

Pianificare un Ecosistema Territoriale

APPUNTI DI LABORATORIO

Sommario

INTRODUZIONE

Dal funzionalismo alla pianificazione territorialista	5
-------------------------------------------------------------	---

CAPITOLO I - LA COSTRUZIONE DEL QUADRO CONOSCITIVO

1.1 - L'ecosistema territoriale	13
1.2 - Elementi di analisi dell'ecosistema territoriale	20
2.1 - Il clima ed il territorio	22
2.1.1 - Indici e classificazioni climatiche.....	23
2.1.2 - Il cambiamento climatico.....	26
2.2 - Il ciclo dell'acqua	28
2.1.1 - Il metodo del "bilancio inverso"	29
2.3 - Gli ecosistemi forestali	32
2.3.1 - I trattamenti della fustaia	32
2.3.2 - I trattamenti del ceduo.....	36
2.3.3 - Il ceduo composto.....	37
2.3.4 - La conversione del ceduo in fustaia.....	38
2.3.5 - I tipi forestali.....	39

CAPITOLO II - L'ANALISI DEI SISTEMI ANTROPIZZATI

1.0 - Dalla città compatta alla tipologia edilizia	50
1.1 - La città del XIX secolo	55
1.1.1 - Parigi – Haussmann	55
1.1.2 - Amsterdam – Berlage.....	59
1.1.3 - Le Havre – Perret.....	61
1.2 - La città per parti	63
1.2.1 - Bath – Wood (Senior e Junior)	63
1.2.2 - Cité Industrielle – Garnier	65
1.3.1 - La città a crescita illimitata.....	67
1.3.2 - Barcellona – Cerdà	69
1.4 - La città possibile	71
1.4.1 - Letchworth, Hampstead –Unwin	72
1.4.2 - Chandigarh - Le Corbusier	73
1.5 - Dalla città all'alloggio	79
Parte.....	79
Tipo.....	81
Alloggio.....	83
1.6 - Dalla periferia al periferico	85
Civitas vs urbs.....	85
Collage.....	86
Descrivere.....	87
Immaginare	88
Figure.....	88

1.7 - Un passo indietro: l'analisi tipo –morfologica	92
2.0 - Il metodo proposto	95
2.1 - Gli studi di Christopher Alexander	97
2.1.1 - Concetti di ordine, wholeness, living centers	97
2.1.2 - Le quindici proprietà	98
2.1.3 - I patterns ed il linguaggio.....	102
2.1.4 - Applicazione del metodo	103
3.0 - L'approccio alla pianificazione rurale.....	142
3.1- L'agroecosistema.	146
3.2 - L'ecotopo.....	148
3.4 - La valutazione della biodiversità dell'agroecosistema	151

Dal funzionalismo alla pianificazione territorialista

Iacopo Bernetti - Claudio Saragosa 23.10.2015

L'urbanistica funzionalista, quella della crescita illimitata dell'urbano a discapito del territorio anche rurale, ha avuto, ormai da anni, una battuta di arresto. In questi anni si è lavorato molto per superare questo modello di pianificazione riscoprendo la dimensione profonda del territorio. La pianificazione funzionalista considerava il territorio non molto di più che un semplice supporto per le attività di produzione e di riproduzione della forza lavoro. Per quanto poi si sia complessificata, la pianificazione ancora era legata alle determinazioni della Carta di Atene in cui si statuisce che, in estrema sintesi, la organizzazione del territorio dovesse passare da l'organizzazione di funzioni primarie: il muoversi, il risiedere, il lavorare, il rigenerarsi. Da qui una serie di zone che componevano la città: le zone residenziali, le zone industriali, le zone a servizi, le aree destinate alle infrastrutture e, residue, (quasi in negativo come fossero aree in cui venisse inibita la trasformazione) le aree agricole e forestali. La pianificazione, strettamente legata alla crescita infinita della società industriale fordista e di quella post-industriale, si basava appunto sulla proiezione futura della crescita della popolazione, della propria organizzazione familiare, delle proprie attività lavorative (primarie, secondarie, terziarie), ecc. Il territorio era il supporto isotropo di tale crescita futura e doveva rispondere essenzialmente, non con le sue qualità intrinseche (i propri cicli

idrogeologici, la complessità ecosistemica, le caratteristiche storiche delle proprie comunità, ecc), ma come semplicemente supporto di attività del ciclo produzione-riproduzione-consumo nel ciclo economico.

Con gli ultimi decenni del XX secolo, questa pianificazione apparve inadeguata a risolvere i problemi che l'ideologia della crescita illimitata stava producendo. La crisi ecologica, diretta conseguenza dell'incapacità di gestire le relazioni di squilibrio con la Terra che il modello di produzione-consumo stava generando (sia nelle società capitaliste, che in quelle del socialismo reale), portò a far emergere con forza il concetto di sviluppo sostenibile che ebbe la sua definizione più completa nel 1987 con il rapporto Brundtland del WCED¹. Si trattava quindi di ridisegnare il futuro tenendo ora conto sia dei cicli ecologici che supportavano necessariamente la struttura e il funzionamento di quella pellicola vitale che avvolgeva la Terra chiamata biosfera; sia delle connotazioni che i territori avevano assunto nei lunghi processi che nella storia lo avevano plasmato; sia dei caratteri delle comunità insediate, non lette più come massa da plasmare, ma come quel corpo vitale capace di sviluppare le energie necessarie alla costruzione di nuovi equilibri territoriali. Dalla fine del XX secolo ad oggi si sviluppano quindi una serie di approcci allo sviluppo sostenibile del territorio.

Rimandando ad alcuni testi specifici per approfondire il tema², mi pare opportuno ricordare il modello di pianificazione elaborato soprattutto da Alberto Magnaghi e cercare di definire alcuni temi comuni con il pensiero, sviluppato in America, da Christopher Alexander nel lavoro degli ultimi anni. Inizio riprendendo³ alcuni concetti, fra questi il concetto di

¹ WCED 1987, *Our Common Future*, Report of World Commission on Environment and Development, New York, Oxford University Press.

² In particolare: MAGNAGHI A., *Il progetto locale. Verso la coscienza di luogo*, Bollati Boringhieri, Torino, 2010; MAGNAGHI A. (a cura di), *La regola e il progetto. Un approccio bioregionalista alla pianificazione territoriale*, Firenze University Press, Firenze, 2014.

³ SARAGOSA C., *La città tra passato e futuro. Un percorso critico sulla via di biopoli*, Donzelli, Roma, 2011, capitolo V, pag. 337-340.

formazione del soggetto ad alta complessità detto territorio che assomiglia con quello che Alexander chiamerà la *Wholeness*.

Il territorio si forma con un processo che agisce con *cicli successivi di civiltà*, mediante *atti territorializzanti*, con i quali si depositano strutture materiali e si produce cultura locale. L'accumularsi nella *lunga durata* di tali atti mette a disposizione dei successivi interventi situazioni sempre diverse perché ad ogni ciclo di territorializzazione si verificherà una *massa territoriale* più complessa, più materia trasformata e più informazioni densificate. Angelo Turco sintetizza così:

«la *territorializzazione* è dunque un grande processo, in virtù del quale lo spazio incorpora valore antropologico; quest'ultimo non si aggiunge alle proprietà fisiche ma le assorbe, le rimodella e le mette in circolo in forme e funzioni variamente culturalizzate, irricognoscibili ad un'analisi puramente naturalistica dell'ambiente geografico»⁴.

Il territorio dunque è dato dall'accumularsi nel tempo di azioni coevolutive fra uomo e ambiente; questo processo plasma la superficie terrestre rendendola unica, dandole un carattere specifico, una propria personalità. Nel tempo quindi si forma territorio e sapienza nell'edificarlo, configurazioni che garantiscono identità ai luoghi. Ma il *processo di territorializzazione* non prevede una freccia evolutiva continua: non avviene una sempre e costante accumulazione di materia plasmata/informazione. Il processo piuttosto avviene secondo il modello proposto da Claude Raffestin⁵ che comprende periodi di *territorializzazione* (accumulo di *massa*

territoriale), di *deteritorializzazione* (distruzione di processi coevolutivi), di *riterritorializzazione* (ripresa del processo di accumulo).

Ogni ciclo di territorializzazione si produce rielaborando il processo avvenuto in precedenza, arricchisce, come dice Magnaghi, la *conoscenza delle regole genetiche*:

«l'interazione fra i successivi atti territorializzanti determina in ogni luogo la *massa territoriale* che è costituita dall'accumulo storico di atti territorializzanti di diversa natura [...] che nel loro insieme ne determinano il valore. La *massa territoriale*, nei suoi caratteri qualitativi e quantitativi, indica dunque il valore potenziale del patrimonio territoriale e le sue peculiarità per gli usi futuri»⁶. In ogni ciclo territorializzante stratifica nuovi sedimenti.

Magnaghi li classifica in due grandi (fondamentali) tipi: sedimenti cognitivi (suddivisi in sedimenti di *sapienza ambientale*⁷ e *sedimenti identitari*⁸) e *sedimenti materiali*⁹.

Ma questo processo di accumulo, di sedimentazione, può essere interrotto. Nella storia di un territorio possono verificarsi momenti di crisi in cui si perde la continuità evolutiva e l'accumulazione costante di sedimento territoriale:

«non si dà dunque continuità, evoluzione lineare nell'impianto territoriale, nelle gerarchie, nei nodi, nelle reti, nell'uso del suolo e delle risorse; ogni

⁶ MAGNAGHI A. (a cura di) (2001), Rappresentare i luoghi... op. cit., pag. 24.

⁷ «Riguardano saperi relativi ai processi coevolutivi della comunità insediata con l'ambiente, che possono costituire un patrimonio importante per la riqualificazione ambientale e la proposizione di modelli di ecosviluppo». MAGNAGHI A. (a cura di) (2001), Rappresentare i luoghi... op. cit., pag. 30.

⁸ «Riguardano saperi relativi alla presenza di modelli socioculturali di lunga durata». MAGNAGHI A. (a cura di) (2001), Rappresentare i luoghi... op. cit., pag. 31.

⁹ «Si tratta di tutti gli elementi di memoria reificata nel paesaggio urbano e rurale che vengono sussunti (e reinterpretati, anche con usi diversi) nella cultura e nella vita quotidiana del ciclo di territorializzazione successivo e si connotano dunque come permanenze (invarianze dei manufatti in più cicli di territorializzazione) o persistenze (trasformazioni con persistenza di alcuni elementi posizionali e tipologici)». MAGNAGHI A. (a cura di) (2001), Rappresentare i luoghi... op. cit., pag. 31.

⁴ TURCO A. (1988), Verso una teoria... op. cit., pag. 76.

Secondo Turco il processo si esplica attraverso alcuni atti fondamentali: il controllo simbolico o denominazione; il controllo pratico o reificazione; il controllo sensivo o strutturazione. «La denominazione costituisce il primo atto di presa di possesso (simbolica) di uno spazio naturale indicandolo con un attributo di senso e di posizione; la reificazione è la trasformazione concreta della materia naturale in insediamento costruito; la strutturazione indica il sistema di relazioni e gerarchie che identificano il funzionamento dell'insediamento». MAGNAGHI A. (a cura di) (2001), Rappresentare i luoghi... op. cit., pag. 19.

⁵ RAFFESTIN C., Per una geografia... , 1981 op. cit.

deterritorializzazione è un evento catastrofico, destrutturante, anche in forme distruttive e violente, dell'ordine territoriale precedente»¹⁰.

Nella storia di qualsiasi territorio possono accadere processi destrutturanti, cioè momenti in cui la territorializzazione precedente non diviene più fattore operante per impostare nuovo dispiegamento di complessità territoriale. Ciò avviene, per esempio, nel momento in cui una civiltà decade per far posto a momenti di incertezza civile, come avvenne nel tempo in cui la civiltà romana lasciò il passo all'emergere dell'evo di mezzo.

Per Magnaghi anche oggi siamo di fronte ad un processo de-territorializzante, ma la forma dell'attuale de-territorializzazione è in qualche modo diversa rispetto ad altre avvenute. Oggi abbiamo un ciclo infatti che è reso autonomo da quelli precedenti, c'è:

«un crescente divorzio fra natura e cultura indotto dalle regole della modernizzazione e della costruzione di una seconda natura artificiale. Il territorio viene trattato come un mero supporto di un sistema di attività economiche insediate secondo regole astratte dalla natura, dalla qualità e dall'identità dei luoghi. Attività che trovano le ragioni della propria valorizzazione nei rapporti fra uomo e macchinario marginalizzando la relazione uomo società natura»¹¹.

Oggi non c'è più il recupero dei sedimenti cognitivi e materiali del passato, anzi c'è la loro negazione e il processo si esplica producendo fenomeni quali la *de-contestualizzazione*¹² e il *degrado*¹³.

¹⁰ Idib., pag. 29.

¹¹ Idib., pag. 32. «L'inessenzialità del terreno e della sua fertilità per coltivare, la donazione di sementi e esseri viventi, la sostituzione dello spazio pubblico urbano con la piazza telematica del ciberspazio, sono alcuni esempi del processo di deterritorializzazione "tecnologica" senza ritorno, nelle visioni dei teorici dell'ottimismo tecnologico». MAGNAGHI A. (a cura di) (2001), *Rappresentare i luoghi...* op. cit., pag. 32.

¹² «La *de-contestualizzazione* evidenzia gli aspetti morfologici della distruzione delle identità paesaggistiche operata dalla rottura, nelle modalità insediative, del *rapporto sinergico attivo* fra comunità insediate e ambiente; clima, vegetazione, suolo, orografia, acque, struttura geomorfologica...; un rapporto *interattivo* attraverso il quale si formano il carattere, l'identità, l'unicità (percepibili nel paesaggio) dei luoghi e delle città e delle società. Rapporti sostituiti dalla omologazione e indifferenza ai contesti

Questo metodo di ricostruzione dei cicli di formazione del territorio ha una qualche assonanza con il procedimento di Alexander specialmente quando l'autore parla delle *structure-preserving transformations*, e delle *structure-destroying transformations*. Ovviamente si parte da ricerche completamente diverse e forse da visioni diverse (territoriali-sociali, la prima, morfogenetiche, la seconda).

Definito il concetto di territorio e della sua evoluzione nel tempo, si riprende ora lo schema della pianificazione secondo la scuola territorialista. Lo schema rappresentato di seguito vede come concetto fondamentale quello di patrimonio territoriale dato dall'intrecciarsi, lungamente, dei vari processi di territorializzazione sopra, sinteticamente, esposti. Come dice Magnaghi, la descrizione del *patrimonio territoriale* è fondamentale per la ricostruzione di un nuovo equilibrio fra l'uomo e la Terra che lo ospita.

La valorizzazione del patrimonio diviene quindi

«l'elemento fondativo del progetto di sviluppo locale, costituisce la sintesi delle analisi storiche del processo di territorializzazione, che si sostanziano nei sedimenti cognitivi (sapienza ambientale, modelli socioculturali e identitari, saperi produttivi) che costituiscono il *milieu*; e nei sedimenti materiali che denotano il tipo territoriale e il paesaggio: i neoeosistemi ambientali descritti nelle loro strutture e funzioni, le persistenze e le permanenze di manufatti, di infrastrutture territoriali, di tipologie urbane ed edilizie, di tessuti agrari, di regole morfologiche, di modalità di accrescimento

delle tecniche costruttive, dei materiali, delle tipologie edilizie, urbane, rurali, dei modelli abitativi e di consumo, ecc.». MAGNAGHI A. (a cura di) (2001), *Rappresentare i luoghi...* op. cit., pag. 34.

¹³ «Il *degrado* pone l'accento sulla rottura di equilibri ambientali, dovuto all'eccesso di carico antropico sull'ambiente e alla dissipazione e distruzione di risorse non rinnovabili: distruzione di risorse limitate (aria, acqua, suolo, vegetazione, sottosuolo ecc.); crisi (o collasso) dei sistemi ambientali, accumulo di rifiuti per l'interruzione dei cicli biologici, desertificazione di ecosistemi, interruzione delle reti ecologiche, interclusione degli spazi aperti, inquinamento e alterazioni climatiche e microclimatiche; il degrado è anche riferito al disagio sociale, nelle sue correlazioni con le finalità d'uso delle risorse che provocano il degrado ambientale». MAGNAGHI A. (a cura di) (2001), *Rappresentare i luoghi...* op. cit., pag. 34.

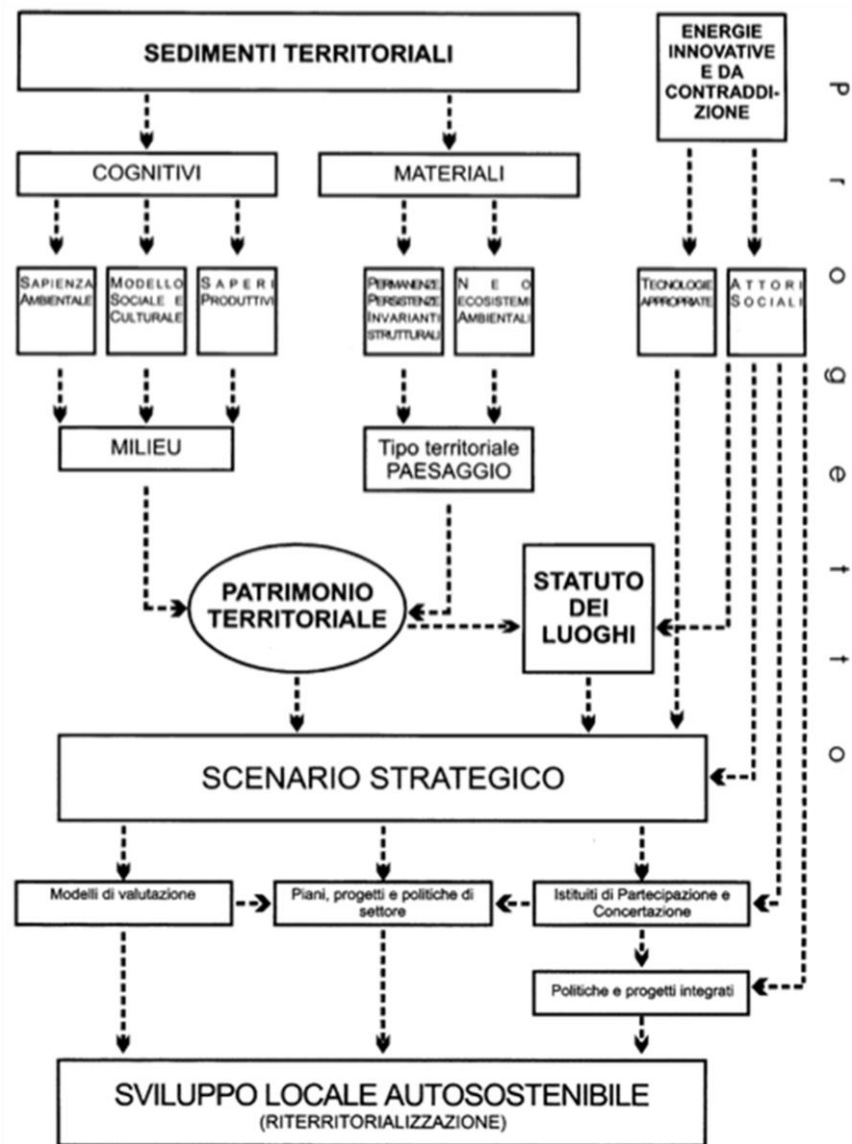
della massa territoriale attraverso i cicli TDR compongono la descrizione del tipo territoriale di lunga durata e i caratteri paesistici puntuali che denotano l'individualità del luogo in quanto "personalizzazione" del tipo territoriale»¹⁴.

Dall'incrociarsi del patrimonio territoriale con le *energie innovative e da contraddizione presenti in un determinato luogo* si produce, secondo Magnaghi, *lo statuto del territorio*:

«una descrizione "densa" e socialmente condivisa dell'identità dei luoghi attraverso la quale si definiscono le *invarianti strutturali* e le regole della trasformazione territoriale coerenti con la valorizzazione del patrimonio»¹⁵.

Le *invarianti strutturali* sono così definite:

«elementi (beni, tipi territoriali, relazioni fra sistemi territoriali e ambientali, ecc.) strutturanti il territorio, la sua identità, la sua salute, la sua qualità, il suo paesaggio, il suo potenziale come risorsa patrimoniale durevole». Dovrebbero quindi indicare «i caratteri identitari [dei] "beni", costituenti il valore di un luogo, rispetto ai quali caratterizzare direttive, prescrizioni, azioni per la tutela e la valorizzazione secondo obiettivi [...] riferiti alla sostenibilità dello sviluppo, dal momento che è la permanenza e la durevolezza di tali caratteri a costituire l'indicatore principale della sostenibilità». L'applicazione delle invarianti al progetto, dice ancora Magnaghi, «configura un corpus normativo che si qualifica più come sistema di regole condivise per la trasformazione (innovazione) che come corpus di vincoli per la conservazione. Il criterio generale che dovrebbe sovraintendere alla formazione del corpus di regole dello statuto consiste nel finalizzare la trasformazione all'aumento di valore del patrimonio territoriale in modo durevole, assumendo che questo aumento di valore (produzione di qualità territoriale, anziché consumo di territorio) costituisca l'indicatore principale di sostenibilità dello sviluppo»¹⁶.



¹⁴ Rappresentare i luoghi pag. 31

¹⁵ Rappresentare i luoghi pag. 31

¹⁶ Rappresentare i luoghi pag. 32

Nello schema di Magnaghi rendere operative le invarianti all'interno del patrimonio individuato (anche per ricucire le sue lacerazioni cioè le criticità) significa costruire uno scenario strategico di *sviluppo autosostenibile*:

«lo scenario strategico, tenendo conto della patologia territoriale, dell'identità del patrimonio territoriale, dei soggetti attivabili per la sua valorizzazione, delle regole della trasformazione definite dallo statuto dei luoghi, definisce gli orizzonti e i contenuti della riterritorializzazione e le tipologie di intervento coerenti con l'inversione dello stato patologico e l'attivazione di sistemi insediativi autosostenibili»¹⁷.

