vulcanici del territorio

della Regione Lazio, *Convenzione Università degli Studi "Roma Tre" - Autorità di bacino del fiume Tevere - Autorità dei bacini regionali del Lazio*.

Capelli G., Salvati R., Garelli M., Colombi A. (2002): Progetto Sinkhole del Lazio, *Regione Lazio - Università degli Studi di Roma Tre*, Roma, inedito.

Centro Interregionale (1995): Corine land cover, *Commissione Europea*. Civita M. (1987): La previsione e la prevenzione del rischio di inquinamento delle acque sotterranee a livello regionale mediante le Carte di Vulnerabilità, *Atti del Convegno "Inquinamento delle acque sotterranee: Previsione e prevenzione"*, Mantova, 9-18.

Civita M. (1992): Carta della vulnerabilità integrata dell'acquifero alimentate le sorgenti del Peschiera, in *C.N.R. – G.N.D.C.I.*, Firenze, carta inedita per conto A.C.E.A.

Civita M. (1994): Le Carte di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria e pratica, *Pitagora Ed.*, Bologna, 325 pp.

Civita M. (2000): Il Problema della vulnerabilità degli acquiferi, in: *Quaderni di ARPA Emilia Romagna, Atti del Convegno "Nitrati. Acqua e suolo da salvaguardare"*

Civita M., De Maio M. (1997): SINTACS Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia e automazione, *Pitagora Ed.*, Bologna, 191 pp.

Civita M., De Maio M. (2000): Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5, *Pitagora Ed.*, Bologna, 226 pp.

Civita M., De Maio M. (2002, a cura di): Atlante delle carte di vulnerabilità delle regioni italiane, *C.N.R. – G.N.D.C.I.*, Firenze.

Comune di Formia: Studi idrogeologici a corredo del piano regolatore di Formia;

Comune di Anzio: Studi idrogeologici a corredo del piano regolatore di Anzio;

Comune di Gaeta: Studi idrogeologici a corredo del piano regolatore di Gaeta;

Comune di Roma: Studi idrogeologici a corredo del piano regolatore di Roma (inedito);

Comune di Latina: Studi idrogeologici a corredo del piano regolatore di Latina;

Comune di Paliano: Studi idrogeologici a corredo del piano regolatore di Paliano;

Coviello M.T. , Sappa G., Tulipano L. (2002): Carta della vulnerabilità dell'acquifero di Posta Fibreno(FR), in *C.N.R. – G.N.D.C.I.*, Firenze.

De Martonne L. (1926): Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. *La metereologie*. Parigi

Idrogeocoop (1982, a cura di): Indagini idrogeologiche nell'area interna della Val Comino, *Ente Regionale per lo sviluppo agricolo del Lazio (E.R.S.A.L.)*.

Kennesey B.(1930): Lefolyasi teniezok es retenciok, *Vizugy*, Koziemenyek.

Lotti (1982, a cura di): Piano ottimale di utilizzazione delle risorse idriche del Liri – Garigliano, *Regione Lazio*.

Manfredini M. (1972): Studio idrogeologico della Piana di Rieti, *Quaderni dell'Istituto di ricerca sulle acque*, **6**, 87-122.

MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO (1976) – *Elenco delle stazioni termopluviometriche* (situazione al 1970) Pubbl. **27** del Serv. Idr. Roma.

MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO (1961) – *La carta della precipitazione media annua in Italia per il trentennio 1921-1950*. Pubbl. **24** del Serv. Idr., Fasc. XIII. Roma.

MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO (1966) – *Distribuzione della temperatura dell'aria in Italia nel trentennio 1926-1955*. Pubbl. **21** del Serv. Idr., Vol. 2 Italia Centrale. Roma.

MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO (1955a) - *Precipitazioni medie mensili ed annue per il trentennio 1921-1950*. Pubbl. **24** del Serv. Idr., Fasc. I. Roma.

MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO (1958) - *Precipitazioni medie mensili ed annue per il trentennio 1921-1950*. Pubbl. **24** del Serv. Idr., Fasc. X. Napoli .

MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO (1951-2000) - *Annali Idrologici. Ufficio Idrografico di Roma*. Parte I e II, Roma.

MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO (1921-1988) - *Annali Idrologici. Ufficio Idrografico di Napoli*. Parte I e II, Roma.

MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO (1921-1988) - *Annali Idrologici. Ufficio Idrografico di Bologna*. Parte I e II, Roma.

MIN.LL.PP.- SERVIZIO IDROGRAFICO (1921-1988) - *Annali Idrologici. Ufficio Idrografico di Pescara*. Parte I e II, Roma.

Ministero delle Risorse agricole e forestali - Corpo Forestale dello Stato (2002): “Terza indagine conoscitiva sulle discariche abusive,”

Regione Lazio: Piano stralcio delle attività estrattive per il bacino del Rio Galeria – Magliana, Legge Regione Lazio 5/5/1993 n. 27, Regione Lazio, *Dipartimento ambiente e Protezione Civile*, D.G.R. n. 529 del 10/05/1999, Roma, cartografie allegate inedite.

Praturlon A., Cecili A., Campolunghi M. P., Cinnirella A., Fabbri M., Capelli G., Mazza R., Catalano G., Meloni F. (2002): Realizzazione della Carta Litologica con elementi strutturali in formato digitale della Regione Lazio, *Regione Lazio - Università degli Studi di Roma Tre*, Roma, formato cartaceo ed digitale, inedito.

S.Te.G.A. (2001, a cura di): Studio idrogeologico del territorio provinciale, *Provincia di Viterbo*.

Sappa G., (2004a): Studi idrogeologici per la definizione degli strumenti necessari alla redazione dei piani stralcio relativi alle strutture idrogeologiche dei monti Lepini, Ausoni, Aurunci e del monte Grande e ai sistemi acquiferi della Pianura Pontina e della Piana di fondi nel territorio della Regione Lazio, *Convenzione Università degli Studi "La Sapienza" - Autorità dei bacini regionali del Lazio*, in preparazione.

Sappa G., (2004b): Proposta per l'aggiornamento del Piano Regionale Generale degli Acquedotti della Regione Lazio, *Convenzione Università degli Studi "La Sapienza" - Autorità dei bacini regionali del Lazio*, in preparazione.

Sumsel L.(1967): Sull'azione regimante ed antierosiva della foresta, in: *Accademia nazionale dei Lincei, Atti del convegno sul tema "le scienze della natura di fronte agli eventi idrogeologici"*, Quaderno n. 112.

Tardi A., Vittorini S. (1977): Il calcolo del Coefficiente di deflusso su basi fisiografiche, *Boll. Soc. Ing.*, **4**, 5-14.

Turc L., (1953): Le bilan d'eau des sols: entre le precipitations, l'évaporation et l'écoulement . *These, Justic. Rech agron*

IL MONITORAGGIO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

A cura di

E. Di Loreto, L. Liperi, F. Meloni, V. Tonelli, P. Zizzari, M. Toccaceli (Coordinatore)
A. Gerardi, P. Gallozzi, O. Sattalini, A. Sericola, G. Catalano (Coordinatore)

Il monitoraggio degli acquiferi

Come già accennato nel paragrafo 3.1.2., nel territorio della Regione Lazio è funzionante, a seguito della DGR n. 355 del 18/04/2003, una rete di monitoraggio costituita 73 sorgenti captate per uso idropotabile distribuite sul territorio regionale come mostrato nella tabella seguente.

