

PUG COMUNE DI FERRARA

Piano Urbanistico Generale (PUG)

(Legge Regionale n. 24/2017)

Abaco degli elementi prestazionali della Rete Ecologica

Doc. VAS Allegato 5

Settembre 2026

Piano Urbanistico Generale

studio Gasparrini

MATE

COMUNE DI FERRARA
Piazza del Municipio, 2
44121 Ferrara

Sindaco
Alan FABBRI

Assessore all'Urbanistica
Stefano VITA FINZI ZALMAN

Ufficio di Piano
Arch. Fabrizio MAGNANI (Responsabile UdP)

Ing. Cristiano RINALDO (Coordinatore UdP)
Arch. Anna ALESSIO
Ing. Diego BREGANTIN
Arch. Andrea CHIEREGATTI
Arch. Antonella MAGGIPINTO
Arch. Silvia MAZZANTI
Dott. Michele PANCALDI
Dott.ssa Federica PARIS

Strutture organizzative correlate
Dott.ssa Carla CORAZZA (Museo di Storia Naturale)
Arch. Barbara BONORA (U.O. Pianificazione attuativa)
Arch. Paola ONORATI (U.O. Sportello Unico Edilizia)
Ing. Mariangela CAMPAGNOLI (U.O. Sismica, vigilanza e accessibilità)
Arch. Marcella LEONI (U.O. SUAP)

Competenze professionali (DGR n. 1255/2018)
CAMPO PIANIFICATORIO
Arch. Fabrizio MAGNANI (Dirigente Governo del territorio)
Arch. Barbara BONORA
Arch. Andrea CHIEREGATTI
Arch. Silvia MAZZANTI
Arch. Anna ALESSIO
CAMPO PAESAGGISTICO
Arch. Antonella MAGGIPINTO
CAMPO AMBIENTALE
Ing. Diego BREGANTIN
CAMPO EDILIZIO
Arch. Paola ONORATI
Ing. Mariangela CAMPAGNOLI
Ing. Francesca CHIEREGATO
Ing. Simone ZAPPATERRA
CAMPO GIURIDICO
Avv. Roberto OLLARI (esperto esterno)
CAMPO ECONOMICO-FINANZIARIO
Urb. Daniele RALLO (esperto esterno)
GARANTE COMUNICAZIONE E PARTECIPAZIONE
Arch. Silvia MAZZANTI

GRUPPO DI LAVORO
Progettisti
Responsabile tecnico scientifico
Prof. Arch. Carlo GASPARRINI
Responsabile Contrattuale
Urb. Raffaele GEROMETTA (MATE)
Coordinatore del Gruppo di Lavoro
Urb. Daniele RALLO (MATE)
Coordinatore Operativo
Urb. Fabio VANIN (MATE)

Esperti specialistici
Pianificazione Urbanistica
Arch. Francesco VAZZANO (Città della Cultura)
Arch. Sergio FORTINI (Città della Cultura)
Arch. Anna LUCIANI (Città della Cultura)
Arch. Chiara CESARINI (MATE)
Urb. Alberto Cristofori (MATE)
Arch. Martina CONTE (Studio Gasparrini)
Arch. Lorena PISAPIA (Studio Gasparrini)
Arch. Daniele SANDRI (Studio Gasparrini)

Pianificazione Urbanistica e supporto tecnico al coordinatore scientifico
Arch. Valeria SASSANELLI (Studio Gasparrini)

Paesaggio, territorio agricolo, ecologia, ambiente
Arch. Francesco NIGRO
Dott. for. Paolo RIGONI (SILVA)
Dott. for. Marco SASSATELLI (SILVA)

Sistema Informativo Territoriale (SIT)
Urb. Lisa DE GASPER (MATE)
Urb. Marco ROSSATO (MATE)

Valutazione ambientale
Urb. Morena SCRASCIA (MATE)
Ing. Elettra LOWENTHAL (MATE)

Materia giuridica
Avv. Roberto OLLARI

Abaco degli Elementi prestazionali della Rete Ecologica – Un indirizzo per la progettazione.

Indice

Abaco degli Elementi prestazionali della Rete Ecologica – Un indirizzo per la progettazione. 1

1. PREMESSA 4

2. GLI ELEMENTI DELLA RETE ECOLOGICA FERRARESE: dalla tutela idraulica alla rigenerazione agro-forestale 6

A1. CORRIDOI FLUVIALI PRIMARI E SECONDARI 7

A2. IL GORGO (Relitto Geologico Naturale) 9

B1. MACERO STORICO (Rinaturalizzato post-canapa) 10

B2. MACERO ARTIFICIALE / STRADALE (Bacini e Laminazione e zone umide diffuse) 12

C. NODI E CORE AREAS - INFRASTRUTTURE VERDI URBANE (NODI E CORE AREAS) 14

D. MITIGAZIONE INFRASTRUTTURALE (ROAD ECOLOGY) 16

E. AGROECOSISTEMA E MATRICE AGRICOLA 18

F. MITIGAZIONI METABOLICHE E INTERFACCE PRODUTTIVO-AMBIENTALI 21

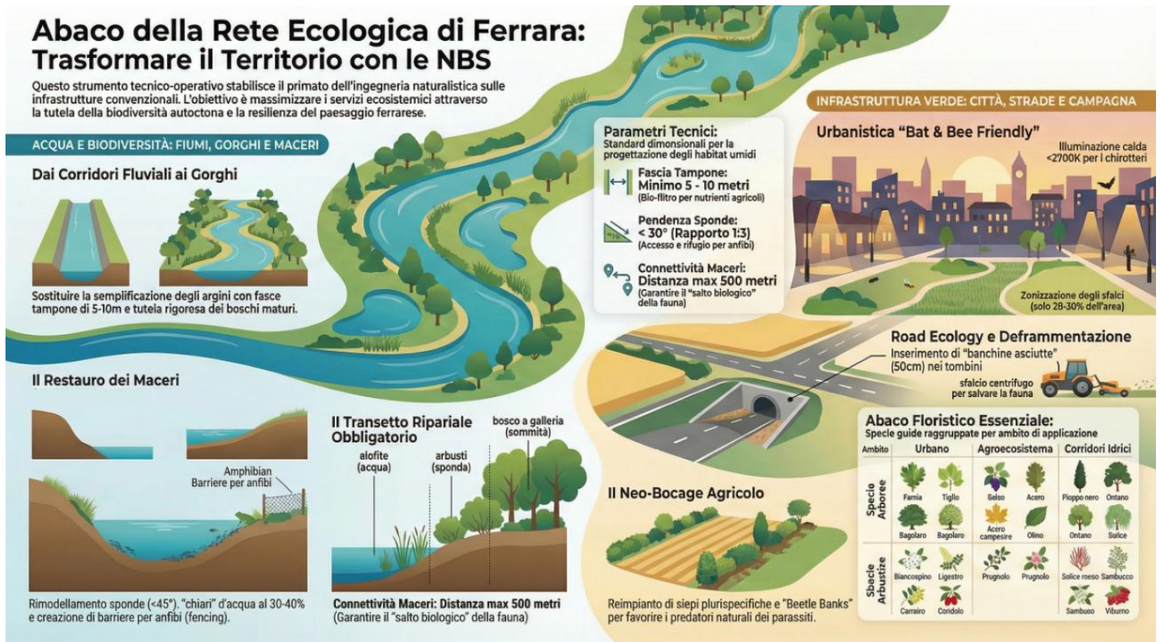
3. BIBLIOGRAFIA 23

1. PREMESSA

Il presente elaborato, denominato **"Abaco degli Elementi prestazionali della Rete Ecologica"**, costituisce uno strumento tecnico-operativo di indirizzo e prescrizione per la progettazione e la gestione degli interventi di trasformazione territoriale. Esso assume come riferimento vincolante i requisiti prestazionali definiti dall'Allegato Tecnico del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Ferrara.

L'obiettivo primario del documento è garantire che ogni azione che interessi, direttamente o indirettamente, gli elementi della Rete Ecologica locale e provinciale, dimostri assoluta coerenza con le strategie di tutela, deframmentazione e potenziamento ambientale. A tal fine, l'Abaco stabilisce un principio gerarchico ineludibile: **accordare priorità assoluta all'impiego di Soluzioni Basate sulla Natura (NBS - Nature-Based Solutions) e alle tecniche di Ingegneria Naturalistica.**

Attraverso la definizione di specifici ambiti di applicazione, obiettivi prestazionali, indicazioni operative e abachi floristici, il presente documento guida il progettista verso scelte capaci non solo di mitigare gli impatti, ma di **massimizzare i servizi ecosistemici erogati**, favorendo la resilienza del territorio, la tutela della biodiversità autoctona e la riqualificazione dei paesaggi agrari e fluviali ferraresi.



Uso delle tecnologie NBS per la valorizzazione della Rete Ecologica Locale di Ferrara

A1. CORRIDOI FLUVIALI PRIMARI Questa matrice ha lo scopo di governare gli interventi di valorizzazione, conservazione e naturalizzazione lungo i principali assi idrici del territorio. Nasce per risolvere le criticità legate alla banalizzazione morfologica degli argini e all'ipertrofia delle acque causata dai deflussi agricoli. L'obiettivo prestazionale è imporre la ricostruzione di un vero "ecotono acqua/terra" pluristratificato, capace di agire come filtro naturale per i nutrienti e come corridoio di connettività ininterrotta per la fauna ripariale.

A2. IL GORGO (Relitto Geologico Naturale) Questa matrice ha lo scopo di governare gli interventi di tutela, ripristino ambientale e delimitazione ecologica degli specchi d'acqua originatisi storicamente dalle antiche rotte del fiume Po. Nasce per arginare le criticità derivanti dall'avanzamento delle lavorazioni agricole e dal conseguente rischio di degrado degli habitat. L'obiettivo prestazionale è garantire la salvaguardia rigorosa di questi relitti idro-geomorfologici, prescrivendo la realizzazione di ampie fasce di rispetto e fasce tampone boscate, indispensabili per la sopravvivenza delle popolazioni di anfibi e dell'avifauna acquatica.

B1. MACERO STORICO (Rinaturalizzato post-canapa) Questa matrice ha lo scopo di governare gli interventi di restauro paesaggistico, manutenzione morfologica e ripristino funzionale delle antiche vasche un tempo destinate alla macerazione della canapa. Nasce per contrastare il progressivo interramento o tombamento di tali manufatti identitari. L'obiettivo prestazionale è salvaguardare la duplice valenza – storico-culturale ed ecologica – di questi bacini, garantendone la conservazione attiva e riattivandone il ruolo vitale di *stepping stones* (isole di rifugio e riproduzione) all'interno della Rete Ecologica di pianura.

B2. MACERO ARTIFICIALE / STRADALE (Bacini di Laminazione e zone umide diffuse) Questa matrice ha lo scopo di governare gli interventi di sistemazione idraulica, mitigazione infrastrutturale e recupero ambientale legati alle zone umide di neo-formazione (bacini di laminazione, invasi estrattivi e specchi d'acqua artificiali). Nasce per superare la concezione puramente ingegneristica di tali opere. L'obiettivo prestazionale è imporre l'applicazione di tecniche di ingegneria naturalistica, trasformando le infrastrutture grigie in veri e propri ecosistemi complessi capaci di favorire la fitodepurazione e la nidificazione dell'avifauna.

C. NODI E CORE AREAS - INFRASTRUTTURE VERDI URBANE Questa matrice ha lo scopo di governare gli interventi di rigenerazione urbana, progettazione degli spazi aperti e realizzazione delle dotazioni territoriali pubbliche. Nasce per superare il tradizionale concetto di mero "verde ornamentale" all'interno dei tessuti consolidati. L'obiettivo prestazionale è trasformare i parchi e gli spazi aperti in erogatori di Servizi Ecosistemici, massimizzando la permeabilità dei suoli (approccio *Sponge City*) e implementando la forestazione urbana per il contrasto alle Isole di Calore.

D. MITIGAZIONE INFRASTRUTTURALE (ROAD ECOLOGY) Questa matrice ha lo scopo di governare gli interventi di nuova realizzazione, adeguamento e mitigazione della rete viaria e ferroviaria. Nasce per risolvere le severe frammentazioni ecologiche introdotte nel paesaggio dalla mobilità di area vasta. L'obiettivo prestazionale è garantire il ripristino della permeabilità faunistica (tramite sottopassi ed ecodotti) e abbattere gli impatti acustico-atmosferici imponendo la progettazione obbligatoria di barriere verdi multifunzionali.

E. AGROECOSISTEMA E MATRICE AGRICOLA Questa matrice ha lo scopo di governare gli interventi di qualificazione rurale, ricomposizione paesaggistica e conduzione agronomica all'interno del paesaggio agricolo diffuso. Nasce per contrastare la banalizzazione del territorio derivante dalle pratiche di agricoltura intensiva. L'obiettivo prestazionale è restituire permeabilità e "connessione visiva" all'agroecosistema, imponendo la messa a dimora di infrastrutture verdi lineari (siepi frangivento, filari poderali, fasce tampone) che siano compatibili con la produttività agricola, ma essenziali per la fauna selvatica.

F. MITIGAZIONI METABOLICHE E INTERFACCE PRODUTTIVO-AMBIENTALI Questa ultima matrice ha lo scopo di governare gli interventi di mitigazione metabolica e la riqualificazione ambientale delle interfacce tra il sistema insediativo e i grandi poli funzionali e infrastrutturati (Polo Chimico, impianti di depurazione, poli logistici e produttivi consolidati). In questi contesti, il **territorio ferrarese** è sollecitato da carichi ambientali complessi: emissioni acustiche continue, impatti odorigeni, forti escursioni termiche e criticità chimico-idrauliche derivanti dal "metabolismo" di questi organismi tecnici. Attraverso un'infrastrutturazione verde profonda e sistemi NBS (Nature Based Solutions) stratificati, sarà possibile assorbire le esternalità metaboliche, filtrare gli inquinanti atmosferici, abbattere il carico sonoro e mitigare l'effetto isola di calore.