In altri testi¹⁸ ho provato a creare un ponte fra l'apporto dei tipologi italiani e il loro concetto di tipo, l'apporto degli americani come Alexander e Lynch con il loro concetto di pattern e di modello, e il concetto di invariante quale sistema di relazioni che, sia nel campo della gestione dei flussi (approccio ecologico) che nel campo della generazione delle forme (approccio morfologico), tiene insieme l'identità di un soggetto urbano, rurale, territoriale. Questo dispiegarsi dei tipi o dei pattern genera una configurazione dello spazio che dovrebbe garantire la qualità morfologica ed ecologica del luogo.

¹⁷ Rappresentare i luoghi pag. «Lo scenario strategico è un progetto territoriale, che si configura come costruzione coerente di un'immagine di trasformazione complessiva e di lungo periodo del luogo. Lo scenario ha esplicitamente una forte componente utopica, non è un documento operativo, né normativo, vincolistico, ma ha invece lo scopo di fornire un indirizzo generale, una razionalità comune, alle azioni specifiche che lo dovrebbero mettere in atto. Il progetto territoriale strategico, in altri termini, ha prima di ogni altra cosa il valore di documento culturale, occasione intorno a cui costruire comunicazione sociale, far emergere, dialogare e anche scontrare interessi e aspettative di trasformazione. Esso costituisce un'occasione per denotare, selezionare e valorizzare gli attori politici, economici, culturali portatori di energie innovative, per costruire gli enti per la messa in moto del processo di trasformazione. [...] Questa immagine, come è rappresentato nello schema di figura 4, costituisce una guida per la definizione di specifici progetti di settore, di piani territoriali e urbanistici, di programmi socioeconomici, di progetti pilota integrati, capace di dare loro coerenza in un quadro relazionale; di valutare le singole azioni, piani, politiche secondo il loro grado di sinergia rispetto alla realizzazione dello scenario strategico stesso». Rappresentare i luoghi pag.

¹⁸ SARAGOSA C., *La città tra passato e futuro. Un percorso critico sulla via di biopoli*, Donzelli, Roma, 2011

Un percorso che ci aiuta a capire il percorso metodologico del modo in cui una *invariante strutturale* (che caratterizza un tipo o un pattern) si dispiega nella realtà a configurare lo spazio, è quello descritto da Christopher Alexander nei suoi ultimi anni di lavoro da *A pattern language*¹⁹ e *The timeless way of building*²⁰, fino ad arrivare agli ultimi testi raccolti nell'enciclopedica opera chiamata *The nature of order. An essay on the art of building and the nature of the universe*²¹.

Il metodo proposto da Alexander individua un processo orientato non solo alla progettazione e nuova costruzione, ma anche alla pianificazione ed al recupero/restauro territoriale. Attraverso il concetto di *living center*, il campo applicativo del metodo proposto oltre che a strade, piazze ed edifici, può (potenzialmente) essere applicato anche agli oggetti della natura (ad esempio, ai fini della salvaguardia e conservazione della bellezza degli alberi), alla commistione di oggetti naturali e manufatti (strade, giardini, campi coltivati, ecc.). Infatti, nell'applicazione del metodo, non prevalgono solo aspetti progettuali volti alla realizzazione di nuove costruzioni, ma anche attività di evoluzione sostenibile delle attività umane sul territorio. Anche se il concetto stesso di benessere sembra essere inerente soprattutto alla bellezza delle strutture create dall'uomo, deve essere riferito anche alla qualità ecologica e, conseguentemente, anche alla qualità della vita legata ad altri sensi oltre a quello del gusto (p.e. qualità della alimentazione). Per questo il metodo proposto può suggerire spunti interessanti per ricercare regole progettuali sufficientemente flessibili certamente per le aree dense di costruzioni ma anche per la pianificazione del territorio rurale.

¹⁹ ALEXANDER C., ISHIKAWA S., SILVERSTEIN M., *A pattern language*, Oxford University Press, New York, 1977.

²⁰ ALEXANDER C., *The timeless way of building*, Oxford University Press, New York, 1979.

²¹ ALEXANDER C., *The nature of order. An essay on the art of building and the nature of the universe. Book one. The phenomenon of life, The Center for Environmental Structure, Berkeley.* Alexander C. (2003), *Book two. The process of creating life, The Center for Environmental Structure, Berkeley.* Alexander C. (2004), *Book three, A Vision of a Living World, The Center for Environmental Structure, Berkeley.* Alexander C. (2003), *Book four. The Luminous Ground, Center for Environmental Structure, Berkeley.*

Questo è oltretutto facilitato dal fatto che i concetti generali di *living center*, *wholness* e *pattern language* riescono a sintetizzare in modo efficace ambiti concettuali comuni sia nella pianificazione urbanistica che in quella rurale.

Alexander tratta di alcuni concetti di cui possiamo dare solo una sintetica descrizione e fra questi il concetto di grado di vita, di *wholness*, di *living center*. Il principio guida della pianificazione secondo Alexander sembra essere proprio il grado di vita (*degree of life*) che in definitiva potrebbe essere interpretato come la capacità che ha lo spazio che ci circonda di influenzare (positivamente in misura maggiore o minore) la qualità della vita (*a happy everyday life*) dell'individuo (o più generalmente degli esseri viventi). Il concetto di *wholness* costituisce un interessante completamento del concetto di benessere, in quanto considera esplicitamente la capacità che ha la qualità dello spazio di influire sulla sensibilità umana generando sensazioni istintivamente positive (*Wholness and feeling are two side of a single reality*).

Secondo Alexander la *wholness* è composta da *living center*. I centri sono inoltre caratterizzati da riflessività e recursività, secondo una organizzazione scalare. Tale organizzazione scalare non è solo descrittiva, ma anche mutua cooperazione e integrazione. *"Each functional 'problem' is solved by cooperation and integration of center..."*.

Quando i *living center* si dispiegano ad arricchire una *wholness* che caratterizza la materia-spazio, di solito, lo fanno tenendo di conto di regole geometriche definite da Alexander quali le proprietà geometriche fondamentali. Alexander ne individua una quindicina che i centri devono possedere in parte nel momento in cui, dispiegandosi, possano risolvere quel campo di forza esistente nella *wholness*. Nel momento in cui i centri si dispiegano secondo le quindici proprietà geometriche i centri stessi si rafforzino mutuamente: diventano centri viventi e realizzano di conseguenza uno spazio caratterizzato da *wholness* ancora più profonda.

Insomma le proprietà rappresentano il modo con cui i centri possono (mutualmente) incrementare la *wholness*.

Le proprietà hanno un carattere prettamente geometrico e spaziale e sono "indissolubilmente legate alla sensibilità umana". La presenza di alcune di queste proprietà consente di percepire *una happiness/comforting/profound wholesomeness*. Quindi in definitiva la percezione da parte dell'individuo di una forma dello spazio in cui si esplicano (in modo naturale o costruito) le quindici proprietà contribuisce al suo benessere (... *nourishes freedom of the spirit in human being*).

Secondo Alexander il processo di dispiegamento dei centri che danno profondità alla *wholness* avviene secondo una serie di passaggi ben definiti. Questi passaggi vengono raccolti dall'autore in quello che definisce il processo fondamentale: *the process of creating life*, cioè il processo per dare vita, non solo ecologica anche e soprattutto morfologica, allo spazio che ci circonda. In sintesi il processo fondamentale per la creazione della vita che fa evolvere la *wholness* per Alexander deve prevedere i seguenti passaggi:

1. Ad ogni istante del processo corrisponde uno specifico stadio evolutivo della struttura, della *wholness*: cioè del sistema dei centri, delle loro connessioni e dei loro gradi di vita.
2. Innanzitutto occorre considerare la *wholness* complessiva, cioè alla grande scala, sia attuale che latente.
3. E' importante individuare dove la struttura spaziale appare più debole, soprattutto in termini di completezza, di coerenza e in relazione alla sua capacità di suscitare sentimenti ed emozioni.
4. Si individuano i centri latenti nel 'tutto'. Non si tratta dei centri ben stabili che sono già presenti nella struttura; si tratta piuttosto dei centri che sono presenti in forma attenuata, che sembrano essere all'origine dell'attuale assenza di vita, di *wholness* (o quantomeno, che sembrano concorrere a tale assenza).
5. Si procede ad operare su uno di questi centri. Il centro può essere grande, medio o piccolo.

6. Si applicano le trasformazioni che preservano la struttura, facendo uso delle quindici proprietà dei centri, utilizzate singolarmente o in combinazione, per differenziare e rafforzare la struttura (ovverosia la *wholeness*).
7. Come risultato del processo di differenziazione prenderanno vita nuovi centri. La creazione dei nuovi centri estende la presenza delle quindici proprietà nel contesto.
8. In particolare, risulterà accresciuta l'intensità di alcuni centri, grandi e piccoli. Come risultato di questa differenziazione la struttura sarà complessivamente più forte, meglio definita e più coerente: in altri termini il suo grado di vita sarà maggiore.
9. Occorre verificare se ciò sia vero e se la presunta crescita di vita abbia avuto effettivamente luogo.
10. Inoltre, occorre verificare che la differenziazione attuata per il centro in questione sia la più semplice possibile.
11. Si ritorna all'inizio del ciclo e si ripercorrono i passi del processo.

I pattern si devono individuare, per Alexander, come living center che, per interagire nella *wholeness*, devono seguire il processo fondamentale per la creazione della vita. Come ogni organismo anche il territorio (nelle sue componenti urbane e rurali) sviluppa la sua complessità ed assume una sua interezza (*wholeness*) che per essere arricchita (come un processo di territorializzazione che aggiunge complessità al territorio con il quale interagisce) deve svolgersi secondo il processo fondamentale più sopra descritto in sintesi. I pattern (o i tipi) assumono per ogni individuo territoriale (come se fossero un set genetico) alcune proprie caratteristiche. Infatti i pattern si generano nella relazione (di morfogenesi appunto) fra uomo e spazio geografico, sulla base di informazioni che in parte sono orientate a risolvere problemi comuni del vivere umano (archetipi), in parte derivano dalla cultura del luogo e del tempo.

La combinazione e successione e la varietà dei pattern nello spazio costituisce il linguaggio dei pattern (*pattern language*). I pattern sono quindi, nella pianificazione territoriale (rurale e urbana) lo strumento tramite il quale è possibile aumentare la *wholness* facendo dispiegare i living center mediante le linee di dispiegamento tracciate dalle 15 proprietà, o, se vogliamo utilizzare il linguaggio della scuola territorialista

italiana, innescare un processi di ri-territorializzazione capace di produrre patrimonio territoriale aggiuntivo.

I pattern possono essere individuati tramite l'analisi delle "soluzioni totali o parziali che sono state date nel tempo" (massa territoriale, sedimenti cognitivi) "a problemi riscontrati in precedenza ... sotto forma di schemi codificati prestabiliti". Questi pattern sono continuamente aggiornati nel momento in cui, dispiegandosi, entrano in contatto come una *wholeness* di volta in volta diversa. Contestualizzandosi vanno a risolvere nuovi problemi ed accumulano, nella propria memoria, la soluzione al problema che hanno, di volta in volta, nel confronto con la *wholeness* locale, incontrato e risolto. Il pattern dispiegandosi si contestualizza e si arricchisce nella ricorsività dell'applicazione del processo fondamentale

descritto in precedenza. Alexander osserva che è possibile generare il futuro dal presente: in particolare, afferma che a partire dall'osservazione della cultura – come è oggi – si può arguire in quale direzione la cultura stessa potrebbe evolvere: "è possibile ricavare nuovi pattern, idonei a creare la struttura del contesto presente e futuro, a partire dalla *wholeness* della cultura esistente". A questi pattern, creati ex novo, se ne potranno aggiungere altri più consolidati, ricavati dalle tradizioni antiche che sono ancora vive nella cultura attuale, dopo averli eventualmente riaggiornati.

Da questo reciproco fertilizzarsi di diverse approcci disciplinare sta emergendo un nuovo modo di vedere la pianificazione che superando le criticità del funzionalismo meccanicista si spinge verso la ricomposizione dei cicli ecologici autorigeneratisi della biosfera e verso una morfologica capace di arricchire la qualità territoriale (la *wholeness* esistente) in modo tale da indurre negli uomini un nuovo senso di appartenenza ai propri ambienti insediativi locali e di appagamento percettivo.

Alexander propone molti esempi di come applicare nelle costruzioni e nei tessuti urbani il processo fondamentale di generazione del processo fondamentale per la morfogenesi o, nella metafora dell'autore, nella

creazione di nuova vita ²². Lo sforzo di questo testo è quello di costruire un processo di arricchimento del patrimonio territoriale anche per le parti di territorio meno dense di configurazioni urbane e più dense di configurazioni spaziale destinate a gestire i cicli di rigenerazione e produzione di energia anche di tipo alimentare, cioè, insomma, il rurale. La trattazione di questo tema, avverrà per l'urbano, il rurale, il territoriale nel capitolo 2.

²² Vedi: ALEXANDER C. (2004), The nature of order. An essay on the art of building and the nature of the universe, Book three, A Vision of a Living World, The Center for Environmental Structure, Berkeley.

PARTE I

LA COSTRUZIONE DEL QUADRO CONOSCITIVO

1.1

L'ecosistema territoriale

Prima di fare delle valutazioni relative al tema della dinamica dello sviluppo della società umana in relazione alle condizioni di equilibrio con il proprio sistema ambientale di riferimento, credo sia ancora necessario dare una sintetica descrizione del concetto di Ecosistema Territoriale²³.

Possiamo sintetizzare il modello concettuale dell'Ecosistema Territoriale pensando alla definizione data da Odum al tema dell'ecosistema: un Ecosistema è dato dall'Ambiente di Entrata, dal Sistema considerato, dall'Ambiente di Uscita²⁴. Occupandoci di insediamento umano, per noi il sistema considerato è da individuarsi nell'insediamento stesso e gli ambienti di entrata e di uscita sono da determinarsi nelle aree del territorio aperto da cui l'insediamento trae le risorse fondamentali per la propria vita ed espelle i propri rifiuti.

²³ Vedi anche: SARAGOSA C., "L'ecosistema territoriale: verso il progetto ecologico dell'insediamento umano", in Magnaghi A. (a cura di), *Il territorio degli abitanti. Società locali e autosostenibilità*, DUNOD-Masson, Milano, 1998;

SARAGOSA C., "L'Ecosistema Territoriale e la sua base ambientale", in Magnaghi A. (a cura di), *Rappresentare i luoghi. Metodi e tecniche*, Alinea Editrice, Firenze, 2001.

²⁴ $AE + S + AU = \text{Ecosistema}$, vedi Odum E.P., *Basi di ecologia*, Picci, Padova, 1988.

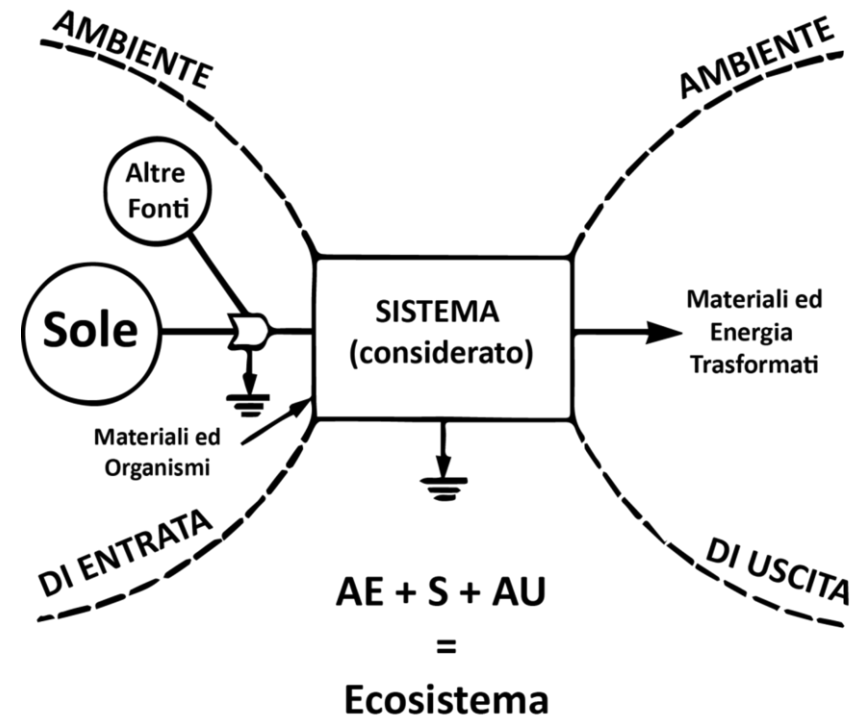


Figura 1 - Rapporto tra ecosistema ed ambiente esterno (Odum, 1984)

Con l'Ecosistema Territoriale ci sembra utile iniziare a legare la teoria di Odum²⁵ ad un altro percorso di ricerca: quello dell'impronta ecologica²⁶. Si può quindi pensare ad un sistema (l'insediamento umano) che è fortemente correlato ad ambienti di origine delle proprie risorse vitali e di destinazione dei propri rifiuti, insediamento, quindi, che produce un'impronta su un'area della Terra.

²⁵ ODUM E.P., *Ecologia*, Zanichelli, Bologna, 1984

²⁶ WACKERNAGEL M., REES W.E., *L'impronta ecologica. Come ridurre l'impatto dell'uomo sulla terra*, Edizioni Ambiente, Milano, 1996

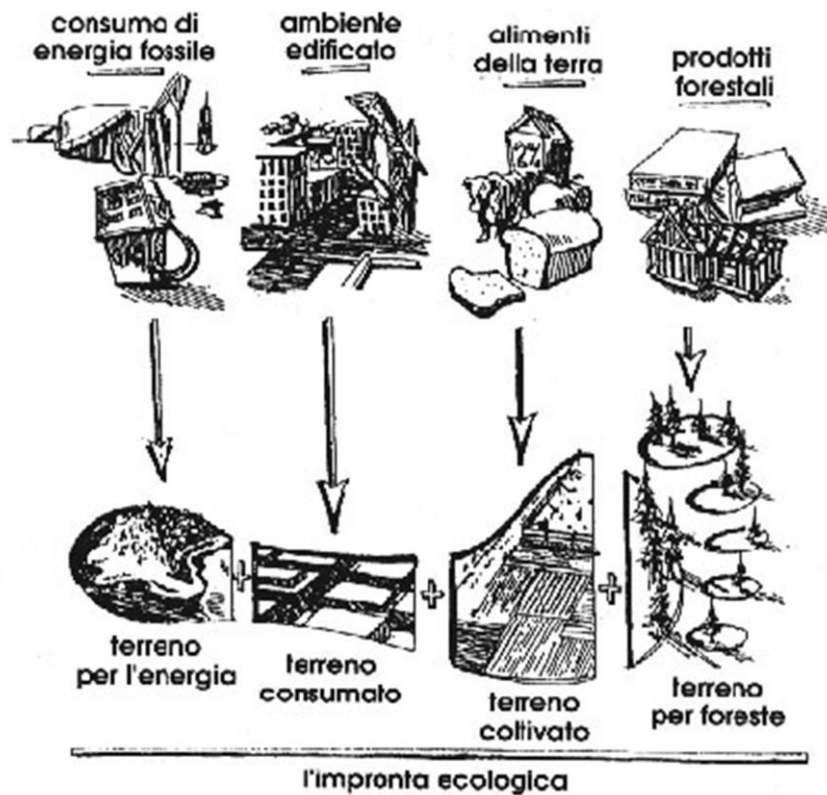


Figura 2 - Esprimere i consumi in superficie di terra produttiva. La produzione e l'uso di ogni bene e servizio dipendono da vari tipi di produttività ecologica. Queste produttività ecologiche possono essere espresse in una equivalente superficie di terreno. Sommando il terreno richiesto per tutte le categorie significative di consumo e di rifiuti si ottiene come risultato l'Impronta Ecologica totale della popolazione di riferimento. (Wackernagel, Rees, 1996)

Questa impronta può essere concettuale ma, il più delle volte, ha una dimensione squisitamente spaziale. Utilizzando lo strumento concettuale dell'Ecosistema Territoriale è utile cercare di legare il problema della sostenibilità dell'insediamento umano²⁷ alla questione della gestione degli ambienti di origine-destinazione (quindi dell'impronta ecologica)

²⁷ sia intergenerazionale, che interregionale.

dell'insediamento considerato. Questo approccio (sia dal punto di vista dell'analisi, che dal punto di vista del progetto) è uno dei principali nodi problematici dell'urbanista contemporanea.

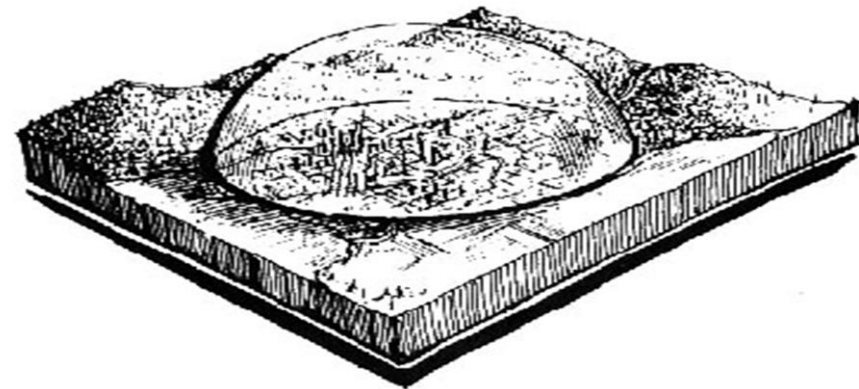


Figura 3 - La cupola di vetro ideale che rappresenta il territorio perché una città possa sopravvivere basandosi solo sugli ecosistemi presenti

Il modello concettuale dell'Ecosistema Territoriale propone all'urbanista un campo sterminato di problemi concettuali e pratici per la ricostruzione dell'insediamento umano sostenibile per il futuro.

L'approccio dell'Ecosistema Territoriale non produce soluzioni preconfezionate per l'insediamento umano sostenibile, ma soltanto percorsi di ricerca su cui fondare una serie indeterminata di soluzioni progettuali. Sempre dal punto di vista concettuale, possiamo costruire una metafora dell'insediamento umano sostenibile prodotta dall'Ecosistema Territoriale. Possiamo pensare all'insediamento sostenibile come se fosse un *sistema vivente*.

Per F. Capra i sistemi viventi sono identificati dalle "tre dimensioni concettuali di schema, struttura e processo. In estrema sintesi, ciò che [propone Capra] è di interpretare l'autopoiesi, definita da Maturana e Varela, come lo schema della vita (cioè come lo schema di organizzazione dei sistemi viventi); la

struttura dissipativa, definita da Prigogine, come la struttura dei sistemi viventi; e la cognizione, definita inizialmente da Gregory Bateson e in modo più completo da Maturana e Varela, come il processo della vita²⁸.