Numero di sorgenti	Provincia
18	Frosinone
9	Latina
4	Rieti
19	Roma
23	Viterbo

La tabella seguente mostra i punti di monitoraggio raggruppati per tipologia di struttura idrogeologica di appartenenza:

Numero di sorgenti	Struttura idrogeologica
1	Sistema dei Colli Albani
5	Sistema dei monti della Marsica Occidentale
2	Sistema dei monti Nuria e Velino
8	Sistema dei monti Sabini pp, Prenestini, Cornicolani e Ruffi
3	Acquifero minore del fiume Sacco
16	Gruppo dei monti Simbruini, Ernici, Cairo e delle Mainarde
2	Sistema delle Capore
26	Gruppo dei monti Vulsini, Cimini e Sabatini

Numero di sorgenti	Struttura idrogeologica
6	Sistema dei monti Ausoni e Aurunci
1	Acquifero minore della valle del Farfa
3	Sistema dei monti Lepini

A distanza di circa un anno dalla istituzione della rete di monitoraggio, è possibile effettuare un primo bilancio che mette in evidenza la presenza di alcune lacune riguardanti lo svolgimento delle attività di misurazione e la distribuzione areale e la frequenza dei punti di campionamento. Tali lacune verranno analizzate nei paragrafi successivi.

Considerazioni sulle attività di monitoraggio e loro eventuale modifica

La DGR n. 355 del 18/04/2003 assegna all'A.R.P.A.(Agenzia Regionale per Protezione dell'Ambiente) le misurazioni sulla qualità delle acque mentre quelle relative alla portata delle sorgenti sono in carico all'Ente Gestore della captazione.

Purtroppo, mentre l'ARPA ha ormai avviato con regolarità il monitoraggio di sua competenza nessun Ente Gestore non ha mai eseguito ed inviato alla Regione le misure di portata.

Questa situazione di inefficienza potrebbe essere superata grazie alla disponibilità operativa dell'Ufficio Idrografico e Mareografico, da poco facente parte dell'organico alla Regione Lazio, che ha, tra le proprie competenze istituzionali, anche l'esecuzione di questo tipo di monitoraggi. Infatti, attualmente l'Ufficio Idrografico e Mareografico oltre ad effettuare il monitoraggio meteo-pluvio - idrometrico dell'intero territorio regionale sia con strumentazione in telemisura in tempo reale sia con strumentazione con acquisizione automatica e restituzione differita dei dati, svolge sistematiche campagne di misura di portata correntometriche, con determinazione delle scale di deflusso

Ampliamento della rete di monitoraggio

I recenti studi eseguiti dall'A.B.T. (Autorità di Bacino del Tevere) e dall'A.B.R. (Autorità dei Bacini Regionali), nell'ambito del P.U.C. (Piano di Utilizzo Compatibile delle risorse) e le elaborazioni eseguite all'interno della presente relazione, consentono di proporre un ampliamento dell'attuale rete di monitoraggio che è legata, come già affermato in precedenza, esclusivamente alle captazioni destinate al consumo umano. Questa limitazione ha comportato l'esclusione di importanti sorgenti non captate e/o una scarsa quantità di punti di osservazione in certe aree.

Le aree in cui dovranno essere localizzati nuovi punti di osservazione dovranno rispondere ad una o più delle seguenti caratteristiche:

1. Zone di margine;
2. Strutture idrogeologiche ed eventuali bacini quando delimitati;
3. Aree delimitate ad elevata o molto elevata vulnerabilità intrinseca dell'acquifero
4. Aree delimitate come critiche e di attenzione nel P.U.C.;
5. Aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili;
6. Aree classificate vulnerabili ai nitrati;
7. Aree dei bacini estrattivi in via di delimitazione nell'ambito delle attività del P.R.A.E.;

In riferimento agli elementi sopraelencati va tenuto conto anche delle seguenti condizioni:

- Le aree ed i relativi punti dovranno essere scelti in modo da assicurare una densità omogenea e la rappresentatività delle idrostrutture;
- le aree ad elevata vulnerabilità e quelle che presentano situazioni critiche dovranno essere caratterizzate da una densità di punti più elevata rispetto alle altre;

I nuovi punti di monitoraggio saranno costituiti da sorgenti, pozzi e pizometri. Nel caso in cui si sia in presenza di pozzi o piezometri essi potranno essere di due tipi:

