PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO

AFFINAMENTO DEPURATIVO A VALLE DEL DEPURATORE

IN COMUNE DI NIBIONNO

Interventi per il miglioramento delle acque e degli habitat nella Valle del Lambro (Lambro vivo) - LIFE11 ENV/IT/004 – azione B2

RELAZIONE TECNICA

Il progettista

Ing. Daniele Giuffrè

Triuggio, Maggio 2014

Progetto LIFE+2011 – Bando Fondazione Cariplo 2011

INDICE

1. INTRODUZIONE AL PROGETTO 4

1.1. L'IMPIANTO ESISTENTE 4

1.1.1. Linea trattamento acque 5

1.1.2. Linea trattamento fanghi 7

1.1.3. Impianto di deodorizzazione 8

1.2. PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO 10

1.2.1. Acque reflue domestiche 10

1.2.2. Acque di pioggia 11

1.3. INTERAZIONI CON L'IDROLOGIA DEL LAMBRO 17

1.3.1. Diluizione dei carichi 17

1.4. FINALITA' DEL PROGETTO 19

2. RELAZIONE IDROLOGICA 20

2.1. CLIMA 20

2.1.1. Precipitazioni e temperature nel territorio brianzolo 20

2.1.2. Influenze e relazioni tra morfologia del territorio e clima in Brianza 21

2.2.1. Regime pluviometrico 22

2.2.2. Regime termometrico 23

2.2.3. Idrografia superficiale 24

2.2.4. Regime idrologico del fiume Lambro 25

3. RELAZIONE IDRAULICA E DI PROCESSO DEL SISTEMA DI FINISSAGGIO 27

3.1. ARCHITETTURA DEL SISTEMA 27

3.2. SCHEMA IDRAULICO 28

3.3. CINETICHE DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI 31

3.3.1. Prestazioni attese sulle rimozioni di nutrienti, batteri e metalli 33

3.3.2. Meccanismi secondari e facoltativi per la rimozione di nutrienti e metalli 38

3.4. ASPETTI GESTIONALI 39

3.4.1. Alimentazione del sistema 39

3.4.2. Manutenzione del sistema 40

3.4.2.1. Strutture di adduzione 40

3.4.2.2. Pretrattamenti 40

3.4.2.3. Manutenzioni del bosco umido 40

4. RELAZIONE GEOLOGICA 41

4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA BRIANZA 41

4.2. GEOLOGIA E MORFOLOGIA 44

4.2.1. Quadro delle conoscenze consolidate 44

4.2.2. Geologia 46

4.2.3. Uso del suolo 49

4.2.4. Geomorfologia 51

4.3. FATTIBILITA' GEOLOGICA 57

4.4. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO APPLICATIVA 66

1. INTRODUZIONE AL PROGETTO

Il presente progetto concerne un sistema di finissaggio delle acque del depuratore di Nibionno da attuarsi con tecniche di depurazione naturali. Scopo della presente relazione è illustrare i dettagli tecnici dell'area oggetto di intervento e delle opere previste.

1.1. L'IMPIANTO ESISTENTE

L'impianto di depurazione di Nibionno ha una potenzialità di progetto di circa 30.000 Abitanti Equivalenti. I liquami afferenti all'impianto sono convogliati da tre distinti collettori intercomunali.
Un primo collettore raccoglie i reflui dei Comuni di Nibionno, Cassago B.za, Bulciago, Barzago, Barzanò, Sirtori e Cremella e raggiunge l'impianto totalmente per gravità.
Un secondo collettore raccoglie i reflui dei Comuni di Lurago d'Erba e Lambrugo, oltre alle frazioni di Camisasca (Costamasnaga), Carpanea (Inverigo), Tabiago e Cibrone (Nibionno). Tali reflui raggiungono la stazione di pompaggio interna all'impianto, ove sono sollevati al trattamento di depurazione.
Il terzo ed ultimo collettore raccoglie i reflui di una parte del Comune di Inverigo e della Frazione Gaggio del Comune di Nibionno. Tale collettore trova recapito nella stazione di pompaggio ubicata in Località Gaggio, da dove i reflui sono sollevati al trattamento di depurazione.
I tre collettori confluiscono in un manufatto a monte del canale di grigliatura ove esiste uno scaricatore di emergenza e di by-pass dell'impianto.
L'impianto è strutturato su due linee acque parallele (con l'esclusione dei trattamenti di dissabbiatura, denitrificazione biologica, e disinfezione finale), aventi ciascuna potenzialità di 15.000 Abitanti Equivalenti. La linea fanghi è singola.

Lo schema tipo di un impianto come quello di Nibionno è riportato in Figura 1.

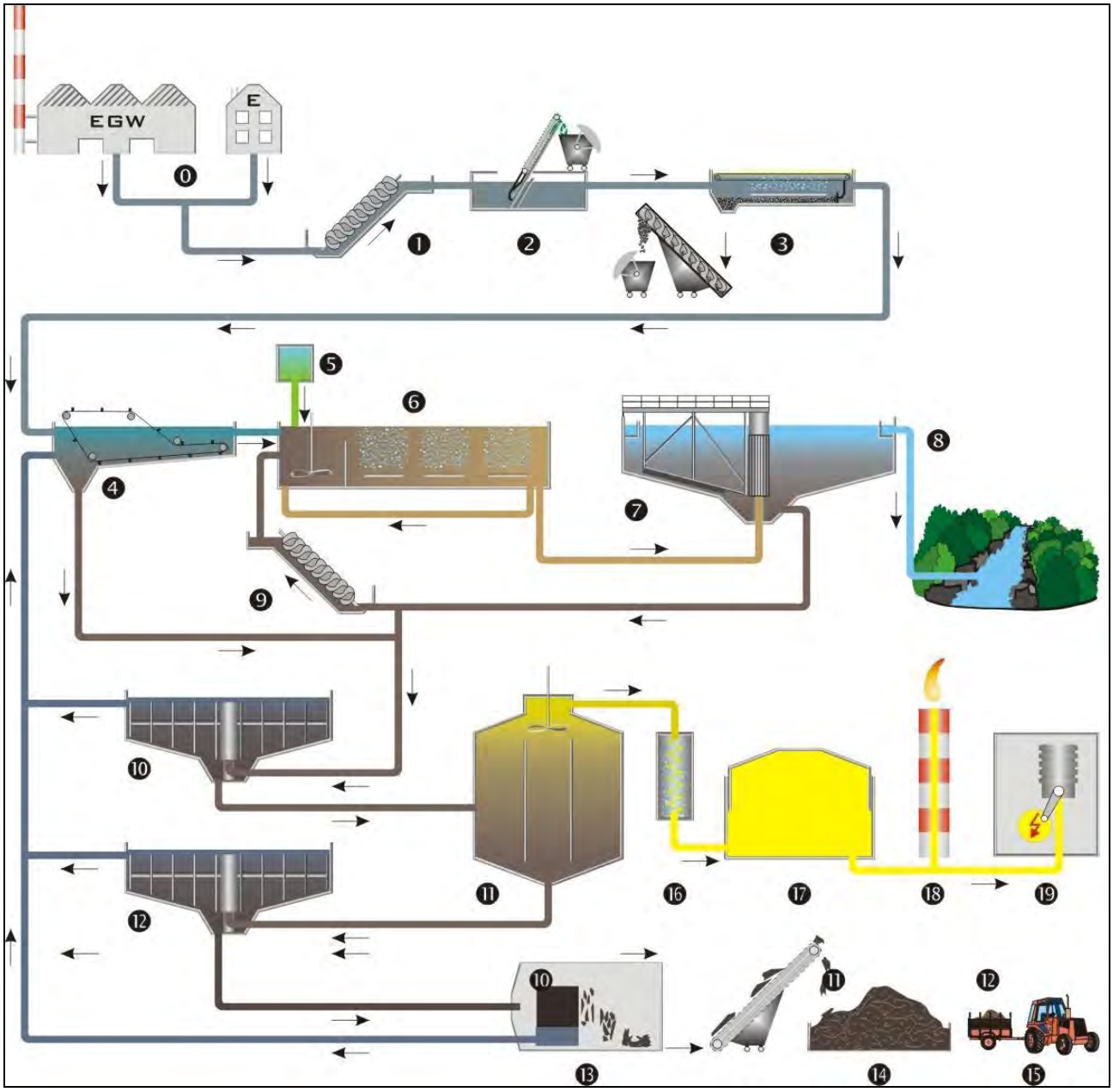

Figura 1: Schema di un impianto di trattamento delle acque reflue a fanghi attivi

Qui di seguito si riportano le principali sezioni che costituiscono l'impianto.

1.1.1. Linea trattamento acque

Grigliatura fine-meccanica (2). La sezione è attualmente costituita da due canali di grigliatura, ove sono installate griglie fini a nastro con luce di passaggio pari a 3 mm. La mondiglia raccolta è allontanata per mezzo di una coclea compattatrice che scarica in apposito container scarrabile posizionato su una piazzola in cemento armato.

A valle della grigliatura è installato un campionatore automatico che preleva in continuo aliquote del liquame afferente all'impianto.

Dissabbiatura – disoleatura (3). La sezione è costituita da una vasca circolare aerata provvista di un comparto separato di calma per la separazione degli oli e grassi galleggianti.

La raccolta dei galleggianti avviene tramite una paratoia regolabile che permette il convogliamento di tali materiali in un attiguo pozzetto da cui sono periodicamente prelevati mediante autospurgo ed allontanati per lo smaltimento finale.

La sabbia è raccolta sul fondo della vasca, da cui è estratta periodicamente mediante un sistema di estrazione delle sabbie (air-lift) e trattata da un classificatore delle sabbie, costituito da un sedimentatore ed una coclea sgocciolatrice, che consentono l'allontanamento ed il contemporaneo lavaggio. Le sabbie sono quindi raccolte in apposito container scarrabile posizionato su una piazzola in cemento armato.

Sedimentazione primaria (4). La sezione è costituita da due bacini a pianta rettangolare, dotati di carroponte va e vieni con lama raschiante di fondo e di schiumatore di superficie.

I solidi in sospensione sono raccolti dalla lama di superficie dei ponti e convogliati in un attiguo pozzetto da cui sono periodicamente prelevati mediante autospurgo ed allontanati per lo smaltimento finale.

I fanghi primari sono estratti in continuo dal fondo delle vasche mediante pompe monovite ed avviati al pre-ispessimento.

Trattamenti biologici (6).

Pre-denitrificazione. Il liquame in uscita dai sedimentatori primari è convogliato per mezzo di un canale pensile ad una stazione di sollevamento intermedio a monte del bacino di pre-denitrificazione. All'interno della stazione di sollevamento è ricavato uno stramazzo attraverso il quale viene sfiorato l'eccesso di portata non conferibile al trattamento biologico. I reflui non avviati al biologico trovano recapito nel collettore di by-pass generale dell'impianto che confluisce nel bacino di disinfezione finale, miscelandosi ai liquami che hanno subito il trattamento completo.

Nel processo di pre-denitrificazione i nitrati vengono ridotti in un primo stadio anossico, utilizzando la sostanza organica del liquame grezzo come fonte di carbonio; nel successivo stadio aerobico si svolge l'ossidazione della sostanza organica residua e la nitrificazione dell'azoto ammoniacale.

I nitrati non sono normalmente presenti nelle acque reflue; essi si formano nel processo di ossidazione dell'ammoniaca che avviene nel successivo stadio di ossidazione; la loro alimentazione alla fase di pre-denitrificazione è resa possibile dal ricircolo di consistenti portate dall'ossidazione/nitrificazione, in parte comunque necessarie per il recupero della biomassa dai sedimentatori finali.

Ossidazione/Nitrificazione biologica. La sezione di ossidazione/nitrificazione è costituita da quattro bacini disposti in parallelo, l'aerazione viene garantita tramite il sistema a bolle fini alimentato da una batteria di compressori volumetrici.

Sedimentazione secondaria (7). L'impianto è dotato di due sedimentatori circolari, dotati di carroponte con lama raschiante di fondo e di schiumatore di superficie; i fanghi da ricircolare ai trattamenti biologici sono raccolti sul fondo dei sedimentatori e rinviati alla denitrificazione mediante una stazione di pompaggio.

Le schiume superficiali sono raccolte mediante una tramoggia di superficie e rinviati per mezzo di pompe centrifughe sommergibili al preispessitore, o a monte della sedimentazione primaria, congiuntamente ai fanghi di supero.

Disinfezione dell'effluente. La sezione di clorazione è costituita da un unico bacino di contatto, dotato di setti interni per la miscelazione del liquame con l'agente clorante (ipoclorito di sodio).

Misura della portata scaricata e campionamento automatico.

In corrispondenza dello scarico dal bacino di disinfezione esiste uno stramazzo che consente, mediante uno strumento di misura di livello ad ultrasuoni, il calcolo della portata riversata nel fiume Lambro. Prima dello scarico è installato un campionatore automatico che preleva in continuo aliquote del liquame, proporzionalmente alla portata scaricata.

1.1.2. Linea trattamento fanghi

I microrganismi cresciuti a seguito della metabolizzazione delle sostanze organiche, il cosiddetto "fango di supero", sono allontanati dal sistema depurativo e smaltiti nel seguente modo:

Preispessimento (10). Alla sezione di pre-ispessimento vengono avviati i fanghi di supero biologico estratti dal pozzetto di ricircolo fanghi, mediante pompa centrifuga sommergibile ed i fanghi primari estratti dai sedimentatori primari.

Il bacino è dotato di apposito meccanismo ispessitore.

Digestione anaerobica (11). (fuori servizio) Attualmente il digestore viene impiegato come vasca di accumulo e stabilizzazione a freddo dei fanghi misti.

Accumulo di biogas – combustione delle eccedenze (fuori servizio). La sezione di accumulo del biogas si compone di un gasometro e di una torcia, alla quale vengono inviate le quantità di biogas eccedenti per la combustione.

Postispessimento (12). Alla sezione di post-ispessimento vengono avviati i fanghi digeriti estratti dal fondo del digestore. Il bacino è dotato di apposito meccanismo ispessitore.

Disidratazione meccanica (13). La disidratazione avviene con una centrifuga e apparecchiature accessorie (pompe volumetriche di alimentazione fango, unità di preparazione e dosaggio del polielettrolita e dei sistemi di trasporto e scarico dei fanghi disidratati in appositi container scarrabili). I container scarrabili di stoccaggio provvisorio dei fanghi disidratati sono alloggiati su una piazzola in cemento armato protetta da una tettoia.

L'intera linea fanghi sopra descritta è sottoposta a trattamento di deodorizzazione a mezzo di un biofiltro.

1.1.3. Impianto di deodorizzazione

In ragione della particolare disposizione della linea fanghi dell'impianto di Nibionno e delle strutture esistenti, Valbe Servizi, per contenere il fenomeno della diffusione di odori generati dal depuratore di Nibionno, ha deciso di intervenire con l'installazione di un impianto di biofiltrazione.

I principi su cui si basa l'azione del biofiltro sono in via generale analoghi a quelli utilizzati nei processi di trattamento biologico delle acque reflue; anche questi sistemi, infatti, prevedono lo sfruttamento di un largo spettro di microrganismi (batteri, attinomiceti e funghi) in grado di metabolizzare, attraverso una serie di reazioni biologiche (ossidazione, riduzione ed idrolisi) i composti naturali e di sintesi, inorganici (H_2S e NH_3), organici (acidi, alcoli, idrocarburi, ecc.), presenti nei reflui gassosi che li attraversano.

In particolare nel biofiltro le sostanze da depurare vengono adsorbite su uno strato di circa un metro di materiale poroso dove, in condizioni controllate di umidità, pH, tempo di contatto e di nutrienti inorganici e organici, i microrganismi metabolizzano gli inquinanti contenuti nel flusso gassoso da depurare.

Di particolare importanza a tal fine risulta essere la composizione microscopica e macroscopica del

materiale filtrante. Le proprietà richieste ad una ottimale miscela filtrante riguardano l'elevata porosità, le condizioni idriche ottimali per la vita microbica (60-70% di umidità) e la capacità di mantenere il più a lungo nel tempo le caratteristiche originarie. Tali proprietà, oltre che sull'efficienza del biofiltro, influiscono favorevolmente sui costi di gestione, garantendo minori perdite di carico dell'impianto, quindi minori consumi energetici ed un numero inferiore di interventi di manutenzione necessaria a ripristinare le condizioni originarie.