Anche l'insediamento umano sostenibile che stiamo concettualmente delineando ha il suo schema di organizzazione interna di tipo *autopoietico*. Per Maturana e Varela l'*autopoiesi* è una rete di

« processi di produzione, in cui la funzione di ogni componente è quella di partecipare alla produzione o alla trasformazione di altri componenti della rete. In questo modo, l'intera rete *produce continuamente se stessa*. Viene prodotta dai suoi componenti e a sua volta produce i componenti. *Nei sistemi viventi* spiegano gli autori *il prodotto del loro operare è la loro propria organizzazione* »²⁹.

Ogni insediamento sostenibile, inserito nei propri ambienti, ha una propria configurazione interna che riproduce continuamente se stessa in un processo continuo (qualora non scattino, ovviamente, meccanismi di necrosi).

I processi *autopoietici* evocano una chiusura organizzativa interna, mentre ogni sistema vivente (e metaforicamente l'insediamento sostenibile che stiamo osservando) è un sistema aperto attraversato continuamente da flussi di materia-energia. La caratteristica di un sistema vivente, come sappiamo, è di essere allo stesso tempo aperto e chiuso: un sistema vivente

« è strutturalmente aperto, ma organizzativamente chiuso. La materia fluisce di continuo attraverso il sistema e tuttavia esso mantiene una forma stabile, e lo fa in modo autonomo per mezzo dell'auto-organizzazione »³⁰.

L'insediamento sostenibile non può che essere un sistema aperto attraversato continuamente da flussi di materia-energia ed informazioni. Ma per mantenere la propria organizzazione interna, la propria

configurazione che ne mantiene l'identità e le caratteristiche vitali, deve anche garantirsi la continua rigenerazione della rete dei processi *autopoietici*. In altri testi³¹ abbiamo visto in quale modo poter utilizzare alcuni concetti elaborati dall'ecologia anche per le nostre problematiche insediative. Secondo Prigogine

« le *strutture dissipative* sono isole di ordine in un mare di disordine, che mantengono e addirittura accrescono il proprio ordine a spese di un maggiore disordine del loro ambiente. Per esempio, gli organismi viventi assumono strutture ordinate (il cibo) dal loro ambiente, le utilizzano come risorse per il proprio metabolismo ed eliminano strutture dotate di minor ordine (gli scarti). In tal modo l'ordine «galleggia nel disordine», per usare le parole di Prigogine, mentre l'entropia totale continua ad aumentare in armonia con la seconda legge »³².

Appare evidente come i concetti di *schema autopoietico* e di *struttura dissipativa* sono strettamente interrelati fra loro: in sintesi, l'autopoiesi è un insieme di relazioni tra *processi* di produzione; una struttura dissipativa è una combinazione di *processi* metabolici e di sviluppo, ma, secondo la sintesi di Capra, entrambe le due precedenti definizioni dei processi vitali, debbono essere correlate con un altro principio interpretativo quello dei processi cognitivi:

« nella teoria dei sistemi viventi che sta emergendo, il processo della vita - la continua materializzazione di uno schema autopoietico in una struttura dissipativa - si identifica con la cognizione, il processo della conoscenza [...]. Le interazioni di un organismo vivente - vegetale, animale o umano - con il suo ambiente sono interazioni cognitive, ossia mentali³³. Sottolineiamo ancora come, per Maturana e Varela, ogni sistema vivente interagisce con il suo ambiente attraverso un accoppiamento strutturale, "cioè attraverso interazioni ricorrenti, ognuna delle quali innesca modifiche strutturali nel sistema »³⁴.

²⁸ CAPRA F., *La rete della vita. Una nuova visione della natura e della scienza*, Rizzoli, Milano, 1997, pag. 180-181.

²⁹ *Ibid.*, pag. 115.

³⁰ *Ibid.*, pag. 189.

³¹ Fra i tanti AA.VV.

³² CAPRA F. (1997), *La rete della vita... op. cit.*, pag. 210-211.

³³ *Ibid.*, pag. 192-193.

³⁴ *Ibid.*, pag. 243.

All'interno di questa ricostruzione sintetica del modello concettuale, nella fase di definizione di questa nostra metafora dei sistemi insediativi come sistemi viventi, è strategico sottolineare l'importanza del processo cognitivo precedentemente indicato. Infatti appare evidente che sia possibile definire la configurazione identitaria di cui si compone un insediamento (vorrei definire questa asserzione quale la *fisionomia* dell'insediamento), così come sembra chiaro che sia possibile definire la struttura dissipativa di un insediamento (vorrei definire questa asserzione quale la *fisiologia* dell'insediamento), ora diviene determinante cercare di definire anche il processo di apprendimento che ogni esperienza insediativa produce nella propria interrelazione complessa con il proprio ambiente di riferimento. Sappiamo che ogni organismo vivente risponde alle influenze ambientali con cambiamenti strutturali e tali cambiamenti faranno variare il comportamento dell'organismo nel futuro. In altre parole, un sistema *strutturalmente accoppiato* è un sistema che apprende: i cambiamenti strutturali in risposta all'ambiente (l'adattamento, l'apprendimento e lo sviluppo) ci permettono di definire intelligente il suo comportamento.

Per Maturana e Varela « l'ambiente può essere visto come un continuo *selettore* dei cambiamenti strutturali che l'organismo subisce nella sua ontogenesi »³⁵. Da qui la conseguenza che l'adattamento è reciproco: ambiente e organismi viventi *coevolvono*. Come afferma James Lovelock: « l'evoluzione degli organismi è così strettamente accoppiata all'evoluzione del loro ambiente che insieme costituiscono un unico processo evolutivo »³⁶.

Secondo Maturana e Varela, come abbiamo già visto, un sistema autopoietico, sebbene subisca continue modificazioni strutturali, conserva al contempo il proprio schema organizzativo a rete, la propria identità:

« In altre parole, esso è accoppiato *strutturalmente* al suo ambiente per mezzo di interazioni ricorrenti, ciascuna delle quali innesca cambiamenti

strutturali nel sistema. Tuttavia il sistema vivente è autonomo. L'ambiente si limita a innescare le modifiche strutturali; esso non le specifica né le dirige»³⁷.

Grazie a ciò, i sistemi viventi specificano *quali perturbazioni* provenienti dall'ambiente innescano i propri *cambiamenti strutturali*. Visto che per la teoria di Santiago tali cambiamenti consistono in atti cognitivi, specificando quali perturbazioni provenienti dall'ambiente innescano cambiamenti, il sistema «*genera un mondo*», per dirla con le parole di Maturana e Varela.

« La cognizione, allora, non è una rappresentazione di un mondo che esiste indipendentemente, ma è piuttosto una continua *generazione di un mondo* tramite il processo della vita. Le interazioni di un sistema vivente con il suo ambiente sono interazioni cognitive, e il processo stesso della vita è un processo di cognizione. *Vivere*, scrivono Maturana e Varela, è *conoscere*»³⁸.

Insomma nella teoria di Santiago l'organismo non reagisce agli stimoli ambientali per mezzo di una catena lineare di causa ed effetto, ma risponde con cambiamenti strutturali nella sua rete autopoietica non lineare, chiusa dal punto di vista organizzativo; ciò permette all'organismo di continuare a vivere nel suo ambiente conservando la propria organizzazione. La conseguenza di ciò è che la cognizione non è una rappresentazione di un mondo indipendente, piuttosto la *generazione di un mondo*.

« Ciò che viene generato da un particolare organismo nel processo della vita non è *il mondo* ma *un mondo*, un mondo che dipende sempre dalla struttura dell'organismo»³⁹.

Insomma la teoria dei sistemi autopoietici di Maturana e Varela

« intende contrastare il prevalere di un'idea semplificata della rappresentazione come «duplicato» della realtà e di un atteggiamento, ad essa strettamente associato, di inerte passività nei confronti di un mondo esterno, i cui stimoli vengono caricati di una forza semantica che ridimensiona e impoverisce, fino ad annullarlo del tutto, il ruolo di mediazione e di costruzione dei significati dell'interpretazione degli agenti

³⁵ MATURANA H.R., VARELA F.J., *L'albero della conoscenza*, Garzanti, Milano, 1992, pag. 97-98.

³⁶ LOVELOCK J.E., *Healing Gaia*, Harmond Books, New York, 1991, pag. 99.

³⁷ CAPRA F. (1997), *La rete della vita... op. cit.*, pag. 294.

³⁸ *Ibid.*, pag. 295.

³⁹ *Ibid.*, pag. 298.

umani. Contro questa concezione essa esalta la capacità delle organizzazioni biologiche e cognitive di *produrre* e di «*informare*» (nel senso di conferire forma e ordine) l'ambiente circostante, come dominio di distinzione inscindibile dalla struttura incarnata del sistema medesimo, anziché limitarsi a rappresentarlo e rifletterlo »⁴⁰.

Per dare una visione semplificata, ma speriamo efficace, immaginiamo un sistema insediativo immerso in un proprio ambiente. Il sistema ha una propria *configurazione* interna prodotta dal continuo lavoro di *struttura dissipativa* connessa ad un ambiente da cui trae le risorse negentropiche per poter svolgere le proprie funzioni vitali. In un insediamento umano l'ambiente esterno in origine risulta dato (la natura originaria). Il sistema insediativo si sviluppa in *accoppiamento strutturale* con tale ambiente producendo un sistema complesso di regole di utilizzazione della natura originaria. Il sistema genera quindi un processo complesso di *apprendimento* delle modalità di adattamento e uso dell'ambiente limitrofo che col tempo evolve con il sistema stesso. Se tutto ciò ha un senso nella sfera concettuale che cosa può succedere empiricamente? Se si scende dalla sfera della generalizzazione dei fenomeni alla sfera dell'osservazione del mondo empirico, sappiamo che, parlando di sistemi insediativi, non possiamo che tener conto del fatto che ogni esperienza è un caso unico: una particolare configurazione, una speciale struttura *dissipativa*, un singolare *accoppiamento strutturale* che produce uno speciale processo di *apprendimento*. Ogni esperienza insediativa infatti si produce partendo almeno da una natura originaria che in ogni punto della sfera terrestre risulta diversa dalle altre. Se pensiamo ad un insediamento che procede gettando radici in un ambiente di riferimento non possiamo che pensare che questo ambiente non abbia una struttura e un funzionamento specifico, unico. Risulta quindi necessario, per ragionare sui nostri Ecosistemi Territoriali, iniziare a valutare concretamente i caratteri strutturali e funzionali di quegli ambienti di riferimento dei sistemi

insediativi utilizzando i metodi molto raffinati che sono stati prodotti nel tempo a partire dai primi osservatori settecenteschi fino a giungere alle più evolute scuole di analisi ambientali contemporanee.

Infatti non sembra sufficiente argomentare le problematiche dello sviluppo sostenibile dell'insediamento umano soltanto utilizzando gli approcci astratti come quello dell'impronta ecologica. L'Ecosistema Territoriale, così come abbiamo voluto impostarlo, parte da concetti astratti ma immediatamente dopo si imbatte nella concretezza del sistema ambientale: le caratteristiche materiali di quel sistema base dell'insediamento umano. Ogni insediamento umano può evolversi positivamente solo interpretando i caratteri ambientali originari.

Nella storia si sono prodotte ecologie complesse di carattere territoriale (*Ecosistemi Territoriali*) in cui il connubio uomo-ambiente ha acquistato uno spessore straordinario. In cui, cioè, l'*accoppiamento strutturale* fra insediamento e ambiente ha prodotto una coevoluzione speciale, profonda, penetrante: ogni insediamento, proprio confrontandosi con una parte specifica della pellicola vitale della Terra, ha *generato* un proprio *mondo* singolare. L'insediamento, quindi, per trovare le proprie risorse materiali, energetiche, informazionali, ha tessuto squisite e complesse relazioni ecologiche: ha prodotto le proprie impronte territoriali, costruito il proprio spazio ambientale.

É necessario ora ricordare che quello che chiamiamo ambiente (o sistema ambientale), *accoppiato strutturalmente* con il nostro insediamento, non deve essere letto come un oggetto statico.

Infatti quell'ente ha sì caratteri descrivibili in modo statico (la rappresentazione nello spazio degli oggetti e la loro varia composizione), ma soprattutto caratteri dinamici funzionali (le relazioni reciproche fra i vari elementi e le loro evoluzioni nel tempo).

⁴⁰ TAGLIAGAMBE S., «L'urbanistica, la complessità e la "dematerializzazione"», in SCANDURRA E., MACCHI S. (a cura di), *Ambiente e pianificazione. Lessico per le scienze urbane e territoriali*, Etaslibri, Milano, 1995.

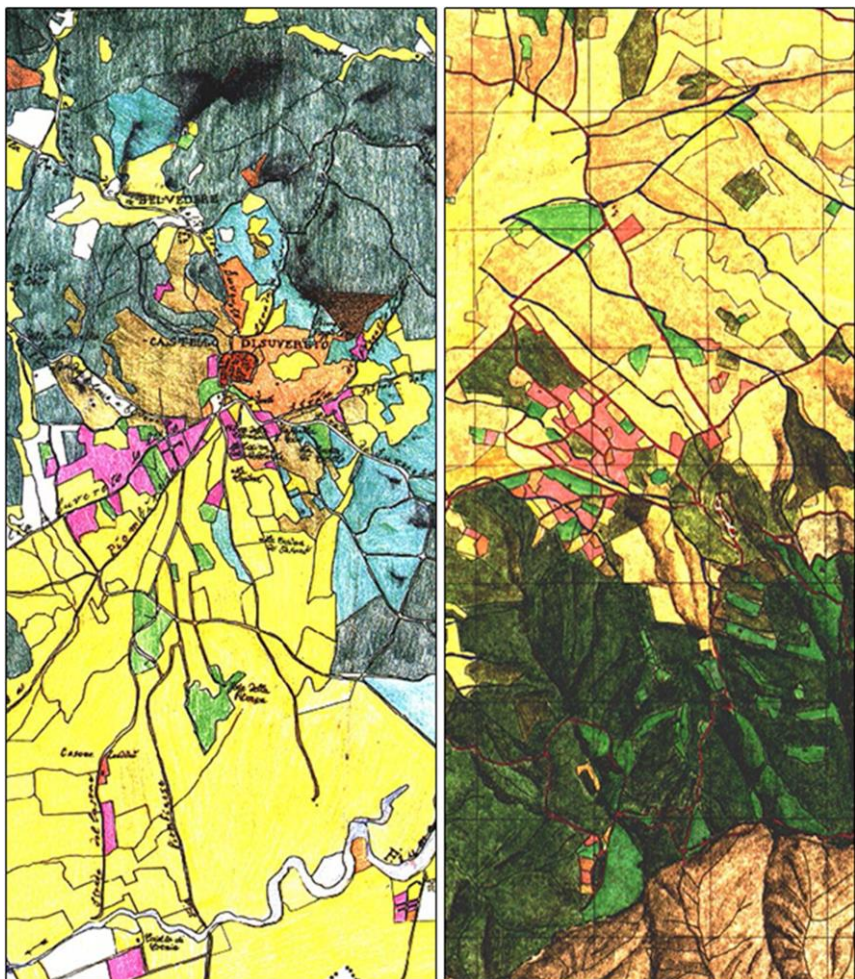


Figura 4 - La struttura dell'ambiente di riferimento di due piccoli centri toscani come risulta dalla composizione delle mappe catastali leopoldine (1820 circa). Attorno ai centri urbani si hanno verso valle i vigneti, i prati, i seminativi, le pasture; verso monte i castagneti, gli oliveti, il bosco ceduo.

**Il caso di Suvereto (LI)
(GR)**

Il caso di Scarilno

Sia i caratteri strutturali, che i caratteri funzionali sono le risorse su cui fondare l'insediamento sostenibile. Certo i caratteri strutturali (morfologia, geopedologia, biologia), ma anche e soprattutto le relazioni fra la morfologia di un'area geografica e la radiazione solare che attiva tutti i processi vitali; i rapporti fra i caratteri geologici ed il ciclo dell'acqua che continuamente plasma la superficie terrestre e produce nuove formazioni pedologiche; i legami fra le caratteristiche delle specie viventi di una parte della Terra e le specificità edafiche locali; ecc. Le relazioni tessute fra un insediamento ed il proprio ambiente, insomma, non possono soltanto considerare staticamente gli elementi ambientali, quasi come se fossero risorse minerarie da utilizzare. Intelligentemente e sostenibilmente le relazioni che devono essere costruite non possono riguardare solo, ad esempio, un bosco da utilizzare come fonte energetica ma devono riguardare un bosco letto nella capacità di autorigenerarsi nel tempo grazie ai rapporti dinamici con gli altri elementi del sistema ambientale.

Nella disciplina urbanistica recentemente si è aperto un interessante dibattito sul concetto di invariante strutturale del territorio. Ora al di là del termine *strutturale*, che potrebbe ingenerare confusione con il termine usato in questo nostro approccio, pare emergere l'idea che se, di invarianti in un territorio dobbiamo parlare, queste devono essere individuate più nel campo delle relazioni di equilibrio fra insediamento e dinamiche del sistema ambientale⁴¹. Insomma, nel presente approccio, appare fondato pensare che sia più opportuno individuare delle invarianti nelle modalità di movimento dei vari sistemi ambientali piuttosto che nelle loro caratteristiche statiche istantanee. Sempre tenendo fermo l'esempio del bosco, l'invariante strutturale non può essere vista tanto nell'insieme di

⁴¹ Del resto anche in questo caso ci si approssima molto ad un altro concetto fondamentale dell'ecologia: l'equilibrio dinamico. Come ricorda Fritjof Capra: "un ecosistema è una rete flessibile, in costante fluttuazione. La sua flessibilità è una conseguenza delle catene di retroazioni che esso racchiude e che mantengono il sistema in uno stato di equilibrio dinamico. Nemmeno una singola variabile si trova agli estremi della propria scala di valori, ma tutte oscillano attorno ai propri valori ottimali". (in CAPRA F., *La scienza della vita*, Rizzoli, Milano, 2002, pag. 338).

alberi in sé (i quali oltretutto essendo enti viventi si modificano continuamente) ma quanto piuttosto nella capacità dinamica di quel bosco di produrre energia nella sua possibilità di rinnovarsi; nella capacità dinamica di quel bosco di produrre stabilità dei suoli pur nella sua possibilità di essere utilizzato con tagli colturali; nella capacità dinamica di produrre ossigeno e di incamerare anidride carbonica pur nella sua utilizzazione a vari fini. Insomma sembra più interessante definire le invarianti (che, per evitare confusione semantica, andrebbero definite fondamentali) come dinamiche: il gioco del movimento su cui va fondato l'*accoppiamento strutturale* diventa il nodo concettuale e pratico da sciogliere.

Recentemente Rita Micarelli e Giorgio Pizzolo⁴² hanno ripreso la bellissima metafora di Lewis Carroll in *Le avventure di Alice nel paese delle meraviglie* quando ci descrive il Croquet della Regina.

« Alice pensò che non aveva mai visto un campo di croquet tanto curioso in vita sua: era tutto buche e solchi, le palle erano porcospini vivi, e le mazze erano fenicotteri vivi, e i soldati dovevano piegarsi in modo da reggersi sulle mani e sui piedi per formare gli archi. Alice scoprì subito che la maggiore difficoltà riguardava l'uso del suo fenicottero: riusciva abbastanza agevolmente a prenderlo sotto il braccio, con le zampe penzoloni, ma in genere appena era riuscita a metterlo col collo teso a dovere, e stava per assestare un colpo al porcospino col suo capo, quello si torceva da una parte e la guardava in viso con un'espressione tanto perplessa che Alice non poteva fare a meno di scoppiare a ridere; e quando riusciva a fargli abbassare il capo, e stava per ricominciare un'altra volta, era davvero irritante scoprire che il porcospino si era sgomitolato e stava per filarsela; e come se non bastasse, dovunque volesse indirizzare il porcospino c'era di solito di mezzo una buca o un solco, e siccome i soldati piegati in due continuavano a rialzarsi e ad

andarsene in altri punti del campo, Alice giunse ben presto alla conclusione che si trattava di un gioco difficilissimo »⁴³.

Accoppiarsi strutturalmente fra un insediamento ed il suo ambiente è davvero un po' come la partita di Croquet di Alice: tutto appare in movimento secondo modalità di vita e di evoluzione proprie. In questo gioco complesso la *generazione di un mondo* diventa un'esperienza difficilissima quanto *affascinante*. Si passa da un approccio di tipo *minerario*, l'estrazione di materia morta dalla natura, ad un approccio *colturale*, la relazione complessa fra un sistema vivente ed il mondo complesso della vita nella sua inconoscibile complicazione: si passa da un rapporto fra un soggetto e il pleroma (il mondo inanimato senza tempo delle palle da biliardo ricordato da Gregory Bateson) al rapporto fra un soggetto e la creatura (il mondo della vita in cui la dimensione dinamica ed evolutiva rappresenta la condizione fondamentale).

Nella sua forma più semplice la formulazione operativa dell'*Ecosistema Territoriale*, quale strumento per la progettazione ecologica dell'insediamento umano sostenibile, pone quindi l'accento nella analisi interpretazione della struttura/funzione di un sistema ambientale tentando di individuare nella complessa evoluzione vitale del sistema stesso quelle risorse fondative del sistema insediativo che andiamo progettando. Le risorse fondamentali per la vita di un insediamento non possono che riconoscersi nei caratteri strutturali/funzionali del sistema ambientale di riferimento e questo non tanto nelle estrazioni di materiali inerti (materiali da costruzione, risorse minerarie, ecc.) quanto piuttosto nelle relazioni complesse con i cicli vitali dell'ambiente (la rigenerazione continua dei flussi di materia (alimenti, acqua, riassorbimento dei rifiuti solidi, liquidi e gassosi), o energetici (sole, vento, legno, acqua corrente, ecc.). Capire le potenzialità sostenibili del sistema ambientale vuol dire costruire cicli equilibrati e autorigenerativi di produzione delle risorse. Per ottenere

⁴² PIZZOLO G., MICARELLI R., *L'arte delle relazioni. Il pensiero progettante*, Alinea, Firenze, 2003.