- già esistenti realizzati nell'ambito di campagne geologiche s.l. precedenti o per scopi diversi da quelli della rete di monitoraggio (pozzi domestici, pozzi antincendio, pozzi non utilizzati frequentemente da comuni o enti acquedottistici ecc.). In questo caso dovrà essere effettuato una dettagliata analisi del punto d'acqua e delle situazioni logistiche al contorno che accertino la sua idoneità allo scopo. Questo tipo di punto di monitoraggio ha il vantaggio di essere economicamente conveniente ma non necessariamente quello di una buona ubicazione
- nuovi pozzi o piezometri dedicati: Questi punti sono decisamente meno convenienti economicamente ma sono molto affidabili da un punto di vista scientifico in quanto è sempre possibile attrezzare una stazione completa, anche automatica.

La rete di monitoraggio futura sarà un sistema misto che comprenderà, oltre ovviamente alle sorgenti, pozzi esistenti e dedicati. Giacché la rete di monitoraggio sarà qualcosa che verrà effettuato per gradi compatibilmente anche con le condizioni di bilancio, in un primo tempo possono essere preferiti, oltre a sorgenti puntuali o lineari, pozzi o piezometri già esistenti.

Nuovi punti di monitoraggio già individuati

Come sopra specificato, in base ai nuovi studi già realizzati, è possibile al momento proporre alcuni nuovi punti di campionamento dei dati quantitativi che integrano l'attuale rete, che di seguito sono elencati (Fig.1):

1. **Sorgente La Nova (Sorgente lineare fosso Olpeta – Ischia di Castro)** – La sorgente, che rappresenta una preziosa risorsa attualmente non utilizzata di circa 600 l/s, è localizzata al margine di un complesso lavico ubicate all'interno della Selva del Lamone nei monti Vulsini.
2. **Sorgente Santa Susanna**- Questa sorgente non captata, ubicata nella piana reatina, ha una portata di circa 5000 l/s ed è una delle emergenza della idrostruttura denominata Sistema del Monte Terminillo;

3. **Sorgente Lago di San Giorgio a Liri** - Questa sorgente non captata, ubicata lungo la valle del fiume Liri, ha una portata di circa 800 litri/secondo ed è una delle emergenza della idrostruttura denominata Unità di Monte Maio;
4. **Piezometro di Castel Fusano (Roma)** - Questo piezometro è stato recentemente realizzato a seguito dell'incendio che ha devastato la pineta di Castelfusano. Può rappresentare un valido punto di osservazione in quanto si trova in un'area non antropizzata direttamente a valle di un settore che registra negli ultimi anni sensibili abbassamenti della falda (Convegno ABT – Maggio 2003 – M. Bucci et alii);
5. **Piezometro di Sermoneta (Provincia di Latina)** - Questo piezometro è stato recentemente realizzato a seguito degli studi eseguiti dalla Facoltà di Scienze della Terra della Università di Roma Tre, finalizzati alla individuazione di aree soggette ai fenomeni catastrofici di tipo Sinkhole. L'ubicazione ed il contesto geologico in cui è inserito e la numerosa attrezzatura di cui è fornito il piezometro lo rende un valido punto di osservazione sia per le caratteristiche chimiche e sia per le misurazioni del livello statico della falda;
6. **Pozzi della discarica di Cecchina (Albano)** - I pozzi della discarica, situati negli acquiferi vulcanici del Sistema dei Colli Albani, potrebbero essere utilizzati come punti di monitoraggio in quanto sono ubicati in una delle zone classificate recentemente nel PUC come area critica;
7. **Pozzi della discarica di Cupinoro (Bracciano)** – I pozzi della discarica, ubicati nel Gruppo dei monti vulcanici Sabatini, disporrebbero della caratteristiche per essere impiegati come punti di monitoraggio in quanto sono posizionati a valle di una zona classificata recentemente nel PUC come area critica;
8. **Pozzi della discarica di Casale Bussi (Viterbo)** - I pozzi della discarica sono ubicati in prossimità di una zona individuata recentemente nel PUC come area critica;
9. **Pozzo località Porciano (Ferentino)** – E' un pozzo a fini idropotabili che sta per essere realizzato dalla XII Comunità montana e, se opportunamente attrezzato, potrebbe essere un valido sito per monitorare un acquifero profondo. La idrostruttura in cui insiste è quella del Gruppo

dei monti Simbruini, Ernici, Cairo e delle Mainarde, in una zona con scarse informazioni idrogeologiche;