Il biofiltro dell'impianto di Nibionno è realizzato con una vasca avente pareti in cemento armato e platea di calcestruzzo lisciato e piano avente superficie di circa 100 m^2 e altezza 1,20 m.

Sul fondo della vasca sono disposti moduli forati di materiale plastico che sostengono il materiale filtrante e garantiscono la corretta distribuzione dell'aria su tutta la superficie del biofiltro. Tali moduli sono ancorati alla platea della vasca mediante riempimento in calcestruzzo.

Il materiale filtrante è costituito da un materiale poroso di derivazione vulcanica.

L'umidificazione del letto filtrante è assicurata attraverso un impianto automatico di irrigazione a pioggia.

L'aria da trattare è convogliata al biofiltro da una linea di aspirazione che si sviluppa a partire dai locali disidratazione, dal comparto di deposito dei cassoni di stoccaggio dei fanghi disidratati e dagli ispessitori dei fanghi, che sono le sezioni d'impianto dalle quali originano le maggiori esalazioni di odori molesti.

Le acque di percolazione e dilavamento del biofiltro sono raccolte e inviate all'impianto di depurazione.

1.2. PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO

1.2.1. Acque reflue domestiche

Attualmente l'impianto tratta una portata media di circa 15.500 mc/giorno, valutata sugli ultimi 4 anni di misurazioni. Le concentrazioni del refluo in ingresso e dell'effluente in uscita sono riportate nelle prime due colonne della tabella che segue (dati mediati su 4 anni di misurazioni dal 2010 al 2013). A seguito degli adeguamenti impiantistici previsti, in particolare una fase di filtrazione finale, l'adeguamento della bacino di clorazione, un vasca di accumulo delle acque di pioggia in arrivo dal collettore di Nibionno Bulciago e un adeguamento degli impianti elettrici, le concentrazioni medie dell'effluente previste saranno quelle indicate nella terza colonna. Come si può osservare tutte le concentrazioni limite previste per legge (Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n.3 Tab. 5) vengono già attualmente rispettate; l'adeguamento tecnologico consentirà infatti soprattutto una migliore efficienza nella rimozione dei solidi sospesi e del fosforo ad essi adsorbito (come si osserva attualmente quest'ultimo rimane appena al di sotto del limite di legge).

REFLUE DOMESTICHE	INGRESSO	USCITA ATTUALE	USCITA FUTURA
BOD_5 [mg/L] O_2	**121,93**	**16,57**	**< 25,00**
COD [mg/L] O_2	**405,18**	**69,30**	**< 125,00**
Solidi sospesi totali [mg/L]	**190,38**	**25,99**	**< 35,00**
Fosforo totale [mg/L] P	**3,85**	**1,51**	**< 2,00**
Azoto ammoniacale [mgN-NH_4/L]	**18,80**	**0,77**	**n.d.**
Azoto nitroso [mgN-NO_2/L]	**0,08**	**0,11**	**n.d.**
Azoto nitrico [mgN-NO3/L]	**0,49**	**6,62**	**n.d.**
Azoto totale [mgN/L]	**28,01**	**10,23**	**< 15,00**
Tensioattivi totali [mg/L]	**21,68**	**2,66**	**n.d.**

Tabella 1: concentrazioni in ingresso ed uscita per le acque reflue domestiche

Moltiplicando la portata media trattata per le concentrazioni in uscita sopra riportate si può avere anche una stima dei carichi annui introdotti in ambiente attraverso la sola quota di effluente depurato (valori in tonnellate):

REFLUE DOMESTICHE	CARICHI ANNUI
BOD_5 [t] O_2	**93,14**
COD [t] O_2	**389,47**
Solidi sospesi totali [t]	**146,07**
Fosforo totale [t] P	**8,48**
Azoto ammoniacale [tN-NH_4/L]	**4,32**
Azoto nitroso [tN-NO_2/L]	**0,63**
Azoto nitrico [tN-NO_3/L]	**37,20**
Azoto totale [tN/L]	**57,48**
Tensioattivi totali [t]	**14,97**

Tabella 2: carichi in uscita in ambiente dalla depurazione

1.2.2. Acque di pioggia

Il problema delle acque di pioggia drenate dalla rete fognaria è piuttosto complesso ed ancora oggetto di numerosi studi ed elaborazioni. La sua peculiarità consiste nel fatto che, a differenza delle acque reflue urbane, le concentrazioni degli inquinanti, la loro tipologia e le portate affluenti dagli eventi meteorici che dilavano le superfici drenate sono difficilmente prevedibili e molto variabili nel tempo e nello spazio. Tipicamente la localizzazione dell'area drenata influenza la tipologia di inquinanti (con maggiori possibilità di ritrovare metalli come rame, piombo e zinco e idrocarburi laddove le superfici drenate siano soggette al traffico veicolare), mentre le concentrazioni e le portate dipendono da numerosissimi fattori quali: le caratteristiche dell'evento meteorologico (intensità, durata, distribuzione, etc.), la geometria della rete fognaria (dimensione dei condotti, presenza di manufatti di raccolta delle acque di prima pioggia, di meccanismi di infiltrazione nel terreno diffusi sul territorio, funzionamento delle caditoie stradali, etc.), l'impermeabilità delle superfici drenate.

Questa fortissima variabilità rende necessaria un'attenta e specifica caratterizzazione del sito oggetto di studio o di intervento per una migliore definizione di tutte queste variabili; tuttavia per questo studio preliminare può essere utile estendere alcune considerazioni ricavate dallo studio di casi analoghi sia in Italia che all'estero per supportare l'ipotesi progettuale che sta alla base di questo intervento (dati riportati da uno studio della dott.ssa Sara Todeschini, DIIAR UniPavia):

1) le concentrazioni di picco di solidi sospesi e di COD e BOD5 sono molto superiori a quelle di un refluo domestico urbano (nel caso di seguito riportato rispettivamente 1400, 1100 e 500 mg/l contro 150, 400 e 100 mg/l – Figura 2);

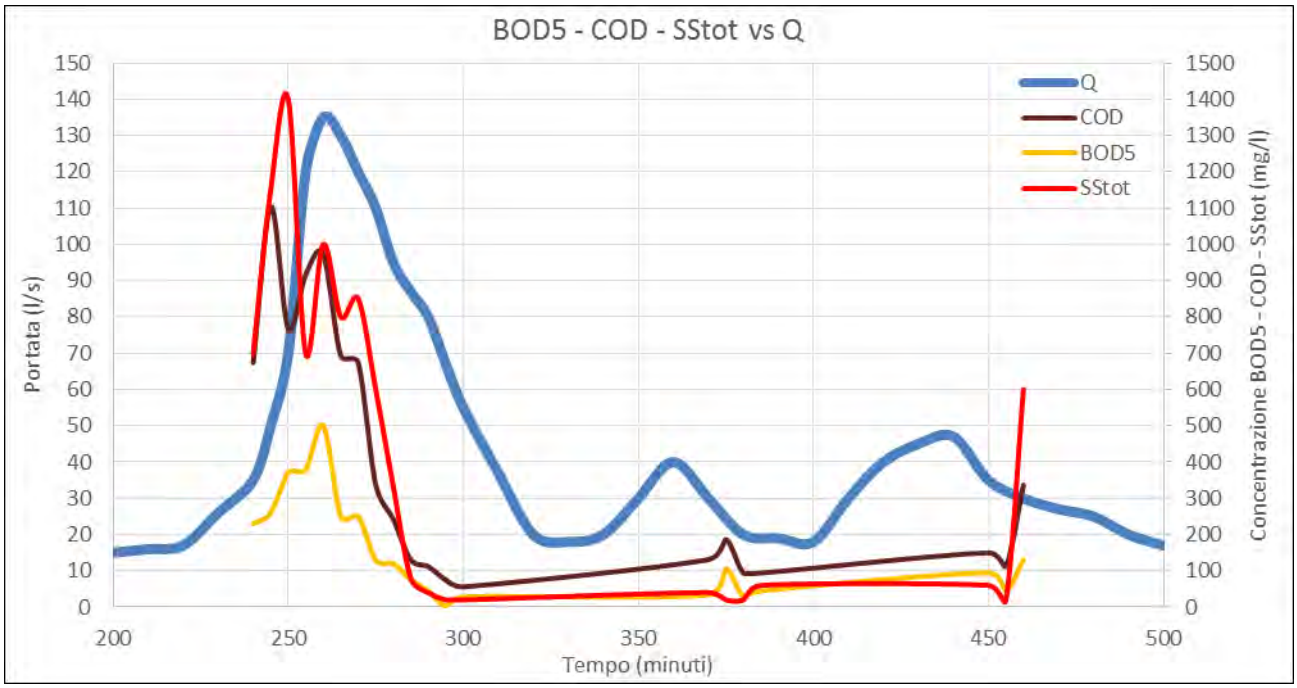

Figura 2: concentrazioni di SS, BOD5 e COD in un evento di pioggia drenato dal sistema fognario

2) le concentrazioni di picco di azoto totale ed ammoniacale e di fosforo sono invece molto simili o addirittura inferiori a quelle di un refluo domestico urbano (nel caso di seguito riportato rispettivamente 37, 5 e 5 mg/l contro 60, 4 e 8 mg/l – Figura 3);

3) nelle acque di dilavamento si ritrovano talune sostanze difficilmente rinvenibili in ordinarie acque reflue urbane, come alcuni metalli (Zn, Cu, Pb, Ni, V, Cr, Cd) e idrocarburi. Queste sono chiaramente riconducibili al traffico veicolare (derivati di combustione dei carburanti, usura di pneumatici, parti meccaniche e impianto frenante dei veicoli, corrosione della carrozzeria dei veicoli, etc. – Figura 4);

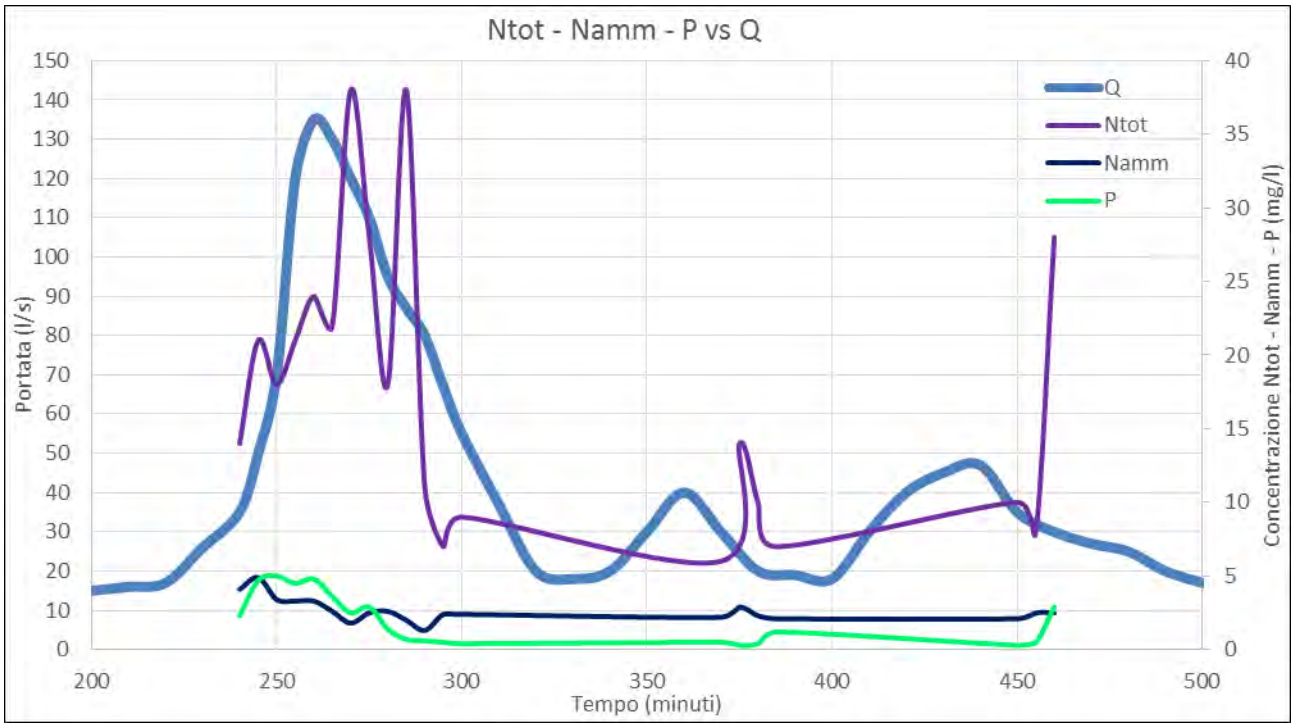

Figura 3: concentrazioni di Ntot, Namm e P in un evento di pioggia drenato dal sistema fognario

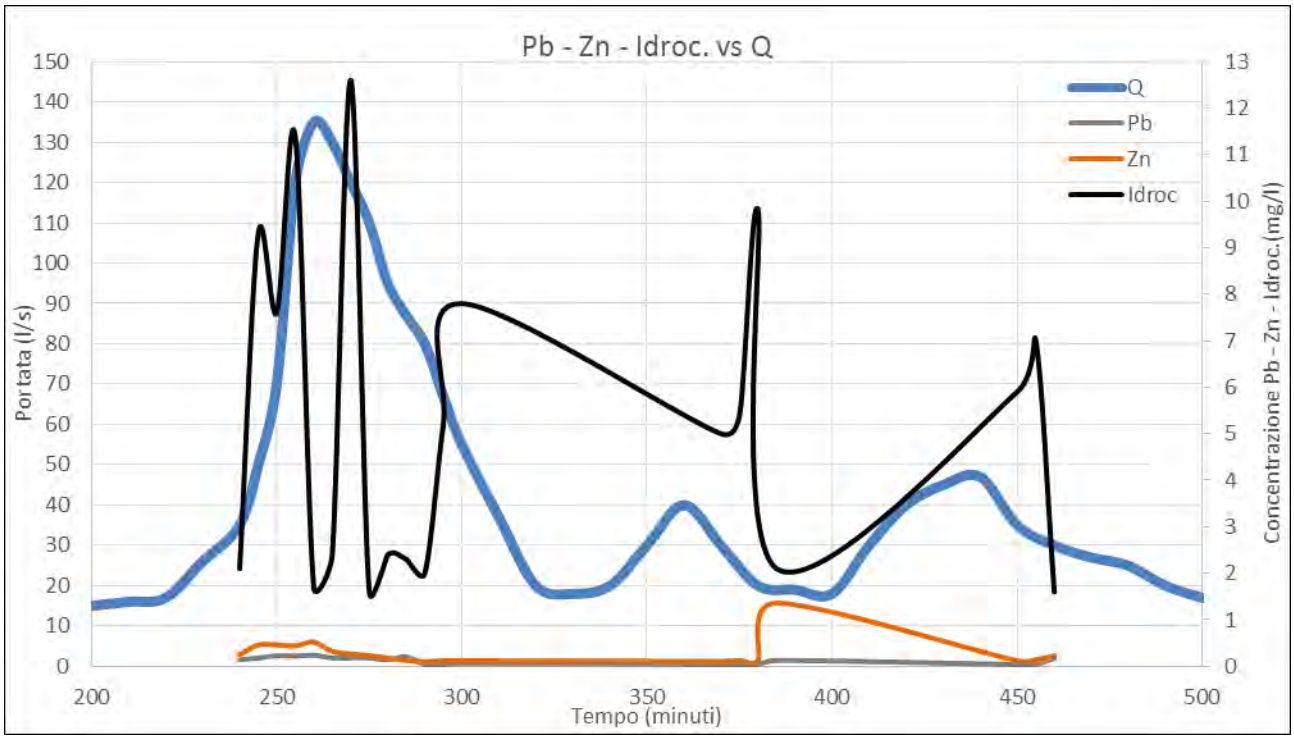

Figura 4: concentrazioni di Pb, Zn e Idrocarburi in un evento di pioggia drenato dal sistema fognario

4) in generale si osserva che il picco dell'andamento delle concentrazioni (detto pollutogramma) è anticipato rispetto al picco dell'idrogramma di piena. Questo significa fondamentalmente che la maggior parte degli inquinanti viene dilavata nella parte ascendente dell'onda: questo fenomeno è denominato first foul flush. Inoltre considerando che la rimozione delle sostanze depositate sul suolo dipende tipicamente dalla velocità di scorrimento, l'anticipo del picco del pollutogramma è tanto più marcato quanto più impulsivo ed intenso è l'evento meteorologico. Si suole rappresentare in maniera sintetica queste peculiarità in grafici che indicano la percentuale di inquinante trasportato rispetto al totale in funzione del volume d'acqua normalizzato. Si può osservare dalla figura riportata che i grafici sono spesso posizionati sopra la linea bisettrice (che rappresenterebbe la legge lineare) a conferma del fatto che gli inquinanti vengono rimossi velocemente dalle acque meteoriche; inoltre bisogna considerare che eventi più impulsivi ed intensi si collocano più in alto, mentre eventi meno impulsivi di pioggia insistente e continua si collocano molto vicini alla bisettrice (Figura 5).