Per tutti gli interventi di trasformazione, compensazione, riqualificazione o ingegneria naturalistica previsti nelle differenti matrici del presente Abaco che interessino il reticolo idrografico, le zone umide, le fasce di pertinenza o aree comunque soggette a pericolosità e rischio idraulico, resta fermo l'obbligo inderogabile di verificare la compatibilità dell'intervento con il rischio idraulico e di acquisire preventivamente i pareri e le autorizzazioni degli enti competenti in materia di difesa del suolo e sicurezza idraulica (quali l'Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e Protezione Civile, l'Autorità interregionale per il fiume Po, il Consorzio di Bonifica, l'Autorità di Bacino

Distrettuale e AIPO - Agenzia Interregionale per il Fiume Po), in stretta coerenza con le prescrizioni e le limitazioni stabilite dalle relative schede di vincolo.

2. GLI ELEMENTI DELLA RETE ECOLOGICA FERRARESE: dalla tutela idraulica alla rigenerazione agro-forestale

Il presente capitolo definisce quindi l'articolazione spaziale e operativa dell'Abaco degli interventi di compensazione ambientale, procedendo alla scomposizione strutturale del paesaggio ferrarese nei suoi macro-ambiti costitutivi. La transizione ecologica e la messa in sicurezza di un territorio così vasto e antropizzato non possono essere governate attraverso standard generici o mitigazioni standardizzate. Pertanto, l'Infrastruttura Verde e Blu provinciale è stata codificata in cinque matrici ecosistemiche fondamentali (Schede dalla A alla F).

Il percorso prescrittivo tracciato in queste sezioni segue un vero e proprio "transetto ecologico". Prende avvio dalla salvaguardia dei grandi corridoi fluviali e dei relitti geomorfologici (le arterie blu primarie e le zone umide storiche), affronta le sfide microclimatiche del tessuto urbano consolidato, risolve le rigide cesure introdotte dalle reti infrastrutturali, per ricongiungersi infine alla vasta matrice rurale.

Per ciascuno di questi ambiti territoriali, le schede che seguono non si limitano a inquadrarne il valore ambientale, ma dettano i vincoli progettuali cogenti, le composizioni floristiche ammesse e le tecniche di ingegneria naturalistica inderogabili. L'obiettivo è fornire a pianificatori e progettisti un quadro normativo e compositivo univoco, trasformando ogni singolo intervento — dalla sponda del Po fino al confine del campo agricolo — in un tassello attivo della Rete Ecologica.

2.1 Ulteriori disposizioni e prescrizioni specifiche per l'Ambito di trasformazione territoriale (Vincolo 17 / Art. 28 del PTCP)

Ambito di trasformazione parco agricolo Bassani

Con riferimento specifico all'ambito di trasformazione territoriale individuato con il **Vincolo n. 17** e disciplinato dall'**art. 28 del PTCP**, oltre alle disposizioni generali incluse per i pertinenti elementi ecologici che si trovano all'interno del perimetro, valgono le seguenti prescrizioni e raccomandazioni di tutela e valorizzazione ambientale, da recepire e attuare anche in connessione con il Progetto guida PG3 (Il parco nord della multifunzionalità agraria, dello sport e del tempo libero):

- **Tutela dei maceri:** È prevista la tutela assoluta dei maceri esistenti all'interno dell'ambito, con la previsione di una zona di rispetto di 1 metro nella quale si dovrà porre attenzione alla tutela della vegetazione.
- **Qualità delle acque del canale Gramicia:** Nell'ambito di progetti di attuazione del PG3 si raccomanda la previsione di azioni per il miglioramento della qualità dell'acqua del canale Gramicia, ad esempio con l'utilizzo di piante con funzioni di fitodepurazione (quali *Trapa natans* e *Nymphoides peltata*).
- **Contrasto alle specie esotiche e invasive:** Nell'ambito di progetti di attuazione del PG3 si dovranno valutare e apportare misure efficaci volte alla riduzione delle specie esotiche invasive vegetali e animali (come *Trachemys scripta* e altri Emydidae esotici, il gambero rosso della Louisiana, la Nutria e la pianta *Reynoutria japonica* - poligono giapponese).
- **Tutela delle specie vegetali di pregio:** Saranno da tutelare tutti i siti con specie vegetali di pregio individuati all'interno della Tavola della Rete ecologica (quali i filari di pioppi e gelsi tra il canile e via della Ricostruzione, i boschi della Fondazione Navarra e le coltivazioni a larga ferrarese).
- **Gestione degli sfalci nei canali interni:** Per i canali interni all'ambito di trasformazione si raccomanda di evitare gli sfalci della vegetazione almeno fino al 15 luglio e si dovranno adottare strategie che non portino mai al taglio completo della vegetazione su due sponde contemporaneamente per tratti estesi, fatte salve comprovate diverse esigenze del Consorzio di Bonifica.
- **Limitazione di pesticidi e disseccanti:** In generale, dentro l'intero perimetro dell'ambito si raccomanda di limitare al massimo l'uso dei pesticidi e di escludere l'utilizzo di disseccanti fogliari per il controllo delle erbe nei fossati.

A1. CORRIDOI FLUVIALI PRIMARI E SECONDARI

La presente matrice disciplina in modo cogente gli interventi di valorizzazione, conservazione e naturalizzazione lungo i principali assi idrici del territorio (il Fiume Po e i suoi rami storici, quali il Volano e il Primaro). In un paesaggio di pianura intensamente antropizzato, queste aste fluviali non possono più essere considerate come meri vettori idraulici o canali di sgrondo, ma costituiscono l'ossatura portante (Super-Corridoi) e l'infrastruttura blu-verde primaria della Rete Ecologica. Per risolvere le storiche criticità legate alla banalizzazione morfologica degli argini e all'ipertrofia delle acque causata dai deflussi agricoli, l'obiettivo prestazionale del documento è definire la ricostruzione di un vero "ecotono acqua/terra" pluristratificato. La rigenerazione di questo margine continuo è progettata per agire come potente filtro naturale per i nutrienti e per garantire la connettività ecologica di area vasta, consentendo la migrazione, la sosta e lo scambio genetico della fauna lungo l'intero asse padano verso il Delta. Il mantenimento, la deframmentazione e il potenziamento di tale naturalità si configurano pertanto come un pre-requisito inderogabile per la resilienza climatica e biologica dell'intero territorio ferrarese.

Tipologia / Genesi	AMBITO DI APPLICAZIONE	OBIETTIVO PTCP(PRESTAZIONE E STANDARD)	INDICAZIONE PROGETTUALE	MANTENIMENTO IN SALUTE	PROGETTO VEGETAZIONALE(FLORA E HABITAT)
A1. CORRIDOI FLUVIALI PRIMARI E SECONDARI	Fiume Po, Po di Primaro, Volano, Canale Boicelli, Burana, Naviglio, ecc… **DIAGNOSI / CRITICITÀ:** Semplificazione morfologica degli argini, assenza di vegetazione riparia complessa, ipertrofia delle acque.	• **OBIETTIVO PRESTAZIONALE (PTCP):** Garantire la presenza di un **ecotono acqua/terra articolato** e la funzione filtro per i nutrienti agricoli.	**Azione: Rinaturalizzazione della Fascia Perialveale** 1. **Specifica Tecnica:** Realizzazione di fasce tampone continue di larghezza min. **5-10 m** dal ciglio spondale. 2. **Struttura Vegetazionale:** Obbligo di **Pluristratificazione** (non solo erba, non solo alberi). La fascia deve comprendere: o *Fascia A (bagnata):* Canneti e vegetazione elofitica (es. *Phragmites*) per la fitodepurazione. o *Fascia B (sponda):* Arbusti igrofili (es. Salici arbustivi) per il consolidamento. o *Fascia C (sommità):* Filare arboreo continuo per l'ombreggiamento (riduzione temperatura acqua). 3. **Vincolo:** limitare aratura e trattamenti chimici nella fascia di rispetto. 4. **Azione: Gestione della Biomassa** o **Specifica Tecnica:** Adozione dello sfalcio a "sezioni alterne" (o a mosaico) sulle arginature, mai rasatura completa simultanea, per garantire rifugio costante all'entomofauna.	**1. MANTENIMENTO IN SALUTE (Gestione Idraulico-Ecologica)** *Obiettivo: Garantire la funzionalità ecosistemica e la qualità delle acque attraverso pratiche di manutenzione non invasive.* • **A. GESTIONE DELLA FASCIA TAMPONE (Buffer Zone Management)** o **Indicazioni:** mantenere una fascia di rispetto vegetata continua di **minimo 5-10 metri** dal ciglio di sponda. o **In tale fascia limitare** l'aratura, la fertilizzazione chimica e l'impermeabilizzazione. o **Funzione:** La fascia deve agire come **bio-filtro** per intercettare i nitrati e i fosfati provenienti dal ruscellamento agricolo prima che raggiungano il corso d'acqua, riducendo l'eutrofizzazione. • **B. PROTOCOLLO DI SFALCIO DIFFERENZIATO** o **Criterio:** Abbandono della tecnica "tabula rasa" (trinciatura totale simultanea). o **Operatività:** Adozione dello sfalcio **a mosaico o a sezioni alterne**: ▪ Sfalcio di una sola sponda per volta (lasciando l'altra integra come rifugio). ▪ Mantenimento di "isole" di vegetazione alta (min. 10-20% della superficie) durante i periodi critici di nidificazione (marzo-luglio). • **C. GESTIONE DEL LEGNO MORTO** o **Prescrizione:** Il materiale legnoso caduto in alveo o presente sulle sponde non deve essere rimosso sistematicamente, salvo comprovato rischio idraulico (es. ostruzione ponti). o **Funzione:** Il legno morto costituisce un micro-habitat essenziale per l'ittiofauna (rifugio avannotti) e per gli invertebrati bentonici.	*Obiettivo: Ricostruire la complessità strutturale dell'ecotono spondale (Pluristratificazione).* Il progetto vegetazionale non deve essere ornamentale, ma **strutturale**. Si richiede la ricostruzione del **Transetto Ripariale Completo** diviso in tre fasce parallele all'acqua: • **FASCIA A: PIEDE DELL'ARGINE E ZONA BAGNATA (Elofite)** o *Obiettivo:* Consolidamento spondale e fitodepurazione. o *Tipologia:* Canneti e vegetazione erbacea igrofila. o *Specie Guida:* ▪ *Phragmites australis* (Cannuccia di palude) – *Fondamentale per ossigenare i sedimenti.* ▪ *Typha latifolia* (Tifa) ▪ *Carex spp.* (Carici) ▪ *Iris pseudacorus* (Giaggiolo acquatico) • **FASCIA B: SCARPATA E MEZZA COSTA (Arbusteto Ripariale)** o *Obiettivo:* Resistenza alla corrente, ombreggiamento dell'acqua (riduzione temperatura) e rifugio avifauna. o *Tipologia:* Saliceto arbustivo flessibile. o *Specie Guida:* ▪ *Salix alba* (Salice bianco) – *Specie strutturante.* ▪ *Salix purpurea* (Salice rosso) ▪ *Cornus sanguinea* (Sanguinella) ▪ *Sambucus nigra* (Sambuco) • **FASCIA C: SOMMITÀ E PIANO DI CAMPAGNA (Bosco a Galleria)** o *Obiettivo:* Connessione ecologica di alto fusto (Corridoio per chirotteri e uccelli), frangivento. o *Tipologia:* Filare arboreo o bosco planiziale igrofilo. o *Specie Guida:* ▪ *Populus nigra* (Pioppo nero autoctono) – *Non cloni industriali.* ▪ *Alnus glutinosa* (Ontano nero) – *Fissatore di azoto.* ▪ *Quercus robur* (Farnia) – *Nelle*

					zone più stabili e meno soggette a inondazione frequente. ▪ *Ulmus minor* (Olmo campestre)
	INDICAZIONI OPERATIVE				
	Indicazioni Operative e Soluzioni Progettuali (NBS) Qualsiasi intervento di trasformazione territoriale, messa in sicurezza idraulica o fruizione turistico-ricreativa che interessi le fasce di pertinenza fluviale e golenale, deve essere rigorosamente subordinato alle seguenti prescrizioni prestazionali: • **1. Tutela delle golene e connettività trasversale:** È prioritario tutelare l'integrità ecologica delle golene, ostacolando la sistematica messa a coltura intensiva fino al ciglio di sponda. Si prescrive la conservazione e il ripristino delle formazioni boschive ripariali autoctone (es. saliceti e pioppeti bianchi: *Salix alba, Populus alba*), in quanto infrastrutture naturali indispensabili per dissipare l'energia cinetica delle piene e fornire macro-habitat di rifugio per la fauna durante gli eventi estremi., fatto salvo esigenze di sicurezza idraulica • **2. Ingegneria naturalistica per le difese spondali (Divieto di artificializzazione):** Al fine di non interrompere la vitale continuità ecologica terra-acqua, si raccomanda di non realizzare nuove opere di difesa spondale "rigide" (scogliere cementate, palancolati metallici, muri di sponda), fatte salve esigenze tecniche. La stabilizzazione idrogeologica delle rive può essere garantita attraverso l'applicazione di tecniche di ingegneria naturalistica (palificate vive, fascinate, coperture in biostuoie pre-seminate), capaci di assecondare la naturale dinamica morfologica del fiume e favorire l'insediamento spontaneo della vegetazione igrofila. • **3. Fasce tampone e filtro chimico-fisico (Buffer zones):** Per tutelare la qualità delle acque superficiali e prevenire fenomeni di anossia causati dai carichi inquinanti del *runoff* agricolo circostante, è da prediligere l'istituzione di fasce di rispetto vegetate (buffer ecotonali erbaceo-arbustivi) lungo i crinali arginali e le fasce di rispetto. Tali formazioni agiscono come potenti filtri fitodepurativi e inibiscono l'eutrofizzazione del corridoio fluviale. • **4. Deframmentazione idraulica e continuità longitudinale:** In occasione di adeguamenti infrastrutturali, riqualificazioni o interventi su manufatti idraulici esistenti (es. traverse, sbarramenti, idrovore), è fatto obbligo di valutare l'inserimento di specifiche rampe di deflusso o scale di risalita per l'ittiofauna (*fishways*). Tali opere sono fondamentali per ripristinare la continuità biologica longitudinale, consentendo le migrazioni riproduttive delle specie ittiche autoctone. • **5. Coordinamento con la disciplina idraulica e pareri degli enti competenti:** Ogni intervento di sistemazione spondale, rinaturalizzazione o inserimento di opere in prossimità del reticolo idrografico deve essere preventivamente sottoposto alla valutazione degli enti idraulici competenti, garantendo la compatibilità con il regime delle piene, la piena coerenza con i vincoli idraulici vigenti e l'acquisizione dei relativi atti di assenso prima dell'approvazione del progetto esecutivo.				