10. Pozzo località prato di Campoli (Veroli) – E' un pozzo a fini idropotabili che dovrà essere eseguito dalla XII Comunità montana che potrebbe costituire un altro valido punto di osservazione del Gruppo dei monti Simbruini, Ernici, Cairo e delle Mainarde,;

Metodi di monitoraggio

– Per quanto riguarda il monitoraggio delle sorgenti e/o dei pozzi di emungimento si sono individuati i seguenti criteri in linea con le disposizioni di cui all'art. 22, comma 3 del d.lgs 152/1999.

– **Sorgenti captate (grandi derivazioni):** a cura del concessionario, su prescrizione dell'Ufficio Idrografico e Mareografico Regionale, sono installati e mantenuti in regolare stato di funzionamento idonei dispositivi per la misurazione delle portate e dei volumi della derivazione in corrispondenza del punto di prelievo e, ove presente, di restituzione. Le misure sono effettuate in continuo, con cadenza di acquisizione temporale giornaliera da definire in funzione delle caratteristiche della sorgente in modo da ottenere un valore medio giornaliero significativo. I dati sono trasmessi con periodicità trimestrale all'Ufficio Idrografico e Mareografico Regionale che provvede alla validazione, inserimento in banca dati e pubblicazione degli stessi negli annali idrologici.

– **Sorgenti non captate:** sono condotte, a cura dell'Ufficio Idrografico e Mareografico Regionale, misure di portata correntometrica rispettando il regime idrologico annuo. I dati relativi alle misure di portata sono inseriti in banca dati e pubblicati negli annali idrologici.

– **Pozzi (grandi derivazioni):** a cura del concessionario, su prescrizione dell'Ufficio Idrografico e Mareografico Regionale, sono installati e mantenuti in regolare stato di funzionamento idonei dispositivi per la misurazione delle portate e dei volumi emunti. Le misure sono effettuate in continuo in modo da ottenere un valore medio giornaliero significativo in relazione alle modalità di emungimento. I dati sono

trasmessi con periodicità trimestrale all'Ufficio Idrografico e Mareografico Regionale che provvede alla validazione, inserimento in banca dati e pubblicazione degli stessi negli annali idrologici.

Il monitoraggio degli acquiferi sotterranei viene condotto preferibilmente ricorrendo a sensori di livello piezometrici da ubicare in idonee perforazioni, ai quali viene abbinata anche la contemporanea misura della temperatura ed, eventualmente, della conducibilità. Le misure sono effettuate in continuo, con cadenza temporale programmabile da 0.5 h a 24 h e acquisizione temporanea locale su memoria non volatile; i dati sono scaricati con periodicità almeno quadrimestrale a cura dell'Ufficio Idrografico e Mareografico Regionale che provvede alla validazione, archiviazione in banca dati e pubblicazione degli stessi negli annali idrologici.

Si evidenzia che, per quanto riguarda il monitoraggio degli acquiferi tramite piezometri e/o pozzi è necessario, a seguito dell'accettazione della attuale proposta, che le autorità competenti e l'Ufficio Idrografico e Mareografico Regionale, incaricato delle attività di monitoraggio, siano autorizzati all'accesso nei siti di misura.

Le autorità competenti, l'Ufficio Idrografico e Mareografico Regionale insieme alla struttura regionale competente in materia di tutela delle acque, eseguono sopralluoghi congiunti al fine di ottenere un prodotto valido e di qualità.

Tutti i dati acquisiti e validati confluiscono all'interno del SIRA e sono inviati periodicamente alle rispettive autorità di bacino.