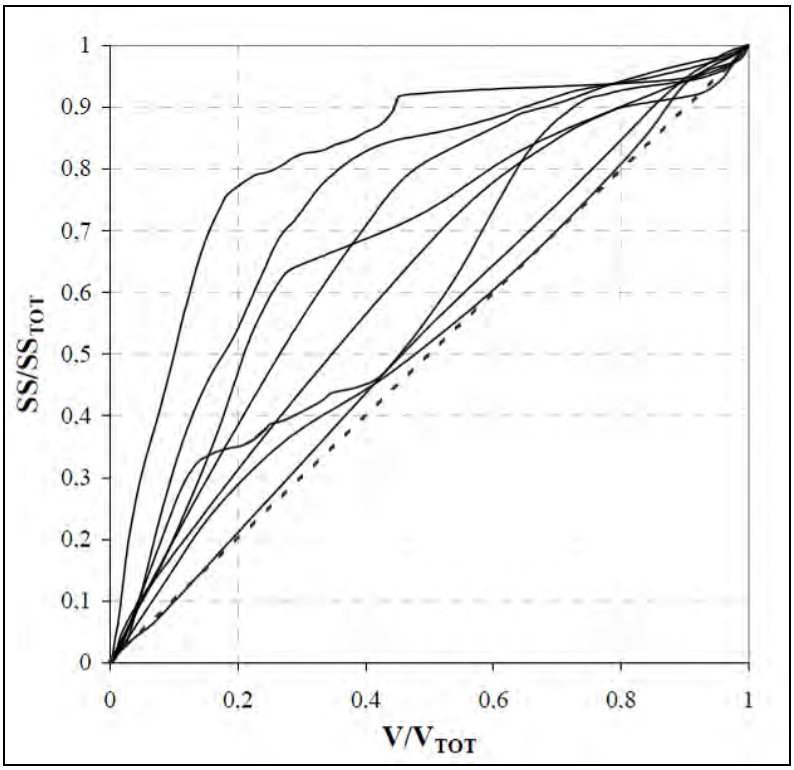

Figura 5: Inquinanti trasportati vs volume d'acqua defluito rispetto al totale

Il depuratore di Nibionno è dimensionato per mandare al trattamento una quota parte delle acque di pioggia che convergono all'impianto; la sua attuale capacità di smaltimento consente infatti di

trattare fino ad un massimo di 1.250 m^3/h, con un surplus disponibile di circa 574 m^3/h rispetto alla massima delle portate reflue urbane. L'eccesso viene riversato nel corpo recettore, il Lambro, dal sistema di sfioratori sui collettori di alimentazione. Si consideri che la massima portata di pioggia ammessa all'impianto può arrivare a 1.500 m^3/h (contro i 1.250 m^3/h da progetto) utilizzando in parallelo la linea di grigliatura di emergenza.

Dall'analisi idrologica è stata stimata una portata media di sfioro giornaliera pari a circa 2.800 mc/giorno, del quale però non si hanno valori misurati delle concentrazioni di inquinanti. A tal proposito, il calcolo dei carichi di inquinanti provenienti dagli sfiori, è stato effettuato partendo dai valori medi delle concentrazioni degli stessi inquinanti in ingresso al depuratore nel mese in cui si è registrata la massima portata in ingresso, preso sul campione a disposizione (ultimi 4 anni, dal 2010 al 2013).

Sono stati quindi stimati i carichi totali di inquinanti riversati nel corpo idrico ricettore.

CARICHI ANNUI	DA EFFLUENTE DEPURATO	DA PORTATE SFIORATE
BOD_5 [t] O_2	**93.14**	**32.45**
COD [t] O_2	**389.47**	**119.83**
Solidi sospesi totali [t]	**146.07**	**57.23**
Fosforo totale [t] P	**8.48**	**0.87**
Azoto ammoniacale [tN-NH_4/L]	**4.32**	**5.23**
Azoto nitroso [mgN-NO_2/L]	**0.63**	**0.13**
Azoto nitrico [tN-NO_3/L]	**37.20**	**0.71**
Azoto totale [tN/L]	**57.48**	**9.54**
Tensioattivi totali [t]	**14.97**	**6.00**

Tabella 3: confronto tra carichi in uscita dall'effluente e dalle portate sfiorate

Prescindendo dalle approssimazioni alla base del calcolo si può osservare come fondamentalmente i carichi di BOD5, COD, solidi sospesi, fosforo, azoto totale e tensioattivi provenienti dagli sfiori siano proporzionalmente superiori rispetto a quelli riversati dall'effluente ordinario del depuratore. In particolare la concentrazione di azoto ammoniacale è superiore rispetto all'effluente depurato, pur avendo una portata pari ad un sesto. Non compaiono i metalli

e gli idrocarburi semplicemente perché non sono stati ricercati nelle analisi condotte dalla VALBE, ma probabilmente lo scostamento rispetto ai carichi originati dall'effluente ordinario sarebbe ancora più evidente.

L'adeguamento dell'impianto di Nibionno consisterà tra gli altri aspetti, nella realizzazione della vasca di accumulo delle acque di pioggia a servizio del collettore Nibionno-Bulciago; tale vasca verrà dimensionata in modo da addurre direttamente alla depurazione, senza preventiva raccolta nella vasca di accumulo, la portata nera diluita, secondo il criterio dell'apporto pro-capite di 750 litri per abitante equivalente giorno, uniformemente distribuito nelle 24 ore. In questo modo si avrà un potenziamento dei volumi delle portate depurate in arrivo dal collettore di Nibionno-Bulciago, che andranno dagli attuali 325 m^3/h ai 484 m^3/h, che corrispondono ad un apporto pro-capite di 503 l/AEg contro i 750 l/AEg.

1.3. INTERAZIONI CON L'IDROLOGIA DEL LAMBRO

Una ulteriore criticità da considerare è l'impatto degli scarichi del depuratore sul corpo recettore in funzione della portata transitante cui è demandata la diluizione dei carichi immessi. Questo aspetto è sospettato di essere responsabili di una notevole sofferenza provata dal corso d'acqua e dal suo habitat soprattutto nei periodi di magra.

1.3.1. Diluizione dei carichi

Sono state effettuate alcune statistiche basate su dati rilevati tra il 2010 e il 2013 relativamente alle portate scaricate dal depuratore come effluente trattato ed è stata calcolata la diluizione come rapporto tra la portata transitante in Lambro alla sezione di Lambrugo e le portate scaricate ordinariamente dal depuratore. I risultati sono stati confrontati con la simulazione al termine dell'adeguamento tecnologico dell'impianto.

GIORNI ANNUI CON DILUIZIONE:	DA EFFLUENTE OGGI	DA EFFLUENTE FUTURO
<10	70	91
<20	169	215
<30	268	274

Tabella 4: casi di diluzione delle portate scaricate rispetto alle portate defluenti in Lambro

Si osserva come, al termine dell'adeguamento tecnologico dell'impianto, si aggraverà il problema della insufficiente diluizione per l'effluente trattato a causa della maggiore capacità dell'impianto stesso; questa dinamica si osserva per tutte le fasce di diluzione dell'effluente, per le quali si assiste ad un incremento degli eventi che è meno rilevante solo per quelli compresi nella fascia di 30 diluizioni. Ciò significa che a fronte di una situazione sostanzialmente stabile delle portate del Lambro l'effluente del depuratore, rilasciato con portate in media superiori, sarà meno diluito. Questa però è una conclusione ovvia e necessaria se la tendenza è quella di trattare sempre maggiori quote di acque di pioggia all'interno degli impianti di depurazione.

Sono stati confrontati anche i valori delle portate in uscita al depuratore con le portate transitanti in Lambro, in particolare sono state calcolate le medie mensili delle portate registrate in uscita dal

depuratore negli anni 2010-2013 e le medie mensili delle portate transitati in Lambro misurate alla sezione di Lambrugo negli anni 2004-2012. I risultati sono riportati nel grafico seguente, nel quale le medie mensili delle portate del fiume e le medie mensili delle portate in uscita dal depuratore sono state normalizzate rispetto alla corrispettiva portata media annuale.

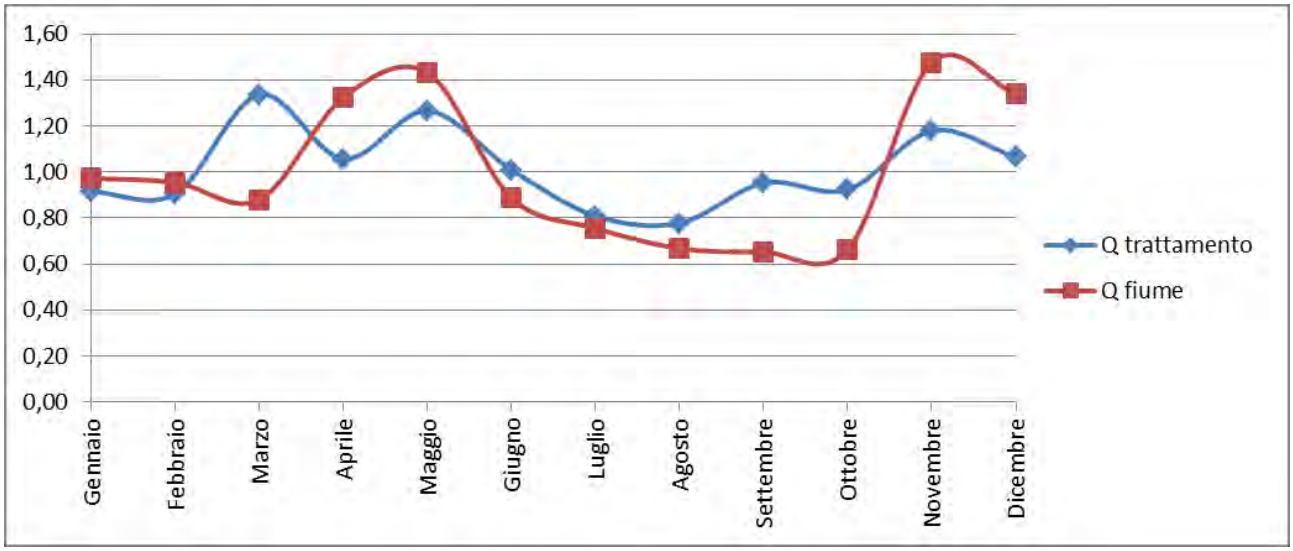

Figura 6: Portate normalizzate fiume Lambro e impianto di trattamento

Come si osserva nel mese di marzo si registra la situazione più critica, in cui cioè il depuratore tratta in media le maggiori portate mentre a Lambro defluisce una portata inferiore alla media. La situazione estiva ed autunnale vede invece una compensazione tra la flessione delle portate di Lambro e di quelle depurate, con un peggioramento a Settembre-Ottobre. I periodi meno preoccupanti sono invece quelli di Aprile-Maggio e di Novembre-Dicembre nei quali il fiume ha una regimazione consistente e superiore, in media, all'aumento delle portate depurate.

1.4. FINALITA' DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di finissaggio con tecniche naturali dell'effluente del depuratore. In sede di elaborazione della soluzione progettuale è stato coinvolto lo staff direttivo tecnico dell'impianto di depurazione dal momento che il sistema di finissaggio costituirà una sua appendice esterna che dovrà funzionare in sinergia con esso.

Il sistema di finissaggio elaborato è stato progettato per trattare, in entrambe le vasche, la portata in uscita dall'impianto di depurazione, sia per le condizioni attuali dell'impianto sia a seguito dei lavori di adeguamento previsti. Alla luce di tali miglioramenti tecnologici è stato osservato come permarrebbero alcune problematiche sulle acque di pioggia del collettore di Lurago-Lambrugo, per il quale non è previsto alcun adeguamento rispetto alle modalità di scarico delle acque di pioggia previste dal PTUA e dal Regolamento Regionale n.3 del 24/03/2006. A tal proposito la vasca nord è stata progettata per trattare anche le portate in arrivo dallo sfioratore di emergenza, prevedendone un trattamento di grigliatura preliminare.

2. RELAZIONE IDROLOGICA

In questo capitolo si approfondiscono le informazioni relative al clima ed al regime idrologico conseguente del fiume Lambro.

2.1. CLIMA

2.1.1. Precipitazioni e temperature nel territorio brianzolo

Il regime pluviometrico della Brianza si inquadra in un regime di tipo "prealpino". Tale regime infatti è caratterizzato da due massimi, l'uno in ottobre più accentuato e l'altro in maggio mentre i minimi si registrano rispettivamente in febbraio ed in luglio.

Interessante e significativo è vedere però come varia la quantità di precipitazioni a seconda della zona del territorio brianzolo in cui siamo; la piovosità è infatti diversa nel caso ci si trovi per esempio a Monza o a Cantù o ancora ad Erba. L'isoieta (linea di uguale piovosità media annua) dei 1000 mm attraversa longitudinalmente l'alta pianura lombarda, passando poco a nord di Milano. Come evidenzia la distanza crescente tra le isoiete, le precipitazioni tendono a diminuire verso il Po; al contrario si fanno più abbondanti a nord del capoluogo lombardo e mano a mano che ci si spinge verso l'alta Brianza, fino a superare i 2000 mm in corrispondenza di Magreglio e delle zone limitrofe (triangolo lariano).

Tanto per citare un esempio, a Monza la piovosità media annua è di circa 1117 mm con una punta minima di 587,5 mm nel 1921 e una massima di 1869,4 nel 1951.

Il ruolo svolto dai rilievi lariani è sicuramente determinante in concomitanza con lo stabilirsi di aree depressionarie sul Mar Ligure o, più in generale , sull'Italia centro-settentrionale, quando aria umida e temperata viene spinta verso settentrione accentuando la nuvolosità e le precipitazioni proprio in corrispondenza dei rilievi.

Per quanto riguarda invece le temperature, le medie annue in Brianza si aggirano attorno ai 12-13 °C ma sono valori che tendono a diminuire attorno ai 10° via via che ci si porta verso le zone collinari più alte; la media massima stagionale si raggiunge nel mese di luglio, con 22-24°C, e la minima, invece, in gennaio, con 1-2°C.

Abbastanza forti sono le escursioni termiche diurne anche se, soprattutto nelle zona più a nord della Brianza, le temperature estive vengono mitigate dalla presenza dei rilievi e dalle correnti più fresche provenienti dal vicino lago di Como.