A2. IL GORGO (Relitto Geologico Naturale)

I "Gorghi" ferraresi costituiscono emergenze paesaggistiche e naturali di inestimabile valore, generatisi a seguito delle storiche rotte e divagazioni del fiume Po. All'interno di una matrice agricola fortemente antropizzata, questi specchi d'acqua profondi assolvono la funzione strategica di *stepping stones* (isole ecologiche di transito) per la Rete Ecologica Locale e Provinciale, garantendo la sopravvivenza, la sosta e la riproduzione di popolazioni di anfibi e avifauna acquatica. Al fine di arginare le criticità derivanti dall'avanzamento delle lavorazioni agricole, la presente matrice disciplina gli interventi di tutela, delimitazione e ripristino ambientale di tali relitti. In stretta ottemperanza agli indirizzi del PTCP di Ferrara, il PUG ne prescrive la conservazione integrale attraverso un obiettivo prestazionale rigoroso: la salvaguardia del Gorgo è subordinata alla realizzazione di ampie fasce di rispetto e di filtri tampone boscati, indispensabili per schermare l'habitat dal rischio di degrado.

Tipologia / Genesi	AMBITO DI APPLICAZIONE	OBIETTIVO PTCP(PRESTAZIONE E STANDARD)	INDICAZIONE PROGETTUALE	MANTENIMENTO IN SALUTE	PROGETTO VEGETAZIONALE(FLORA E HABITAT)
A2. IL GORGO (Relitto Geologico Naturale)	Aree a Nord-Est (Paleoalvei del Po):Zone di Francolino, Fossalta e Pontelagoscuro. Siano resi prioritari i Gorghi minacciati dall'espansione del tessuto insediativo sparso o dall'agricoltura intensiva che ne erode i margini.	Massima Naturalità (Standard Ottimale):Inedificabilità assoluta del cono visivo e isolamento dagli impatti.	**Riprofilatura spondale e Batimetria dolce:** Le sponde del gorgo non devono mai presentare profili verticali, netti o artificializzati. Al fine di evitare l'"effetto trappola" per l'erpetofauna, la progettazione deve garantire pendenze estremamente dolci (rapporto 1:3 o inferiore) per facilitare il transito degli anfibi. È tassativamente escluso l'uso di difese spondali rigide (muretti, gabbionate); eventuali consolidamenti devono essere realizzati esclusivamente con tecniche di ingegneria naturalistica (palificate vive o fascinate in salice).	Manutenzione Passiva: Nessun spurgo. Tutela del legno morto sommerso (rifugio ittico).	Bosco Maturo Climax: Tutela di Populus e Salix monumentali esistenti. Vietato piantare specie commerciali. **ECOSISTEMA A FORESTA ALLAGATA (CLIMAX COMPLESSO)** **1. Fascia Arborea Ripariale (Tutela Genetica):** Protezione assoluta dei patriarchi arborei nativi (*Populus nigra* - Pioppo nero, *Salix alba* - Salice bianco, *Alnus glutinosa* - Ontano nero, *Quercus robur* - Farnia sui bordi alti). **Divieto rigoroso** di introduzione di cloni ibridi da reddito (es. Pioppo euroamericano da carta) per evitare l'inquinamento genetico delle popolazioni autoctone relitte. **2. Fascia Flottante ed Ecotono:** Tutela delle macrofite galleggianti naturali (*Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Trapa natans*) e della cintura a canneto, che non deve mai chiudere l'intero specchio d'acqua. Controllo delle liane esotiche infestanti (es. Zucca matta - *Sicyos angulatus*). **3. Gestione della Necromassa (Il "Legno Morto"):** Obbligo tassativo di lasciare in loco i tronchi crollati spontaneamente, sia a terra che parzialmente sommersi. Il legno marcescente è il substrato vitale per i Coleotteri xilofagi protetti (es. *Lucanus cervus*) e funge da "rifugio e asilo" per la deposizione delle uova dell'ittiofauna autoctona (Luccio, Tinca) che altrimenti non avrebbe appigli nell'acqua profonda.
	INDICAZIONI OPERATIVE				
	Per le attività di trasformazione agricola, sistemazione paesaggistica o riqualificazione territoriale in prossimità di un Gorgo censito, si raccomanda l'adozione delle seguenti buone pratiche e soluzioni operative: • **1. Fascia di Rispetto e Buffer Ecologico:** Si suggerisce la costituzione di una fascia di pertinenza perimetrale (indicativamente di almeno 15 metri dal ciglio di sponda) all'interno della quale limitare le lavorazioni agricole profonde. Per preservare la qualità delle acque profonde, è fortemente raccomandato evitare o minimizzare lo spandimento di fertilizzanti chimici o fitofarmaci in tale perimetro. • **2. Filtro Verde Ripariale (NBS):** Per mitigare il rischio di eutrofizzazione causato dal *runoff* (ruscellamento) agricolo, la soluzione progettuale ottimale prevede l'inserimento di un filtro verde continuo lungo i margini. La messa a dimora di specie igrofile e arbustive autoctone (es. *Salix alba, Cornus sanguinea*) agisce come fitodepuratore naturale, intercettando i nutrienti prima della loro immissione nel bacino. **3. Mantenimento degli equilibri morfo-biologici:** Al fine di non compromettere il valore di habitat del relitto geologico, le indicazioni operative suggeriscono di preservare la naturalità delle sponde, evitando interventi di regimazione artificiale rigida (es. muretti, palancolate). È altresì opportuno valutare con attenzione eventuali emungimenti idrici per non alterare il livello di base dello specchio d'acqua.			

B1. MACERO STORICO (Rinaturalizzato post-canapa)

La presente matrice ha lo scopo di governare gli interventi di tutela, sistemazione idraulica e recupero ambientale del sistema delle zone umide di origine antropica. Tale sistema ricomprende sia i "Maceri" storici (bacini legati alla lavorazione della canapa, oggi rinaturalizzati in preziose *micro-wetlands* e *stepping stones* per l'erpetofauna), sia le zone umide di neo-formazione (bacini di laminazione, invasi estrattivi e casse di espansione). Per scongiurare la perdita di questo inestimabile patrimonio identitario e, contestualmente, superare la concezione puramente ingegneristica delle nuove opere di mitigazione, l'obiettivo prestazionale della matrice è duplice. Da un lato, si garantisce la salvaguardia rigorosa dei maceri come nodi vitali della Rete Ecologica Locale all'interno della matrice agricola; dall'altro, si promuove l'applicazione di tecniche di ingegneria naturalistica per i nuovi invasi, trasformando le infrastrutture grigie in ecosistemi complessi capaci di favorire la fitodepurazione e la nidificazione dell'avifauna.

Tipologia / Genesi	AMBITO DI APPLICAZIONE	OBIETTIVO PTCP(PRESTAZIONE E STANDARD)	INDICAZIONE PROGETTUALE	MANTENIMENTO IN SALUTE	PROGETTO VEGETAZIONALE(FLORA E HABITAT)
B1. MACERO STORICO (Rinaturalizzato post-canapa)	Le "Larghe" e l'Est Ferrarese: Frazioni di Baura, Correggio, Malborghetto.... Priorità assoluta ai maceri "interclusi" (staccati dalla rete idrica) che rischiano l'interramento agricolo abusivo. **DIAGNOSI / CRITICITÀ:** Interramento per accumulo sedimenti, sponde troppo ripide (>60°), anossia.	**OBIETTIVO PRESTAZIONALE (PTCP):** Mantenimento del volume d'invaso e complessità dell'interfaccia terra-acqua. Stepping Stone: Ecotono complesso con riconnessione idraulica minima.	1. **Azione: Rimodellamento Morfologico (Reshaping)** ○ **Specifica Tecnica:** In caso di manutenzione straordinaria, obbligo di **risezionamento delle sponde** con pendenza dolce (**< 45°** o rapporto 1:2 / 1:3) su almeno il 50% del perimetro, per favorire l'insediamento di Anfibi e vegetazione di ripa. 2. **Azione: Gestione dei Sedimenti (Sludging)** ○ **Specifica Tecnica:** Rimozione parziale dei fanghi di fondo (max 1/3 della superficie per anno) per evitare lo shock anossico e preservare il banco di semi (*seed bank*) e la fauna bentonica esistente. Divieto di svuotamento totale improvviso. Riconnessione Dolce: Obbligo di riapertura dei piccoli fossati/scoli campestri adduttori per salvare il macero dall'anossia. **(Installazione/Restauro):** Parametro di **"Connettività spaziale«:** per i Maceri Storici va favorita la conservazione dei sistemi "a costellazione" (maceri multipli a distanza ravvicinata). La distanza massima funzionale per il salto biologico della microfauna è di **500 metri**.	Gestione Banca Semi/Uova: Sfalcio del canneto a mosaico (50% annuo). Divieto di dragaggio profondo del fondale. La fascia tampone (*Buffer strip*) di 5 metri non arata è **necessaria;** serve a bloccare il dilavamento diretto dei fertilizzanti azotati (Run-off) che causa le fioriture cianobatteriche letali per gli anfibi a inizio primavera.	Ecotono Aperto: Arbusti esterni (Biancospino) blocca-pesticidi; Canneto interno mantenendo il 30% di acqua libera (soleggiata). **COTONO A CANNETO APERTO (HABITAT TERMOFILO PER ANFIBI)** **1. Fascia Arbustiva di Protezione (La "Buffer-Strip"):** Divieto di piantumazione di alberi ad alto fusto. Obbligo di creazione di una cintura perimetrale densa composta esclusivamente da arbusti spinosi autoctoni (*Crataegus monogyna* - Biancospino, *Prunus spinosa* - Prugnolo, *Rosa canina*). Questa fascia funge da **scudo biologico** contro la deriva dei fitofarmaci (*spray-drift*) dei campi limitrofi e protegge i nidi di avifauna dai predatori. **2. Il Canneto "a Mosaico" (Filtro e Rifugio):** Gestione della vegetazione elofitica ripariale (*Phragmites australis* - Cannuccia di palude, *Typha latifolia* - Mazzasorda). Il canneto non deve mai chiudersi totalmente: va mantenuto il **30-40% di specchio d'acqua libero ("chiari")** nella zona centrale. I chiari d'acqua sono indispensabili per le parate nuziali degli anfibi e per le aree di caccia delle Libellule (Odonati). **3. Gestione del Bilancio Termico (Luce):** è sconsigliata la presenza di alberature sul lato Sud e Sud-Ovest del macero. L'insolazione diretta primaverile è il fattore chiave che riscalda i bassi fondali e fa scattare il trigger biologico per la metamorfosi e la schiusa delle uova di *Triturus carnifex* (Tritone crestato) e *Hyla intermedia* (Raganella padana).
	INDICAZIONI OPERATIVE				
	Al fine di scongiurare la progressiva scomparsa di questi micro-habitat a causa delle pressioni agricole, gli interventi di riqualificazione o le attività limitrofe a un Macero storico devono orientarsi verso le seguenti buone pratiche: • **1. Tutela morfo-tipologica e divieto di interramento:** È prioritario garantire la conservazione integrale del bacino, preservandone possibilmente la storica conformazione geometrica (spesso sub-rettangolare). Si raccomanda di escludere qualsiasi pratica di colmamento, interramento parziale o utilizzo del bacino come vasca di accumulo per scarti agricoli e inerti. • **2. Fascia di rispetto e fitodepurazione ripariale (NBS):** Per proteggere il delicato ecosistema acquatico dal *runoff* (ruscellamento) di fertilizzanti e pesticidi provenienti dai campi circostanti, la soluzione ottimale prevede l'impianto di una fascia tampone erbacea e arbustiva lungo l'intero perimetro. L'utilizzo di specie autoctone (es. *Cornus sanguinea, Viburnum opulus, Prunus spinosa*) funge da scudo chimico e fisico, favorendo la fitodepurazione delle acque di			

	scolo. • **3. Gestione ecologica delle sponde e accessibilità:** Qualora si rendano necessari interventi di manutenzione o ripristino dei margini, si suggerisce di evitare sponde verticali o artificializzate. La riprofilatura deve privilegiare pendenze dolci (scarpate a bassa pendenza) per facilitare l'ingresso e l'uscita naturale degli anfibi, favorendo lo sviluppo di fasce a canneto (*Phragmites australis*) o tifa (*Typha latifolia*) per la nidificazione dell'avifauna minore. • **Tutela del bilancio idrico:** Si raccomanda di non utilizzare i maceri storici rinaturalizzati come vasche di emungimento diretto per l'irrigazione intensiva, al fine di non prosciugare il micro-habitat durante i periodi di siccità estiva, garantendo il mantenimento del "livello di sopravvivenza" ecologica. • **La funzionalità ecologica del macero** (rif. Corazza & Fabbri, 2014) è subordinata al rispetto del regime idrologico naturale: - Gestione delle Asciutte: È sconsigliata l'immissione artificiale di acqua durante le secche estive, al fine di garantire i cicli biologici degli anfibi e l'eliminazione naturale di specie alloctone invasive (es. Gambero della Louisiana). - Manutenzione del Canneto: Lo sfalcio della vegetazione elofitica (canneti) deve essere parziale e a scacchiera, interessando al massimo il 50% del perimetro ogni anno, per non azzerare la capacità di rifugio della fauna stanziale."