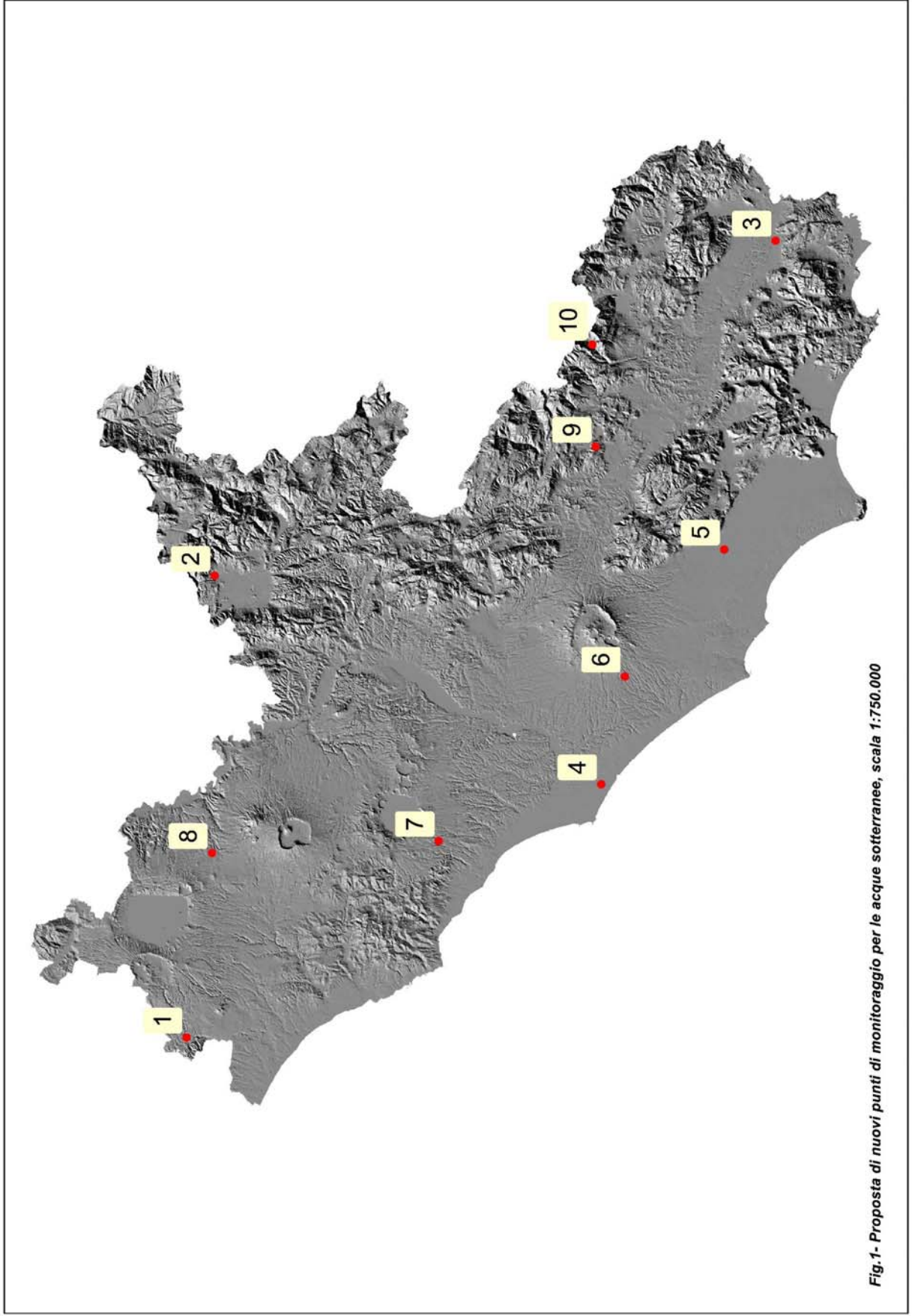


Fig.1- Proposta di nuovi punti di monitoraggio per le acque sotterranee, scala 1:750.000