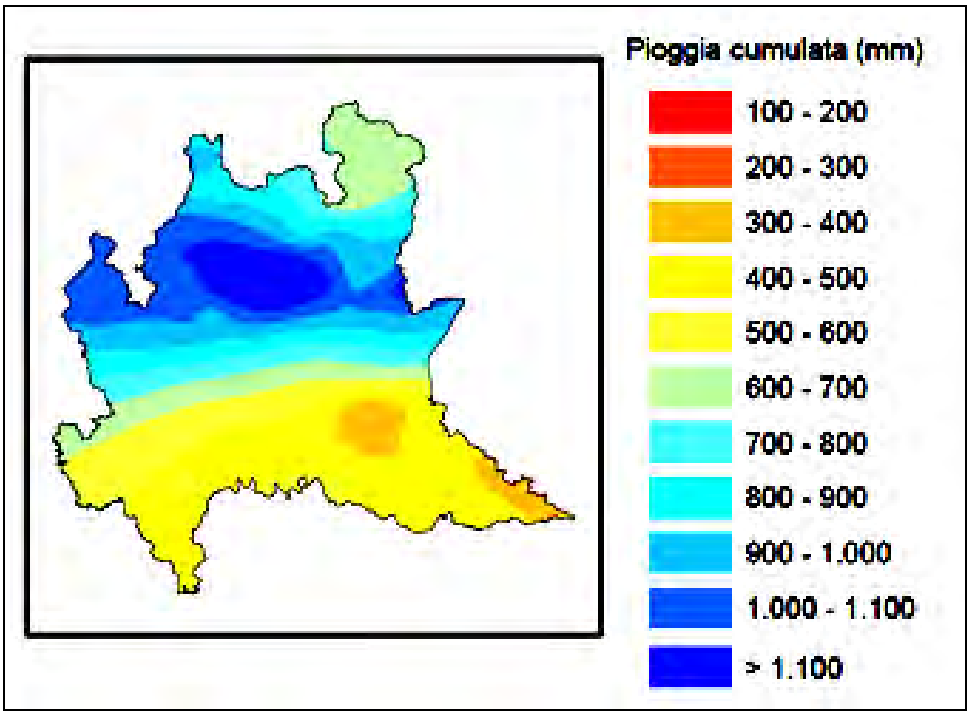

Figura 7 - Regime pluviometrico annuo in Lombardia

2.1.2. Influenze e relazioni tra morfologia del territorio e clima in Brianza

La Brianza si trova subito a ridosso delle Prealpi e ciò vuol dire che dal punto di vista climatico risente della protezione dell'arco alpino dai freddi venti settentrionali e dalle perturbazioni provenienti dal versante nord alpino. Questo "effetto barriera" che i monti oppongono, altera le condizioni atmosferiche generali ed assicura alla Brianza un clima meno rigido con una maggiore impronta mediterranea.

Inoltre da luogo al cosiddetto fenomeno del foehn che si manifesta quando una depressione di origine atlantica, da Nord-Ovest, si avvicina alle Alpi, mentre un anticiclone sui Balcani agisce da blocco.

Tra le due configurazioni bariche si instaurano venti dai quadranti settentrionali che, incontrando l'arco alpino, possono salire sino alla cresta delle montagne e nello stesso tempo dar luogo, nel versante Nord, al fenomeno di stau che porta all'ammassamento di nubi con piogge forti e persistenti. Quando l'aria comincia la sua discesa nel versante Sud, si riscalda per compressione e

dissolve ogni forma di nuvolosità facendo abbassare notevolmente l'umidità relativa con un corrispondente aumento della visibilità.

La Brianza si pone anche in stretta vicinanza con la grande massa d'acqua del lago di Como che tende a mitigare gli estremi di temperatura e gode, soprattutto in corrispondenza dei rilievi collinari più alti, dei temporali orografici.

Questi ultimi si hanno quando aria calda e umida è forzata a salire lungo un versante montuoso ed il vapore acqueo presente in essa comincia a condensare formando un ammasso nuvoloso. Quando la nube aumenta di dimensione e si arriva alla saturazione del vapore acqueo avremo l'inizio delle precipitazioni. Tali temporali si formano in corrispondenza del rilievo del Colle Brianza e alcune volte anche di quello di Montevecchia.

La maggior altitudine delle dolci colline brianzole, infine, rispetto alla pianura padana regala una più intensa insolazione durante i mesi invernali e una più intensa freschezza e ventilazione durante quelli estivi.

2.2. IDROLOGIA

2.2.1. Regime pluviometrico

Dall'analisi delle serie meteorologiche delle precipitazioni giornaliere disponibili a Nibionno si ricava come mediamente nell'area del Comune cadono circa 1300-1400 mm di acqua all'anno. Gli anni più piovosi del periodo in esame sono stati il 2010 e il 2008, rispettivamente con 1858 e 1418 mm. Il minimo assoluto registrato è di 1001 mm di pioggia nel 2011.

La distribuzione delle precipitazioni durante l'anno è caratterizzata da picchi sia primaverili che autunnali. I mesi più piovosi in assoluto sono Novembre, Aprile, Maggio, Settembre. Il trimestre generalmente più piovoso è il secondo. Il massimo mensile assoluto si verifica in genere in Novembre. Il massimo mensile assoluto è del Novembre del 2010 con 274 mm.

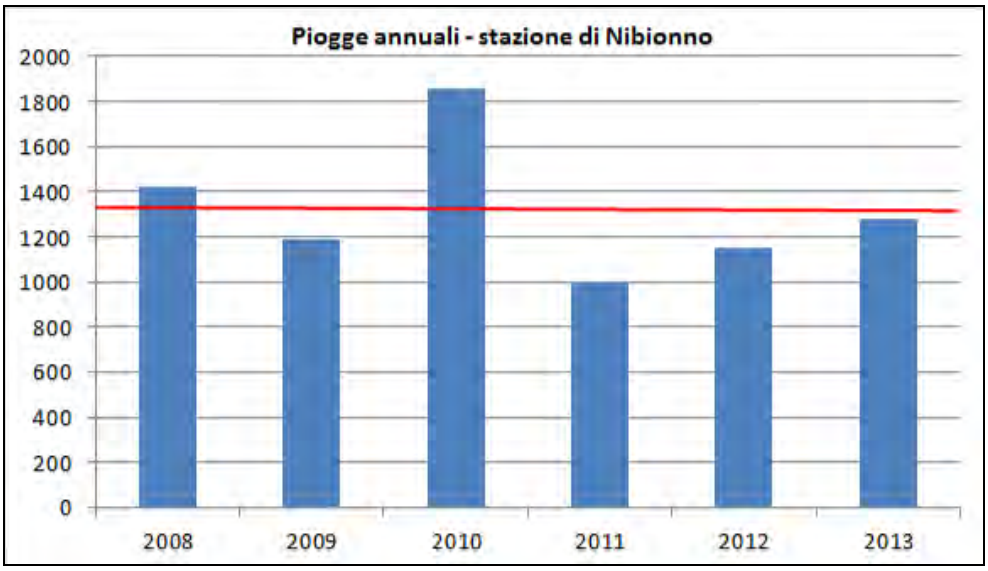

Figura 8 - Precipitazioni totali annuali (in mm) per il periodo 2008 – 2013 (Stazione di Nibionno)

Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2008	-	-	43	187	180	173	115	101	144	86	202	187
2009	86	94	79	245	22	108	86	29	72	122	101	144
2010	36	144	79	108	230	94	115	252	230	194	274	101
2011	22	36	72	14	65	151	151	72	209	72	130	7
2012	22	7	22	194	151	108	79	58	173	94	209	36
2013	43	58	122	202	238	72	58	58	94	101	122	115
Media	**42**	**68**	**70**	**158**	**148**	**118**	**101**	**95**	**154**	**112**	**173**	**98**
Annua	**1335**											

Figura 9 - Medie mensili di pioggia (in mm) nel periodo 2008-2013 (Stazione di Nibionno)

2.2.2. Regime termometrico

La temperatura media annuale derivata dalle serie meteo per il periodo -2007 è di 11.7°C.

Dall'analisi delle serie il mese più caldo risulta Agosto, con temperature medie mensili di 23.5 °C. Il mese generalmente più freddo è Gennaio con una media mensile di 1.7 °C.

Anno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2008	-	-	9.0	11.4	16.6	20.2	22.3	22.5	16.7	13.3	7.2	2.7
2009	0.1	4.0	9.0	12.9	19.4	21.1	23.2	24.8	19.2	12.5	7.9	2.0
2010	0.7	3.3	7.1	12.2	15.5	21.1	24.9	21.1	16.9	11.0	7.3	0.8
2011	1.3	4.9	8.4	15.8	18.9	20.0	21.5	23.9	20.4	13.2	7.3	4.3
2012	3.2	1.2	11.9	11.2	16.7	22.2	23.8	25.0	18.4	13.3	8.9	2.2
2013	3.4	2.5	5.9	12.2	14.5	20.6	24.9	23.7	19.0	13.6	8.4	4.5
Media	**1.7**	**3.2**	**8.5**	**12.6**	**16.9**	**20.9**	**23.4**	**23.5**	**18.5**	**12.8**	**7.8**	**2.7**
Annua	**12.7**											

Figura 10 – Temperature medie mensili (in °C) nel periodo 2008-2013 (Stazione di Nibionno)

2.2.3. Idrografia superficiale

Il principale corso d'acqua presente nell'area è il Lambro che costituisce l'asse vallivo che corre in direzione N – S. Il suo principale affluente nella zona di Nibionno è la Bevera di Tabiago, che confluisce nel Lambro a nord dell'area del depuratore. La Bevera di Tabiago è la più piccola tra le Bevere presenti nel territorio della Brianza. È costituita da due principali rami di alimentazione: il primo viene alla luce in località Centemero di Costa Masnaga, il secondo nasce presso la località Campolosco in Comune di Bulciago. In totale il reticolo costituente il corso d'acqua ha una lunghezza di circa 4.200 metri, affronta un dislivello complessivo di circa 50 metri (da 291 a 241 m s.l.m.) e drena un bacino di circa 3 km^2.

Sulla destra idraulica del fiume Lambro, in prossimità dell'area in oggetto, sono presenti i Laghi di Carpanea, di origine artificiale formati in cave abbandonate di argilla. Si tratta di tre laghetti immersi nel verde con una superficie complessiva di circa 100.000 m^2 e una profondità massima di 10 m.

Figura 11 – Idrografia dell'area

2.2.4. Regime idrologico del fiume Lambro

Il fiume Lambro ha un regime pluvio-nivale: non è cioè alimentato da nevi perenni, ma è alimentato sostanzialmente dalle precipitazioni e dallo scioglimento delle nevi invernali che si accumulano nei rilievi del bacino.

La curva delle portate (in Figura 12 viene riportata quella calcolata nel periodo 1955-1972 e 2004-2012) mostra che, considerando un valore di portata in uscita dallo scarico ordinario del depuratore di circa 0,18 mc/s, si riesce a garantire per la maggior parte dell'anno una diluizione superiore a 10 volte la portata e per circa un terzo dell'anno una diluizione superiore a 30 volte.

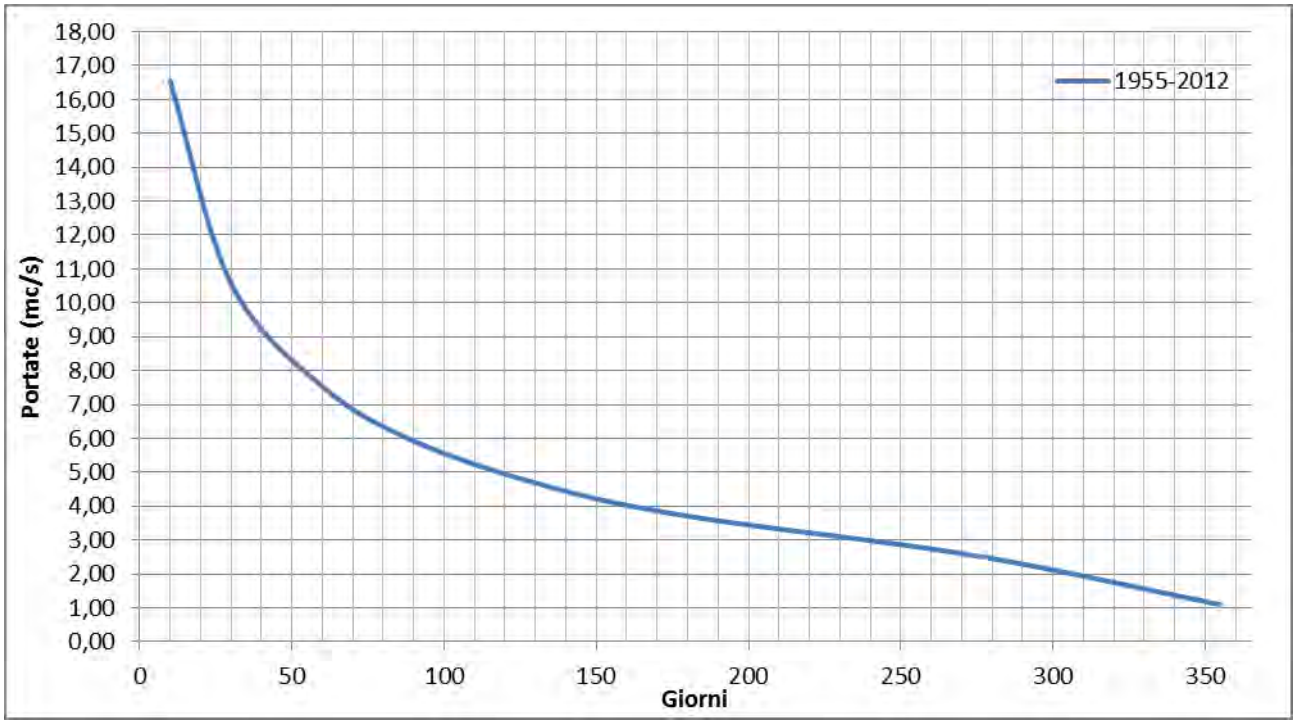

Figura 12 – Curva delle portate del Lambro alla sezione di Lambrugo

Sulla diluizione delle portate di pioggia, data la notevole variabilità dei loro valori, non si può affermare molto se non riferirsi nuovamente alla statistica presentata sopra, dove si evidenziava che nel 2012 si sono verificati quasi una dozzina di eventi in concomitanza a situazioni idrologiche molto povere. Naturalmente la modificazione del regime idrologico non è una variabile considerata in questo progetto, per quanto sia allo studio del Parco Regionale della Valle del Lambro una regola di gestione del Lago di Pusiano (attraverso il Cavo Diotti) che consenta di considerare anche le esigenze di diluizione dei carichi introdotti nell'asta fluviale sublacuale.

Ad ulteriore dettaglio del comportamento idrologico del Lambro nella sezione di Lambrugo si riporta la statistica relativa alle portate medie, minime e massime mensili qui registrate nel periodo 2004-2012.

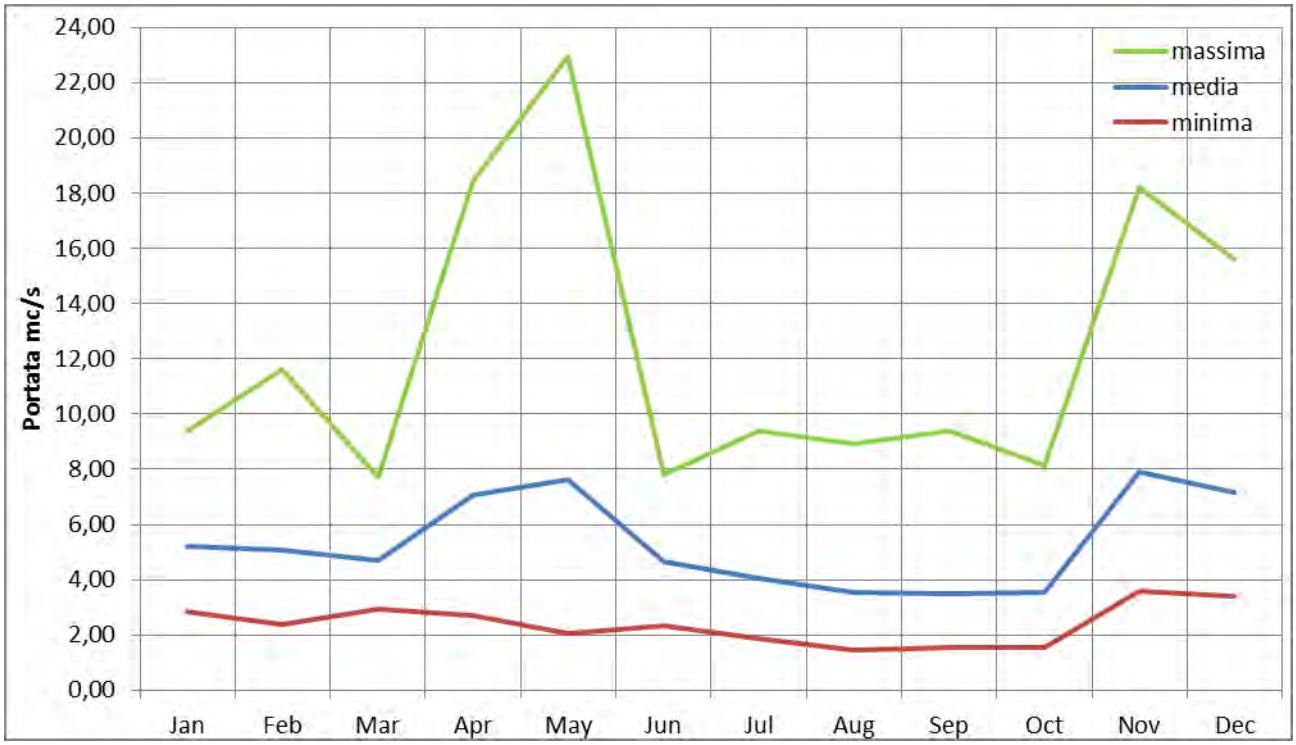

Figura 13 – Portate mensili nel periodo 2004-2012 a Lambrugo

Si osserva come le situazioni più critiche dal punto di vista delle magre sono quelle relative ai mesi di Agosto, Settembre ed Ottobre per i quali sono stati registrati minimi inferiori ai 2 mc/s e medi non superiori ai 4 mc/s. I minori problemi sono invece relativi ai medi di Aprile, Maggio, Novembre e Dicembre, che godono delle minime (>3 mc/s) e medie (>6 mc/s) più abbondanti.