⁴³ CARROLL L., *Le avventure di Alice nel paese delle Meraviglie*, Mondadori, Milano, 1978 pag. 82-83.

questo risultato è necessario agire in modo multi e trans disciplinare nella costruzione di modelli interpretativi della struttura/funzionamento del sistema ambientale. Solo dopo questa ricognizione è possibile riequilibrare il sistema insediativo in modo sostenibile: è possibile rigenerare il nostro *Ecosistema Territoriale* in equilibrio dinamico. Se la costruzione di questo sistema di relazioni complesse diviene possibile, il nostro progetto diviene una *generazione di un mondo locale*: la produzione di un luogo complesso alternativo alla banalizzazione della globalizzazione dei flussi planetari di materia-energia- informazione la cui origine destinazione è praticamente impossibile da individuare. Il mondo delle rapine ambientali e delle discariche verrà tendenzialmente sostituito dal mondo costruito da una comunità che in quel luogo della Terra dovrà vivere. Un mondo quindi in cui ci produrrà un'attenzione particolare alla cura e alla coltura: un mondo quindi che produrrà di nuovo cultura insediativa.

1.2

Elementi di analisi dell'ecosistema territoriale

L'Ecosistema Territoriale è uno strumento complesso di riprogettazione equilibrata degli insediamenti umani. Riguarda lo studio dello spazio fisico-biologico, dello spazio costruito, dello spazio antropico. In questa parte di testo si tenta di individuare quegli strumenti utili per la lettura e l'interpretazione dello spazio fisico-biologico, si tenta cioè di valutare la base ambientale dell'Ecosistema Territoriale. La descrizione del sistema ambientale è una parte fondamentale nello studio dell'evoluzione dei sistemi insediativi: l'identità profonda delle varie esperienze di organizzazione umana del territorio sono storicamente influenzate dalle caratteristiche intrinseche delle varie porzioni del globo terrestre utilizzate. Partendo dalla convinzione che sia possibile una composizione del metodo di lettura del sistema ambientale di una regione, occupandoci solo degli aspetti ecologici (tralasciando quindi le letture legate ai processi di civilizzazione del territorio, descritti nei capitoli successivi) e misurandoci con la scuola territorialista e la complessità da essa richiesta, forse è possibile descrivere gli elementi che costituiscono la base ambientale del nostro ecosistema territoriale, in modo da individuare i valori sui quali rifondare la sostenibilità dell'insediamento umano.

Come qualsiasi altro sistema, anche quello ambientale può essere letto sia dal punto di vista strutturale che da quello funzionale. Molte discipline ci possono aiutare a leggere gli elementi della struttura ambientale: dalle caratteristiche morfologiche (la topografia per il rilievo e il drenaggio; la clivometria; le assolazioni), alle caratteristiche geo-pedologiche (la litologia; la geomorfologia; la idrogeologia; la pedologia), alle caratteristiche biologiche (la vegetazione; la fauna; l'uso del suolo). E' fondamentale collegare questa lettura strutturale ad una funzionale del sistema ambientale. In questo caso, vi è una moltitudine di indicatori che ci aiutano a percepire i fenomeni basilari del funzionamento ambientale (dati di

climatici, ciclo dell'acqua, flussi di energia, processi geologici, processi geomorfologici, processi pedologici, bilanci idrici, vegetazione potenziale, dinamica degli ecosistemi, ecc.). E' utile, quindi, ricostruire di volta in volta, secondo le varie esigenze, i cicli funzionali del sistema ambientale mediante schemi interpretativi. Con questa lettura complessa si svelano le potenzialità del sistema ambientale e, quindi, le opportunità per la comunità insediata di ritrovare equilibrio con i valori ambientali disponibili, i quali valori, una volta interpretati, divengono risorse. L'ecosistema territoriale rappresenta quell'orizzonte nel quale è possibile tentare di ricostruire la sostenibilità dell'insediamento con un graduale processo di ricomposizione dei cicli ecologici. Proprio per la complessità della lettura e dell'interpretazione che noi diamo del sistema ambientale di riferimento di un insediamento, avremo a disposizione non una, ma infinite soluzioni progettuali. Queste dipendono dalle condizioni locali, ma soprattutto dal contesto in cui agiamo. E' a questo punto, che diviene necessario ricordarsi con le altre discipline che compongono l'approccio territorialista: lo studio della società locale e lo studio delle caratteristiche morfotopologiche dello spazio costruito. Se noi agissimo solo nella costruzione di un modello ecoterritoriale entropicamente più adeguato, tralasciando le problematiche dell'ambiente costruito e delle caratteristiche della comunità locale, probabilmente non raggiungeremmo mai lo scopo di creare migliori condizioni dell'abitare.

Nei successivi paragrafi verranno presentati gli strumenti che oggi abbiamo a disposizione per giungere ad una descrizione della base ambientale dell'ecosistema territoriale. Una serie di discipline hanno ormai descritto con dovizia di particolari i sistemi ambientali della terra; il compito del territorialista non concerne un'ulteriore lettura settoriale, al contrario al territorialista spetta il difficile compito di valutare multi-disciplinarmente le varie pratiche per individuare quei valori su cui rifondare in modo equilibrato ed entropicamente corretto l'insediamento umano. Per comprendere la base ambientale di un ecosistema territoriale si può fare uso di molte discipline delle scienze naturali. Queste raccontano, secondo

punti di vista diversi, i differenti aspetti dei sistemi ambientali che vogliamo conoscere.

La topografia ci permette di valutare le forme della superficie terrestre, la potenza del rilievo, le pendenze dei versanti, le relazioni fra la Terra e il Sole mediante la valutazione dell'assolazione dei vari versanti.

Dei tematismi di carattere morfologico possiamo raccogliere:

- A.** La rappresentazione del rilievo: la carta altimetrica.
- B.** La rappresentazione del sistema drenante e dei bacini idrografici: la carta idrografica.
- C.** La valutazione della clivometria.
- D.** L'esposizione dei versanti e l'assolazione.

La geologia studia le strutture profonde, la formazione e le caratteristiche della crosta terrestre, il movimento delle grandi masse materiali. Con la pedologia si va a comprendere i fenomeni di quel ridottissimo spessore di detriti che compongono il suolo, interfaccia complessa fra le grandi formazioni rocciose e la biosfera.

Dei tematismi di carattere geopedologico possiamo raccogliere:

- A.** La carta geolitologica.
- B.** La carta geomorfologica.
- C.** La carta idrogeologica e delle permeabilità.
- D.** La carta pedologica.

Lo studio della vegetazione e della fauna permette di valutare come il mondo biologico ha colonizzato i vari ambiti terrestri.

Dei tematismi biologici possiamo raccogliere:

- A.** La carta della vegetazione.
- B.** La carta faunistica.
- C.** La carta dell'uso del suolo.

2.1

Il clima ed il territorio

Per clima si intende le condizioni medie che si hanno in un determinato territorio delle principali variabili climatiche relative alle temperature, alla piovosità, all'umidità, all'insolazione, all'umidità e al vento. I fattori che influenzano il clima sono la latitudine, l'altitudine, i rilievi circostanti ed i mari.

La latitudine è un fattore geografico molto importante, indica infatti la distanza di una località dall'equatore. La temperatura dell'aria diminuisce sempre più gradatamente, variando poi da mese a mese, man mano che si procede dall'equatore verso i poli. Questa è una conseguenza del fatto, a parità di stagione, la radiazione solare incontra la superficie terrestre con diverse inclinazioni a seconda della latitudine e ha perciò un minore potere calorifico. Generalmente anche l'umidità e l'evaporazione diminuiscono passando dall'equatore ai poli. Le precipitazioni si presentano piuttosto abbondanti sulla fascia equatoriale ove si ha la convergenza dei due alisei. Sono invece variamente distribuite nell'anno nella fascia compresa tra il 30° ed il 60° di latitudine (sia Nord che Sud): nella zona cioè che comunemente viene detta "temperata" e nella quale, per il predominio in tutti i periodi dell'anno di correnti occidentali, mancano regolari stagioni asciutte. Nelle altre zone terrestri, come quelle comprese tra il 20° ed il 30° di entrambi gli emisferi o nelle calotte polari, prevale, per solito, un basso regime pluviometrico.

L'influenza dell'altitudine si manifesta soprattutto con una diminuzione sensibile della escursione termica diurna, mensile e annua. La diminuzione della temperatura con la quota (che, in media è di circa 0,56° C per ogni 100 metri di salita) è di minore entità durante la stagione invernale mentre in quella primaverile questo divario risulta per solito molto accentuato.

Naturalmente ciò vale per località ubicate su rilievo montuosi non soggetti a venti costanti e particolari che possono modificare questo andamento. La presenza di rilievi assume notevole importanza specie nella determinazione dei climi locali in quanto può provocare variazioni anche marcate nella temperatura e nell'andamento delle precipitazioni. Per quanto riguarda la temperatura, si può affermare che le località situate in zone concave del suolo, in valli o bacini chiusi, mostrano un andamento termico irregolare con sensibili variazioni di temperatura, mentre le località situate in zone convesse (come le sommità dei rilievi) mostrano variazioni di temperatura generalmente più regolari e meno accentuate. Considerando le precipitazioni, poi, si può dire che sui rilievi esse aumentano con la quota: come regola generale, dal fondovalle alla montagna, si ha un incremento delle precipitazioni medie annue di circa 50 millimetri per ogni 100 metri di quota.

Le grandi distese d'acqua e di terra emersa esplicano i loro effetti soprattutto sui climi regionali: la ragione del loro influsso climatico sta nella diversa capacità di riscaldarsi e di raffreddarsi che hanno le due superfici (le terre emerse e le acque). Le terre, infatti, si riscaldano più delle distese acquose, sia durante il giorno, sia durante la stagione estiva; viceversa, sia di notte che d'inverno, le terre si raffreddano più velocemente. Il risultato di questo comportamento disuguale è che le escursioni termiche diurne e annuali sono più ampie sulla terra, specie nell'interno dei continenti, che non sul mare. L'influenza dei mari e delle terre influisce anche sulle precipitazioni: esse risultano in genere più abbondanti sui continenti che sulle fasce costiere dei mari o degli oceani. Rispetto alle varie zone di uno stesso continente, le maggiori precipitazioni si hanno sulla fascia occidentale, in quanto più direttamente interessata dalle predominanti correnti occidentali, umide per la loro provenienza oceanica.

Il *macroclima* è la situazione media che si determina in una ampia regione. La dimensione di riferimento è di migliaia di chilometri quadrati. Fra di essi

possiamo anzitutto citare i macroclimi determinati dalla suddivisione in grandi fasce latitudinali dovuta a ragioni astronomiche:

- il clima polare;
- il clima temperato;
- il clima torrido.

Abbiamo poi i macroclimi di estensione subcontinentale, fra cui spiccano:

- i climi monsonici ;
- i climi continentali;
- i climi desertici;
- i climi delle zone di influenza delle grandi catene montuose;
- i climi delle zone di influenza dei grandi mari interni (es: clima mediterraneo);

Il *mesoclima* viene definito anche come clima di bacino e si sviluppa su una lunghezza lineare orizzontale di metri/chilometri e centinaia di metri in verticale. Ad esempio l'insediamento cittadino, il fiume che attraversa l'abitato, le quinte verdi, le zone agricole ed i parchi, i pendii dei rilievi più vicini sono il luogo geografico ove si realizza il mesoclima. Anche una formazione forestale di piccole dimensioni si presta come esempio: un bosco di forra (bosco fluviale in una piccola e stretta valle).

Il *clima locale* viene percepito quotidianamente da chi effettua spostamenti minimi, ad esempio da quartiere a quartiere, dalla periferia al centro città. Nell'ambiente alpino, a causa della presenza dei rilievi, risulta determinante anche la variazione di quota. D'inverno accade spesso di notare l'inversione termica (aria più fredda a contatto con il suolo) salendo solamente di 100/150 metri dal fondo valle.

Il *microclima* è una struttura climatica isolata, ben definita e limitata, che coinvolge in genere gli strati d'aria prossimi al suolo. Il microclima ha a che fare con le altre dimensioni climatiche, ma presenta una propria irriducibile identità. Ad esempio un tronco d'albero può presentare diversi microclimi: la corteccia esposta a Nord-Est, al di sotto della chioma, si trova all'interno

di un preciso microclima. E questo i licheni, i muschi e le felci lo sanno. L'angolo del giardino condominiale in ombra, il terrazzo del secondo piano esposto ad Ovest, presentano altrettanti microclimi. L'esperienza quotidiana ci fa percepire di solito i fenomeni del clima locale e del mesoclima mentre attraversiamo inconsapevolmente molteplici microclimi.

2.1.1

Indici e classificazioni climatiche

Uno dei fondamentali scopi della climatologia è da sempre quello di suddividere territori più o meno vasti in aree omogenee. La maggior parte dei metodi proposti si basa sull'influenza del clima nei riguardi della vegetazione spontanea e/o coltivata e fa riferimento ad uno o ad una combinazione di variabili climatiche considerate limitanti. Un criterio limitante assai utilizzato è quello della aridità, cui si ispirarono ad esempio il *pluviofattore di Lang* (1915) $f = P/T$ e l'*indice di aridità di De Martonne* (1923) $A=P/(T+10)$, indici nei quali **P = la pioggia totale annua (mm)** e **T= la temperatura media annua (°C)**. In base al proprio indice, De Martonne individuò le zone climatiche riportate in *Tabella 1*.

Tipo di clima	valore dell'indice
Arido estremo (desertico)	0-5
Arido (steppe circumdesertiche)	5-15
Semiarido (mediterraneo)	15-20
Subumido	20-30
umido	30-60
perumido	>60

Tabella 1 – Classificazione climatica sulla base dell'indice di De Martonne

Per zona fitoclimatica s'intende la distribuzione geografica, associata a parametri climatici, di un'associazione vegetale rappresentativa composta da specie omogenee per quanto riguarda le esigenze climatiche. Sono stati definiti diversi schemi di classificazione. Quello più usato per l'Italia è il modello elaborato da Aldo Pavari nel 1916, e ripropone un adattamento al contesto italiano dello schema proposto da Heinrich Mayr (1906) e successivamente fu integrato da Alessandro De Philippis nel 1937⁴⁴.

La classificazione fitoclimatica di Mayr-Pavari suddivide il territorio italiano in 5 zone, ciascuna (tranne l'ultima) associata al nome di una specie vegetale rappresentativa: *lauretum* (alloro), *castanetum* (castagno), *fagetum* (faggio), *picetum* (abete rosso), *alpinetum*. Pignatti⁴⁵ ha dimostrato che le zone del Pavari possono essere identificate utilizzando il parametro della temperatura media del mese più freddo, gennaio, come riportato in *Tabella 2*. La *Figura 5* mostra invece la distribuzione delle zone fitoclimatiche del Pavari in Toscana.



Figura 5 – Fasce vegetazionali in Toscana

In questo lavoro		Zone sec. Pavari (1916) e De Philippis (1937)				
Temp. mese più freddo	Zona termica	Zona fitoclimatica	Temperatura media			
			annua	mese più freddo	mese più caldo	media dei minimi
< -8°	A - molto fredda	<i>Alpinetum</i>	anche < 2°	< -20°	> 10°	anche < -40°
-8°/-4°	B - fredda	<i>Picetum</i>	3°/6°	> -6°	> 15°	anche < -30°
-4°/0°	C - temperata	<i>Fagetum</i>	6°/12°	> -4°	-	> -25°
0°/4°	D - temperata calda	<i>Castanetum</i>	10°/15°	> -1°	-	> -15°
4°/8°	E - calda	<i>Lauretum - sottozona media e fredda</i>	12°/18°	> 3°	-	> -9°
> 8°	F - molto calda	<i>Lauretum - sottozona calda</i>	15°/23°	> 7°	-	> -4°

Tabella 2 – Zone Pavari-Mayr e temperatura media del mese di Gennaio

⁴⁴ DE PHILIPPIS A., *Classificazione ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana*, Firenze, Ricci, 1937;

PIUSSI P., *Selvicoltura generale*, Torino, UTET, 1994.

⁴⁵ PIGNATTI G., *La vegetazione forestale di fronte ad alcuni scenari di cambiamento climatico in Italia*, 2011.

Le zone climatiche sono molto utili anche in agricoltura. Per valutare le esigenze di maturazione della vite rispetto ad un dato clima sono stati proposti diversi indici; tra i più semplici ed impiegati si possono citare la temperatura media del mese dell'anno più caldo e la temperatura media della stagione di crescita, intesa come periodo aprile-ottobre. Secondo Jones⁴⁶ quest'ultima tipicamente sancisce il potenziale di maturazione per uve destinate alla produzione di vini di alta gamma distinguendo zone fresche, intermedie, temperate e calde:

⁴⁶ JONES GV, *Climate change and wine: Observation s, impacts and future implications*. Wine Industry Journal, 2006.

Grapevine Climate/Maturity Groupings

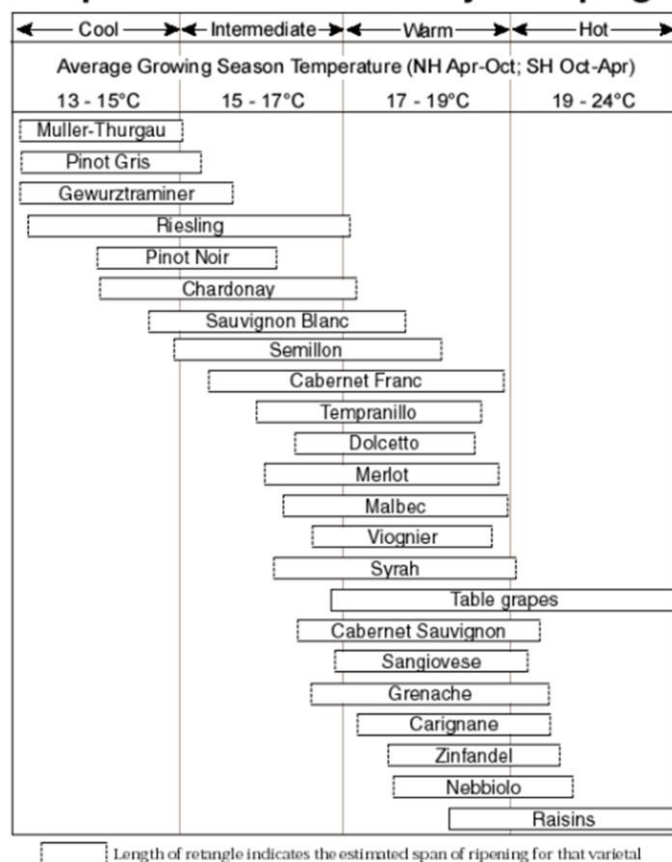


Figura 6 - Vitigni e temperatura media ottimale nella stagione di crescita.
(Jones 2006)

Molti studi hanno dimostrato la relazione fra clima e benessere umano, sia in termini di rischio medico e salute, sia dal punto di vista della gradevolezza di una esperienza turistico-ricreativa. A livello territoriale risultano quindi importanti l'analisi attraverso specifici indici, delle variazioni stagionali. I due indici maggiormente utilizzati sono il *wind-chill* ed l'indice termigrometrico.

Con l'espressione *wind chill* si intende quel fenomeno per il quale, in presenza di vento, la sensazione di temperatura percepita dal nostro organismo risulta essere inferiore rispetto alla temperatura effettiva dell'aria. Il valore di *wind chill* quindi altro non è che un indice di raffreddamento. Lo si calcola conoscendo i valori della temperatura dell'aria e dell'intensità del vento. Per il calcolo è ancora spesso impiegata un'equazione empirica che tiene conto della temperatura dell'aria e della velocità del vento. Si tratta della cosiddetta "*formula di Steadman*":

$$WC = (0.45 * v^{1/2} + 0.47 - v) (Ta - 33) + 33$$

nella quale **Ta = temperatura dell'aria (°C)**, **v = velocità del vento (m/s)**. Il valore dell'indice corrisponde a diversi stati di benessere o disagio dell'organismo umano, come mostrato dalla tabella seguente.

CLASSI DI WIND CHILL (°C)	EFFETTI SULL'ORGANISMO UMANO
+10 ≥ WC - 1	Nessun particolare disagio
-1 ≥ WC -10	Condizioni di lieve disagio
-1 ≥ WC -10	Condizioni di disagio
-10 ≥ WC > -18	Molto freddo
-18 ≥ WC > -29	Possibile congelamento in seguito ad esposizione prolungata
-29 ≥ WC -50	Congelamento in seguito ad esposizione prolungata
WC ≥ -50	Rapido congelamento per esposizioni superiori a 30 secondi

Tabella 3 – Indice wind-chill e benessere climatico

L'indice di termigrometrico di Thom la cui denominazione ufficiale è "Discomfort Index" è considerato dalla maggior parte degli autori ed esperti come il migliore indice di stima della temperatura effettivamente avvertita dall'uomo in condizioni di elevata umidità. E' un indice adatto ad essere applicato durante la stagione calda. L'indice può essere stimato con la seguente equazione:

$$THI = Ta - (0.55 - 0.0055 * UR) (Ta - 14.5)$$

La relazione fra indice e grado di disagio è riportata nella *Tabella 4*.