B2. MACERO ARTIFICIALE / STRADALE (Bacini e Laminazione e zone umide diffuse)

La presente matrice ha lo scopo di governare gli interventi di sistemazione idraulica, mitigazione infrastrutturale e recupero ambientale legati alle zone umide di neo-formazione (casse di espansione, bacini di laminazione, vasche stradali e invasi estrattivi). In un territorio che ha subito una drastica riduzione delle paludi storiche, tali opere assumono un ruolo compensativo vitale per la Rete Ecologica Provinciale e non possono più essere tollerate come mere infrastrutture "grigie" relegate al solo invaso temporaneo. L'obiettivo prestazionale del documento è imporre il superamento di questa visione puramente ingegneristica: attraverso l'applicazione cogente di tecniche di ingegneria naturalistica, le vasche artificiali devono essere trasformate in veri e propri *neo-ecosistemi* (*constructed wetlands*). Questa evoluzione progettuale è indispensabile per garantire l'erogazione di servizi ecosistemici fondamentali, quali la fitodepurazione avanzata delle acque, e per creare nuovi habitat primari dedicati alla sosta dell'avifauna acquatica (es. Ardeidi, Limicoli) e alla riproduzione degli anfibi.

	AMBITO DI APPLICAZIONE	OBIETTIVO PTCP(PRESTAZIONE E STANDARD)	INDICAZIONE PROGETTUALE	MANTENIMENTO IN SALUTE	PROGETTO VEGETAZIONALE(FLORA E HABITAT)
B2. MACERO ARTIFICIALE / STRADALE (Bacini e Laminazione e zone umide diffuse)	Ipotizzabile soluzione anche in risposta ai Black-Spot di Roadkill (Mortalità) Black-Spot con altissima mortalità di anfibi (Rospo smeraldino) e rettili (Biacco) sono il Raccordo Autostradale RA8 (Ferrara-Mare) e Via Comacchio (SP 1). Per la RA8, essendo una superstrada con fossati profondi, si consigliano "recinzioni a maglia fine" (fencing) che guidino la fauna nei tombini idraulici esistenti. Per Via Comacchio, che taglia la rete idrica minore, servono sottopassi dedicati. Intervenire sui bacini stradali dove la fauna muore attraversando l'asfalto per raggiungere l'acqua potrebbe contribuire al miglioramento dell'ecosistema a rete.	Fitodepurazione/Idraulica (Standard Medio): Fascia di fitodepurazione integrata all'ingresso delle acque.	Sicurezza e Sottopassi: Inserimento di "rospidotti" (sottopassi a secco) sotto le strade citate; riprofilatura sponde bacini con bioreti. Ipotizzare un **Sistema Integrato di Deframmentazione** composto da 3 elementi inscindibili: ▪ **Le Barriere di Indirizzamento (Fencing):** Reti a maglia fine o muretti lisci posti parallelamente alla strada. Servono a impedire che il rospo/tritone vada sull'asfalto e a guidarlo verso il buco del sottopasso. ▪ **Il Sottopasso Faunistico (Ecodotto/Rospidotto):** Un tubo a secco sotto l'asfalto che permette l'attraversamento sicuro. ▪ **Il Macero Stradale (L'Habitat):** Il bacino di laminazione che funge da "premio" finale (luogo di riproduzione) per l'animale che ha attraversato il sottopasso. SUPERFICIE MINIMA VITALE: Superficie minima dello specchio d'acqua: **100 - 150 mq**. PENDENZA SPONDALE: Le sponde (almeno su 3 lati dell'invaso) non devono superare una pendenza di **30 gradi** (rapporto 1:3, ovvero per ogni metro di profondità ci si deve allargare di 3 metri). BATIMETRIA DIFFERENZIATA: **per i Nuovi Maceri:** Il fondale deve essere strutturato in 3 fasce: **Fascia A (30% dell'area) - Bassofondo (0 - 30 cm):** Si scalda subito al sole primaverile. Essenziale per la deposizione delle uova degli anfibi e la caccia delle larve di libellula. **Fascia B (30% dell'area) - Media profondità (30 - 80 cm):** Zona di radicazione per le macrofite (Ninfee) e riparo intermedio. **Fascia C (40% dell'area) - Zona Profonda (> 150 cm):** Fondamentale come "rifugio termico" per la fauna ittica durante le ondate di calore estive o il gelo invernale.	Spurgo Sostenibile: sia contemplato solo per mantenere il volume, ma rigorosamente a rotazione (metà invaso) e solo in autunno. La fascia tampone (*Buffer strip*) di 5 metri non arbata è **necessaria;** serve a bloccare il dilavamento diretto dei fertilizzanti azotati (Run-off) che causa le fioriture cianobatteriche letali per gli anfibi a inizio primavera.	**Filtro Heavy-Duty: Indicazione:** Piantumazione intensiva di Iris e Typha nei punti di immissione dell'acqua stradale per mangiare idrocarburi/metalli. Qualora in presenza di acque di scolo da asfalto: si suggerisce la scompartimentazione del bacino in due settori: un piccolo "avambacino" in cemento/pietra all'ingresso (vasca di sedimentazione) e il grande bacino verde a valle. I sedimenti stradali pesanti (asfalto, pneumatici) si fermano subito nella prima vasca. Quando il Comune dovrà fare lo spurgo, scaverà solo lì, senza distruggere la vegetazione e l'ecosistema del bacino principale. **Fascia Arbustiva "Cattura-Polveri" (Filtro Aereo): Indicazione:** Piantumazione di una fitta siepe arbustiva sempreverde o marcescente (*Cornus sanguinea, Viburnum, Ligustrum vulgare*) esattamente sul ciglio stradale, **prima** del bacino. **Rampe di Fuga per la Micro-fauna: Indicazione:** Obbligo di inserire gradoni sommersi (berme) o rampe in pietra grezza sui lati più ripidi del bacino artificiale. **Copertura Galleggiante (Antialghe e Controllo Termico)** **Indicazione:** Inserimento nella porzione centrale (quella più profonda e povera di ossigeno) di specie a foglie galleggianti (*Nymphaea alba, Nuphar lutea* o *Potamogeton*)
	INDICAZIONI OPERATIVE				

	Indicazioni Operative e Soluzioni Progettuali (NBS) La progettazione, realizzazione o riqualificazione di invasi artificiali e bacini di laminazione si deve ispirare, laddove tecnicamente possibile, ai principi delle Soluzioni Basate sulla Natura (NBS) e dell'ingegneria naturalistica, adottando i seguenti criteri prestazionali: • **1. Superamento dell'ingegneria "grigia" e rinaturalizzazione delle sponde:** Si prescrive l'abbandono di difese spondali rigide e impermeabili (es. muri in calcestruzzo, palancole metalliche, gabbionate). Il contenimento e la stabilizzazione delle sponde devono essere garantiti esclusivamente mediante tecniche di ingegneria naturalistica (fascinate vive, graticciate, palificate in legname, biostuoie) capaci di innescare la naturale successione ecologica ripariale. • **2. Modellazione morfologica e batimetria diversificata:** È fortemente sconsigliata la realizzazione di invasi a "catino" con fondo piatto e profondità uniforme. La sezione di scavo deve presentare una spiccata eterogeneità batimetrica: zone di acqua profonda (indispensabili come rifugio termico invernale per la fauna ittica e anfibia) devono alternarsi a secche, isolotti e zone a inondazione temporanea (*wet meadows*), per favorire l'alimentazione degli uccelli limicoli e l'attecchimento dei canneti. • **3. Profilo dolce delle sponde (Accessibilità faunistica):** Al fine di evitare l'"effetto trappola" tipico dei canali cementati, le sponde devono essere riprofilate con pendenze estremamente dolci (es. rapporto 1:3 o 1:4). Questa inclinazione è indispensabile per consentire il facile ingresso e l'uscita della microfauna e degli anfibi, e per garantire lo spazio fisico necessario allo sviluppo delle fasce di vegetazione elofitica di transizione (canneto). • **4. Filtro verde e fitodepurazione strutturata:** Nei bacini destinati alla raccolta delle acque di piattaforma stradale o di piazzali produttivi (ricche di idrocarburi e metalli pesanti), la componente vegetale assume un ruolo depurativo cogente. È richiesta la messa a dimora di ampie fasce a *Phragmites australis* (cannuccia di palude) o *Typha latifolia* all'ingresso dell'invaso, affinché i rizomi delle piante e i microrganismi associati agiscano come un impianto di fitodepurazione naturale, abbattendo i carichi inquinanti prima del rilascio nel recettore finale o in falda.

C. NODI E CORE AREAS - INFRASTRUTTURE VERDI URBANE (NODI E CORE AREAS)

La presente matrice ha lo scopo di governare gli interventi di rigenerazione urbana, la progettazione degli spazi aperti e la realizzazione delle dotazioni territoriali pubbliche. L'obiettivo prestazionale è superare definitivamente il tradizionale concetto di mero "verde ornamentale" o di passivo assolvimento degli standard urbanistici. Parchi pubblici, boschi periurbani e il sistema storico del verde (come l'anello delle Mura di Ferrara) devono essere progettati e gestiti come le vere e proprie *Core Areas* della Rete Ecologica cittadina. In un contesto padano fortemente penalizzato dall'Isola di Calore Urbana (UHI) e dall'inquinamento atmosferico, la matrice impone di trasformare questi spazi in potenti erogatori di servizi ecosistemici. Ciò avviene vincolando la progettazione alla massimizzazione della permeabilità dei suoli — secondo l'approccio *Sponge City* (Città Spugna) per la resilienza idraulica — e all'implementazione della forestazione urbana complessa, al fine di garantire la termoregolazione microclimatica, la cattura delle polveri sottili e la tutela della biodiversità urbana.

	AMBITO DI APPLICAZIONE	OBIETTIVO PTCP(PRESTAZIONE E STANDARD)	INDICAZIONE PROGETTUALI	MANTENIMENTO IN SALUTE	PROGETTO VEGETAZIONALE(FLORA E HABITAT)
C. NODI E CORE AREAS INFRASTRUTTURE VERDI URBANE (NODI E CORE AREAS)	Mura Estensi, Parco Bassani, Verde pubblico di quartiere. DIAGNOSI / CRITICITÀ: Banalizzazione ecologica ("Deserto verde"), inquinamento luminoso, frammentazione.	Incremento della biodiversità urbana e connessione funzionale con l'esterno.	**Azione: Gestione Differenziata** • **Specifica Tecnica:** Zonizzazione dei parchi con aree a **"sfalcio ridotto"** (1-2 tagli/anno a fine fioritura) per favorire i pronubi (Api, Sirfidi). • **Necromassa:** Obbligo di conservazione di quote di **legno morto** (in piedi o cataste in zone defilate) come habitat per Coleotteri saproxilici (es. *Cerambyx cerdo*). **Azione: Dark Sky Compliance (Illuminazione)** • **Specifica Tecnica:** Nei pressi delle aree alberate (Mura, Parco Bassani), utilizzo di corpi illuminanti con **temperatura colore calda (<3000K)** e ottiche cut-off (zero dispersione verso l'alto) per non interferire con i corridoi di volo dei Chirotteri.	**MANTENIMENTO IN SALUTE (Gestione Ecologica Differenziata)** *Obiettivo: Superare la gestione estetica ("prato inglese") per favorire l'entomofauna impollinatrice e i chirotteri, senza compromettere la fruibilità.* **A. ZONIZZAZIONE DEGLI SFALCI (Mosaico di Gestione)** • **Prescrizione:** In tutti i parchi urbani > 2.000 mq (inclusi sottomura e valli), il piano di manutenzione dovrebbe individuare almeno il **20-30% della superficie** da destinare a "Prato Fiorito" o "Area a Sfalcio Ridotto". • **Protocollo Operativo:** In tali aree lo sfalcio deve avvenire **massimo 2 volte l'anno** (luglio e ottobre), dopo la disseminazione delle fioriture spontanee. • **Segnaletica:** Le aree non sfalciate devono essere perimetrate (es. con paletti o cordoli) e segnalate con cartellonistica educativa ("Qui cresce la biodiversità") per evitare la percezione di incuria da parte della cittadinanza. **B. GESTIONE DELLA NECROMASSA (Legno Morto)** • **Diagnosi:** La rimozione totale di rami e tronchi morti elimina l'habitat dei coleotteri saproxilici (es. *Cerambyx cerdo*, specie di interesse comunitario presente nelle vecchie quercete). **Prescrizione:** ▪ *Alberi in piedi:* Conservazione degli alberi morti o senescenti (*Habitat Trees*) qualora non costituiscano pericolo diretto (es. aree interne non accessibili). ▪ *A terra:* Realizzazione di **Cataste Ecologiche** (*Bio-stacks*) in zone defilate del parco, accumulando il legno di potatura per creare rifugi per ricci e insetti, invece di cipparlo/smaltirlo. **C. ILLUMINAZIONE "BAT-FRIENDLY" (Dark Sky)** • **Ambito:** Fasce limitrofe a Parco Bassani, Mura Estensi e canali urbani. • **Prescrizione:** Divieto di utilizzo di luci bianche fredde (> 3000 K) che disorientano la fauna. • **Specifica:** Obbligo di utilizzo di corpi illuminanti **Full Cut-Off**	*Obiettivo: Incrementare la complessità verticale (Shrub Layer) e la resilienza climatica.* Ogni intervento di riqualificazione o nuovo impianto deve abbandonare lo schema "albero isolato su prato" per adottare il modulo della **Macchia Boschiva Urbana**. **A. STRATIFICAZIONE OBBLIGATORIA (Pluristratificazione)** • **Regola del 3-30-300 (adattata):** Non basta piantare alberi. È consigliato l'inserimento dello **Strato Arbustivo** alla base delle alberature per creare continuità ecologica. • **Specifica:** Sotto le chiome o ai margini dei percorsi, inserimento di fasce di arbusti autoctoni (min. 1 metro di altezza) per offrire bacche e rifugio ai passeriformi che non nidificano sugli alberi alti. **B. SCELTA DELLE SPECIE (Abaco Floristico)** • **Criterio:** Privilegiare specie autoctone resistenti alla siccità (*Xeriscaping*) e con alta valenza trofica (fiori/frutti). • **Alberature (Canopy):** o *Quercus robur* (Farnia) – *Solo dove c'è spazio sufficiente.* o *Tilia cordata / platyphyllos* (Tiglio) – *Coerente con il disegno storico delle Mura.* o *Acer campestre* (Acero) – *Resiliente e rustico.* o *Celtis australis* (Bagolaro) – *Ottimo per la fauna e resistente all'inquinamento.* **Arbusti e Siepi (Understory):** • *Crataegus monogyna* (Biancospino) – *Essenziate per le fioriture primaverili.* • *Ligustrum vulgare* (Ligustro) • *Cornus mas* (Corniolo) • *Viburnum tinus* (Viburno) **C. NOTA SULLE MURA ESTENSI (Compatibilità Monumentale)** • **Prescrizione:** Sulle cortine murarie storiche, la gestione della vegetazione invasiva (edera, ailanto) deve essere bilanciata. • **Specifica:** Rimozione delle specie che danneggiano le malte (es. Ailanto, Fico), ma mantenimento controllato della vegetazione erbacea nelle commessure (*Flora muricola*) e dei capperi (*Capparis spinosa*), che costituiscono nicchie ecologiche storicizzate e non dannose per la statica.