3. RELAZIONE IDRAULICA E DI PROCESSO DEL SISTEMA DI FINISSAGGIO

In questo capitolo si approfondiscono le informazioni relative all'idraulica del sistema di finissaggio naturale del depuratore di Nibionno.

3.1. ARCHITETTURA DEL SISTEMA

Il sistema di finissaggio del depuratore di Nibionno sarà costituito da due vasche di trattamento, una posta a nord e una a sud, inizialmente alimentate attraverso due diverse fonti.

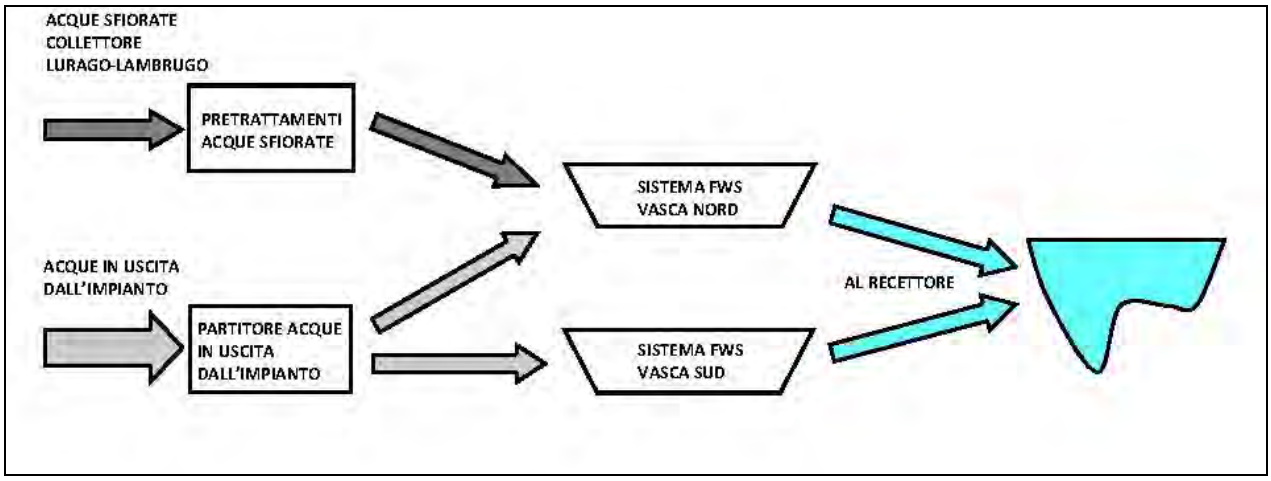

Figura 14 – Schema concettuale del sistema di finissaggio

Come si può osservare dalla Figura 14 inizialmente sarà possibile alimentare il sistema attraverso:

1) le acque provenienti dallo sfioratore di emergenza (per la sola vasca nord);
2) le acque in uscita all'impianto di depurazione per entrambe le vasche.

Nel primo caso le acque provenienti dallo sfioratore saranno intercettate e convogliate in un sistema di pretrattamento (grigliatura), costituito da una vasca rettangolare interrata: questo al fine di intercettare i solidi grossolani per impedire che ostacolino gli stadi successivi. Le acque pretrattate convoglieranno nella vasca nord per il trattamento di finissaggio.

Nel secondo caso le acque in uscita all'impianto dal depuratore saranno derivate attraverso un pozzetto partitore, dotato di due paratoie in grado di modulare, a seconda delle esigenze del gestore dell'impianto, le portate in ingresso alle vasche di finissaggio. Le portate derivate saranno così convogliate nelle vasche di finissaggio per il successivo trattamento.

Entrambe le vasche saranno dotate di uno scarico di fondo per la restituzione della portata finissata al corpo recettore ed il loro completo svuotamento, e di uno sfioratore di superficie per le portate in esubero rispetto a quelle di progetto. Le vasche saranno anche dotate di due campionamenti per la misurazione della qualità delle acque in uscita ai sistemi di finissaggio.

Entrambe le aree di finissaggio saranno costituite da un'unità di depurazione a flusso superficiale (Free Water Surface – FWS) progettate come vasche aventi profondità media del tirante d'acqua non superiore ad 1 m. In realtà le caratteristiche del sito scelto per la collocazione del sistema hanno indotto a progettare questa unità con caratteristiche intermedie tra un sistema classico FWS ed uno SFF (Sistema Filtro Forestale): nel secondo viene utilizzata la capacità di alcune specie arboree igrofile a ritenere per il proprio metabolismo notevoli quantità di azoto e di fosforo.

Il trattamento FWS-SFF avrà una capacità complessiva, vasca nord e vasca sud, di circa 10.000 m^3 ed avrà le seguenti finalità:

1) completare la rimozione dei solidi sospesi per sedimentazione;
2) completare la denitrificazione e la defosforazione per azione delle piante acquatiche e delle specie arboree;
3) consentire la rimozione dei metalli dalle acque di pioggia per adsorbimento da parte della rizosfera delle piante.

3.2. SCHEMA IDRAULICO

Per la definizione della fattibilità idraulica del sistema senza ricorrere a sollevamenti sono state ipotizzate quote di fondo delle vasche compatibili con le quote di alimentazione. In particolare si può osservare dalla figura 15 come la prima quota che regola tutto il sistema sia la soglia di scarico dell'ultima fase della disinfezione posta alla quota relativa di 0,00 m. È stato ipotizzato di collocare il fondo dei tubi di alimentazione delle vasche alla quota campagna in quel punto, a -1,00 m.

I condotti di alimentazione delle due vasche avranno un diametro presunto di 500 mm e saranno inseriti nell'attuale pozzo di dissipazione finale dell'impianto. Sarà realizzato un manufatto che consentirà di veicolare le portate alle due aree di finissaggio in maniera modulare e che darà la possibilità di scaricare tutta la portata come avviene attualmente, dallo scarico esistente.

L'altra modalità di alimentazione di una delle due vasche, quella nord, avverrà con le portate dello sfioratore di emergenza; queste dovranno subire i pretrattamenti e per questo manufatto è stata ipotizzata una quota di fondo posta a 0,00 m.

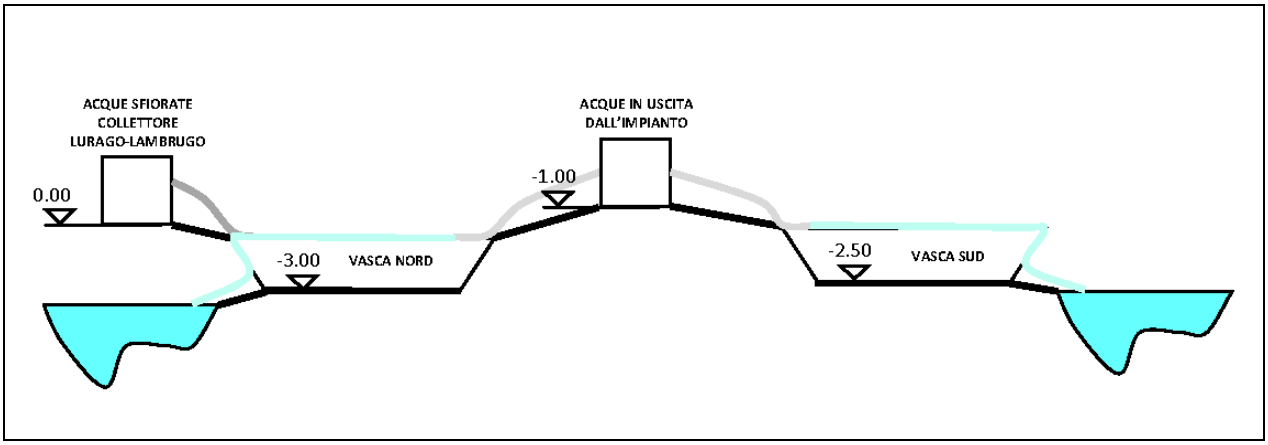

Figura 15 – Schema idraulico del sistema di finissaggio

Le vasche saranno create costruendo linee di terrapieni lungo la sponda del Lambro, chiudendo così le aree depresse circostanti il depuratore, oggi caratterizzate da vegetazione arborea o arbustiva o semplicemente a prato. Gli argini avranno una quota pari a quella media del piano campagna del depuratore, cioè circa -1,00 m. Il fondo delle vasche non sarà impermeabilizzato dal momento che la granulometria del substrato naturale è già costituita da frazioni fini limose che costituiscono già di fatto uno strato a bassa permeabilità (vedi relazione geologica).

Come già anticipato l'alimentazione del sistema può provenire da due diverse fonti: l'effluente in uscita dal depuratore e dalle acque di sfioro.

L'alimentazione tramite effluente in uscita dall'impianto avverrà tramite un pozzetto, che consentirà la derivazione dei due condotti alla vasca nord e quella sud. Il pozzetto di carico sarà dotato di paratoie mobili con funzionamento a battente che a seconda delle loro aperture potranno far defluire la portata desiderata nelle due vasche di finissaggio. Queste paratoie saranno manovrate a mano o a distanza a seconda delle richieste del gestore. Dovrà essere prevista anche la possibilità di scaricare tutta la portata depurata secondo le modalità attuali e nel condotto oggi esistente per consentire le operazioni di manutenzione sulle vasche completamente vuote.

Il condotto delle acque in uscita dallo sfioratore di emergenza della linea Lurago-Lambrugo sarà inserito in un manufatto di pretrattamento: grigliatura. Per la grigliatura si adotteranno più griglie

fisse a maglie sempre più fini. All'uscita dei pretrattamenti le acque saranno riversate nella vasca nord.

Nelle vasche di finissaggio si verrà a determinare un flusso laminare direzionato verso le uscite; queste saranno costituite da un tubo di fondo parzializzato da una paratoia regolabile (manualmente o elettricamente) e da uno sfioratore a stramazzo realizzato abbassando l'argine per qualche metro fino alla quota di -1,50 m.

Le vasche hanno un volume medio di circa 10.000 mc (7.000 la vasca nord, 3.000 la vasca sud), corrispondente ad un tirante di 1,00 m. In realtà la configurazione degli argini e degli sfioratori consentirà un volume massimo potenziale di circa 15.000 mc oltre il quale vengono attivati gli sfioratori a stramazzo delle due vasche, posti a quota -1,50 m.

Le portate di progetto sono state quantificate per la configurazione definitiva i 15.500 m^3/d che defluiscono nel volume complessivo di 10.000 mc per un tempo di residenza medio di 0,65 giorni (15 ore).

In tutti i punti di carico, scarico e sfioro delle acque sono previsti rinforzi arginali o di fondo costituiti da massi o lastroni in pietra.

3.3. CINETICHE DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI

Nei meccanismi di rimozione degli inquinanti, in un sistema FWS-SFF, riveste un ruolo predominante la rimozione biologica delle sostanze attraverso il metabolismo delle alghe, delle piante e dei batteri adesi alle rispettive rizosfere. Anche l'azione dei raggi ultravioletti proveniente dal sole contribuisce attraverso un'azione disinfettante.

Per valutare il meccanismo di rimozione degli inquinanti e calcolare le percentuali di riduzione sono state considerate le equazioni di Reed ed in particolare per BOD5, COD (assunto come BOD5), NH4 e NO3 le seguenti:

$$\ln\left(\frac{C_i}{C_0}\right) = K_T * t$$

$$K_T = K_R * \theta_R^{(T_W - T_R)}$$

$$t = \frac{V_f}{Q} = \frac{A_s * y * n}{Q}$$

$$A_s = L * W = \frac{Q * t}{y * n} = \frac{Q * \ln(\frac{C_i}{C_0})}{K_T * y \cdot n}$$

A_s = area del bacino (m^2),
C_o = concentrazione in uscita (mg/l),
C_i = concentrazione in entrata (mg/l),
K_R = costante alla temperatura di riferimento,
K_T = costante alla temperatura TW,
L = lunghezza del bacino (m),
N = porosità,
T = tempo di residenza idraulico (in giorni),
T_W = temperatura dell'acqua nel bacino (°C),
T_R = temperatura di riferimento (°C),
V_f = volume effettivo del bacino (m^3),
W = larghezza bacino (m),
Y = profondità bacino (m),
q_R = coefficiente di temperatura.

Figura 16 – Equazioni del sistema FWS

Le costanti cinetiche e di temperatura assunte sono quelle riportate invece in Figura 17.

Parametro	Rimozione BOD	Nitrificazione	Denitrificazione
T_R (°C)	20	20	20
$K_R(d^{-1})$	0,678	0,2187	1,000
q_R	1,06	1,048	1,15

Figura 17 – Valore delle costanti cinetiche e di temperatura secondo Reeds

Per i TSS l'equazione utilizzata è lineare:

$$C_o = C_i(0.1139 + 0.00213q)$$

dove q è il carico idraulico espresso in m/giorno:

$$q = \frac{100Q}{A}$$

dove Q è la portata transitante (m^3/giorno) ed A (m^2) la superficie del sistema FWS. Per q molto alte è stato assunto di assumere pari a 1 la somma tra parentesi (il che equivale ad una efficienza nulla per i solidi sospesi).

Per il fosforo la formula usata è invece la seguente:

$$\frac{C_e}{C_i} = \exp\left(-\frac{K_p}{HLR}\right)$$

Dove kp è il rateo costante di reazione del fosforo (pari a 2,73 cm/giorno) e HLR è il coefficiente di carico idraulico in cm/giorno.

Come si può osservare le cinetiche di BOD5, COD, NH4 e NO3 sono assunte dipendenti dalla temperatura, mentre questa dipendenza non sussiste per gli altri inquinanti.

Anche nel caso della rimozione della carica batterica è stata utilizzata una legge del primo ordine:

$$\frac{N_o}{N_i} = \frac{1}{(1 + K_T \cdot t)}$$

dove No e Ni sono le concentrazioni in uscita ed in entrata dei batteri considerati (coliformi fecali nella fattispecie), KT è la costante di rimozione dipendente dalla temperatura e t il tempo di permanenza in giorni.

3.3.1. Prestazioni attese sulle rimozioni di nutrienti, batteri e metalli

Sono state condotte alcune simulazioni per ipotizzare il funzionamento del sistema di finissaggio basate sui seguenti presupposti:

- trattamento, in entrambe le vasche di finissaggio, delle acque in uscita dall'impianto di depurazione che comprendono, oltre che le acque depurate, anche le acque sfiorate sia a monte dell'impianto sia a valle dei trattamenti primari;
- le acque di pioggia provenienti dallo sfioratore di emergenza del collettore Lurago Lambrugo, dopo una preliminare grigliatura, vengono convogliate nella vasca nord: in tutte le simulazioni non è stato valutato alcun loro contributo né in termini di portate né in termini di carico di inquinanti in quanto poco rilevanti ai fini della simulazione;
- le concentrazioni di inquinanti delle acque in ingresso al sistema di finissaggio sono stati valutati come media dei valori, forniti dal depuratore, in uscita dall'impianto.

In considerazione della dipendenza di alcune cinetiche di rimozione dalla temperatura dell'acqua trattata le simulazioni sono state suddivise tra condizioni invernali (T = 10 °C) e condizioni estive (T = 20 °C). Naturalmente le percentuali di rimozione aumentano con l'aumentare della temperatura, come si può facilmente osservare.