INDICE DI THOM DEL GRADO DI DISAGIO																
	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	32	32	33	33	34	34	35	35	36	36	37	37	37	38	38	38
41°	31	32	32	33	33	34	34	35	35	36	36	37	37	37	37	37
40°	30	31	31	32	32	33	33	34	34	35	35	36	36	36	36	37
39°	30	30	31	31	32	32	33	33	34	34	34	35	35	35	36	36
38°	29	30	30	31	31	31	32	32	33	33	34	34	34	35	35	35
37°	28	29	29	30	30	31	31	32	32	32	33	33	33	34	34	34
36°	28	28	29	29	30	30	30	31	31	32	32	32	33	33	33	34
35°	27	27	28	28	29	29	30	30	30	31	31	32	32	32	33	33
34°	26	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	31	31	31	32	32
33°	26	26	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	31	31	31
32°	25	25	26	26	27	27	27	28	28	29	29	29	30	30	30	30
31°	24	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30
30°	24	24	24	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29
29°	23	23	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28
28°	22	23	23	23	24	24	25	25	25	25	26	26	26	27	27	27
27°	22	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	26	26	26	26
26°	21	21	22	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25	25	25	26
25°	20	21	21	21	22	22	22	23	23	23	23	24	24	24	25	25
24°	20	20	20	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23	24	24	24
23°	19	19	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23
22°	18	19	19	19	19	20	20	20	21	21	21	21	22	22	22	22

Fino a 21	Nessun disagio o benessere generalizzato
Da 21 a 24	Meno della metà della popolazione prova disagio
Da 25 a 27	Più della metà della popolazione prova disagio
Da 28 a 29	La maggioranza della popolazione prova disagio e un deterioramento dello stato psico-fisico
Da 30 a 32	Tutta la popolazione prova un forte disagio
Oltre 32	Stato di emergenza sanitaria per il disagio molto forte con elevato rischio di colpi di calore

Tabella 4 – Indice Thom e grado di disagio

2.1.2

Il cambiamento climatico

Ma come evidenziato da Mariani⁴⁷, il clima della Terra è in continua evoluzione; ce lo testimoniano le fonti storiche che attestano la presenza della coltura della vite in Gran Bretagna in epoca medievale, la presenza di ghiaccio sul Nilo nel 100 d.C. oppure la presenza nel mezzo del Sahara di aree fertili e piovose, popolate da ippopotami intorno al 3000 a.C. Tali mutamenti possono essere stati indotti dalle cause naturali (...) che agiscono come variabili guida del sistema climatico. Tuttavia ai fattori naturali si è prepotentemente aggiunta negli ultimi 100 - 200 anni l'attività antropica con macroscopici effetti quali:

1. l'incremento della concentrazione dei gas serra (*greenhouse gases*): si tratta di gas che in genere diminuiscono il flusso radiativo terrestre uscente. Abbiamo così gas che agiscono in modo diretto⁴⁸ e gas che agiscono in modo indiretto (NOx, VOCs – Volatile Organic Compounds, CO) influenzando sui livelli di ozono e sulla vita media di CH₄ e di altri gas serra.
2. l'incremento della concentrazione di Aerosol - particelle/goccioline (polvere di carbone, fumi da combustione di biomasse, aerosol di solfati derivanti dall'idratazione di SO₂ - anidride solforosa, polveri sollevate dal suolo, ecc.): tali particelle in genere diminuiscono il flusso entrante di radiazione solare in modo diretto, riflettendo e assorbendo radiazione solare in modo indiretto, modificando proprietà microfisiche e radiative delle nubi e l'ammontare delle nubi stesse.
3. le massicce modificazioni del territorio con l'espansione delle aree urbanizzate la creazione di invasi artificiali l'abbattimento delle grandi foreste pluviali, ecc.

⁴⁷ MARIANI, L., *Agrometeorologia*. Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Milano, 2002.

⁴⁸ H₂O vapore acqueo; CO₂ anidride carbonica; CH₄ metano; N₂O protossido di azoto; O₃ ozono;

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico, IPCC) è il foro scientifico formato nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite, l'Organizzazione meteorologica mondiale (WMO) ed il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP) allo scopo di studiare il riscaldamento globale. L'attività principale dell'IPCC è la preparazione a intervalli regolari di valutazioni esaustive e aggiornate delle informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche rilevanti per la comprensione dei mutamenti climatici indotti dall'uomo, degli impatti potenziali dei mutamenti climatici e delle alternative di mitigazione e adattamento disponibili per le politiche pubbliche.

Il quinto rapporto di valutazione IPCC (2013-2014)⁴⁹ è diviso in tre parti che rispecchiano le attività di tre distinti gruppi di lavoro. La prima parte del rapporto riassume le cognizioni scientifiche attuali sul clima e sulla sua evoluzione dovuta all'impatto umano ed è stata presentata al pubblico a Parigi il 6 febbraio 2007. La seconda parte riassume le conoscenze sugli impatti del cambiamento climatico ed è stata presentata a Bruxelles in aprile, mentre la terza, che presenta le possibili strategie di mitigazione e adattamento, è stata presentata a Bangkok il 4 maggio. La sintesi è stata presentata a novembre del 2007.

Il quinto rapporto propone 4 scenari di aumento delle temperatura media globali alla superficie alla fine di questo secolo (media 2081–2100). Lo scenario RCP2.6 prevede riduzioni pesantissime delle emissioni entro pochi decenni, mentre lo scenario RCP8.5 (simile al vecchio scenario A2) è uno scenario estremo che non prevede riduzioni. Gli scenari RCP4.5 e RCP 6.0 sono scenari intermedi (*Figura 7*).

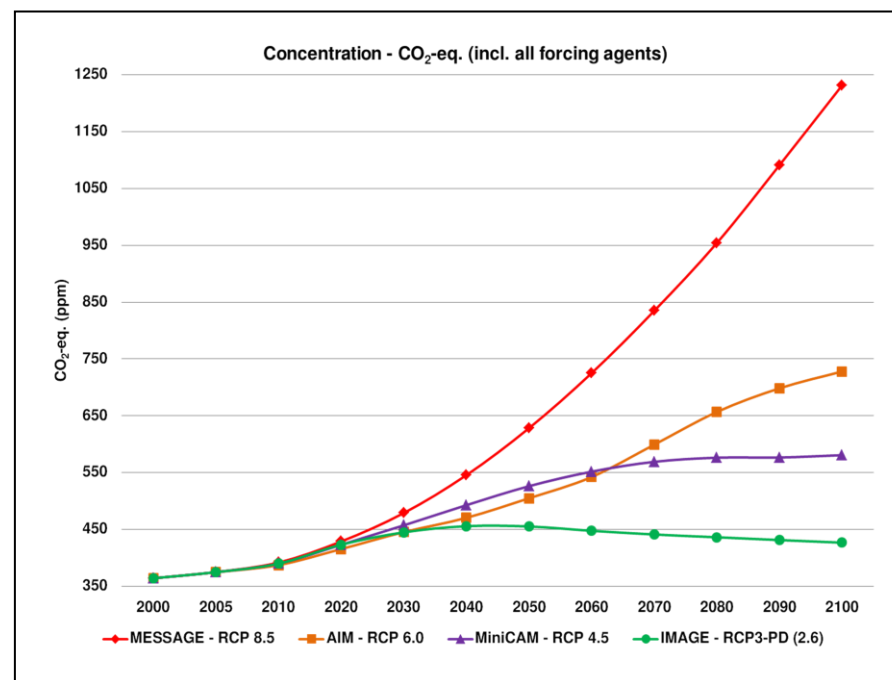


Figura 7 – Scenari di cambiamento climatico secondo il V rapporto IPCC

Gli scenari IPCC V rapporto sono trasformati in modelli di simulazione climatica globale (Global Climate Models – GCM). Si tratta di modelli complessi, basati su sistemi di equazioni che sono risolte con riferimento a una griglia tridimensionale estesa a tutto il globo.

I dati ottenuti dai GCM sono stati spazializzati ad alta risoluzione (30 secondi di arco) nei dataset WorldClim per gli anni di riferimento 2050 (media 2041-2060) e 2070 (media 2061-2080).

⁴⁹ AA.VV, (STOCKER, T.F., D. QIN, G.-K. PLATTNER, M. TIGNOR, S. K. ALLEN, J.), 2013. Contributo del Gruppo di Lavoro I al Quinto Rapporto di Valutazione dell'Intergovernmental Panel on Climate Change. Sintesi per i Decisori Politici.

2.2

Il ciclo dell'acqua

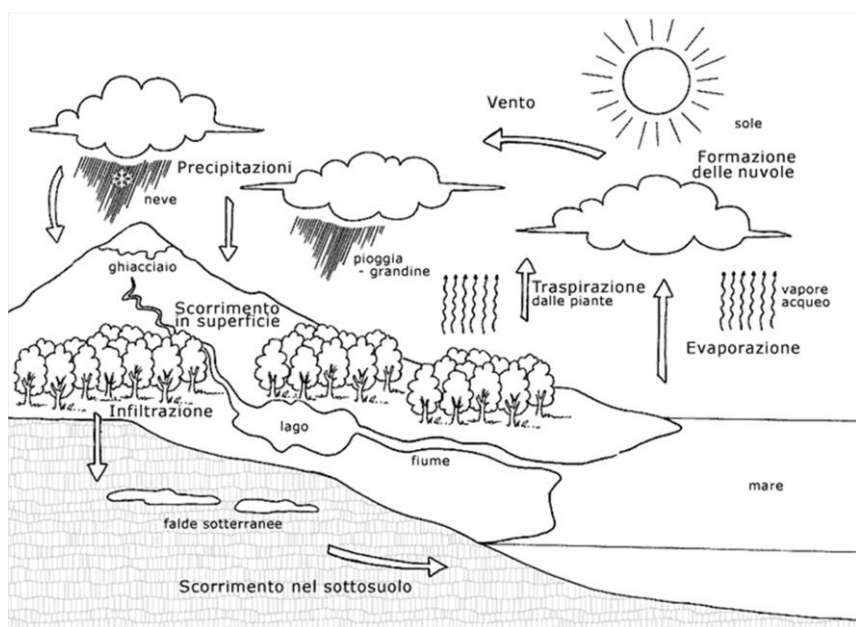


Figura 8 – Rappresentazione schematica ciclo dell'acqua

.....

Il bilancio idrologico è il bilancio tra le entrate e le perdite di acqua nel bacino idrologico, può essere calcolato per un intero bacino con tutti gli elementi naturali (corsi d'acqua, acquiferi, sorgenti, ecc.) ed antropici (pozzi, canali, invasi, ecc.) che vi sono presenti o per un singolo elemento (un lago, una sorgente, un tratto fluviale). Tiene conto degli apporti delle precipitazioni, dell'infiltrazione nei terreni di una quota di questi apporti, delle perdite per evaporazione e traspirazione, degli scambi idrici sotterranei con altri bacini e degli scambi tra corso d'acqua e falda. Nel

bilancio, che si configura come strumento importante per la pianificazione e gestione delle risorse idriche, devono ovviamente entrare i flussi di prelievo delle acque per vari usi (agricolo, civile, industriale...) così come i flussi in entrata delle acque usate.

Il bacino idrogeologico da considerare, molto spesso non è coincidente con il bacino idrografico (Figura 9). Mentre il bacino idrografico (ed i relativi sottobacini) è facilmente definibile in base alla topografia, essendo ben individuabili le "linee spartiacque" (linee congiungenti i punti di massima quota), il bacino idrogeologico è individuabile solo attraverso un accurato rilievo geologico completo: in prima approssimazione il bacino idrogeologico è costituito dall'area attraverso la quale avviene l'infiltrazione delle acque di origine meteorica destinate a ravvenare una falda idrica sotterranea.

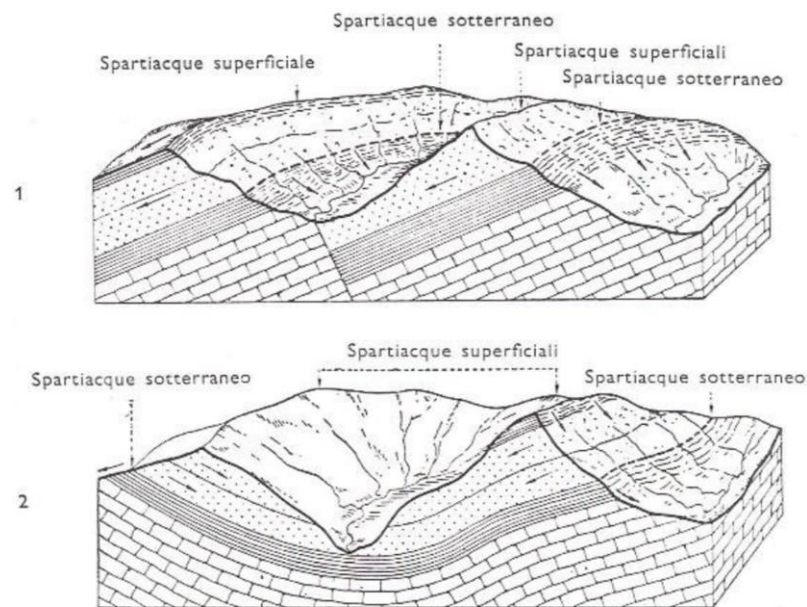


Figura 9 – Bacino geografico e bacino idrografico

Per la valutazione del bilancio nel caso di un bacino idrologico ben definito ed isolato (cioè senza travasi idrici da e verso bacini confinanti), la cui alimentazione è essenzialmente legata agli afflussi meteorici, ci si può riferire alla ben nota relazione:

$$P = E_r + I_e + R$$

Dove **P** sono gli afflussi meteorici, **E_r** è l'evapotraspirazione reale, **I_e** è l'infiltrazione o ricarica attiva dell'acquifero (rappresenta la risorsa idrica sotterranea che defluisce nell'idrostruttura) e **R** è il deflusso idrico superficiale, espressi in mm/a. In particolare il deflusso idrico globale (**Dg**), espresso in mm/a di altezza d'acqua, è dato da:

$$Dg = R + I$$

Il parametro **Dg** rappresenta la potenzialità idrica totale del territorio che viene esaminato cioè il massimo volume d'acqua (superficiale o sotterranea) teoricamente utilizzabile.

D'altra parte il deflusso idrico globale (**Dg**) è dato da:

$$Dg = P - E_r$$

mentre quello sotterraneo è dato da:

$$I_e = P - (E_r + R)$$

dove **I_e**, l'infiltrazione efficace, costituisce quindi l'entità della ricarica media dell'acquifero (falda).

2.1.1

Il metodo del "bilancio inverso"

I metodi per la stima del bilancio idrologico sono di tipo diretto o indiretto. I metodi diretti utilizzano la stima diretta dei parametri a partire da misure di portate entranti e uscenti dal sistema (sorgenti, flusso di base di corsi d'acqua, pozzi, etc.). I metodi indiretti stimano il parametro a partire dalle variabili ad esso associate di cui è più facile ottenere misure o valori di riferimento.

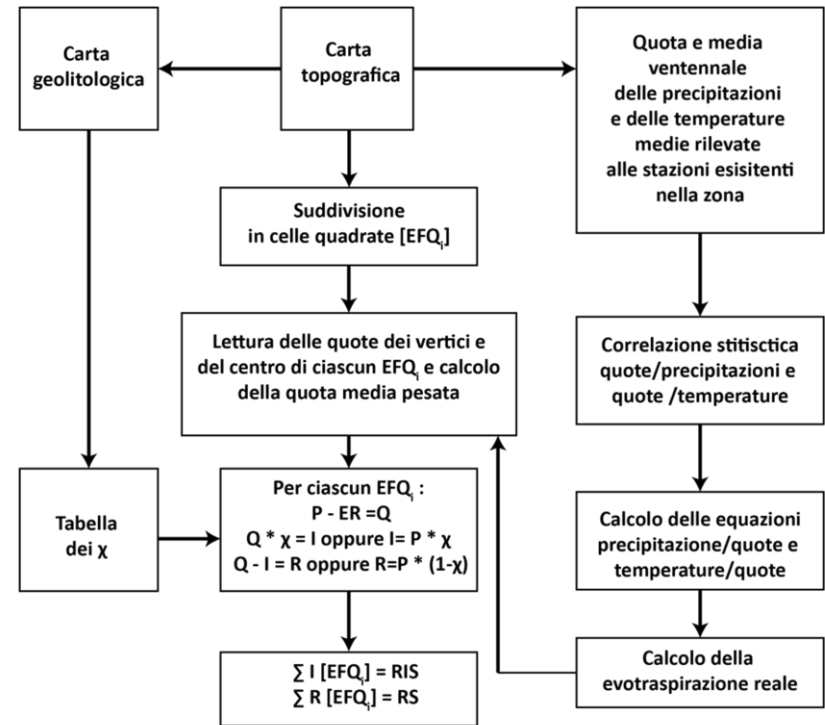


Figura 10 – Diagramma di flusso del metodo del bilancio inverso

Nel caso di idrostrutture per le quali non è disponibile un'accurata ed esaustiva banca dati degli elementi e dei parametri necessari che concorrono alla valutazione del bilancio idrogeologico globale o non è sufficientemente noto il modello idrogeologico concettuale, la valutazione della ricarica attiva può essere acquisita utilizzando tecniche di valutazione inversa, nel senso di Lerner et al.⁵⁰, ed in particolare quella messa a punto da Civita⁵¹ ed implementata in un sistema GIS da Civita & De Maio⁵² (Figura 10), nota come bilancio idrogeologico inverso.

⁵⁰ LERNER D.N., ISSAR A.S., SIMMERS I., *Groundwater Recharge*. IAH Int. Cont. to Hydro-geol., 8, Heise, Hannover, 1990, 345 pp.

⁵¹ CIVITA M., *Idrogeologia*, Politecnico di Torino, 1973.

⁵² M. CIVITA; DE MAIO M., Assessing Groundwater contamination risk using ARC/INFO via GRID function, In: Titolo volume non avvalorato PROCEEDINGS OF 1997 ESRI USER CONFERENCE S.DIEGO (CALIFORNIA), 8-11 LUGLIO 1997.

Per l'applicazione di tale tecnica, l'area di interesse viene discretizzata con una griglia regolare di celle; per ogni singola cella (EFQ), la valutazione della ricarica attiva media annua (I) discende da una serie di operazioni di seguito elencate.

1. Data una mappa della altezza di precipitazione espressa in mm per mese ed una mappa delle temperature medie mensili, è possibile calcolare del tasso di evapotraspirazione reale ETR per ogni cella secondo il modello empirico di Turc:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

dove **P** sono le precipitazioni mensili, **T** la temperatura media mensile e

$$L = 300 + 15T + 0,05T^3$$

2. Si stima quindi la precipitazione efficace specifica media annua (Q)

$$Q = P - ETR \text{ (mm/a)}$$

3. Il coefficiente di infiltrazione potenziale χ (variabile tra 0 e 1) può essere stimato in base alla litologia superficiale del complesso idrogeologico, all'acclività della superficie topografica e all'uso del suolo sulla base del seguente metodo proposto dall'Autorità di Bacino del fiume arno (Tab. 5, Tab. 6, Fig. 11)

$$\chi = (CIP_{geologia}/100 \times CIP_{pend/suolo}/100)$$

con **CIPgeologia**, contributo al coefficiente di infiltrazione potenziale dovuto al complesso litologico e **CIPpend/suolo** contributo della acclività e dell'uso del suolo. I coefficienti sono stati stimati sulla base dei procedimenti riportati nelle tabella e in figura seguenti.

4. Il calcolo del ruscellamento specifico R si ottiene per differenza tra le precipitazioni efficaci e l'infiltrazione cioè:

$$R = Q - I \text{ (mm/a)}$$

dove

$$I = Q \cdot \chi \text{ (mm/a)}$$

5. Infine si calcola la ricarica attiva media annua ed il ruscellamento di tutta l'area di interesse per sommatoria dei parametri suddetti relativi ad ogni singola cella; interpretazione delle diverse componenti del bilancio idrogeologico.

complessi idrogeologici	C.I.P. % Ws
Calcari	90 – 100
calcari dolomitici	70 – 90
Dolomie	50 – 70
calcari marnosi	30 – 50
Detriti grossolani	80 – 90
depositi alluvionali	80 – 100
depositi argilloso mamoso arenaci	5 – 25
Lave	90 – 100
depositi piroclastici	50 – 70
piroclastiti e lave	70 – 90
Rocce intrusive	15 – 35
Rocce metamorfiche	5 – 20
sabbie	80 – 90
sabbie argillose	30 – 50

Tabella 5 -Fasce di variazioni del CIP in alcuni complessi idrogeologici (Celico 1988)

Descrizione Corine Land Cover 2001 3L	CODE3L	Classe	Descrizione
Tessuto urbano continuo	111	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Tessuto urbano discontinuo	112	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Aree industriali o commerciali	121	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Reti stradali e ferroviarie e spazi accesso	122	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Aree portuali	123	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Aeroporti	124	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Aree estrattive	131	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Discariche	132	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Cantieri	133	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Rocce nude, falesie, affioramenti	332	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Paludi interne	411	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Paludi salmastre	421	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Corsi d'acqua canali e idrovie	511	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Bacini d'acqua	512	10	Aree urbanizzate o Roccia nuda
Aree verdi urbane	141	20	Pascoli
Aree sportive e ricreative	142	20	Pascoli
Prati stabili	231	20	Pascoli
Aree a pascolo naturale e praterie d' alta quota	321	20	Pascoli
Brughiere e cespuglietti	322	20	Pascoli
Aree con vegetazione rada	333	20	Pascoli
Aree percorse da incendi	334	20	Pascoli
Seminativi in aree non irrigue	211	30	Terra coltivata, boscata
Vigneti	221	30	Terra coltivata, boscata
Frutteti e frutteti minori	222	30	Terra coltivata, boscata
Oliveti	223	30	Terra coltivata, boscata
Colture annuali associate a colture permanenti	241	30	Terra coltivata, boscata
Sistemi culturali e particellari complessi	242	30	Terra coltivata, boscata
Aree prevalentemente occupate da colture	243	30	Terra coltivata, boscata
Aree agro-forestali	244	30	Terra coltivata, boscata
Aree a vegetazione sclerofila	323	30	Terra coltivata, boscata
Aree a vegetazione boschiva e arbustiva	324	30	Terra coltivata, boscata
Spiagge, dune, sabbie e alvei ghiaiosi	331	30	Terra coltivata, boscata
Boschi di latifoglie	311	40	Bosco d'alto fusto
Boschi di conifere	312	40	Bosco d'alto fusto
Boschi misti	313	40	Bosco d'alto fusto

Tabella 6 - Codifica classi uso del suolo Corine Land Cover

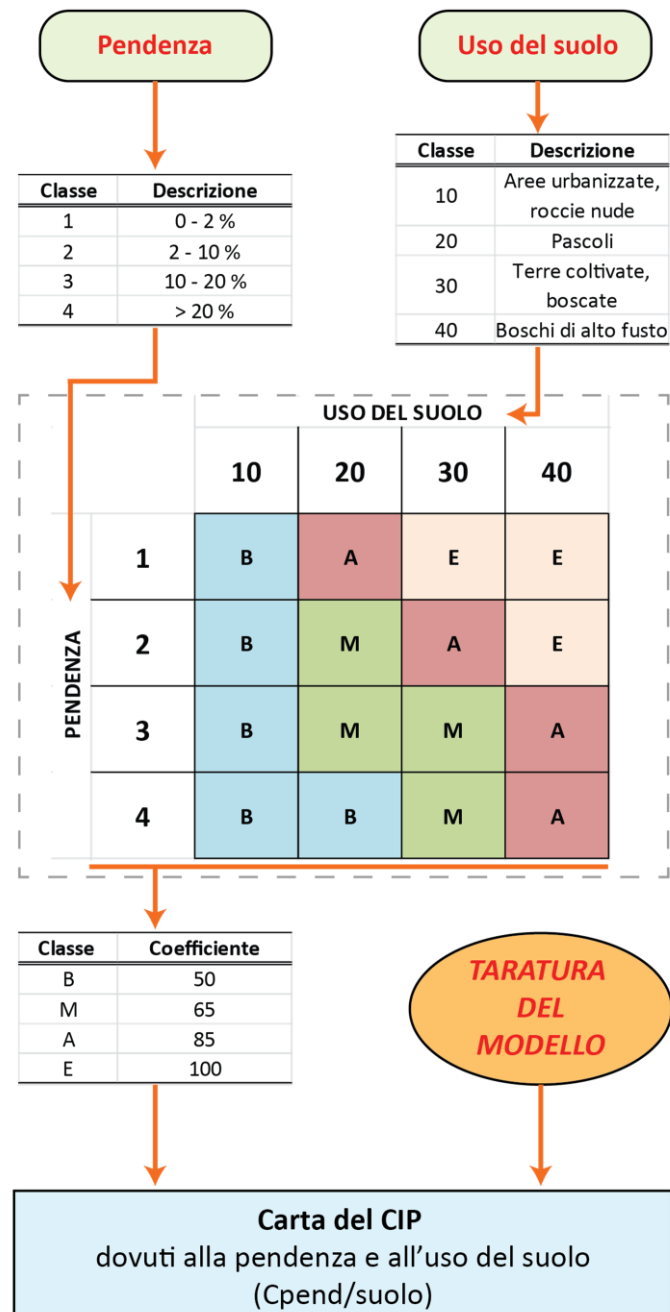


Figura 11 - Calcolo dell'infiltrazione media interannuale I (ricarica attiva specifica media)

2.3

Gli ecosistemi forestali

Gli ecotopi forestali sono ecosistemi antropizzati, ma ancora prevalentemente caratterizzati da flussi di materia ed energia (fotosintesi) interni al sistema ambientale al quale appartengono. Il carattere antropico si esplica con l'applicazione di un bagaglio di conoscenze scientifiche e culturali mediante le quali l'uomo adatta i meccanismi naturali alle proprie necessità, regolando l'utilizzazione e la riproduzione dell'ecosistema stesso. L'analisi del funzionamento degli ecosistemi forestali non può quindi prescindere da questo bagaglio di conoscenze che va sotto il nome di "Selvicoltura".