				(emissione verso l'alto = 0%) e temperatura colore calda (**< 2700 K** - Ambra), per non interrompere i corridoi di volo dei pipistrelli.	
	INDICAZIONI OPERATIVE				
	Indicazioni Operative e Soluzioni Progettuali (NBS) La progettazione di nuovi parchi pubblici o la riqualificazione delle aree verdi esistenti deve abbandonare il modello ornamentale semplificato (es. "prato all'inglese" ad alto fabbisogno idrico) per abbracciare i principi della forestazione urbana complessa e delle NBS, secondo le seguenti direttive: • **1. Stratificazione vegetazionale (Forestazione complessa - AREE DI FORESTAZIONE E DENSIFICAZIONE VEGETALE):** Per massimizzare i benefici ecologici, la progettazione del verde deve prevedere la coesistenza di tre strati vegetazionali: arboreo, arbustivo ed erbaceo. La semplice messa a dimora di alberi isolati su prato è da considerarsi superata; si prescrive la creazione di veri e propri "lembi di bosco urbano" densi, privilegiando l'uso di specie autoctone resistenti allo stress idrico e termico (es. *Quercus ilex, Celtis australis, Fraxinus ornus, Acer campestre*). **Nelle aree di riequilibrio ecologico (es. ARE Schiaccianoci)** è prioritaria la progressiva eradicazione delle specie invasive come Acer negundo a favore di lembi di bosco urbano autoctono. • **2. Gestione differenziata e tutela degli impollinatori:** All'interno delle *Core Areas* più ampie, è fortemente raccomandata l'adozione dello sfalcio differenziato. Ampi settori di prato devono essere lasciati a fioritura spontanea prolungata (*wildflower meadows*) per garantire risorse nettarifere agli insetti impollinatori (api, farfalle) e siti di nidificazione per l'avifauna terricola, limitando il taglio raso alle sole fasce di fruizione e ai camminamenti. • **3. Desigillazione e "Spugne Urbane" (Gestione delle Acque):** I parchi urbani devono assumere il ruolo di recettori idraulici di quartiere. Si prescrive la massimizzazione delle superfici permeabili e la desigillazione dei percorsi interni (utilizzando terre stabilizzate o pavimentazioni drenanti). È inoltre opportuno modellare il suolo per accogliere depressioni inondabili e *rain gardens* (giardini della pioggia) capaci di intercettare, laminare e infiltrare in falda le acque meteoriche provenienti dalla viabilità circostante. • **4. Connettività di margine:** Le *Core Areas* non devono essere isole isolate. I margini del parco devono essere progettati per connettersi visivamente ed ecologicamente con la viabilità alberata e i percorsi ciclopedonali esterni, creando "dita verdi" che penetrano nel tessuto costruito, favorendo la continuità dei corridoi ecologici secondari. Per la tutela dei Ditteri Sirfidi e degli impollinatori (rif. Tossut et al., 2023 si raccomanda il: • **Mantenimento della Necromassa:** Conservare in situ tronchi caduti o cataste di legname (*log piles*) in aree ombreggiate come siti di sviluppo larvale per specie saproxiliche. • **Rispetto dei Suoli Nudi:** Nelle aree a ridosso del vallo delle Mura, è **vietato** il compattamento meccanico del suolo e la posa di prato pronto. Devono essere preservate porzioni di suolo nudo (micro-habitat ipogei) per la nidificazione delle api selvatiche solitarie. • **Sfalcio Differenziato:** Imporre turni di sfalcio che lascino "isole di rifugio" vegetate (almeno il 20% della superficie) fino a completa fioritura avvenuta."				

D. MITIGAZIONE INFRASTRUTTURALE (ROAD ECOLOGY)

La presente matrice ha lo scopo di governare gli interventi di nuova realizzazione, adeguamento e mitigazione della rete viaria e ferroviaria, al fine di risolvere le severe frammentazioni ecologiche introdotte nel paesaggio dalla mobilità di area vasta. Nel contesto territoriale ferrarese, infatti, le infrastrutture lineari costituiscono la principale minaccia per gli habitat: agiscono come barriere fisiche insormontabili che isolano le popolazioni faunistiche, generano un elevato tasso di mortalità per collisione (*roadkill*) e immettono inquinanti chimici nella matrice agricola e idrica circostante. Abbracciando l'approccio della *Road Ecology*, l'obiettivo prestazionale del documento è imporre un radicale ribaltamento di questo paradigma. Le fasce di pertinenza infrastrutturale non devono più costituire elementi di cesura, ma trasformarsi in corridoi ecologici longitudinali e filtri ambientali attivi. A tal fine, si prescrive obbligatoriamente il ripristino della permeabilità faunistica mediante l'inserimento di sottopassi ed ecodotti, congiuntamente all'abbattimento degli impatti acustico-atmosferici attraverso la progettazione di barriere verdi multifunzionali.

	AMBITO DI APPLICAZIONE	OBIETTIVO PTCP(PRESTAZIONE E STANDARD)	INDICAZIONE PROGETTUALI	MANTENIMENTO IN SALUTE	PROGETTO VEGETAZIONALE(FLORA E HABITAT)
D1. MITIGAZIONE INFRASTRUTTURALE (ROAD ECOLOGY)	▪ **Intersezioni Rete Ecologica/Viabilità (Black Spots):** Punti di attraversamento di corridoi faunistici e idrici. ▪ **Fasce di Rispetto Stradale e Autostradale:** Aree di pertinenza e margini infrastrutturali (scarpate, banchine larghe). ▪ **Nuove Infrastrutture e Potenziamenti:** Interventi che richiedano compensazioni boschive lineari ai sensi del PTCP. ▪ **Progetti di "Greenways":** Trasformazione di assi stradali esistenti in corridoi alberati per la mobilità dolce e il raffrescamento microclimatico. **DIAGNOSI / CRITICITÀ** L'analisi del sistema infrastrutturale ferrarese evidenzia una duplice criticità, meccanica e metabolica: **1. Mortalità Faunistica (Roadkill) ed Effetto Barriera:** L'asfalto recide la continuità dei flussi biologici. La mancanza di strutture di invito (siepi) e di sottopassi/sovrapassi sicuri causa la morte della fauna e l'isolamento genetico delle popolazioni. **2. Effetto "Tunnel Termico" e Albedo:** Le grandi nastrate asfaltate, prive di ombreggiamento forestale, agiscono come accumulatori termici che surriscaldano l'aria circostante, aggravando l'isola di calore rurale e urbana. **3. Dispersione di Inquinanti Atmosferici:** Gli assi viari sono sorgenti lineari di polveri sottili (PM10, PM2.5), residui di usura (pneumatici/freni) e gas serra. L'assenza di fasce boscate filtranti permette la dispersione incontrollata di tali inquinanti verso le colture alimentari e i centri abitati. **4. Degrado Paesaggistico e Percettivo:** Le infrastrutture si configurano spesso come elementi estranei, "tagli" nel disegno storico del paesaggio della bonifica, privi della quinte vegetali che storicamente accompagnavano la viabilità poderale e i canali.	Deframmentazione e garanzia di attraversamento sicuro. *obiettivo: forestazione urbana e lungo gli assi infrastrutturali*	1. **Azione: Adeguamento Manufatti Idraulici** * • **Specifica Tecnica:** Installazione di **Banchine Asciutte (*Dry Ledges*)** all'interno dei tombini e ponti esistenti sopra i canali. • *Dettaglio:* Mensola in c.a. o legno larghezza min. 50 cm, posta sopra il livello di massima piena ordinaria, per permettere il passaggio di Tassi, Volpi e Mustelidi senza entrare in acqua o salire in strada. 2. **Azione: Barriere di Guida (*Drift Fences*)** * 3. **Specifica Tecnica:** Nelle zone ad alta mortalità di Anfibi, posa di barriere fisiche (rete metallica fine o telo) altezza min. 40 cm, parzialmente interrate, per convogliare la fauna verso i sottopassi sicuri.	*Obiettivo: Ridurre la mortalità diretta (Roadkill) e garantire la pervietà dei passaggi esistenti.* **A. GESTIONE DELLE BANCHINE STRADALI (Mowing Protocol)** • **Diagnosi:** Lo sfalcio meccanico indiscriminato delle banchine erbose laterali trasforma questi corridoi in "trappole ecologiche", uccidendo anfibi e ricci che vi trovano rifugio. • **Prescrizione:** o **Tecnica di Sfalcio:** Adozione obbligatoria dello **Sfalcio Centrifugo** (dal centro della carreggiata verso l'esterno) e non centripeto, per dare possibilità alla fauna di fuggire verso i campi e non spingerla verso la strada. o **Altezza:** Mantenimento di un'altezza minima di taglio di **10-15 cm** (mai a terra) per salvaguardare l'erpetofauna raso-suolo. **B. MANUTENZIONE DEI MANUFATTI IDRAULICI (Tombini/Sifoni)** • **Criticità:** I tombini stradali, potenziali ecodotti, sono spesso ostruiti da sedimenti o vegetazione invasiva agli imbocchi, diventando impraticabili. • **Prescrizione:** Il piano di manutenzione deve prevedere, prima dei periodi di migrazione (febbraio-marzo per gli anfibi), la **pulizia degli imbocchi** dei sottopassi idraulici censiti come passaggi faunistici, garantendo l'assenza di barriere fisiche (reti, griglie fini, accumuli di rami). *obiettivo: forestazione urbana e lungo gli assi infrastrutturali* • **Gestione della "Luce" Stradale:** Potature mirate a mantenere la visibilità dei segnali e l'illuminazione stradale, senza però svuotare la base arbustiva della fascia di mitigazione. • **Controllo Specie Invasive:** Monitoraggio costante per evitare che le scarpate stradali diventino corridoi di diffusione per specie	*Obiettivo: Deframmentazione. Permettere l'attraversamento "a zampe asciutte" anche in presenza di canali.* **A. ADEGUAMENTO MANUFATTI ESISTENTI: LA BANCHINA ASCIUTTA (Dry Ledge)** • **Contesto:** A Ferrara, la maggior parte dei sottopassi sono idraulici (pieni d'acqua). Tassi, Volpi e Ricci non entrano in acqua per attraversare. • **Specifica Tecnica:** Installazione retrofit di una **mensola a sbalzo** in calcestruzzo o legno (Larice trattato) fissata alla parete del tombino/ponte. • **Dimensioni:** Larghezza minima **50 cm** (per permettere il passaggio del Tasso). Posizionamento a quota superiore al livello di massima piena ordinaria (TR 2-5 anni). • **Accessibilità:** La banchina deve raccordarsi dolcemente con il piano campagna esterno tramite rampe (pendenza < 30%), senza "salti" che ne impediscano l'accesso. **B. BARRIERE DI GUIDA (Drift Fences)** • **Funzione:** Impedire l'accesso alla carreggiata e convogliare l'animale verso l'imbocco del sottopasso. • **Specifica Tecnica (Fissa):** Barriere in polietilene riciclato o rete metallica a maglia fine (< 1x1 cm), altezza fuori terra min. **40-60 cm**. • **Dettaglio Anti-Scavalco:** La parte superiore deve presentare un **labbro ricurvo** verso l'esterno (overhang) per impedire l'arrampicata di Anuri e rettili. • **Interramento:** La barriera deve essere interrata per almeno 10-15 cm per evitare il passaggio di fauna fossoria (Rospi) al di sotto. **C. NUOVI SOTTOPASSI FAUNISTICI (Box Culverts)** • **Prescrizione:** Nelle nuove realizzazioni viarie che intersecano un Corridoio Ecologico (Primario o Secondario), è vietato l'uso di tubi circolari di piccolo diametro. • **Standard:** Utilizzo di scatolari a sezione rettangolare (**Box Culvert**) con base naturale (terra/ghiaia, non cemento). • **Indice di Apertura:** Il rapporto (Larghezza x Altezza / Lunghezza) deve essere **> 0,75** per evitare l'effetto tunnel buio che spaventa gli ungulati (Caprioli). **INTERVENTI VEGETAZIONALI DI SUPPORTO (Funneling Planting)** **Prescrizione:** In corrispondenza degli imbocchi dei sottopassi faunistici, è obbligatoria la piantumazione di **"Siepi Imbuto"**. • *Disposizione:* Le siepi devono essere disposte a V (imbuto) convergente verso l'imbocco del sottopasso. • *Funzione:* Offrire copertura visiva alla fauna (che si sente protetta) e incanalarla naturalmente verso l'attraversamento sicuro. • *Divieto:* Non piantare alberi da frutto o specie appetibili *direttamente* sul ciglio stradale per non attrarre ungulati verso il pericolo.