Per la prima simulazione sono state calcolate le rimozioni, in termini percentuali, dei nutrienti nel sistema di finissaggio considerato. Dal punto di vista più strettamente numerico è stato analizzato un range di portate, per le condizioni di tempo secco, comprese tra 500 e 30.000 m^3/d, quest'ultimo corrispondente, circa, alla massima portata trattata dal depuratore. I risultati sono riportati nei grafici seguenti.

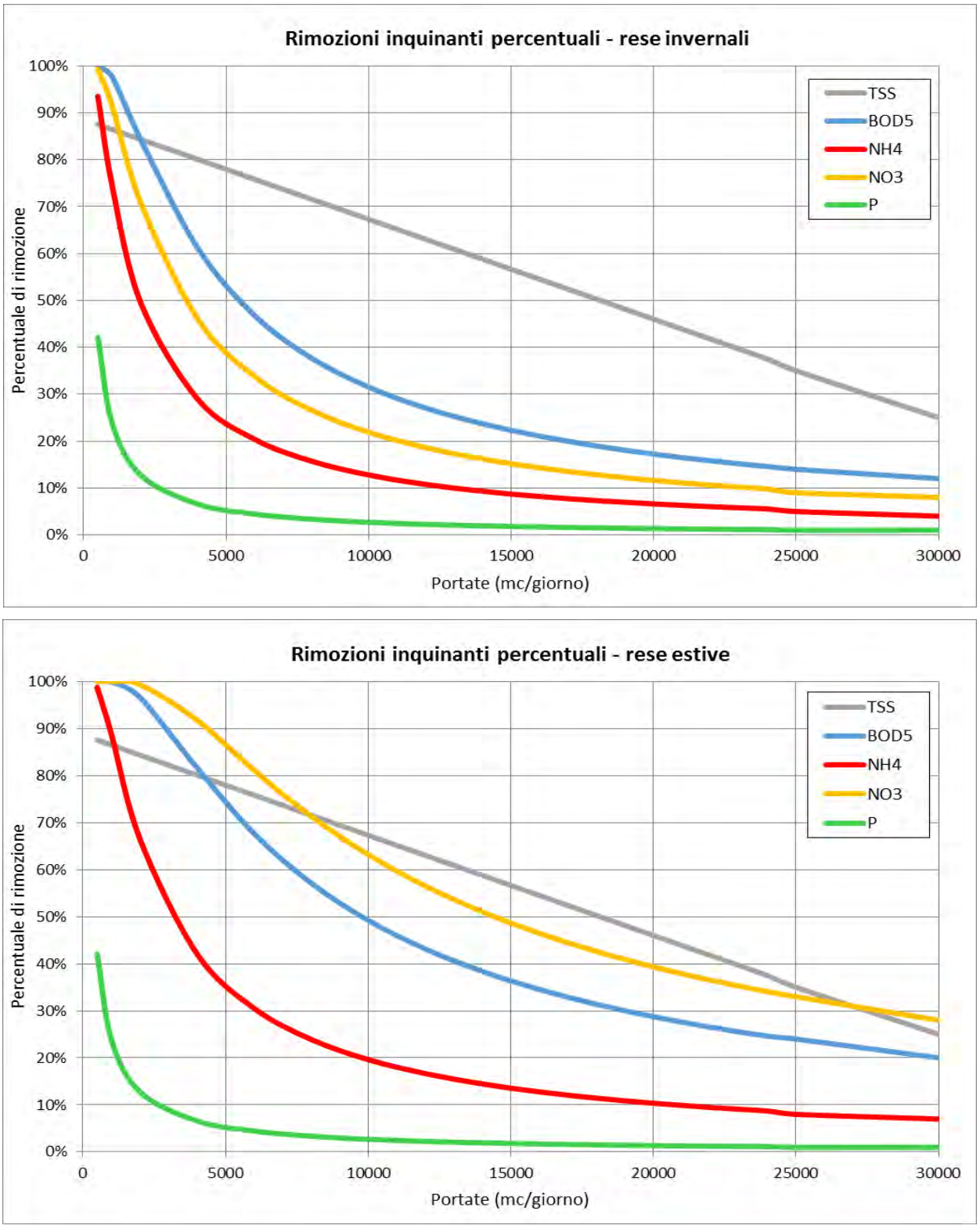

Figura 18 – Rimozioni percentuali dei nutrienti del sistema di finissaggio

Alcune osservazioni sulle simulazioni in tempo secco:

- secondo i modelli utilizzati le rimozioni percentuali non dipendono dalla concentrazione in ingresso, pertanto gli andamenti sopra indicati valgono sia per le portate di tempo secco (effluente del depuratore) che per quelle di pioggia (portate sfiorate);
- per portate basse (<2.000 m^3/d) le rimozioni di BOD5, TSS, NH4 e NO3 possono raggiungere efficienze molto alte, fino anche al 100%, e mai comunque inferiori al 40% (per l'ammoniaca) o al 70% (per i restanti);
- per portate più alte i tempi di residenza troppo bassi abbattono i rendimenti del sistema di finissaggio; questo comportamento è evidente per portate superiori a 20.000 m^3/d;
- si può anche notare come le maggiori temperature influenzino sensibilmente la rimozione di nitrato e BOD5, in misura minore quella di ammoniaca;
- la rimozione percentuale del fosforo è sempre piuttosto bassa, superando di poco nelle condizioni migliori il 40%. È anche da riconoscere come esso sia effettivamente il nutriente più persistente di tutti, quindi anche se basse queste percentuali sono comunque notevoli;

Da quanto emerso dalle simulazioni si può concludere quanto segue:

- la zona di maggior interesse per il trattamento dell'effluente depurato è quella delle portate inferiori a 2.000 m^3/d. Oltre tale soglia i rendimenti diventano poco interessanti in percentuale, non è detto che lo siano anche in termini assoluti;
- nel caso invernale sono ancora rilevanti i rendimenti (>30% tranne che per il fosforo) per portate fino a 3.000 m^3/d;
- nel caso estivo sono ancora rilevanti i rendimenti (>30% tranne che per il fosforo) per portate fino a 5.000 m^3/d.

Un'ulteriore simulazione è stata effettuata sui carichi totali in uscita dal sistema si finissaggio, considerando una portata media trattata di circa 15.500 m^3/d su una superficie totale delle vasche di finissaggio di 10.000 m^2.

Da questa simulazione si possono ottenere i benefici in termini di recupero di sostanze organiche che non vengono riversate in corpo idrico. La sintesi è riportata nella tabella che segue.

CARICHI ANNUI	EFFLUENTE DEPURATO	EFFLUENTE DEPURATO A VALLE DEL SISTEMA DI FINISSAGGIO	ABBATTIMENTO ASSOLUTO	ABBATTIMENTO %
BOD_5 [t] O_2	**93.76**	**67.62**	**-26.14**	**28%**
Solidi sospesi totali [t]	**147.04**	**65.30**	**-81.75**	**56%**
Fosforo totale [t] P	**8.54**	**8.39**	**-0.15**	**2%**
Azoto ammoniacale [tN-NH_4/L]	**4.35**	**3.89**	**-0.46**	**11%**
Azoto nitrico [tN-NO_3/L]	**37.45**	**27.17**	**-10.28**	**27%**

Tabella 5: Sottrazione netta di carichi attribuibile al sistema di finissaggio

I risultati mostrano ottimi abbattimenti per quanto riguarda i solidi sospesi, buoni abbattimenti per il BOD e l'azoto nitrico e discreti per quanto riguarda gli altri inquinanti valutati, ad eccezione del fosforo che rimane l'inquinante più persistente.

È stato dichiarato in principio che i sistemi naturali hanno anche una funzione di disinfezione e di rimozione di alcuni metalli. Non sono state effettuate simulazioni al riguardo dal momento che non era disponibile una quantità consistente di dati sulla presenza di batteri e di metalli nelle portate sfiorate. Si riportano però alcune considerazioni sui rendimenti desunti dalla letteratura e dagli studi specifici.

Per quanto riguarda il potere di rimozione della carica batterica si riporta l'andamento della legge illustrata alle pagine seguenti. Come si può osservare essa dipende moltissimo dalla stagionalità e rimozioni interessanti si possono ottenere solo per tempi di residenza superiori al giorno, nel qual caso si avrebbe un abbattimento della carica compreso tra il 30 e il 70%. I rendimenti invernali, per i tempi di residenza considerati, difficilmente supereranno il 70%, mentre quelli estivi possono superare anche il 90%.

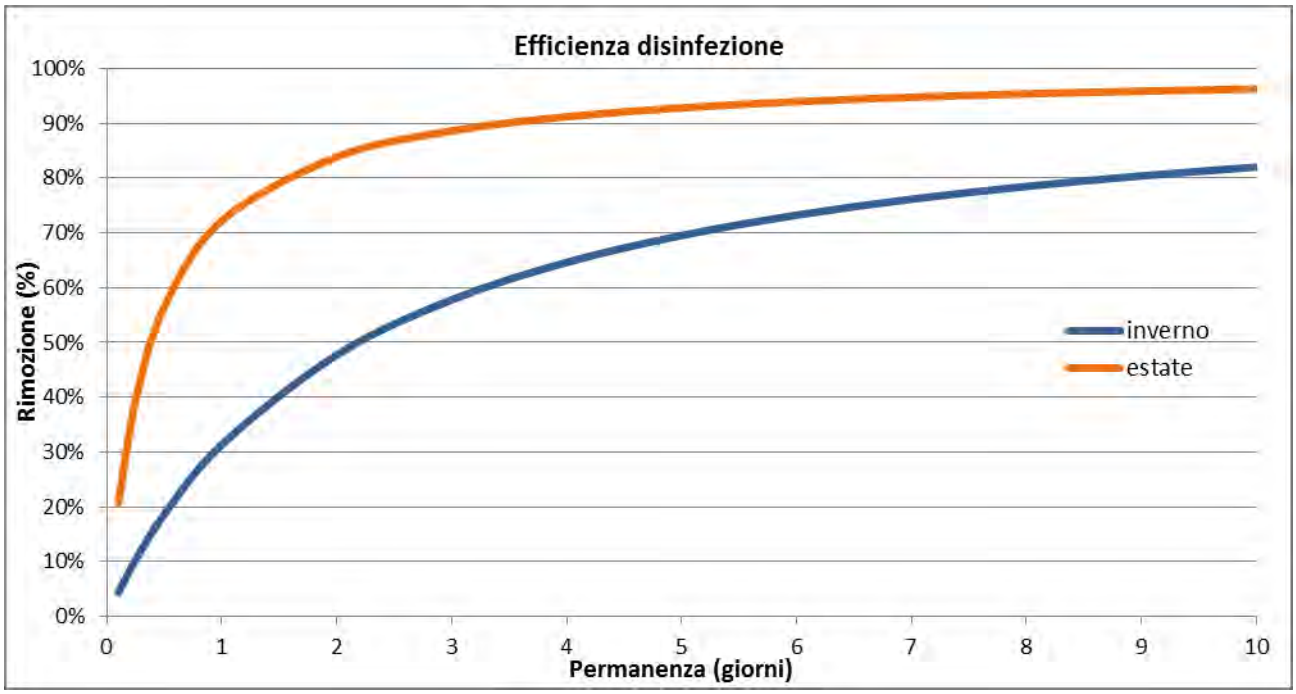

Figura 19 – Rimozioni percentuali dei batteri (coliformi fecali)

Per quanto riguarda la capacità di rimozione dei metalli si riportano alcune considerazioni da uno studio di Stephen Norton (Iowa State University).

Ci sono alcuni metalli che sono necessari per la crescita di piante e animali, ma questi sono in quantità molto piccole; questi nutrienti includono rame, selenio e zinco.

Alcuni di questi micronutrienti sono tossici ad alte concentrazioni mentre altri metalli possono essere tossici anche a basse concentrazioni. Tra questi ultimi ci sono cadmio, mercurio e piombo che si trovano di solito nelle acque reflue industriali. Di questi metalli tossici non si conoscono benefici anzi possono portare a rischi per la salute negli esseri umani.

La rimozione dei metalli nelle zone umide utilizzate per il trattamento delle acque reflue può avvenire per assorbimento diretto da parte delle piante, per adsorbimento da parte del suolo di e per precipitazione. La capacità delle piante di assorbire metalli dipende dal tipo di pianta e di metallo. Ci sono alcuni tipi di piante che sono in grado di immagazzinare grandi quantità di metalli nella biomassa vegetale e nelle sue radici (DeBusk, 1999b). Una di queste è la lemna nota per accumulare grandi quantità di cadmio, rame e selenio. I metalli che passano dalla radice tendono ad accumularsi sulla struttura della radice invece di essere assorbiti dalla pianta. Gli stessi suoli delle wetland sono altri serbatoi che possono intrappolare i metalli. metalli come il cadmio, il rame, il nickel, il piombo e lo zinco formano composti insolubili quando interagiscono con solfuri in

condizioni anaerobiche nei terreni a contatto con le acque reflue trattate nelle zone umide. Questo minimizza la capacità di questi metalli a risolubilizzarsi in condizioni anaerobiche. Attraverso un processo chiamato chemisorbimento metalli come cromo, rame, piombo e zinco possono formare complessi chimici forti con il materiale organico che è presente nel terreno e nell'acqua. Inoltre, il cromo e metalli come metalli e rame possono legarsi chimicamente ad argille ed ossidi e sedimentare (EPA, 1999). In uno studio condotto da MA Maine è stato studiato l'assorbimento di metalli in una zona umida che contiene diverse specie vegetali. La zona umida era costituita per l'80 per cento di copertura da Eichhornia crassipes (giacinto d'acqua), 14% di copertura da Typha domingensis (tifa), e 4% da Panicum elephantipes (elefante panicgrass). Una zona umida siffatta ha rimosso l'86% di cromo e il 67% di nichel. La concentrazione di zinco è stato inferiore a 50 microgrammi per litro nella maggior parte dei campioni. La precipitazione di solfuro di ferro ha contribuito a ridurre il contenuto di ferro del 95 per cento. Una zona umida più grande ed una più piccola sono stati testati allo scopo ed è stato osservato come i metalli in quella più grande sono stati trattenuti dalle macrofite mentre nella più piccola dai sedimenti (Maine et al., 2006). Le zone umide sono dunque promettenti sistemi per la rimozione dei metalli, ma ulteriori ricerche sono necessarie in questo settore.

3.3.2. Meccanismi secondari e facoltativi per la rimozione di nutrienti e metalli

Nella trattazione delle cinetiche di rimozione degli inquinanti non sono state considerati alcuni aspetti che possono contribuire in maniera non prevedibile ma positiva alla rimozione di parte degli inquinanti.

Il trattamento di finissaggio è stato assimilato ad un sistema FWS semplice mentre in realtà, essendo costruito in un ambiente boscato che verrà migliorato ed arricchito, grazie alla presenza della vegetazione arborea igrofila e del soprassuolo di bosco fornirebbe ulteriori contributi soprattutto nella rimozione di azoto e fosforo. L'utilità delle piantagioni boschive nella rimozione dei nutrienti provenienti dalle acque reflue o per l'assorbimento dell'inquinamento organico diffuso è ormai dimostrata e consolidata e numerose sono le esperienze di impianti cosiddetti SFF (Sistemi Filtro Forestali) ed AFF (Aree Filtro Forestali).

3.4. ASPETTI GESTIONALI

3.4.1. Alimentazione del sistema

La regola di gestione del sistema di finissaggio dovrà garantire il suo funzionamento ottimale. Il gestore avrà a disposizione i dati sui rendimenti attesi dal sistema e sulle portate idraulicamente compatibili per attuare nella massima consapevolezza le manovre necessarie al raggiungimento degli obiettivi prefissati e la conservazione dell'habitat.

Il sistema è stato progettato per operare sia con l'attuale assetto dell'impianto di depurazione sia a seguito dei lavori di adeguamento dell'impianto.

Il sistema di finissaggio tratterà, su entrambe le vasche, la portata in uscita dall'ultimo stadio di depurazione, ottenendo una capacità complessiva di trattamento pari a 10.000 mc. La vasca nord, in aggiunta, tratterà le portate in uscita dallo sfioratore di emergenza del ramo di Lurago Lambrugo, le quali subiranno una preliminare grigliatura.