Il principale strumento tecnico con cui la selvicoltura agisce sul bosco è costituito dall'eliminazione di alcune piante (alberi, ma anche arbusti od erbe) così da favorire la crescita di altre piante. In alcuni casi invece la selvicoltura ricorre all'impianto di alberi, come avviene per i rimboschimenti o per la rinnovazione artificiale. Con questi interventi sono simulati dei processi - natalità e mortalità - che avvengono naturalmente nelle popolazioni. Il taglio di alcune piante o l'impianto orienta i rapporti di competizione e quindi il flusso di energia ed i cicli dei materiali in favore di alcuni individui o gruppi di individui. I mezzi della selvicoltura sono quindi imitazioni di processi naturali che "forzano" l'ecosistema in funzione delle esigenze produttive o dei servizi richiesti. Quello che qualifica la selvicoltura e permette di distinguerla da un sfruttamento irrazionale del bosco è l'insieme dei criteri con cui si scelgono le piante da abbattere, il momento in cui si abbattono ecc. Questi criteri sono basati su una attenta osservazione e conoscenza dei processi naturali e dell'ecologia forestale.

Per sistema selvicolturale si intende l'insieme delle operazioni attuate per la coltivazione, l'utilizzazione e la rinnovazione del bosco. Per ogni specie si

possono individuare delle serie di interventi che vanno dalla rinnovazione all'utilizzazione del bosco e che possono avere una diffusione locale o su tutto l'areale della specie. Questi interventi sono scelti sulla base delle esigenze ecologiche delle singole specie. Sulla base dei processi naturali di rinnovazione del bosco i sistemi selvicolturali sono classificati sulla base della cosiddetta "forma di governo". Si distinguono:

- **Governo a fustaia:** caratterizzato dalla rinnovazione per seme in modo naturale o tramite piante allevate per un certo periodo di tempo in vivaio;
- **Governo a ceduo:** contraddistinto dalla rinnovazione per polloni da ceppaia;
- **Governo a ceduo composto:** in cui la rinnovazione avviene sia per ceppaia che per seme.

Ogni forma di governo è suddivisa in forme di "trattamento" che regolano le modalità in cui si realizza la rinnovazione del bosco. Il trattamento è costituito dai tagli di coltivazione (detti anche diradamenti) e dal taglio di rinnovazione. Un concetto che sta alla base dell'individuazione dei sistemi selvicolturali è il turno. Il turno è l'età alla quale si utilizza e si rinnova il bosco. La sua lunghezza dipende dalla forma di governo (in genere da 10-40 anni per l'cedui a 60 fino a oltre 100 anni per la fustaia).

2.3.1

I trattamenti della fustaia

Si differenziano in trattamenti della fustaia coetanea, formata da piante di età uguale o simile, e della fustaia disetanea, costituita da piante di tutte le possibili età mescolate fra loro per piccoli gruppi o per singoli individui. Il "taglio raso" ed i "tagli successivi" sono i trattamenti della fustaia coetanea, mentre il "taglio saltuario" è la tipica modalità di coltivazione della fustaia disetanea.

Fustaia a taglio raso. E' la forma di trattamento che prevede la rinnovazione del soprassuolo con un unico taglio di tutte le piante. La rinnovazione può essere artificiale, tramite piantine allevate in vivaio e poi trapiantate nel bosco, oppure naturale. Nel caso di rinnovazione naturale è necessario rilasciare delle piante all'interno della tagliata per garantire la diffusione del seme (portaseme). I vantaggi del taglio raso sono essenzialmente economici, mentre gli svantaggi sono relativi all'elevato impatto ambientale, idrologico e paesaggistico.

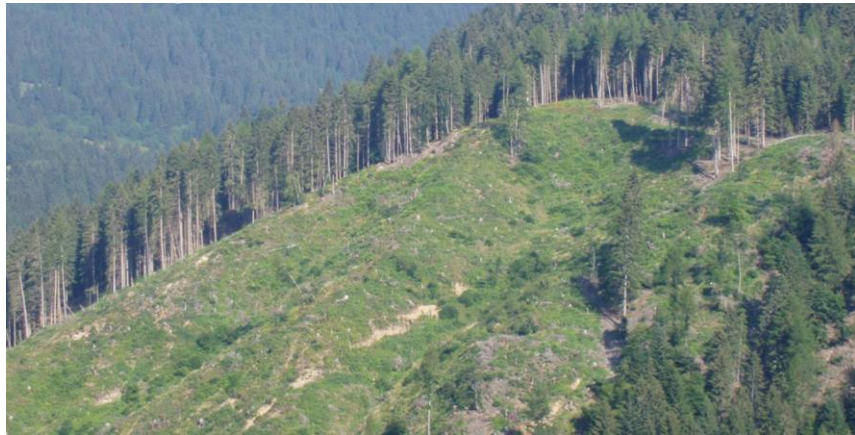


Figura 12 – Tagli raso in fustaia di abete rosso



Figura 13 – Sezione di fustaia a taglio a raso

Fustaia a tagli successivi. E' una forma di trattamento con cui l'insediamento della rinnovazione naturale viene procurato e assistito mediante una sequenza di tagli ripetuti a breve intervallo in un arco di tempo di 10-20 anni. Il primo di questi tagli è detto "taglio di sementazione" (lettera a in Figura 14) e mira a produrre condizioni favorevoli per l'insediamento delle nuove piantine (novellame). Seguono uno o due "tagli secondari" (lettera b e c in Figura 14) che tendono a dare progressivamente luce alle nuove piantine. Alla fine il "taglio di sgombero" (lettera d in Figura 14) affranca il nuovo bosco. I tagli successivi mitigano gli svantaggi del taglio raso a costo di una maggiore complessità e quindi una minore economicità della gestione.

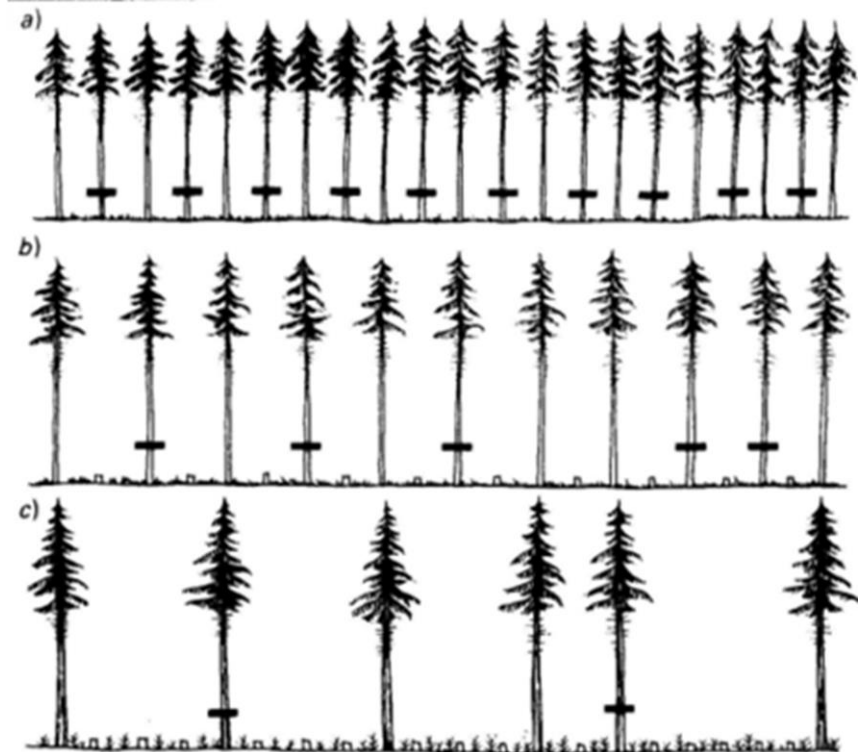




Figura 14 – Sezione di fustaia a taglio successivo

Le cure colturali della fustaia. Una volta che si è ottenuta (insediata) la rinnovazione, la fustaia attraversa nel tempo una serie di stadi evolutivi:

- **Novelletto:** va dalla germinazione dei semi alla formazione delle giovani piantine (semenzali). Le piantine si insediano a chiazze nelle localizzazioni che presentano le condizioni microstazionali più favorevoli alla rinnovazione;
- **Forteto:** è costituito dalla rinnovazione affermata (altezza maggiore di 1 m), la rinnovazione si allarga fino a coprire gran parte della superficie a disposizione, le piante arboree crescono insieme a quelle arbustive (rovi, ginestre, ecc.);
- **Giovane perticaia o spessina:** va da quando le chiome entrano in contatto tra loro fino alla culminazione dell'incremento in altezza;
- **Perticaia:** è la fase in cui il popolamento si differenzia in piano dominante e piano dominato, si ha ormai una giovane fustaia.

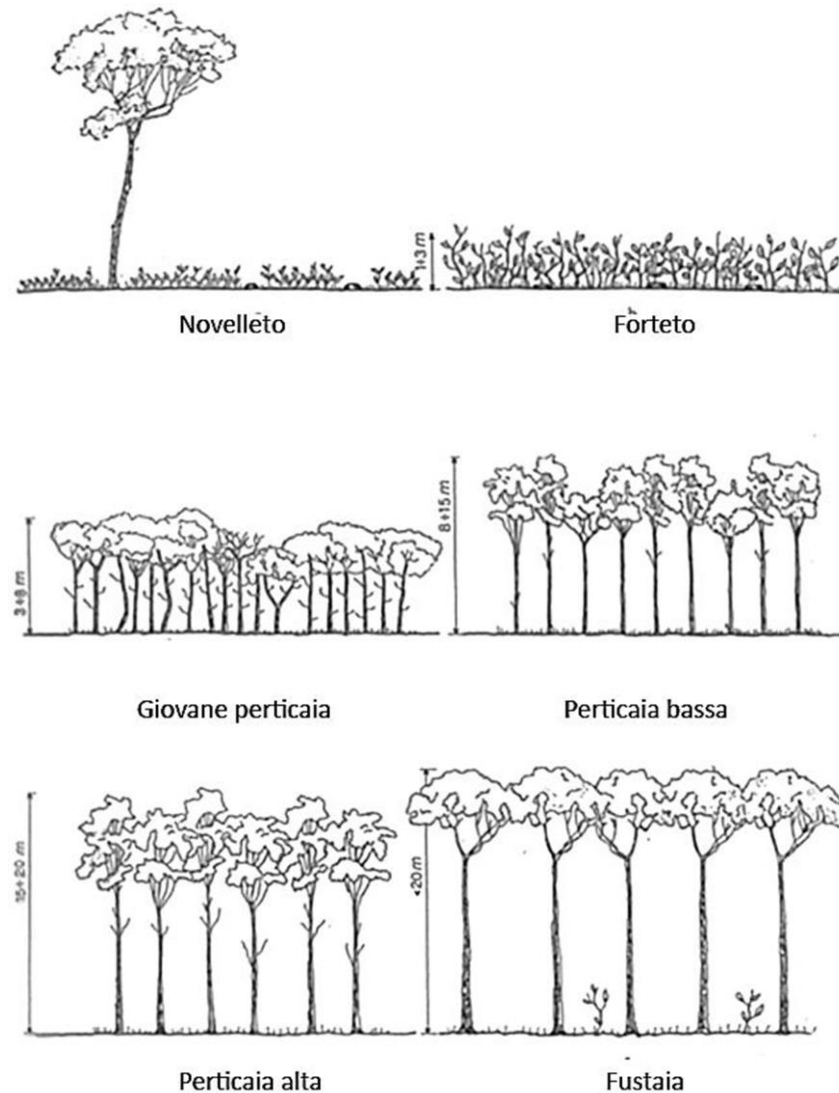


Figura 16 – Fasi evolutive della fustaia

Dal momento che l'ecosistema che si ottiene, pur essendo basato su cicli naturali di materia ed energia, è di origine antropica, in ogni fase evolutiva sono necessarie cure colturali per indirizzare il soprassuolo, sostanzialmente formato da piante della medesima età e quindi

potenzialmente non ecologicamente stabile. Le cure colturali della fustaia sono le seguenti:

- **Ripuliture:** nella fase di novelleto. Consistono nell'asportazione delle piante erbacee e arbustive invadenti, e di quelle arboree che non interessano dal punto di vista economico (specie secondarie), che competono con le specie arboree principali.
- **Sfolli:** nello stadio di forteto e giovane perticaia, prima della differenziazione in classi sociali. Si asporta parte del soprassuolo con selezione delle piante quasi esclusivamente quantitativa.
- **Diradamenti:** nella fase di perticaia, quando il soprassuolo è differenziato in classi sociali. Si asporta parte del soprassuolo con selezione delle piante sia quantitativa che qualitativa.

Il taglio saltuario. E' il tipico intervento di coltivazione della fustaia disetanea. Il taglio di rinnovazione coincide con il diradamento viene effettuato per singolo individuo o per piccoli gruppi e la scelta degli alberi da prelevare viene effettuata mediante criteri economici (realizzo) e/o colturali (educazione del popolamento). L'intervento che si effettua viene chiamato "taglio di curazione" ed il periodo che intercorre tra due interventi successivi "periodo di curazione". Non esiste un turno definito.



Figura 17 – Fustaia disetanea

Scheda di approfondimento: il trattamento della fustaia di Pino domestico in Toscana (Pinus Pinea).

Il modello colturale tradizionale di coltivazione del Pino domestico in Toscana è la pineta da pinoli. Per le grandi aziende in parte demaniali della costa tirrenica il sistema selvicolturale previsto era il taglio raso con rinnovazione artificiale per semina; il turno teoricamente programmato era di 100 – 120 anni, il che corrispondeva in teoria nel dover tagliare a raso e rinnovare circa lo 0,8 – 1% della superficie della pineta ogni anno ($1/100=1\%$ $1/120=0,8\%$). Questo schema è stato però largamente disatteso e le pinete sono state lasciate invecchiare senza rinnovazione a causa del rilevante interesse paesaggistico che ha progressivamente avuto la prevalenza sulla produzione di pinoli. Attualmente secondo Bernetti G., (Bernetti G. 2015) la soluzione che potrebbe permettere la rinnovazione della pineta mitigando gli effetti negativi sul paesaggio "sarebbe l'introduzione di un tipimentio colturale a struttura disetanea se possibile a rinnovazione naturale, altrimenti a rinnovazione artificiale su piccole superfici. Per avere la struttura disetanea o per lo meno articolata, combinata con la rinnovazione d'impianto ... in presenza di una specie marcatamente eliofila (esigente di luce N.d.A.) ... occorre operare almeno su tagliate di 2000 – 3000 metri quadri. Altrimenti è possibile operare attraverso un taglio saltuario orientando la pineta verso la struttura disetanea.



Figura 18 – Pineta di pino domestico

2.3.2

I trattamenti del ceduo.

Il bosco ceduo è formato essenzialmente da polloni, cioè alberi provenienti da rinnovazione agamica (cioè da ricaccio e non da seme). Con il taglio, il popolamento non viene sostituito totalmente ma solo nella sua parte epigea (sopra il livello del suolo). Dopo il taglio, le ceppaie, che rimangono viventi sul terreno, provvederanno alla ricostituzione del soprassuolo producendo i “polloni”, cioè ricacci con l'aspetto di pianta adulta. Il governo a ceduo è applicabile solo alle specie dotate di “capacità pollonifera”, cioè con gemme capaci di svilupparsi dopo il taglio. Quando la capacità pollonifera si esaurisce, la ceppaia muore e va sostituita con una nuova pianta nata da seme. La sostituzione delle ceppaie esaurite o morte per altri motivi avviene gradualmente nel tempo il bosco ceduo è formato essenzialmente da polloni, cioè alberi provenienti da rinnovazione agamica.



Figura 19 – Ceppaia con polloni sviluppati

Le forme di trattamento del ceduo sono:

- ceduo semplice: il soprassuolo è formato solo da polloni, tutti della stessa età;
- ceduo matricinato: il soprassuolo è formato prevalentemente da polloni coetanei e da un numero ridotto di matricine, cioè alberi di origine gamica o agamica, con età maggiore di quella dei polloni.

La differenza di età tra cedui e matricine è di una, due o tre volte la lunghezza del turno. Le matricine sono alberi rilasciati al momento della ceduzione in modo da potersi sviluppare per un certo periodo senza la concorrenza dei polloni. La loro principale funzione è quella di produrre il seme necessario a far nascere le piante che sostituiranno le ceppaie esaurite. Le matricine hanno anche una certa funzione protettiva dei polloni e del suolo e possono fornire legname di dimensioni medie maggiori di quello dei polloni. Il numero minimo di matricine da rilasciare è fissato da norme regionali, mentre il numero massimo è a libera scelta del pianificatore in funzione degli obiettivi del bosco.

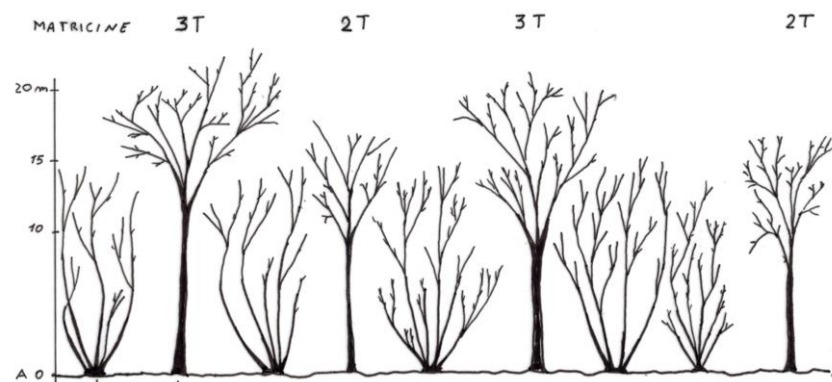


Figura 20 – Sezione di bosco ceduo matricinato con matricine di tre turni

I vantaggi del ceduo stanno tutti nell'estrema semplicità di gestione, nella certezza della rinnovazione naturale e nella frequenza del prodotto. Gli svantaggi sono di ordine ambientale e simili a quelli visti per il trattamento

a taglio raso della fustaia coetanea. Gli svantaggi sono da una parte mitigati dalla prontezza della rinnovazione, e dall'altra aggravati dalla minore lunghezza del turno del ceduo rispetto alla fustaia.



Figura 21 – Impatto paesistico del ceduo matricinato

2.3.3

Il ceduo composto

E' una forma mista di governo del bosco. Il soprassuolo è formato da un ceduo coetaneo e da una fustaia disetanea rada. Nel ceduo matricinato si ritrovano al massimo matricine di 3 volte la lunghezza del turno, mentre nel ceduo composto le matricine arrivano anche a un'età pari a 6 volte quella del turno. Alla scadenza del turno si procede alla ceduazione delle ceppaie e all'eliminazione di una parte delle matricine che sono sostituite da nuovi allievi che dovrebbero essere costituiti da piante nate da seme.

Alla scadenza del turno del ceduo si effettuano:

- a) il taglio delle matricine dell'ultima classe di età e di parte di quelle delle altre classi per regolarne il numero e eliminare quelle danneggiate o malate; la rinnovazione della fustaia avviene con il rilascio delle piante di origine gamica (se non sufficienti, anche di polloni) di età (dimensioni) simile a quella dei polloni;
- b) l'esecuzione di ripuliture per favorire lo sviluppo della rinnovazione da seme;
- c) il taglio del ceduo.

I pregi del ceduo composto risiedono nell'elasticità del rapporto tra ceduo e fustaia e nella conseguente possibilità di adattamento a variabili esigenze di produzione di materiale legnoso (legna da ardere e legname da lavoro). Consente inoltre una migliore protezione del suolo e della sua fertilità rispetto al ceduo matricinato. Ha effetti positivi sul paesaggio e sulla biodiversità. Il principale svantaggio sta nella difficoltà della gestione. Se il rapporto tra ceduo e fustaia non è ben equilibrato, la crescita dei polloni può risentirne.