				esotiche invasive (*Ailanthus altissima*, *Amorpha fruticosa*). • **Manutenzione dei "Sottopassi Verdi":** Pulizia periodica dei canali e dei tunnel faunistici per garantire che la vegetazione d'invito non ne ostruisca l'accesso, mantenendo il corridoio sempre funzionale.	*obiettivo: forestazione urbana e lungo gli assi infrastrutturali* • **Fasce Tampone Multistrato:** Lungo l'asse stradale, prevedere la messa a dimora di boschi lineari con profondità minima di 10-15 metri, organizzati per fasce di altezza crescente allontanandosi dalla carreggiata (sicurezza stradale). • **Sesti d'Impianto Anti-Turbolenza:** Utilizzo di sesti ravvicinati per creare una barriera fisica capace di abbattere la velocità del vento generata dal traffico e favorire la deposizione delle polveri all'interno della massa fogliare. • **Specie a Basso Rischio di Schianto:** Selezione di essenze autoctone elastiche e con apparati radicali profondi, evitando specie a legno fragile o con eccessiva produzione di pollini/frutti che possano attrarre fauna pericolosa troppo vicino alla carreggiata.
	INDICAZIONI OPERATIVE				

	La progettazione di nuove arterie viarie, così come l'adeguamento o la riqualificazione di quelle esistenti, deve obbligatoriamente recepire i seguenti criteri prestazionali per garantire la permeabilità ecologica e la tutela ambientale:
	• **1. Deframmentazione e permeabilità trasversale (Sottopassi faunistici):** Laddove l'infrastruttura interseca o lambisce elementi sensibili della Rete Ecologica (es. Gorghi, Maceri, canali principali), è prescritta la realizzazione di passaggi faunistici dedicati. Si raccomanda l'inserimento di "rospodotti" (sottopassi tubolari per anfibi e microfauna) associati a muretti guida direzionali, o l'adeguamento dei tombini idraulici esistenti mediante l'inserimento di banche o passerelle a secco per consentire il transito della fauna terrestre anche in caso di piena.
	• **2. via Caretti/ARE Schiaccianoci:** Qualsiasi intervento di riqualificazione o ampliamento delle arterie stradali ad alto scorrimento intersecanti la Rete Ecologica (con particolare riferimento a via Caretti e all'ARE Schiaccianoci) dovrà valutare la realizzazione di sottopassi faunistici a secco per la micro-fauna e la posa di recinzioni di invito, al fine di mitigare l'effetto barriera e azzerare la mortalità stradale. Contestualmente, i piani di gestione del verde di mitigazione dovranno prevedere l'eradicazione progressiva delle specie esotiche invasive (es. *Acer negundo*) e la loro sostituzione con specie autoctone coerenti con l'Abaco Floristico.
	• **Gestione sostenibile del runoff stradale (Fitodepurazione lineare):** È sconsigliato lo scarico delle acque di dilavamento della piattaforma stradale direttamente nei recettori agricoli o nei canali di bonifica senza preventivo trattamento. Le banchine e gli svincoli devono integrare sistemi lineari di *bioretention* (trincee drenanti vegetate o *bioswales*). Questi canali inerbiti agiscono come filtri NBS, intercettando e biodegradando gli inquinanti veicolati dalle acque meteoriche prima della loro immissione in falda o nel reticolo superficiale.
	• **3. Fasce ecotonali e barriere antirumore "vive":** Le classiche barriere acustiche artificiali (in cemento, plexiglass o metallo) devono essere evitate o, laddove strettamente necessarie, mitigate. Si prescrive prioritariamente l'impiego di rilevati in terra rinverditi (dune fonoassorbenti) o l'impianto di fitte siepi ecotonali pluri-stratificate con specie arbustive autoctone (es. *Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Rosa canina*). Tali formazioni, oltre ad abbattere il rumore e catturare il particolato sottile, fungono da corridoi di volo ininterrotti per l'avifauna e gli impollinatori.
	• **4. Mitigazione dell'inquinamento luminoso (Dark Networks):** Per non alterare i cicli circadiani della fauna selvatica (con particolare attenzione ai chirotteri e ai rapaci notturni), gli impianti di illuminazione degli svincoli stradali e delle rotatorie extraurbane devono essere progettati secondo i criteri della "luce ecologica": utilizzo esclusivo di apparecchiature LED *full cut-off* (emissione zero verso l'alto), temperature di colore calde (inferiori a 3000K) e sistemi di dimmerazione (riduzione di flusso) nelle ore centrali della notte. In corrispondenza dei 'Black-Spots' di mortalità faunistica identificati (es. via Caretti e assi periurbani, rif. Aldrovandi et al., 2018; Corazza et al., 2021), gli interventi di nuova viabilità o manutenzione straordinaria potranno prevedere:
	  • **Traffic Calming Faunistico:** Installazione di dossi, restringimenti ottici della carreggiata e segnaletica luminosa stagionale attiva nei mesi di migrazione (febbraio-aprile).
	  • **Sottopassi obbligatori:** Ogni 500m di infrastruttura lineare in aree di connessione ecologica, è prescritta la posa di tunnel sottostradali per piccola fauna con barriere d'invito permanenti (altezza min. 40cm)."
	• **5.Forestazione Lineare di Nastro (Carbon & Heat Sink):** L'infrastruttura stradale deve essere concepita come un supporto per la creazione di veri e propri "boschi a nastro". Oltre alla funzione di filtro, la forestazione lineare deve mirare al sequestro di CO_2 e alla riduzione dell'effetto "tunnel termico" generato dall'asfalto.
	  • **Prestazione:** Si prescrive la messa a dimora di fasce boscate con una profondità minima di 15-20 metri lungo i margini infrastrutturali liberi.
	  • **Criterio climatico:** La densità fogliare deve essere calcolata per garantire l'ombreggiamento parziale della carreggiata nelle ore di massimo irraggiamento, riducendo le temperature superficiali e l'albedo.
	• **6. Fasce Boschive di Protezione della Matrice Agricola (Buffer Anti-Inquinanti):** Data la vocazione agricola del territorio ferrarese, la forestazione lungo le strade deve fungere da scudo per le colture confinanti.
	  • **Prestazione:** Le fasce boscate devono agire come filtri meccanici per intercettare i metalli pesanti derivanti dall'usura di freni e pneumatici e le polveri sottili dispersi dal traffico.
	  • **Criterio vegetazionale:** Obbligo di utilizzare specie con elevato **LAI (Leaf Area Index)** e con foglie caratterizzate da rugosità o peluria (es. *Acer campestre*, *Ulmus minor*), capaci di trattenere il particolato che altrimenti si depositerebbe sui prodotti agricoli.
	• **7. Progetto Vegetazionale a Geometria Variabile (Sicurezza e Biodiversità):** La forestazione non deve essere un muro uniforme, ma deve seguire criteri di sicurezza stradale e dinamismo ecologico.
	  • **Zone di rispetto:** In prossimità della carreggiata (fascia di 3-5m), la forestazione deve prevedere esclusivamente specie arbustive ed erbacee flessibili.
	  • **Nuclei forestali:** Procedendo verso l'esterno, si devono alternare nuclei di alberi di prima e seconda grandezza per simulare la struttura dei boschi planiziali ferraresi, evitando allineamenti monosecifici che favorirebbero la diffusione di patogeni.				

E. AGROECOSISTEMA E MATRICE AGRICOLA

La presente matrice ha lo scopo di governare gli interventi di qualificazione rurale nonchè l'inserimento di nuovi insediamenti produttivi (impianti FER a terra e centrali di accumulo BESS) all'interno del paesaggio agricolo ferrarese. In questo territorio, l'agroecosistema è storicamente indebolito dalla monocoltura intensiva, che ha cancellato la rete ecologica minore esponendo le colture all'erosione e frammentando gli habitat. A tale vulnerabilità si somma oggi l'impatto delle grandi infrastrutture legate alla logistica e alla transizione energetica: macro-strutture e "piastre industriali" ad alta densità (come i moduli containerizzati BESS) che rischiano di generare profonde cesure ecologiche, introducendo inquinamento acustico continuo, forti emissioni termiche e criticità chimico-idrauliche. Per contrastare questa molteplice tendenza, l'obiettivo prestazionale del documento è promuove un radicale cambio di paradigma. Da un lato, la messa a dimora obbligatoria di infrastrutture verdi lineari (siepi e fasce tampone) per restituire permeabilità alla matrice agricola; dall'altro, si vincola la progettazione delle nuove centrali all'adozione di soluzioni NBS. Tali impianti non devono più essere trattati come "scatole tecniche" isolate o recinti impermeabili, ma devono evolversi in infrastrutture ecologiche attive. Attraverso un'infrastrutturazione verde profonda, è fatto obbligo di mitigare l'impatto visivo, assorbire le esternalità acustico-termiche, gestire i deflussi meteorici estremi e ricreare habitat sicuri e vitali per la fauna selvatica.

	AMBITO DI APPLICAZIONE	OBIETTIVO PTCP(PRESTAZIONE E STANDARD)	INDICAZIONE OPERATIVA	MANTENIMENTO IN SALUTE (Gestione delle Interferenze)	PROGETTO VEGETAZIONALE (Ricostruzione della Trama - Neo-Bocage)
E. AGROECOSISTEMA E MATRICE AGRICOLA	Aree agricole intensive, bordi dei campi, confini poderali **DIAGNOSI / CRITICITÀ:** Semplificazione del paesaggio agrario, scomparsa delle "piantate", assenza di rifugi per i predatori naturali degli infestanti.	Ricostruzione della trama connettiva minore e incremento della resilienza agricola.	**INDICAZIONE OPERATIVA:** **Azione: Reimpianto di Siepi e Filari Campestri** 1. **Specifica Tecnica:** Realizzazione di **siepi plurispecifiche** (e non monospecifiche) composte da essenze autoctone (es. Prugnolo, Sanguinella, Biancospino, Acero campestre). 2. *Struttura:* La siepe deve garantire la continuità sia sul piano della chioma che nel terreno (no diserbo alla base). 3. *Funzione:* Corridoio ecologico per micromammiferi e barriera frangivento.	**1. MANTENIMENTO IN SALUTE (Gestione Agronomica Conservativa)** *Obiettivo: Incrementare la permeabilità della matrice per la fauna terrestre e favorire i predatori naturali degli infestanti (Lotta Biologica).* **A. GESTIONE DELLE CAVEDAGNE E DEI MARGINI (Field Margins)** • **Diagnosi:** L'aratura o il diserbo "fino al fosso" elimina ogni rifugio per la fauna utile. • **Indicazione progettuale:** Mantenimento di una fascia inerbita permanente di **almeno 1-2 metri** lungo i confini dei lotti e le scoline poderali. • **Gestione:** Sfalcio tardivo (dopo luglio) per permettere la fioritura delle erbe spontanee, fondamentali per i pronubi e per la nidificazione a terra (Galliformi, Lepre). **B. BEETLE BANKS (Banche per i Coleotteri)** • **Concetto:** Creazione di "dossi" inerbiti permanenti al centro o ai margini dei grandi appezzamenti monocolturali (> 10-20 ettari). • **Specifica:** Fasce rialzate (bauletti) larghe circa 2 metri, seminate con graminacee cespitose (*Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*). • **Funzione:** Forniscono habitat di svernamento per i **Carabidi** e gli **Stafilinidi** (predatori di afidi e lumache), riducendo la necessità di insetticidi chimici. **C. COPERTURA DEL SUOLO (Cover Crops)** • **Prescrizione:** Incentivare le tecniche di *Agricoltura Conservativa* che prevedono la copertura vegetale del suolo anche in inverno (sovescio, colture di copertura) per evitare l'erosione eolica tipica dei suoli ferraresi e mantenere attiva la pedofauna.	**A. SIEPI CAMPESTRI E FRANGIVENTO (Hedgerows)** **Contesto:** Recupero funzionale delle storiche "Piantate", non più come sostegno alla vite ma come infrastruttura ecologica. • **Compensazione:** Per ogni nuova costruzione rurale (capannoni, magazzini) o trasformazione fondiaria significativa, prevedere la piantumazione di siepi perimetrali. • **Struttura "A Tettoia":** 1. **Piede:** Fascia erbosa non lavorata (rifugio ricci/anfibi). 2. **Mantello:** Arbusti spinosi bassi e fitti (Prugnolo, Rosa canina) per impedire l'accesso ai predatori domestici. 3. **Chioma:** Alberi di seconda grandezza (Acero campestre, Gelso) ogni 5-10 metri. • **Specifica Frangivento:** Orientamento preferenziale NORD-SUD (per intercettare i venti dominanti Est/Ovest), proteggendo le colture dall'allettamento e riducendo l'evapotraspirazione. Al fine di potenziare il controllo biologico dei parassiti agricoli tramite popolazioni di Carabidi predatori i progetti di miglioramento fondiario **devono includere**: • **Beetle Banks:** Creazione di dossi inerbiti (largh. min. 2m) rialzati rispetto al piano di campagna, seminati con essenze erbacee perenni autoctone. Tali strutture devono connettersi fisicamente alle siepi esistenti per formare una rete continua di svernamento per l'entomofauna utile. **B. FILARI ALBERATI LUNGO LE STRADE PODERALI** • **Specifica Tecnica:** Messa a dimora di filari monospecifici o misti lungo le strade bianche principali. • **Distanze:** Sesti di impianto ampi (6-10 metri) per non ombreggiare eccessivamente le colture, ma sufficienti a garantire la "connessione visiva" per l'avifauna (es. Rapaci notturni che usano gli alberi come posatoi di caccia). **C. ABACO FLORISTICO PER L'AGROECOSISTEMA** *Deve essere rustico, autoctono e funzionale (spine/bacche).* • **Arbusti (Struttura bassa):** ○ *Prunus spinosa* (Prugnolo) – *Essenziale: fioritura precoce per api, spine protettive per nidi.* ○ *Rosa canina* (Rosa selvatica) – *Bacche invernali (vitaminiche) per uccelli.* ○ *Crataegus monogyna* (Biancospino) ○ *Ligustrum vulgare* (Ligustro)

					• **Alberi (Struttura alta):**
					  ○ *Morus alba* (Gelso) – *Identitario del paesaggio storico ferrarese.*
					  ○ *Acer campestre* (Oppio) – *Tradizionale tutore vivo.*
					  ○ *Ulmus minor* (Olmo) – *Varietà resistenti alla grafiosi.*
					  ○ *Juglans regia* (Noce) – *Lungo i fossi o le strade.*
					• **Strato erbaceo e igrofilo (Funzione di fitodepurazione e consolidamento):** Nelle "larghe" e sui bordi dei canali, l'obiettivo è la creazione di un tappeto radicale denso capace di consolidare le sponde e filtrare gli inquinanti.
					  • **Specie per zone umide/depresse:** *Carex* sp. (Carice), *Phragmites australis* (Cannuccia di palude - dove la sezione idraulica lo consente), *Iris pseudacorus* (Giaggiolo acquatico).
					  • **Specie per prati stabili:** *Festuca pratensis*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens* (Trifoglio bianco - fondamentale per l'apporto di azoto organico e il sostegno agli impollinatori).
					NOTA DI SINTESI OPERATIVA: L'introduzione di questi elementi non sottrae terreno produttivo in modo significativo (< 5% della SAU), ma incrementa la resa delle colture adiacenti grazie all'effetto impollinazione (+20/30% su fruttiferi/oleaginose) e alla protezione dal vento.