Entrambe le vasche saranno dotate di uno scarico di fondo necessario al loro completo svuotamento e di uno stramazzo in superficie per la restituzione della portata finissata al corpo recettore.

La componente arborea presente sulle due vasche, soprattutto quella nord, richiederà, per esigenze vegetazionali, una messa in asciutta periodica che andrà valutata sulla base di una perizia forestale. La diminuzione del rendimento depurativo dovuto a questi periodi non è stata considerata in questa fase dello studio, ma dovrà essere comunque valutata attentamente.

3.4.2. Manutenzione del sistema

3.4.2.1. Strutture di adduzione

Le strutture che regolano l'adduzione delle portate e lo sfioro di quelle di supero dovranno essere mantenute con cadenza trimestrale o dopo eventi meteorici di particolare intensità allo scopo di mantenere in efficienza le soglie di sfioro e di alimentazione del sistema di finissaggio.

3.4.2.2. Pretrattamenti

Per quanto riguarda il sistema di pretrattamento delle acque provenienti dallo sfioratore di emergenza occorrerà prevedere la periodica pulizia delle griglie dai corpi solidi accumulatisi.

Tali operazioni andranno effettuate con frequenza trimestrale e dopo ogni evento meteorico di particolare intensità. Si suggerisce di effettuare anche controlli visivi settimanali.

3.4.2.3. Manutenzioni del bosco umido

Per la manutenzione dei sistemi FWS-SFF occorrerà eseguire le seguenti operazioni:

- sfalcio della vegetazione acquatica e terrestre arbustiva e rimozione dei materiali di risulta;
- alleggerimento, potatura e taglio delle specie arboree con rimozione dei materiali di risulta.

La prima operazione dovrà essere effettuata 1-2 volte l'anno. La seconda 1 volta ogni 10 anni.

A causa della sensibilità dell'ecosistema umido e della portanza dei terreni imbevuti d'acqua le lavorazioni non potranno essere assistite da macchine. L'unico punto di accesso ad entrambe le vasche sarà l'area dell'impianto.

4. RELAZIONE GEOLOGICA

(Il presente capitolo è stato redatto per sintesi dello studio geologico – idrogeologico elaborato da Studio Geoplan a supporto del PGT di Nibionno)

Il territorio brianzolo è compreso, dal punto di vista geografico, tra le Prealpi meridionali a Nord, il fiume Adda ad Est e grosso modo il corso del fiume Seveso ad Ovest.

Il suo limite inferiore giace a circa 150 m sul livello del mare all'altezza di Monza mentre quello superiore supera di poco gli 800 m con il monte Crocione e il San Genesio sopra Colle Brianza.

I principali elementi geografici di questo territorio sono i quattro laghi rispettivamente di Annone, di Pusiano, di Alserio e di Montorfano, l'asse vallivo del fiume Lambro con le piccole valli laterali di alcuni suoi affluenti di sinistra e i due rilievi principali di Montevecchia e del S. Genesio oltre alle modeste colline glaciali che sfumano via via verso la pianura monzese.

I centri abitati più importanti sono Monza, Cantù ed Erba ed essi racchiudono una delle aree più popolate e industrializzate d'Italia e forse d'Europa.

4.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA BRIANZA

Fino a 250 milioni di anni fa (quindi nel Permiano) l'area corrispondente alla zona brianzola era emersa, come oggi, ma con un clima molto caldo ed umido.

Con il Triassico (tra i 250 e i 200 milioni di anni fa) tutta l'area delle Alpi meridionali fu invasa dal mare. Si formarono così scogliere e piattaforme carbonatiche tra loro separate da piccoli bacini marini.

Le rocce Triassiche delle Prealpi lombarde costituenti gruppi montuosi (come le Grigne, l'Arera, la Presolana, il Resegone e l'Aben) si sono formate in gran parte in zone tropicali e in ambienti di questo tipo: sono quindi piattaforme carbonatiche e scogliere coralline fossili.

Con l'inizio del Giurassico (circa 150 milioni di anni fa) si ebbe un drastico cambiamento, sia in termini fisiografici sia climatici, pertanto sedimentologici, in connessione con l'apertura dell'Oceano Atlantico che portò alla separazione tra Europa e Americhe e con l'allargamento del mar della Tetide posizionato tra Africa ed Eurasia.

Nel Cretaceo Superiore-Terziario (da 95 a 1,8 milioni di anni fa) sia il tipo di sedimentazione sia il contesto tettonico (cioè l'assetto strutturale a grande scala) mutarono nuovamente a causa dell'avvicinamento dell'Africa all'Europa, con movimenti compressivi che portarono alla nascita

delle Alpi e degli Appennini. Così, mentre a nord si ebbe la formazione embrionale dell'arco alpino, l'area corrispondente alla Brianza e alla pianura padana si delineò come fossa che sprofondò per migliaia di metri e venne colmata dai prodotti di erosione delle terre circostanti appena emerse. È specialmente verso i 35 milioni di anni fa e poi nel Miocene superiore (tra gli 11 e i 5 milioni di anni fa) che l'area delle Alpi Meridionali lombarde e quelle limitrofe furono massicciamente coinvolte nel corrugamento.

Alla fine del Miocene nel Mediterraneo si giunse a una situazione idrologica chiusa (interruzione delle comunicazioni con l'Atlantico) a cui seguì un forte abbassamento del livello marino. Nel Pliocene (meno di 5 milioni di anni fa), una volta ristabilitesi condizioni normali del livello marino, il mare padano fu riempito da sedimenti detritici tipo sabbie, argille, conglomerati provenienti da terre emerse in erosione.

Con il Quaternario (da 1,8 milioni di anni fa ad oggi) continuò la deposizione di sedimenti in mare e il Golfo Padano venne completamente colmato lasciando il posto alle terre emerse. Nel Quaternario, a causa di forti ciclici deterioramenti climatici a scala mondiale, dai rilievi alpini scesero grandiose lingue glaciali.

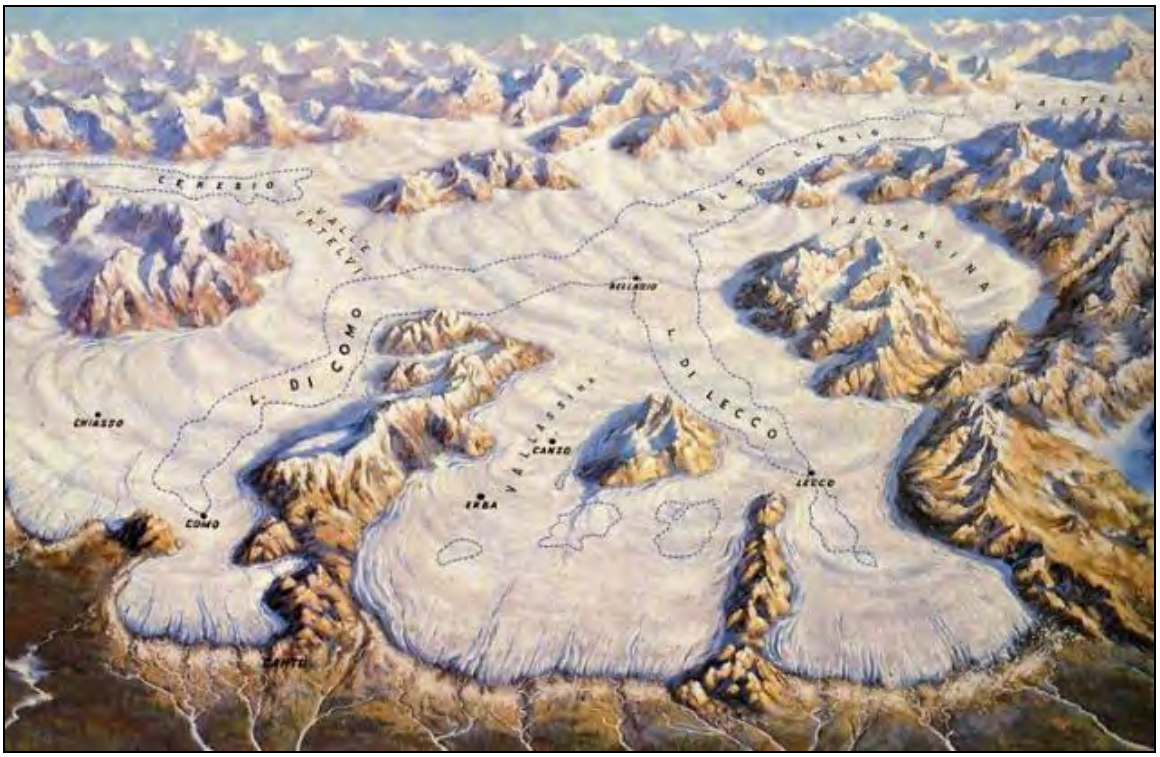

Figura 20: Rappresentazione grafica delle lingue glaciali del lago di Como, che nella parte meridionale hanno coinvolto e modellato anche la Brianza (Giorgio Acherman, Gruppo Naturalistico della Brianza)

Vi furono ripetute avanzate e ritiri dei ghiacciai e oggi nel territorio brianzolo si possono osservare le tracce di tre importanti glaciazioni:

- fase glaciale Mindelliana (da 800.000 a 500.000 anni fa) ;
- fase glaciale Rissiana (da 500.000 a 127.000 anni fa);
- fase glaciale Wurmiana (da 75.000 a 10.000 anni fa).

Testimonianze di queste invasioni glaciali sono i caratteristici depositi e i numerosi cordoni morenici a morfologia collinare sparsi per tutta la Brianza.

Nessun lobo glaciale arrivò però fino al luogo su cui sorge Monza; il lobo che più si approssimò fu quello che depose alla sua fronte quel cordone morenico i cui resti sono ancora ben evidenti a Camparada di Lesmo (attribuibile alla glaciazione Mindelliana), cioè a una distanza di circa 3,5 km dai punti più settentrionali del comune di Monza.

Contemporaneamente e successivamente a ciascuna delle grandi invasioni glaciali, corsi d'acqua che scendevano impetuosi dalle Alpi e dalle Prealpi depositarono le loro ghiaie e sabbie. Si formò in tal modo un materasso di sedimenti alluvionali che costituisce la parte più superficiale della pianura della bassa Brianza.

Gli unici territori a non essere interessati dal glacialismo furono la parte alta della collina di Montevecchia e il rilievo del San Genesio sopra l'abitato di Colle Brianza costituiti da rocce dure e preesistenti all'arrivo dei ghiacciai.

Gli anfiteatri morenici della Brianza. I depositi più antichi riconoscibili, attribuiti tradizionalmente alla glaciazione "Mindel", sono anche quelli più vicini a Monza: il lobo glaciale che più si è avvicinato all'area monzese è quello che ha deposto la cerchia morenica di Camparada. Contemporaneamente alle espansioni glaciali i sedimenti portati dai numerosi corsi d'acqua costruivano le pianure fluvioglaciali.

Oltre ai depositi glaciali superficiali e quindi ai depositi incoerenti o sciolti, in Brianza si rinvengono anche alcune formazioni rocciose. In particolare abbiamo:

- la formazione del "Ceppo" o conglomerato della valle del Lambro;
- le formazioni arenacee e marnose rientranti nel gruppo della Gonfolite.
- le formazioni marnoso-argillose e carbonatiche, tipo la Scaglia Lombarda e la Maiolica.

Il Ceppo del Lambro è un classico conglomerato costituito da clasti prevalentemente di origine sedimentaria a cui si associano graniti e gneiss e che ne costituiscono l'ossatura, e da matrice che fa da legante tra i vari elementi litoidi.

Questa formazione affiora lungo tutto il corso del fiume Lambro ed in particolare a Realdino nei pressi di Carate Brianza, dove ha dato luogo alle grotte omonime.

Le formazioni arenacee, invece, non sono altro che il prodotto della cementazione e della litificazione delle sabbie marine e dal punto di vista geologico sono quindi la prova che una volta la Brianza era occupata da un braccio del mare Adriatico; questa roccia indica infatti un ambiente sedimentario dato da un bacino marino abbastanza profondo (dai 500 ai 1000 m di profondità).

Oltre al Ceppo ed alle formazioni arenacce bisogna ricordare anche la Scaglia Lombarda . Quest'ultima è una tipica roccia sedimentaria marnoso-carbonatica e cioè costituita da argille e carbonato di calcio e la sua formazione deve essere avvenuta in ambiente di mare aperto abbastanza profondo. In Brianza essa affiora intorno al lago di Pusiano, sulla collina di Montevecchia e lungo la superstrada Milano-Lecco e viene spesso utilizzata per la produzione di cemento.

4.2. GEOLOGIA E MORFOLOGIA

4.2.1. Quadro delle conoscenze consolidate

Numerosi sono gli autori che, a partire dal XIX secolo, si sono occupati dell'assetto geologico e geomorfologico (strettamente connessi) dell'area, fornendo ricostruzioni sempre più precise della situazione esistente in questa porzione di Lombardia.

Fra questi lavori, i più importanti possono essere considerati quelli di Arturo Riva "*Gli anfiteatri morenici a sud del Lario e le pianure diluviali tra Adda ed Olona",* pubblicato a Pavia nel 1957, con carta geologica in scala 1:25.000, e quello edito nel settembre del 1973 a cura del Consorzio per l'Acqua Potabile ai Comuni della Provincia di Milano "*Depauperamento delle risorse idriche sotterranee nel comprensorio della Brianza a nord del canale Villoresi",* con carta geologica in scala 1:50.000; questi lavori giungono a ricostruzioni sostanzialmente analoghe, anche se talora differenti nei particolari, dell'assetto geologico dell'area. Queste documentazioni bibliografiche sono di fondamentale importanza nell'analisi geologica dell'area della Brianza; sono infatti state realizzate in epoche in cui la quasi totale assenza di urbanizzazione e di altre modalità di intervento sul territorio rendevano più agevole il riconoscimento degli elementi geologici e geomorfologici, allo stato attuale frequentemente mascherati dall'intervento antropico.

I lavori degli autori precedenti sono riassunti nella "*Carta Geologica della Lombardia",* edita nel 1990 a cura del Servizio Geologico Nazionale.

Recentemente i ricercatori del Gruppo Quaternario del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano hanno avanzato (Bini, A. – 1987) una proposta di ridefinizione della nomenclatura delle unità formazionali del quaternario lombardo; tuttavia nella redazione della cartografia prodotta si è preferito adottare la denominazione informale in uso nella bibliografia geologica tradizionale, sia perché maggiormente nota in ambito locale, sia perché tale denominazione è quella che si ritrova nella Carta geologica di riferimento della Lombardia. Il dettaglio dell'area di interesse è fornito nelle figure successive.