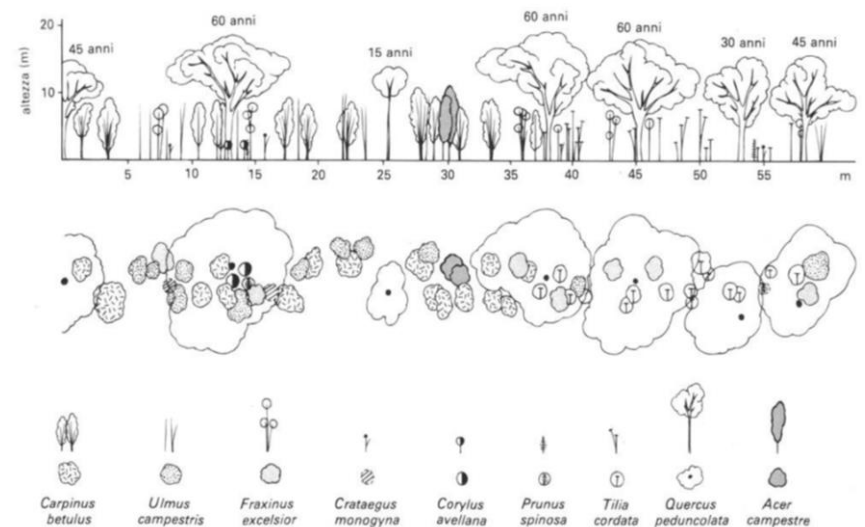


Figura 22 – Sezione e planimetria di un ceduo composto, particolare di una particella matura del bosco Bando, Muzzana del Turgano (Paiero, 1965)

2.3.4

La conversione del ceduo in fustaia.

Con la conversione del ceduo in fustaia si cambia la modalità di rinnovazione del bosco da agamica (per ricaccio di polloni) a agamica (attraverso il seme). Passaggio intermedio fondamentale della conversione è la creazione della cosiddetta “fustaia transitoria” cioè un bosco con l'apparenza di altofusto, ma con piante che derivano prevalentemente da polloni invecchiati. Le tecniche di conversione sono fondamentalmente due: il “taglio di avviamento”, tramite il quale si ottiene una fustaia transitoria coetanea e la “matricinatura intensiva”, che passa attraverso una fustaia transitoria disetanea.

Con il taglio di avviamento si opera una selezione sulle ceppaie scegliendo progressivamente i polloni migliori. Il taglio di selezione dei polloni dovrebbe ripetersi a intervalli regolari nel tempo (ogni 10 -15 anni a seconda della fertilità del bosco), seguendo l'evoluzione del soprassuolo.

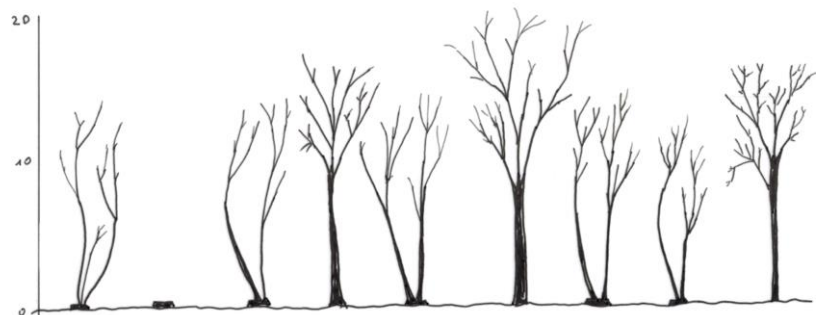


Figura 23 - Taglio di avviamento

Progressivamente il bosco tenderà ad assumere l'aspetto di una fustaia coetanea.

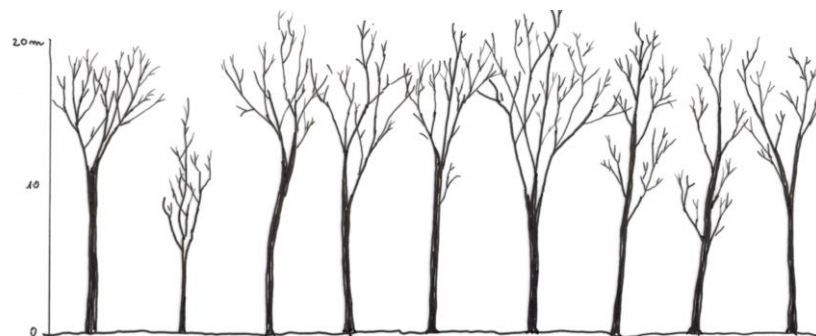


Figura 24 - Fustaia transitoria coetanea

La matricinatura intensiva (detta anche matricinatura progressiva) consiste nel proseguire le ceduzioni aggiungendo ogni anno nuove matricine fino a passare prima ad un ceduo composto transitorio, successivamente a una fustaia transitoria disetanea.

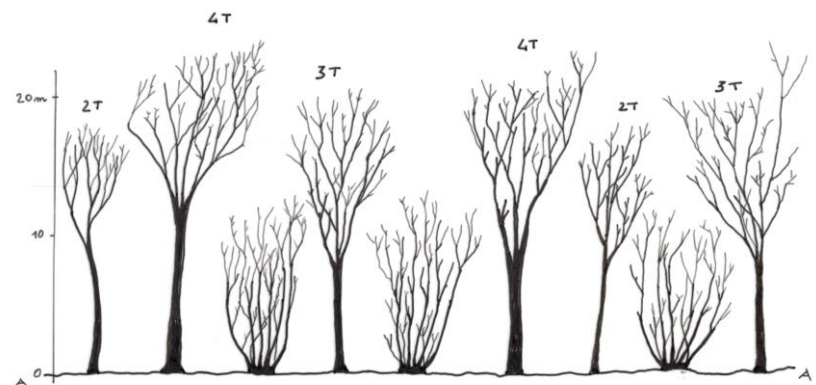


Figura 25 - Matricinatura intensiva: il ceduo composto transitorio

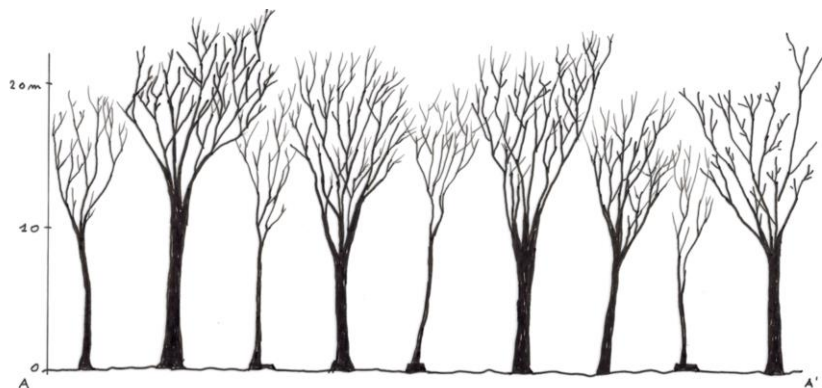


Figura 26 - Matricinatura intensiva: la fustaia transitoria disetanea

2.3.5

I tipi forestali

Il concetto di tipologia forestale corrisponde concettualmente al concetto di ecotopo, ma con una particolare attenzione a fornire indicazioni di supporto alla pianificazione territoriale. Secondo Marchetti et al⁵³, “il concetto di definizione dei tipi (forestali) si basa sulla capacità di classificare le superfici forestale in funzione della loro omogeneità «ecologico-gestionale». Tale classificazione dovrebbe scaturire da una analisi che, in una prima fase metta in risalto l'omogeneità di una data area per ciò che concerne le caratteristiche abiotiche (clima e suolo) e biotiche (consorzi forestali) e, successivamente applichi le omogeneità riscontrate nelle scelte gestionali e selvicolturali)”. Le tipologie forestali della Toscana sono state analizzate da Bernetti e Mondino⁵⁴.

⁵³ LA MANTIA T., MARCHETTI M., CULLOTTAS., PASTAS., *Materiali conoscitivi per una classificazione dei tipi forestali e preforestali della Sicilia.*, L'Italia Forestale e Montana. Anno LV, Fasc. n. 5, 2000, p. 310

⁵⁴ MONDINO G.P., BERNETTI G., *I tipi forestali. Boschi e macchie della Toscana*, Edizioni Regione Toscana, 1998.

Le tipologie forestali del Pino Domestico.

Le pinete di Pino domestico sono divise in 6 tipologie forestali.

Pineta dunale mesomediterranea: si tratta di pinete di fertilità da buona a media di fertilità situate su dune, finalizzate alla produzione di pinoli, spesso al secondo o terzo ciclo di coltura. Il trattamento selvicolturale più appropriato dipende dagli obiettivi di impresa. Se si intende proseguire la coltura dei pinoli, il trattamento è basato sul taglio raso con rinnovazione artificiale su superfici di circa 1 ettaro. Altrimenti si può procedere con un trattamento selvicolturale finalizzato ad ottenere una fustaia disetanea.

Pineta dunale termomediterranea: pinete di pino domestico di fertilità da mediocre a scadente, a lento sviluppo e soggetti a crisi di aridità.

Pineta dunale a leccio: si tratta generalmente di boschi biplani, con pineta sopra una macchia densa di leccio o altre sclerofille. La produttività della conifera appare comunque modesta. Il trattamento selvicolturale più conveniente dipende dalla decisione se conservare ad ogni costo la pineta. Le attuali condizioni di mercato renderebbero conveniente lo sviluppo del ceduo di latifoglie per fini energetici (teoricamente non consentito dalla legge, in quanto trasformazione di fustaia in ceduo). Attualmente, prevale l'abbandono.

Pineta planiziale mesoigrofila: pinete di prima classe di fertilità con piante molto sviluppate in altezza. Il trattamento è il taglio raso con rinnovazione artificiale su superfici di circa 1 ettaro.

Pineta collinare ad eriche e cisti: popolamenti della II e III classe spesso misti a cipresso e pino marittimo. Sono boschi che tendono ad evolversi a favore dell'insediamento delle latifoglie, tranne in caso di incendio dove prevale il pino marittimo. La rinnovazione del P. domestico è piuttosto ardua ed il trattamento potrebbe essere il taglio a scelta con la finalità di costituire un bosco misto meno soggetto all'incendio.

Pineta collinare a roverella: pinete di pino domestico di modesto sviluppo, miste a pino d'Aleppo e cipresso. La produzione è assai modesta anche in quanto si tratta di rimboschimenti protettivi su terreni erosi.

La localizzazione geografica delle tipologie è la seguente.

Pineta dunale mesomediterranea: Soprassuoli su dune e complessi dunali situati nelle seguenti unità del Sestini: Pianura costiera della Versilia, del Tombolo, bassa Val di Cecina e Val di Cornia.

Pineta dunale termomediterranea: Soprassuoli su dune e complessi dunali situati nelle seguenti unità del Sestini: pianura di Scarlino, pianura di Grosseto, pianura di Talamone, pianura dell'Osa e dell'Albegna, pianura del Lago di Burano.

Pineta dunale di pino domestico e leccio: soprassuoli su dune con compresenza di *Quercus ilex*.

Pineta planiziale mesoigrofila di pino domestico: boschi situati in fascia costiera, poco al di sopra del livello del mare su sabbie, alluvioni recenti o colmate di bonifica.

Pineta collinare di pino domestico a eriche e cisti: soprassuoli collinari su rocce silicatiche sedimentarie

Pineta collinare di pino domestico con roverella: boschi collinari su substrati argillosi, calcarei o su argille scagliose

BOX

METODOLOGICO - APPLICATIVO

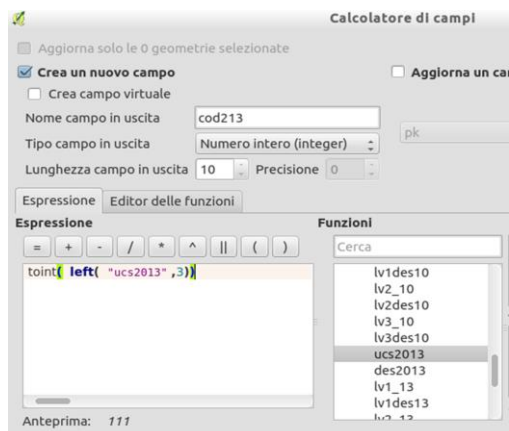
ANALISI DEL CICLO

Il modo più coerente di analizzare il territorio dal punto di vista del funzionamento ambientale del ciclo dell'acqua è quello di riferirsi, in ciascun sistema ambientale, alla figura territoriale più rappresentativa del fenomeno analizzato: il bacino idrografico. E' quindi necessario individuare un bacino idrografico rappresentativo delle condizioni geologiche e morfologiche in ciascun sistema territoriale. Una volta individuati e delimitati i bacini, la metodologia di analisi è la seguente.

Calcolo della mappa del Coefficiente di Infiltrazione Percentuale (CIP)

I dati necessari sono i seguenti:

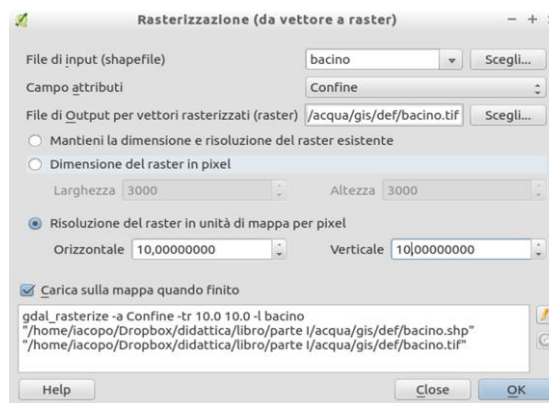
1. Layer vettoriale del confine del bacino idrografico, con campo numerico chiamato "confine" contenente il numero 1;
2. Layer raster delle quote (DEM);
3. Layer uso del suolo con una campo numerico contenente il codice corine al terzo livello.



In Qgis, per convertire il campo codice da alfanumerico a numerico è possibile utilizzare il calcolatore di campi;

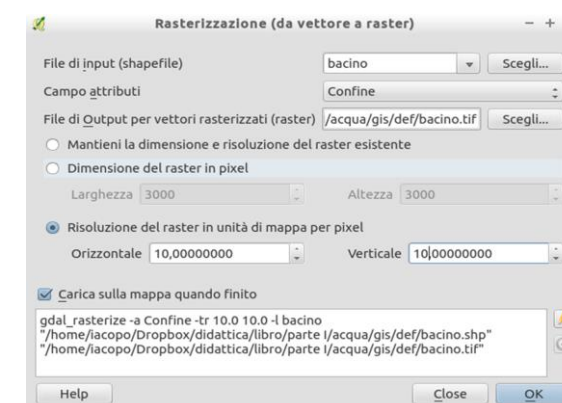
STEP 1

Il primo passo consiste nel convertire il confine del bacio idrografico da vettoriale a raster.



STEP 2

Tramite il calcolatore raster si "taglia" il DEM sul confine del bacino.

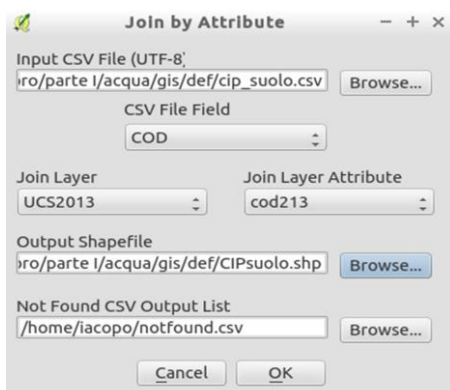


STEP 3

Per associare al vettoriale dell'uso del suolo il relativo codice per il calcolo del coefficiente di infiltrazione percentuale (Figura 11) è necessario creare un file ascii con estensione csv con la struttura di seguito riportata:

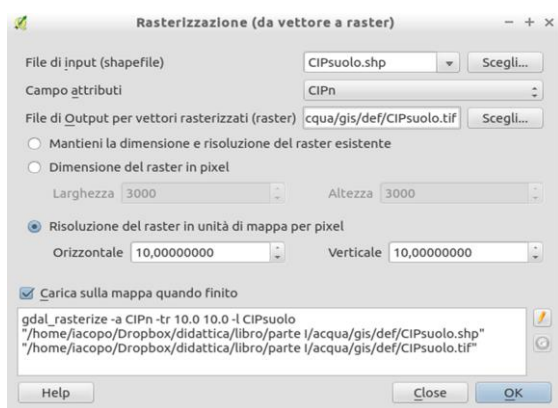
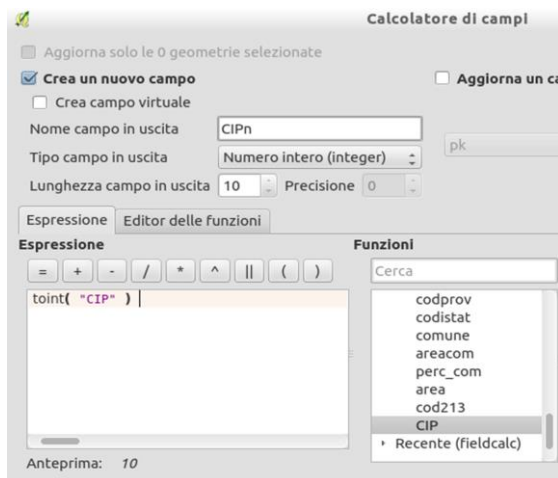
COD;CIP	124;10	421;10
111;10	131;10	511;10
112;10	132;10	512;10
121;10	133;10	141;20

Con la funzione del plug-in “mmQgis” “join by Attribute” si associa al vettoriale dell'uso del suolo il relativo coefficiente.



STEP 4

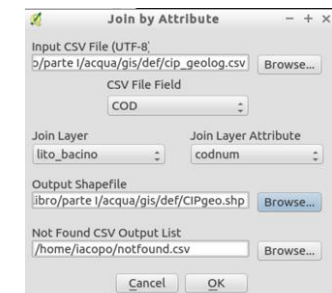
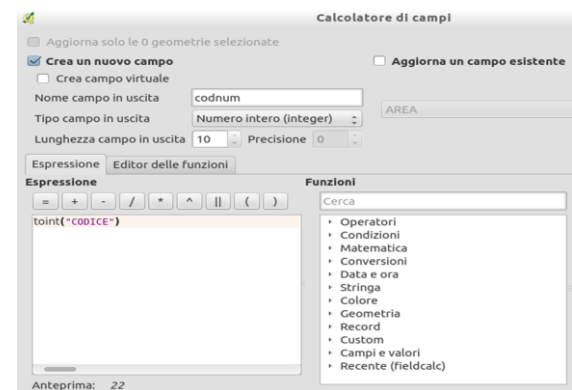
Il campo CIP che si crea nel nuovo layer è di tipo stringa. Per poter convertire da vettoriale a raster è necessario trasformarlo in numerico tramite il calcolatore di campi.

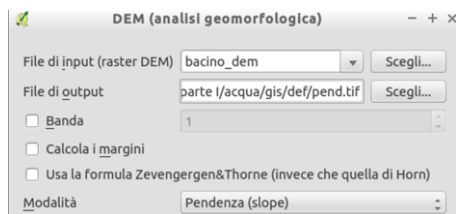
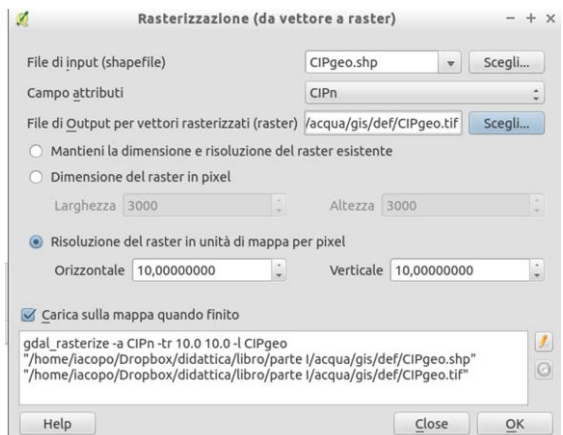
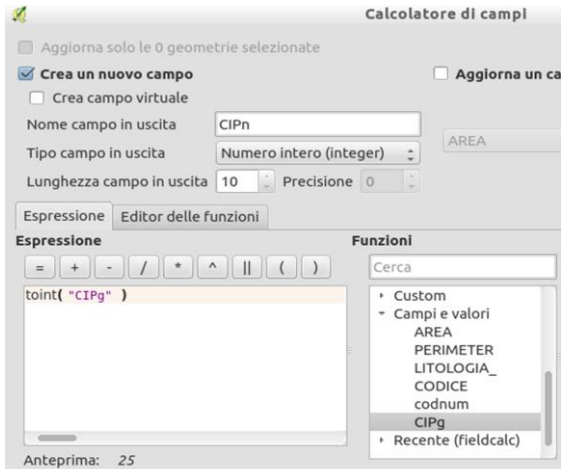


STEP 5

Per il layer della litologia si ripetono le stesse operazioni (da 3 a 5) già effettuate per l'uso del suolo. Sotto la struttura del file csv necessaria per attribuire a ciascuna litologia (codice prima del punto e virgola) il relativo coefficiente codice dopo il punto e virgola.

COD;CIP	1;90	2;80	3;90	4;90	5;15
6;20	7;85	... ecc.			





Analisi geomorfologica: calcolo della pendenza

STEP 6

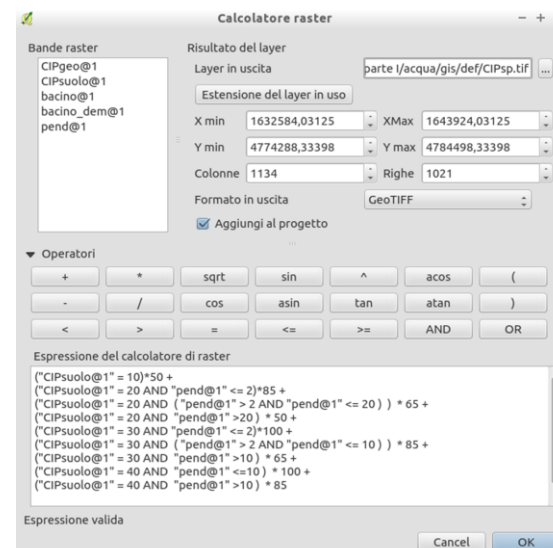
Per il calcolo della componente del coefficiente di infiltrazione dovuta alla morfologia del territorio è necessario calcolare la pendenza.