	INDICAZIONI OPERATIVE GENERALI				

	Indicazioni Operative e Soluzioni Progettuali (NBS) Gli interventi di compensazione ambientale, i Piani di Sviluppo Rurale o le sistemazioni agrarie d'area vasta devono integrare la ricostituzione della trama verde storica, applicando i seguenti elementi prestazionali e floristici:
	• **1. Fasce Frangivento e Filari lungo le strade poderali:** Si raccomanda la messa a dimora di filari alberati, monospecifici o misti, lungo la viabilità poderale e i canali di scolo principali. Ove compatibile con le lavorazioni, l'orientamento preferenziale delle fasce frangivento deve essere NORD-SUD, al fine di intercettare i venti dominanti (Est/Ovest), proteggendo le colture dall'allettamento e riducendo drasticamente l'evapotraspirazione estiva. I sesti di impianto devono essere ampi (6-10 metri) per non eccedere nell'ombreggiamento agricolo, ma sufficientemente continui da fungere da posatoi di caccia per i rapaci notturni e diurni.
	• **2. Siepi campestri pluri-stratificate (Corridoi di margine):** Lungo i confini di proprietà e i margini dei campi, è fortemente raccomandata la realizzazione di siepi miste arbustive. Tali formazioni devono assumere una valenza ecologica e non puramente estetica: si richiede l'impiego di specie autoctone rustiche, dotate di apparati difensivi (spine) per proteggere i nidi dell'avifauna dai predatori, e caratterizzate da una produzione abbondante di bacche invernali per il sostentamento faunistico.
	• **3. Abaco Floristico Prestazionale:** La scelta delle essenze deve riflettere la vocazione fito-climatica padana e la tradizione rurale locale, escludendo rigorosamente cultivar ornamentali o specie alloctone.
	  ○ **Strato arbustivo (Funzione protettiva e trofica):** Obbligo di inserimento di specie a fioritura precoce (per sostenere le api) e produzione di bacche, quali *Prunus spinosa* (Prugnolo), *Rosa canina* (Rosa selvatica), *Crataegus monogyna* (Biancospino) e *Ligustrum vulgare* (Ligustro).
	  ○ **Strato arboreo (Funzione strutturale e identitaria):** Reintroduzione dei grandi tutori vivi e degli alberi della tradizione contadina, quali *Morus alba* (Gelso), *Acer campestre* (Oppio), *Juglans regia* (Noce) e *Ulmus minor* (Olmo - selezionando cloni resistenti alla grafiosi).
	• **4. Salvaguardia e ripristino delle "Larghe" ferraresi (Fasce di rispetto e laminazione):** Si prescrive la tutela e la ricostituzione delle "larghe", intese come ampie fasce di rispetto erbose poste a margine della rete idrica di bonifica o in corrispondenza di antiche depressioni morfologiche.
	  ○ **Funzione Idraulica:** Tali aree devono essere mantenute a prato stabile per consentire l'espansione controllata delle acque in caso di eventi meteorici estremi (laminazione diffusa), riducendo la pressione sui canali pensili.
	  ○ **Funzione Ecologica:** Le "larghe" agiscono come fasce tampone (buffer strips) per intercettare il runoff agricolo carico di nutrienti (nitrati e fosfati), impedendone l'immissione diretta nei corpi idrici.
	  ○ **Gestione:** È fatto divieto di dissodamento o aratura. La manutenzione deve avvenire tramite sfalcio selettivo (non prima di luglio per tutelare le nidificazioni a terra) con asportazione della biomassa per evitare l'eutrofizzazione del suolo.

	INDICAZIONI OPERATIVE SPECIFICHE				
	IMPIANTI FER IN AMBITO EXTRAURBANO **Indicazioni Operative e Soluzioni Progettuali (NBS)** In via preliminare, la localizzazione a terra di tali macro-strutture deve essere disincentivata e rigorosamente limitata all'interno dei contesti territoriali di maggior pregio, in particolare nelle aree in cui la Rete Ecologica (REC) riconosce un elevato valore naturalistico, paesaggistico e biocenotico. Tale restrizione ha lo scopo strategico di **sfruttare prioritariamente l'elevato potenziale di generazione energetica offerto dalle coperture degli edifici esistenti** (tetti di capannoni industriali, poli logistici, parcheggi e strutture agricole), scongiurando in tal modo ulteriore consumo di suolo agricolo. È inoltre fatto obbligo, per gli impianti a terra a ciclo di vita definito (quali i parchi fotovoltaici e agrivoltaici) che vengano autorizzati, di prevedere e garantire fin dalla fase progettuale il ripristino morfologico e vegetazionale a fine esercizio (*decommissioning*), assicurando la definitiva riconnessione dell'area ai corridoi della Rete Ecologica. Fatte salve tali premesse localizzative, la realizzazione di nuovi insediamenti produttivi extraurbani o di impianti FER a terra, deve tenere in debita considerazione i seguenti criteri prestazionali e di mitigazione: 1. **Mietitura salva-fauna nella matrice agraria:** Le pratiche di gestione agronomica (sfalcio di erba medica, mietitura del grano, ecc.) nei campi agricoli limitrofi alla Rete Ecologica devono garantire vie di fuga sicure per la fauna selvatica. È severamente sconsigliato il taglio a cerchi concentrici dalla periferia verso il centro del lotto (che intrappola inesorabilmente gli animali al centro del campo) o il taglio orientato verso le arterie stradali. Le lavorazioni devono procedere a fasce parallele partendo dal margine stradale verso l'interno agricolo, oppure (in assenza di strade limitrofe) dal centro del campo allargandosi in cerchi concentrici verso la periferia.				

2. **Mascheramento ecotonale e boschi perimetrali:** È fatto divieto di mitigare i grandi volumi edilizi (capannoni, serre tecnologiche) esclusivamente mediante recinzioni cieche o filari ornamentali monospecifici (es. tuie, lauroceraso, cipressi). Si prescrive la messa a dimora di fasce boscate perimetrali profonde (minimo 10 metri) e pluri-stratificate, utilizzando specie autoctone di prima grandezza (*Quercus robur, Carpinus betulus, Fraxinus oxycarpa*). Tali formazioni devono agire come veri e propri boschi filtro, mimetizzando i volumi nel paesaggio agrario.
3. **Parchi FER Bio-inclusivi (Fotovoltaico ed Agrivoltaico ecologico):** Per le installazioni fotovoltaiche a terra, è rigorosamente vietata l'impermeabilizzazione diffusa del suolo e l'utilizzo di diserbanti chimici sotto i pannelli. Le superfici fondiarie libere devono essere convertite in praterie polifite (*wildflower meadows*), seminate con mix floristico nettarifero per favorire il ripopolamento di api e insetti impollinatori. Le recinzioni perimetrali degli impianti devono essere "permeabili" alla fauna, mantenendo una luce libera dal suolo di almeno 15-20 cm o impiegando maglie larghe alla base per consentire il libero transito di piccoli mammiferi, anfibi e rettili.
4. **Gestione NBS dei piazzali e Invarianza Idraulica:** Le ampie superfici asfaltate destinate alla movimentazione merci e ai parcheggi costituiscono fonti di *runoff* inquinato (idrocarburi) e di calore. I deflussi meteorici non devono essere immessi direttamente nella rete di scolo agricola; possono essere convogliati in sistemi di *bioretention* (trincee drenanti vegetate, *bioswales* e giardini della pioggia) collocati ai margini dei piazzali o nelle isole spartitraffico, garantendo la fitodepurazione e la ricarica della falda.
5. **Tetti Verdi estensivi per macro-coperture:** Laddove lo spazio a terra risulti insufficiente per garantire le compensazioni ecologiche, i grandi poli logistici e produttivi devono valutare l'integrazione di coperture verdi estensive (anche in convivenza con pannelli solari sul tetto). Il tetto verde agisce come spugna per le piogge intense e abbatte drasticamente il surriscaldamento estivo dell'involucro edilizio e l'effetto Isola di Calore.
6. **la creazione di fasce rialzate inerbite (*Beetle Banks*)** per favorire i Carabidi predatori rilevati negli studi locali, riducendo l'uso di pesticidi (coerentemente con gli studi di Goulson).

SISTEMI DI ACCUMULO ENERGETICO A BATTERIA (Centrali BESS e Storage di Rete)

Indicazioni Operative e Soluzioni Progettuali (NBS) In via preliminare, la localizzazione degli impianti BESS deve privilegiare le aree industriali dismesse (*brownfields*) o i margini infrastrutturali, disincentivando il consumo di suolo agricolo di pregio. Qualora autorizzati in ambito rurale, è fatto obbligo di garantire fin dalla fase progettuale la totale reversibilità dell'opera e il ripristino morfo-vegetazionale a fine vita (*decommissioning*). La progettazione di tali centrali deve obbligatoriamente conformarsi ai seguenti criteri prestazionali e di mitigazione:

- **1. Boschi-filtro termo-acustici e mascheramento visivo:** Per abbattere le frequenze acustiche continue generate dai sistemi di condizionamento e mimetizzare l'impatto dei moduli containerizzati, le tradizionali recinzioni industriali sono da considerarsi insufficienti. Si suggerisce la realizzazione di un anello forestale perimetrale profondo, pluri-stratificato e denso. Tale fascia ecotonale deve integrare un'elevata percentuale di specie sempreverdi autoctone (es. *Quercus ilex*, *Taxus baccata* ove idoneo, o fitte siepi di *Laurus nobilis* e *Phillyrea*) per garantire la barriera fonoassorbente e visiva anche durante la stagione invernale.
- **2. Minimizzazione del Sealing e fondazioni a basso impatto:** È sconsigliato, salvo esigenze tecniche inderogabili, realizzare piastre uniche in calcestruzzo armato per l'appoggio dell'intero impianto. Al fine di preservare la permeabilità profonda del suolo, i moduli batteria devono essere installati su fondazioni puntuali (micropali, plinti isolati) o su cordoli, mantenendo le superfici interposte e di manovra a finitura drenante (misto stabilizzato, ghiaia o pavimentazioni grigliate).
- **3. Trincee di bio-ritenzione e bacini di emergenza (Water Management):** Data la potenziale criticità legata agli incendi o agli sversamenti accidentali di liquidi refrigeranti, la gestione delle acque meteoriche e di spegnimento deve essere idraulicamente disconnessa dal reticolo agricolo circostante. Il perimetro interno dell'impianto deve essere dotato di *bioswales* (trincee drenanti vegetate) e convogliato verso un bacino di laminazione e fitodepurazione a tenuta. Questo sistema NBS funge da barriera chimica di sicurezza, trattenendo e filtrando eventuali inquinanti prima di qualsiasi immissione in falda.
- **4. Zone di rispetto antincendio a gestione ecologica:** Le necessarie fasce di rispetto prive di vegetazione arborea (richieste dalla normativa antincendio attorno ai moduli batteria) non devono essere diserbate chimicamente né asfaltate. Esse devono essere gestite come superfici prative a sfalcio controllato o coperte da pacciamatura minerale drenante, fungendo da area di transizione ecologica tra le macchine e il bosco-filtro perimetrale.
- **5. Mitigazione luminosa (Dark Networks):** Per evitare di trasformare l'impianto in un attrattore fatale per l'entomofauna e un elemento di disturbo per i chirotteri, l'illuminazione notturna deve essere ridotta al minimo normativo di sicurezza. Si consiglia l'utilizzo di sensori di presenza, corpi illuminanti *full cut-off* direzionati verso il basso e temperature di colore calde (inferiori a 3000K).

F. MITIGAZIONI METABOLICHE E INTERFACCE PRODUTTIVO-AMBIENTALI

La presente sezione governa gli interventi di mitigazione metabolica e la riqualificazione ambientale delle interfacce tra il sistema insediativo e i grandi poli funzionali e infrastrutturati (Polo Chimico, impianti di depurazione, poli logistici e produttivi consolidati). In questi contesti, il **territorio ferrarese** è sollecitato da carichi ambientali complessi: emissioni acustiche continue, impatti odorigeni, forti escursioni termiche e criticità chimico-idrauliche derivanti dal "metabolismo" di questi organismi tecnici.

L'obiettivo prestazionale della sezione è supportare la REL nella creazione di areali verdi d'interfaccia tra le attività metaboliche e la matrice agricola o tra le attività metaboliche e le altre funzioni urbane. Attraverso un'infrastrutturazione verde profonda e sistemi NBS (Nature Based Solutions) stratificati, sarà possibile assorbire le esternalità metaboliche, filtrare gli inquinanti atmosferici, abbattere il carico sonoro e mitigare l'effetto isola di calore. Tali interventi devono garantire una transizione paesaggistica di qualità, capace di ricucire il rapporto tra le "grandi macchine" produttive e i tessuti residenziali o rurali confinanti, trasformando il limite del lotto in un polmone filtrante e biodiverso.

	AMBITO DI APPLICAZIONE	OBIETTIVO PTCP(PRESTAZIONE E STANDARD)	INDICAZIONE OPERATIVA	MANTENIMENTO IN SALUTE	PROGETTO VEGETAZIONALE
F. MITIGAZIONI METABOLICHE	Funzioni e Infrastrutture a forte impatto metabolico, Areali di Interfaccia. DIAGNOSI / CRITICITÀ: • **Saturazione Acustica:** Emissioni sonore continue e vibrazioni industriali ("ronzio" di processo) verso i tessuti residenziali limitrofi. • **Effetto Isola di Calore:** Accumulo termico delle grandi superfici sigillate (piazzali e coperture) che genera "bolle di calore" e altera il microclima periurbano. • **Impatti Odorigeni e Atmosferici:** Dispersione di inquinanti gassosi, particolato e odori (Polo Chimico/Depuratori) per assenza di filtri biogenici verticali. • **Run-off e Carico Chimico Idrico:** Ruscellamento rapido di acque meteoriche contaminate da olii e residui industriali, con sovraccarico della rete fognaria. • **Frammentazione della REL:** "Effetto recinto" delle aree tecniche che interrompe i corridoi ecologici e crea una cesura netta con il paesaggio ferrarese. .	Ricostruzione della trama connettiva minore e incremento della resilienza urbana e periurbana	1. Mitigazione Atmosferica e Odorigena (Filtri Biogenici) 2. Abbattimento Acustico (Barriere Nature-Based) 3. Invarianza Idraulica e Qualitativa (Metabolismo Idrico) 4. Integrazione Paesaggistica e Connettività (REL)	**1. Mitigazione Atmosferica e Odorigena (Filtri Biogenici)** • **Monitoraggio Fitosanitario:** Verifica periodica della vitalità dell'apparato fogliare (indice di salute del filtro). Interventi rapidi contro parassiti che riducano la densità della chioma. • **Lavaggio delle Chiome:** In casi di saturazione estrema da polveri sottili o croste chimiche, prevedere interventi di lavaggio (irrigazione sopracchioma) per ripristinare la capacità di captazione fogliare. • **Potatura di Densificazione:** Tagli mirati a stimolare l'emissione di nuovi getti basali e laterali, evitando lo svuotamento della fascia inferiore (zona di massimo scorrimento degli odori). **2. Abbattimento Acustico (Barriere Nature-Based)** • **Integrità dei Rilevati (Tomboli):** Controllo semestrale dell'assetto morfologico dei dossi in terra per prevenire fenomeni erosivi o cedimenti che riducano l'altezza della barriera fisica. • **Sostituzione Puntuale (Zero Buchi):** Obbligo di reintegro immediato delle fallanze arbustive per evitare la creazione di "ponti acustici" (varchi nella vegetazione) che annullerebbero l'effetto fonoassorbente. • **Gestione del Sottobosco:** Mantenimento dello strato pacciamante o della lettiera organica alla base, fondamentali per aumentare l'assorbimento sonoro del suolo. **3. Invarianza Idraulica e Qualitativa (Metabolismo Idrico)** • **Espurgo dei Sedimenti:** Pulizia periodica dei bacini di bioritenzione e delle trincee drenanti per rimuovere fanghi e residui oleosi accumulati, garantendo la permeabilità costante del sistema. • **Gestione delle Idrofite:** Manutenzione selettiva delle piante acquatiche nelle vasche di fitodepurazione (sfalcio e asportazione della biomassa) per evitare l'interramento e garantire l'assorbimento dei nutrienti/inquinanti. • **Controllo dell'Efficienza:** Verifica della velocità di infiltrazione dopo eventi meteorici estremi per scongiurare ristagni prolungati non previsti dal progetto. **4. Integrazione Paesaggistica e Connettività** • **Controllo delle Specie Invasive:** Monitoraggio ed eradicazione di specie alloctone infestanti che potrebbero compromettere l'identità del paesaggio ferrarese o soffocare le essenze autoctone d'impianto. • **Verifica Varchi Faunistici:** Controllo della permeabilità delle barriere alla base e pulizia dei corridoi ecologici interni alle fasce boscate, assicurando che non vi siano ostruzioni meccaniche al passaggio della piccola fauna. • **Potature di Trasparenza Selettiva:** Gestione delle quinte arboree per bilanciare l'effetto schermante (verso il Polo Chimico) con la necessità	**1. Mitigazione Atmosferica e Odorigena (Filtri Biogenici)** • **Composizione:** Formazioni boscate ad alta densità con schema a "quinta chiusa". Rapporto consigliato: 40% alberi di prima grandezza, 30% alberi di seconda grandezza, 30% arbusti densi. • **Criteri di Scelta:** Specie con elevato **LAI (Leaf Area Index)** e fogliame rugoso o pubescente (per catturare le polveri). Obbligo di inserimento di una quota (min. 30%) di specie **sempreverdi o marcescenti** (*Quercus ilex*, *Carpinus betulus*) per garantire il filtraggio invernale. • **Sesto d'Impianto:** Disposizione a quinconce con interasse ridotto (2x2m o 2,5x2,5m) per favorire la rapida fusione delle chiome e l'effetto "muro verde". **2. Abbattimento Acustico (Barriere Nature-Based)** • **Composizione:** Associazione tra modellazione del terreno e barriera boscata. La vegetazione deve coprire l'intera sezione del rilevato, con particolare spessore alla base. • **Criteri di Scelta:** Specie a **biomassa densa e ramificazione basale** persistente. Utilizzo di arbusti xerofili per le parti sommitali dei dossi e specie più strutturate per i piedi del rilevato. • **Sesto d'Impianto:** Sesti serrati e sovrapposti. Si suggerisce l'integrazione di specie rampicanti su eventuali recinzioni interne per aumentare la massa fonica nei primi anni di crescita. **3. Invarianza Idraulica e Qualitativa (Metabolismo Idrico)** • **Composizione:** Progetto di **Rain Gardens** e bacini di fitodepurazione. Vegetazione elofitica (per le zone umide) e specie igrofile (per le zone di sponda). • **Criteri di Scelta:** Specie **iper-accumulatrici** (capaci di assorbire metalli pesanti e idrocarburi tipici dei piazzali industriali) e con apparati radicali profondi per favorire l'infiltrazione. Esempi: *Iris pseudacorus*, *Typha*, *Salix* sp. • **Sesto d'Impianto:** Massima densità per le macrofite (8-10 piante/mq) per garantire la copertura totale del fondo dei bacini e prevenire l'erosione superficiale. **4. Integrazione Paesaggistica e Connettività** • **Composizione:** Creazione di **ecotoni** (fasce di transizione). Il progetto deve prevedere una degradazione della densità verso l'esterno, passando dal "bosco filtro" alla siepe campestre tipica della matrice agricola ferrarese. • **Criteri di Scelta:** Utilizzo esclusivo di **specie autoctone** del

				di mantenere scorci visivi o continuità con la matrice agricola confinante.	contingente planiziale ferrarese (*Acer campestre*, *Fraxinus angustifolia*, *Crataegus monogyna*). Inserimento di specie baccifere per il supporto all'avifauna. • **Sesto d'Impianto:** Sesto irregolare e naturaliforme per simulare la dinamica spontanea della vegetazione di margine, evitando allineamenti rigidi che accentuerebbero l'impatto visivo del polo industriale.
	INDICAZIONI OPERATIVE GENERALI				
	Ogni intervento di mitigazione metabolica deve essere concepito come un sistema tecnologico naturale integrato, dove la performance ambientale è il requisito primario del progetto. • **Approccio Multi-obiettivo:** Le soluzioni proposte non devono limitarsi a una singola funzione, ma devono agire simultaneamente su rumore, inquinamento atmosferico e gestione idrica (es. un rilevato acustico deve fungere anche da bacino di bioritenzione alla base). • **Continuità del Filtro:** Le barriere metaboliche non devono presentare discontinuità fisiche lungo i fronti critici. Eventuali varchi tecnici o accessi carrabili devono essere schermati tramite "quinte a sovrapposizione" (sistemi a baionetta) per impedire la fuga diretta di onde sonore o emissioni odorigene. • **Dimensionamento Proporzionale:** L'ampiezza delle fasce boscate e l'altezza dei rilevati devono essere proporzionate all'entità del carico emesso.				
	INDICAZIONI OPERATIVE SPECIFICHE				
	1. Mitigazione Atmosferica e Odorigena (Filtri Biogenici) • **Profilo Aerodinamico:** Disporre la vegetazione con un profilo trasversale crescente (specie più basse verso la sorgente inquinante, specie più alte verso il ricettore). Questa geometria forza le masse d'aria a risalire e attraversare la chioma, massimizzando il filtraggio turbolento. • **Efficienza Stagionale:** Per garantire la protezione durante tutto l'anno, è obbligatorio l'inserimento di una quota minima del 30-40% di specie a fogliame persistente o marcescente (che mantiene le foglie secche sui rami in inverno), essenziale per la captazione del particolato nei mesi critici. 2. Abbattimento Acustico (Barriere Nature-Based) • **Integrazione del Rilevato:** La modellazione del terreno (tombolo) deve costituire la massa critica per la rifrazione sonora. La vegetazione superficiale deve avere una densità tale da agire come materiale fonoassorbente, riducendo i fenomeni di riverbero tipici delle barriere rigide tradizionali. • **Stratificazione alla Base:** Il progetto deve prevedere una densità arbustiva massima nei primi 2 metri di altezza per bloccare le onde sonore radenti e le vibrazioni trasmesse al suolo. 3. Invarianza Idraulica e Qualitativa (Metabolismo Idrico) • **Trattamento delle Acque di Prima Pioggia:** Prevedere sistemi di sedimentazione o decantazione a monte delle zone umide (NBS) per separare i solidi sospesi e gli idrocarburi pesanti, evitando l'intasamento dei substrati filtranti. • **Substrati Adsorbenti:** Impiegare miscele di terreno arricchite con materiali organici o zeoliti nei sistemi di drenaggio (Rain Gardens) per potenziare la rimozione chimica dei metalli pesanti tipici dei piazzali industriali. 4. Integrazione Paesaggistica e Connettività (REL) • **Creazione di Ecotoni:** Il margine esterno della mitigazione (verso la campagna o la città) deve presentare una struttura meno densa e più articolata, con l'inserimento di specie nettarifere e baccifere per favorire il passaggio dalla "macchina tecnologica" alla matrice biologica della Rete Ecologica Locale. • **Piani di Gestione Evolutiva:** Ogni progetto deve essere accompagnato da un cronoprogramma di manutenzione che preveda l'irrigazione di soccorso automatizzata (alimentata da recupero meteorico) e la sostituzione tempestiva delle fallanze per garantire la tenuta del "muro verde" nel tempo.				

3. BIBLIOGRAFIA

Normativa e Strumenti di Pianificazione (Riferimenti Istituzionali)

- **Regione Emilia-Romagna.** *Legge Regionale 21 dicembre 2017, n. 24 "Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio"*. (Con particolare riferimento agli indirizzi sulla Rete Ecologica, il saldo zero di consumo di suolo e i Servizi Ecosistemici).
- **Provincia di Ferrara.** *PTCP - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*. Norme di Attuazione e Tavole della Rete Ecologica Provinciale.
- **Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (AdBPo).** *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)*, incluse le Varianti e le Norme di Attuazione vigenti per i bacini idrografici del Reno e del complesso Volano-Primaro.

Ecologia del Paesaggio e Reti Ecologiche (Sezioni A, C, E)

- **Biondi, E., et al.** (2007). *Manuale di interpretazione degli habitat dell'Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna.
- **Malcevschi, S.** (2006). *Reti ecologiche ed infrastrutture*. Il Sole 24 Ore Edagricole.
- **Mazzotti, S. (a cura di).** *I Maceri del Ferrarese: un ecosistema da salvare*. Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara. (Testo fondamentale a giustificazione della Sezione B1).
- **Regione Emilia-Romagna.** *Abaco regionale delle specie vegetali autoctone per la forestazione urbana e periurbana*. (Riferimento per l'abaco floristico della Sezione E).

Soluzioni Basate sulla Natura (NBS) e Ingegneria Naturalistica (Sezioni A, B)

- **Commissione Europea.** (2021). *Evaluating the impact of nature-based solutions: A handbook for practitioners*. Directorate-General for Research and Innovation, Publications Office of the European Union.
- **AIPIN (Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica) / ISPRA.** *Manuale di Ingegneria Naturalistica applicata alla sistemazione dei corsi d'acqua*. (Riferimento per le prescrizioni spondali della Sezione A1 e A2).
- **ISPRA.** (2018). *Infrastrutture Verdi e Soluzioni Basate sulla Natura (NBS)*. Rapporti ISPRA.

Road Ecology e Mitigazione Infrastrutturale (Sezione D)

- **Forman, R. T. T., et al.** (2003). *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press. (Il testo di riferimento mondiale per la Sezione D).
- **Seiler, A.** (2001). *Ecological Effects of Roads: A review*. Introductory Research Essay, Swedish University of Agricultural Sciences.
- **ISPRA.** (2014). *Frammentazione del territorio e connettività ecologica: linee guida per la mitigazione degli impatti delle infrastrutture lineari*.