Successivamente è necessario utilizzare una complessa espressione logica nel calcolatore di campi.

```

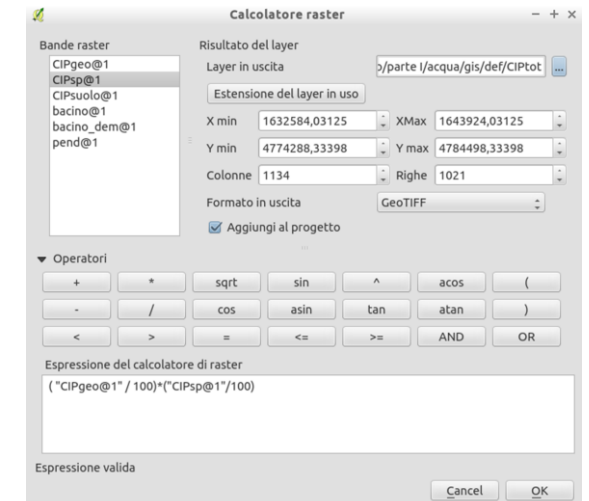
("CIPsuolo@1" = 10)*50 +
("CIPsuolo@1" = 20 AND "pend@1" <= 2)*85 +
("CIPsuolo@1" = 20 AND ( "pend@1" > 2 AND
"pend@1" <= 20 ) ) * 65 +
("CIPsuolo@1" = 20 AND "pend@1" >20 ) * 50 +
("CIPsuolo@1" = 30 AND "pend@1" <= 2)*100 +
("CIPsuolo@1" = 30 AND ( "pend@1" > 2 AND
"pend@1" <= 10 ) ) * 85 +
("CIPsuolo@1" = 30 AND "pend@1" >10 ) * 65 +
("CIPsuolo@1" = 40 AND "pend@1" <=10 ) * 100 +
("CIPsuolo@1" = 40 AND "pend@1" >10 ) * 85

```

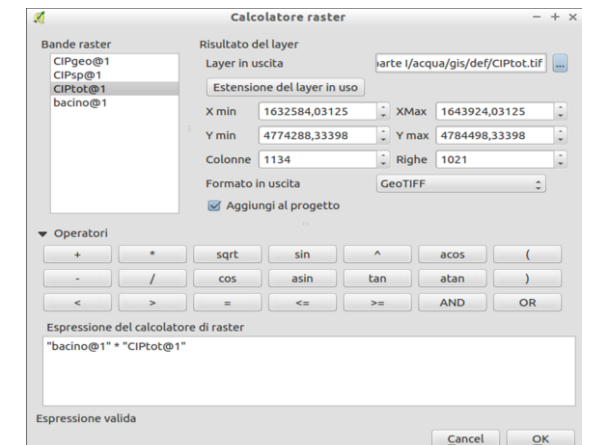


STEP 7

Infine si calcola la mappa del Coefficiente di Infiltrazione Percentuale finale.



Per facilitare le successive operazioni è utile tagliare tale mappa sui limiti del bacino tramite il calcolatore raster.



E' ora possibile rappresentare la variazione del coefficiente di infiltrazione totale nonché il contributo delle componenti morfologiche, geologiche e biotiche nel bacino in analisi.

La rappresentazione può essere effettuata in planimetria, in sezione o tramite prospetti con l'impiego del plug-in Qgis "QGis2threejs" e "Profile tool" (Figure 1 e 2).

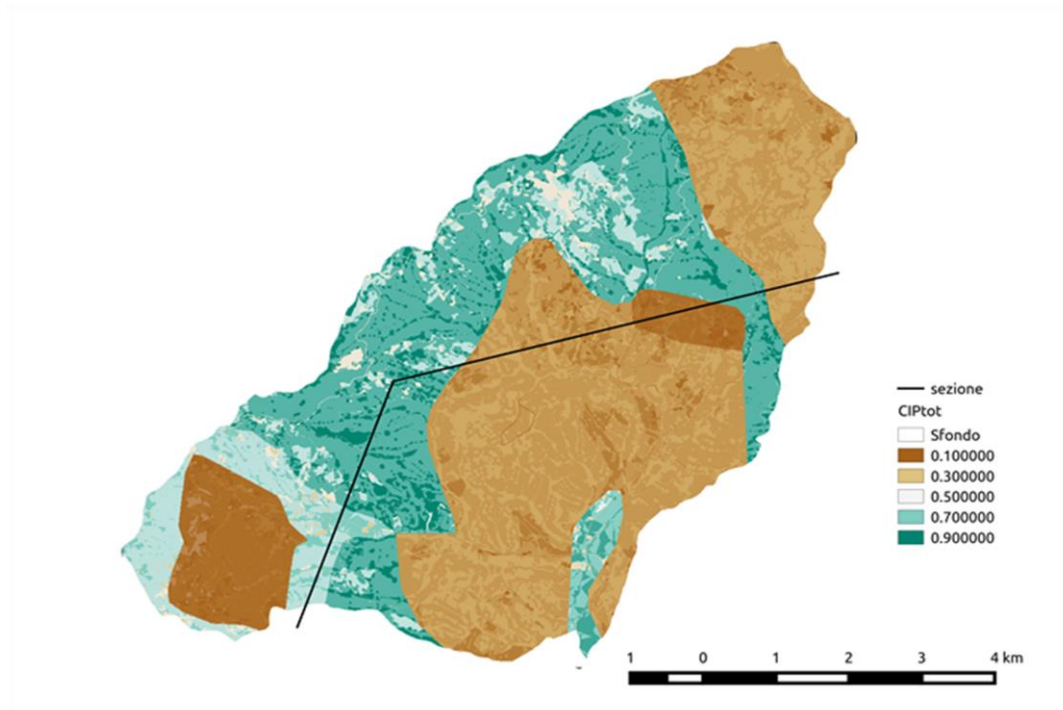
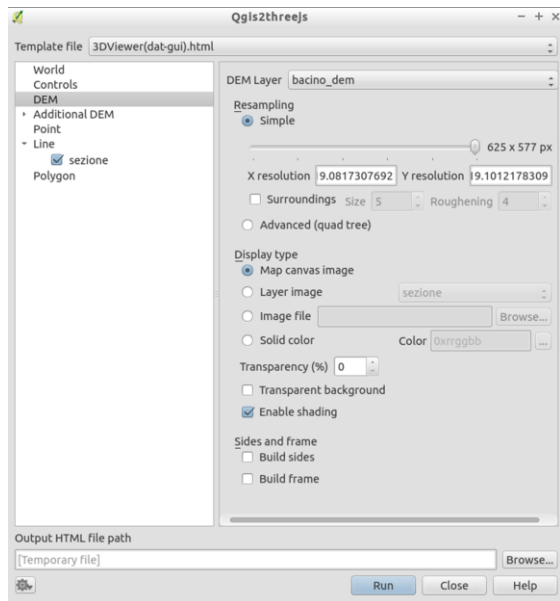
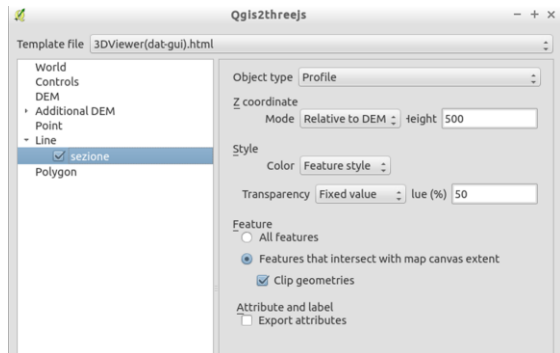


Figura 1 – Coefficiente di infiltrazioni totale nel bacino

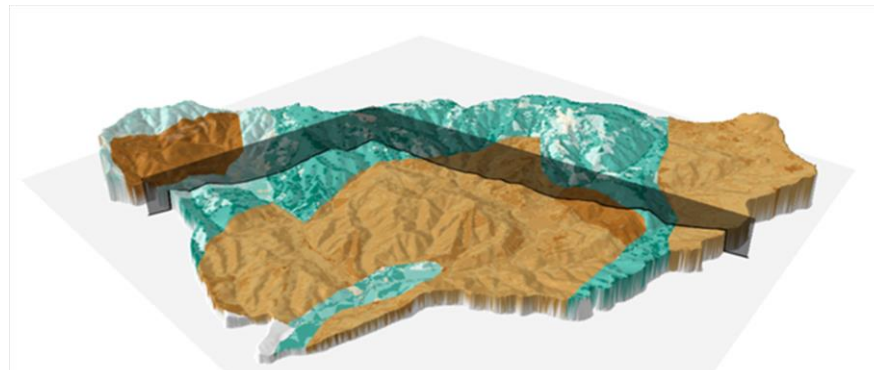
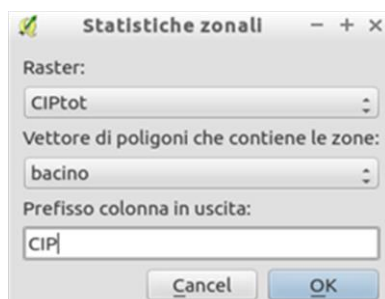


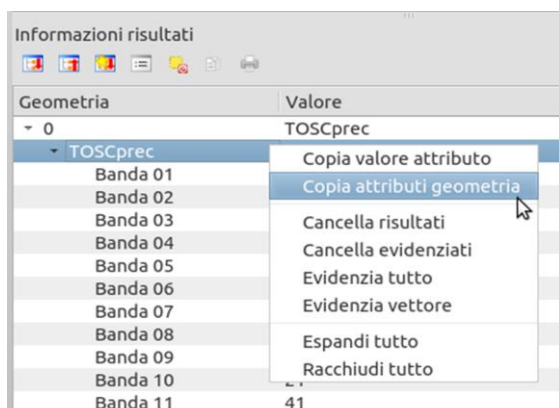
Figura 2 – Coefficiente di infiltrazioni totale: esempio di sezione tipo

STEP 1

Per il calcolo del bilancio idrologico è necessario conoscere il CIP medio pesato del bacino di riferimento. L'analisi può essere effettuata tramite il plug-in "Statistiche zonali". Il plug-in genera nel layer "bacino" tre nuovi campi, il campo "CIPmean" contiene il valore del CIP medio pesato.



Tale operazione andrebbe anche compiuta per il calcolo delle precipitazioni e delle temperature. Se però il bacino ha dimensioni contenute non si commettono errori significativi prendendo i valori in un punto prossimo al baricentro del confine.

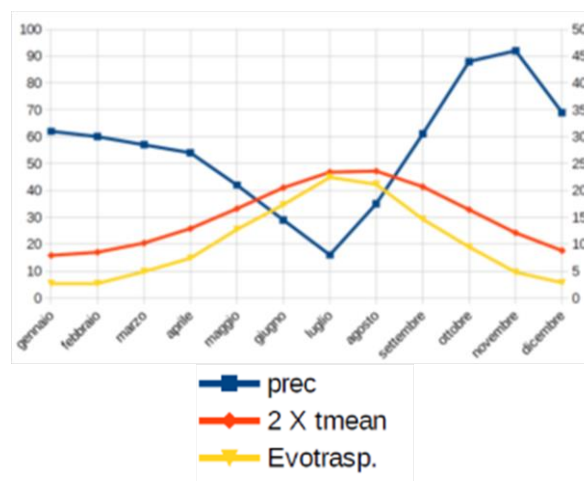


STEP 2

Tramite un foglio di calcolo è possibile elaborare l'andamento delle precipitazioni, dell'evotraspirazione potenziale (ETP) delle infiltrazioni e del deflusso complessivo del bacino all'attualità e per ciascun scenario di cambiamento climatico in termini di altezza (mm) sul punto di indagine (Tabella 7 e Figura 28).

	Temperatura media	Mesi	Precipitazioni	<i>l</i>	<i>p</i>	giorni	ETP	PE CIP medio	Infiltrazione	Deflusso	
Banda 04	7,2	gennaio	65,00	0,05	0,84	31,00	8,23	56,77	43	24,41	32,36
Banda 05	7,9	febbraio	64,00	0,06	0,83	28,00	7,71	56,29	43	24,20	32,08
Banda 06	9,9	marzo	62,00	0,09	1,03	31,00	11,95	50,05	43	21,52	28,53
Banda 07	12,6	aprile	60,00	0,12	1,11	30,00	14,17	45,83	43	19,71	26,12
Banda 08	16,4	maggio	48,00	0,18	1,24	31,00	18,82	29,18	43	12,55	16,63
Banda 09	20,4	giugno	37,00	0,26	1,25	30,00	20,62	16,38	43	7,04	9,34
Banda 10	23,3	luglio	21,00	0,31	1,27	31,00	23,23	0,00	43	0,00	0,00
Banda 11	23,3	agosto	41,00	0,31	1,18	31,00	21,58	19,42	43	8,35	11,07
Banda 12	20,5	settembre	66,00	0,26	1,04	30,00	17,20	48,80	43	20,99	27,82
Banda 01	15,9	ottobre	91,00	0,18	0,94	31,00	14,03	76,97	43	33,10	43,87
Banda 02	11,6	novembre	97,00	0,11	0,79	30,00	9,65	87,35	43	37,56	49,79
Banda 03	8,1	dicembre	72,00	0,06	0,75	31,00	7,82	64,18	43	27,60	36,58
MEDIA	14,76	TOTALE	724,00	2,01			175,00	551,23		237,03	314,20

Tabella 1– bilancio idrologico: esempio di calcolo in mm di altezza dei fenomeni



Riepilogo Bacino		
CIP Medio		0,43
Superficie bacino mq		46.335.296,00
	Attuale	RCP 8.5 2070
Precipitazioni Mmc	33.546,75	31.090,98
Evapotraspirazione Mmc	8.108,62	9.554,85
Infiltrazione Mmc	10.982,84	9.542,79
Deflusso Mmc	14.558,65	12.649,74

Figura 3 – Andamento della piovosità e della evotraspirazione e tabella bilancio idrologico in valori assoluti (migliaia mc)

BOX

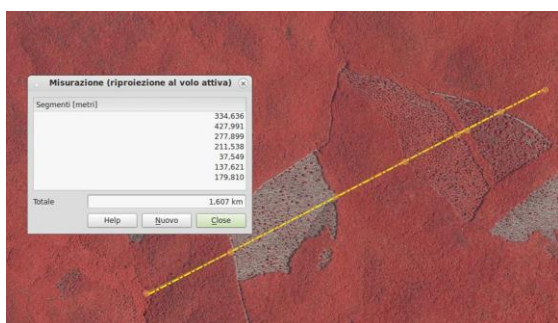
METODOLOGICO - APPLICATIVO

ANALISI DI UN ECOSISTEMA

Le moderne foto aeree ad alta risoluzione, affiancate ove presenti da rilievi LIDAR (LIDAR, acronimo dall'inglese Laser Imaging Detection and Ranging) è una tecnica di telerilevamento che permette di determinare le dimensioni quantitative di oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser) permettono un rilievo piuttosto dettagliato delle caratteristiche principali dei soprassuoli forestali. I principali parametri dendrometrici (cioè relative alla misura dei singoli alberi che compongono un popolamento forestale) rilevabili attraverso foto aerea sono i seguenti.

STEP 1

Individuazione in sezione delle modalità di governo e trattamento di un soprassuolo forestale.



Sezione di un ceduo matricinato in diversi stati di evoluzione

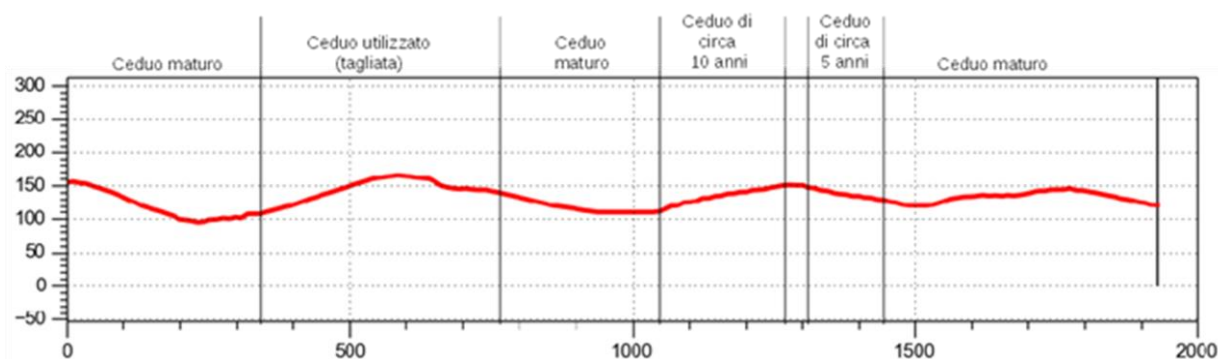
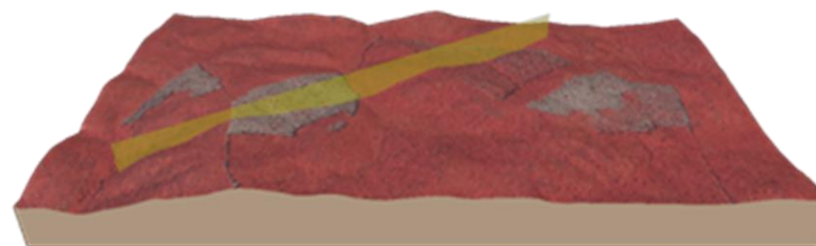
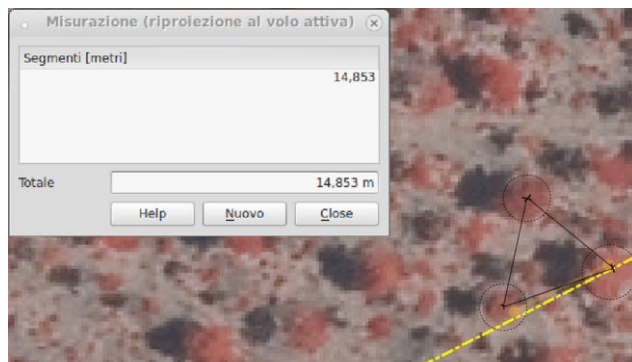


Figura 4 - Prospettiva e sezione interpretativa di un ceduo matricinato in diversi stati di evoluzione

STEP 2

Misura della distanza e calcolo della densità per ettaro delle matricine.



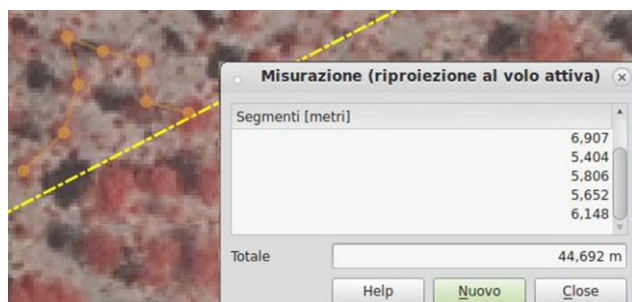
Misura delle distanze tra le matricine

Una volta stimata, misurandola all'interno di una tagliata, la distanza media fra le matricine ($Dist_{matr}$) è possibile calcolare la densità media per ettaro tramite la seguente relazione.

$$Dens_{matr} = \sqrt{Dist_{matr}/10000}$$

STEP 3

Misura della distanza media e calcolo della densità per ettaro delle ceppaie. La metodologia è analoga rispetto al caso precedente.



Misura delle distanze tra le ceppaie

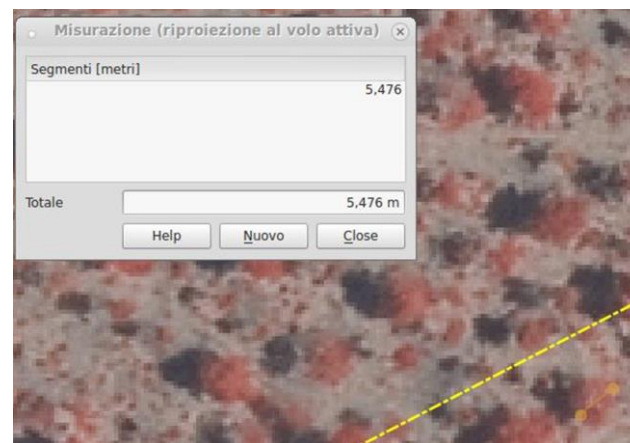
STEP 4

Misurazione del diametro della chioma delle matricine delle diverse età.

Diametro di una matricina di due turni



Diametro di una matricina di un turno



STEP 5

Stima della altezza del soprassuolo. In mancanza del dato LIDAR l'altezza del soprassuolo può essere stimata sulla base della fertilità e dell'età, utilizzando relazioni disponibili in bibliografia

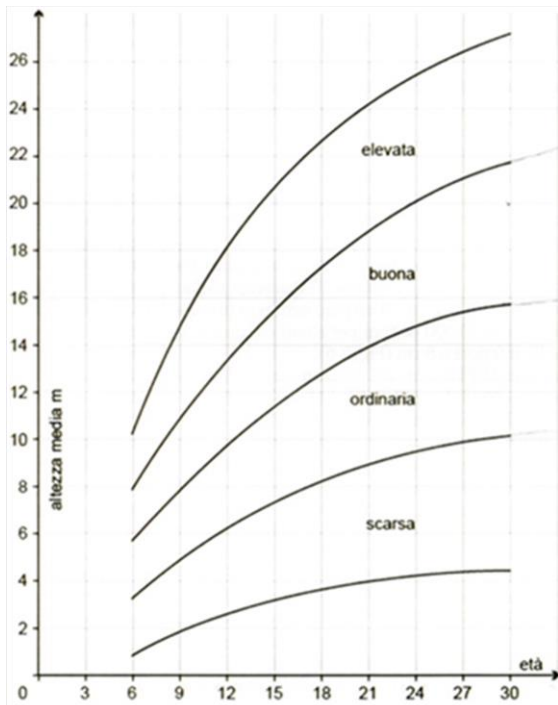


Figura 5 (sopra)
Relazione della fertilità e della età con l'altezza media (sviluppo altezza media per quattro livelli di produttività del ceduo)

Figura 6 (laterali)
Planimetria e sezione dimensionale del ceduo rilevato

Sulla base dei rilievi effettuati è possibile realizzare una sezione ed una planimetria di ciascuna tipologia presente nei sistemi ambientali boscati.