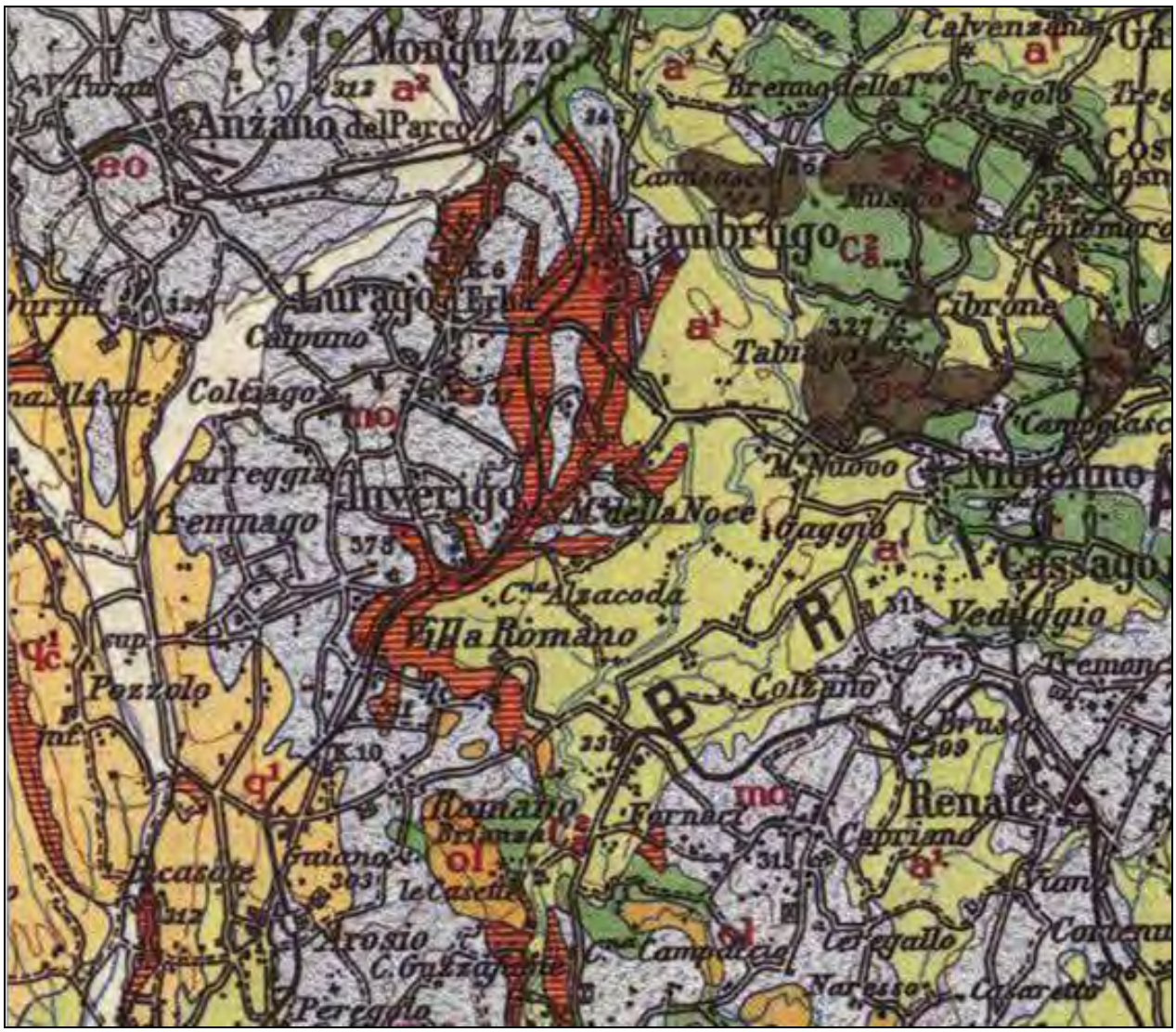

Figura 21: Stralcio della Carta Geologica d'Italia del 1937

Figura 22: Stralcio della Carta Geologica della Lombardia del 1990

4.2.2. Geologia

Nell'area esaminata nella "Carta Geologica" affiorano quasi esclusivamente i depositi collegati alle glaciazioni del quaternario, ad eccezione di alcuni lembi di roccia del substrato. Le unità litologiche individuate sono le seguenti, a partire dalle più antiche:

- Substrato roccioso prequaternario
- Argille sotto il Ceppo
- Ceppo
- Depositi Morenici (Würm)
- Depositi Fluvioglaciali (Würm)
- Argille e limi lacustri (Sin e post Würmiani)
- Alluvioni sabbioso-ghiaiose terrazzate
- Alluvioni sabbioso-ghiaiose attuali

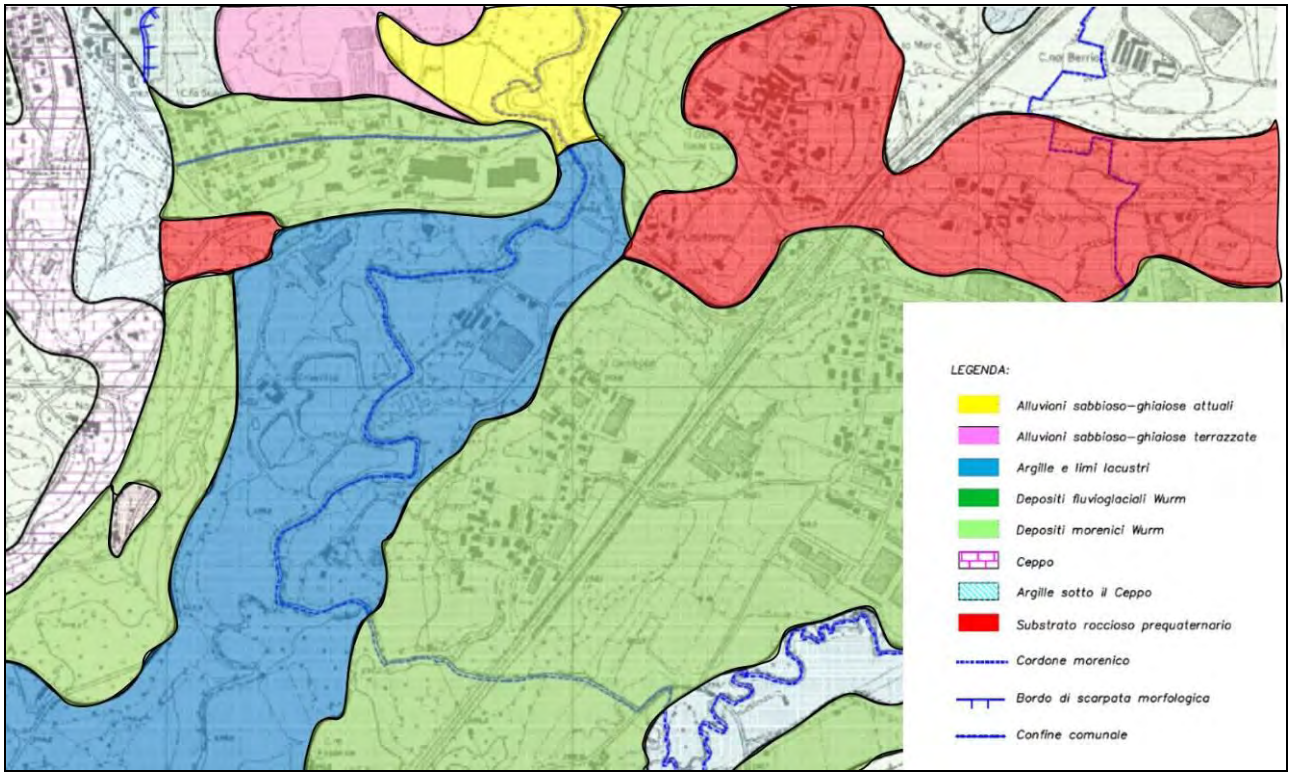

Figura 23: Carta geologica dal PGT di Nibionno 2002

Nello stralcio cartografico riportato sono poi evidenziati i principali elementi morfologici riconoscibili alla scala della carta.

Substrato roccioso prequaternario

Gli affioramenti di substrato prequaternario sono costituiti, in quest'area, da arenarie, marne e calcari, presenti in affioramenti lungo le principali incisioni dei corsi d'acqua ed in corrispondenza delle porzioni più elevate dell'area delle colline moreniche.

Il substrato prequaternario costituisce la base della successione geologica locale; la sua sommità è stata rierosa nel corso dei processi quaternari ed è attualmente ricoperto dalle unità deposizionali più antiche collegate alle glaciazioni quaternarie che si sono susseguite nell'area.

Argille sotto il Ceppo

Sono argille di tipo varvato, generalmente a stratificazione orizzontale, che costituiscono la base della successione quaternaria locale. Sono soprastanti alle formazioni del substrato prequaternario e costituiscono, a scala regionale, un orizzonte pressoché continuo alla base dei conglomerati del Ceppo.

Nell'area coperta dalla cartografia realizzata è presente un unico modesto affioramento nella porzione più occidentale, al di fuori del territorio comunale di Nibionno.

Ceppo

Si tratta di arenarie e conglomerati poligenici, con clasti subarrotondati aventi dimensioni massime fino ad una decina di centimetri, a giacitura massiccia o disposti in grosse banconate lenticolari ad andamento suborizzontale, in genere di colore rossiccio nelle porzioni cementate.
Il grado di cementazione è assai irregolare, si passa pertanto da porzioni fortemente cementate, a volte anche molto fratturate, a vere e proprie intercalazioni di sabbia e ghiaia sciolta, che in corrispondenza delle aree di affioramento vengono asportate, dando origine a grotte e cavità.
E' soprastante alle Argille sotto il Ceppo, mentre è ricoperto in discordanza dalle restanti formazioni della successione quaternaria; la sua sommità è di tipo erosivo, in quanto il Ceppo è stato spesso fortemente rieroso dai processi geomorfici successivi alla sua formazione, localmente fino alla completa asportazione.

Depositi Morenici (Würm)

Sono i depositi connessi con l'ultima fase glaciale quaternaria, costituiti da ghiaie e ciottoli in matrice limosa e subordinatamente limoso-argillosa, con tessitura caotica, spesso inglobanti massi erratici di notevoli dimensioni. Sono ricoperti in superficie da un modesto strato di alterazione che raramente arriva allo spessore di un metro.
Nell'ambito dei depositi morenici sono individuabili differenti processi di messa in posto (morene laterali, frontali o di fondo), che, nelle porzioni distali quali quella in esame, possono avere anche scala molto locale; sono pertanto presenti, anche in funzione dell'eterogeneità del materiale trasportato, forti variabilità laterali e verticali a piccola scala nella costituzione litologica, con presenza di orizzonti a granulometria limoso-argillosa nella massa ghiaiososabbiosa prevalente.
Sono presenti nella porzione centrale della cartografia realizzata.
In Comune di Nibionno si ritrovano nella parte settentrionale ed orientale del territorio, dove mostrano una tipica morfologia collinare nella fascia a nord, mentre sono costituiti da ampi terrazzi ad oriente.

Depositi Fluvioglaciali (Würm)

Costituiscono le propaggini più settentrionali della pianura lombarda in questa fascia di Brianza.

Litologicamente si tratta di ghiaie e sabbie, con ciottoli localmente prevalenti, con dimensioni massime di 10÷20 cm, eterogenei, in genere ben arrotondati, in scarsa a matrice sabbioso-limosa e subordinatamente limoso-argillosa. In superficie sono poco o nulla alterati, ricoperti unicamente da un modesto spessore di suolo.

A Nibionno sono presenti nella porzione meridionale del territorio comunale.

Argille e limi lacustri

Sono depositi argillosi formatisi all'interno di bacini lacustri intramorenici coevi o immediatamente successivi alla glaciazione würmiana, presenti nella porzione centrale dell'area coperta dalla cartografia realizzata, lungo la valle del Fiume Lambro.

Alluvioni sabbioso-ghiaiose terrazzate

Sono depositi di origine alluvionale analoghi a quelli descritti in precedenza; si trovano tuttavia a quote leggermente superiori rispetto al fondovalle attuale e sono separate dai depositi attuali da una modesta scarpata morfologica non sempre facilmente identificabile.

Alluvioni sabbioso-ghiaiose attuali

Sono costituite da depositi ghiaioso-sabbiosi, aventi un presumibile spessore di pochi metri, limitati all'alveo attuale del Fiume Lambro o alle sue immediate vicinanze.

4.2.3. Uso del suolo

Dal PGT di Nibionno sono state cartografate le seguenti tipologie di uso del suolo:

- Area a bosco
- Area a verde
- Area urbanizzata
- Alveo dei corsi d'acqua

Area a bosco

Sono le aree coperte con continuità da vegetazione arborea ad alto fusto.

Area a verde

Sono le aree prevalentemente dedicate all'attività agricola, distinzione sull'attività specifica esercitata, con inoltre le aree a prato e quelle occupate da verde intero all'urbanizzato di ampia estensione.

Area urbanizzata

Sono state così contraddistinte le aree interessate dalla presenza del tessuto urbano, senza differenziazioni sulle destinazioni specifiche nell'ambito delle stesse.

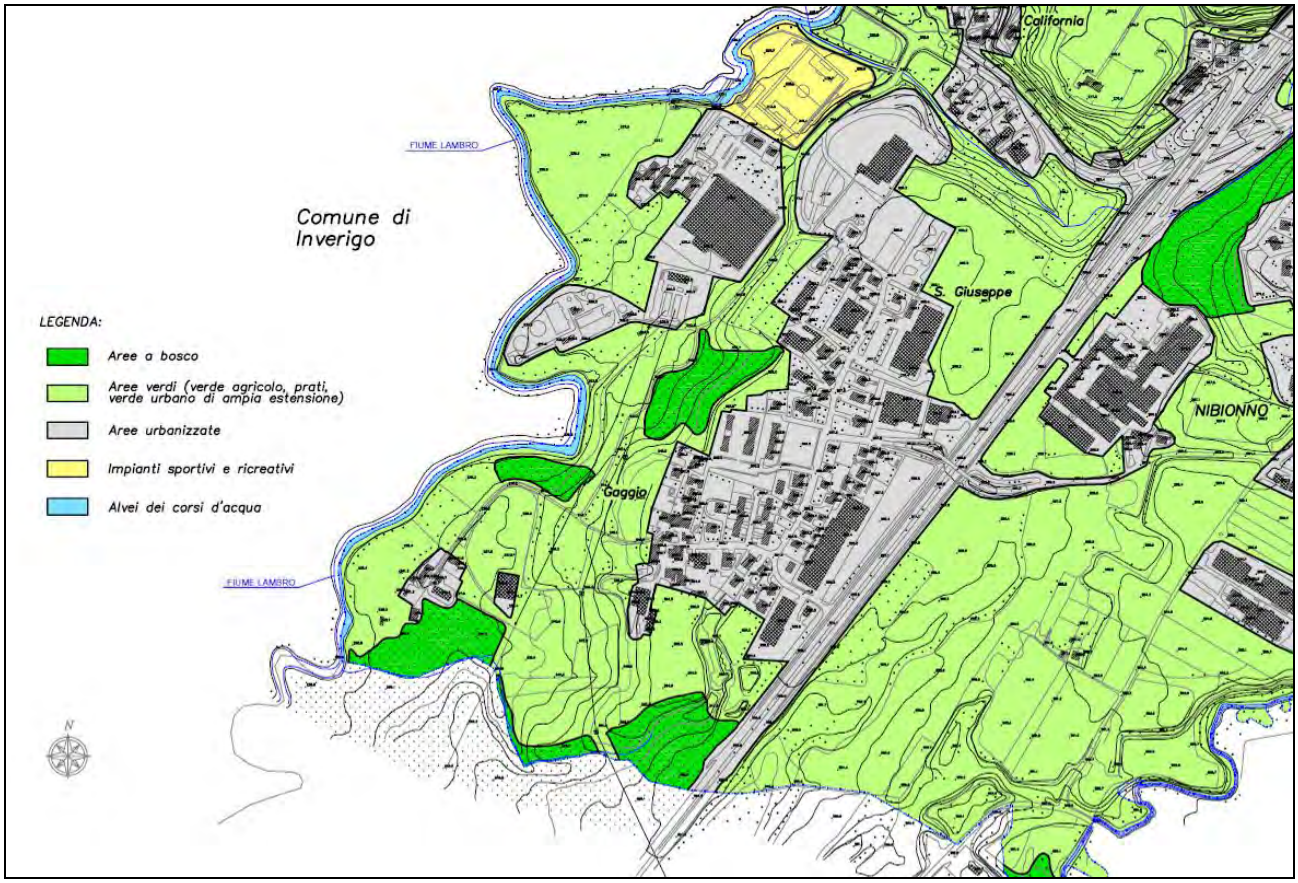

Figura 24: Uso del suolo dal PGT di Nibionno 2002

Alveo dei corsi d'acqua

Sono state così contraddistinte le aree interne alle scarpate che delimitano gli alvei di piena dei principali corsi d'acqua.

Sul territorio del comune di Nibionno le aree coperte dall'urbanizzato sono di una certa entità, in particolare nella porzione occidentale; ma assumono una certa continuità unicamente nella porzione sud-orientale del territorio comunale, mentre altrove sono costituite da nuclei isolati Le aree a bosco sono limitate ad alcune piccole superfici, lungo le scarpate che bordano la

superstrada e lungo le pendici che scendono verso la valle del Fiume Lambro.; infine le aree a verde, in maggior parte coltivate, occupano la porzione preponderante del territorio comunale.

4.2.4. Geomorfologia

Sono stati evidenziati i seguenti elementi principali:

- Geologia
- Elementi morfologici legati al reticolato idrografico
- Elementi morfologici di origine morenica
- Elementi morfologici di origine fluvioglaciale
- Elementi di dissesto

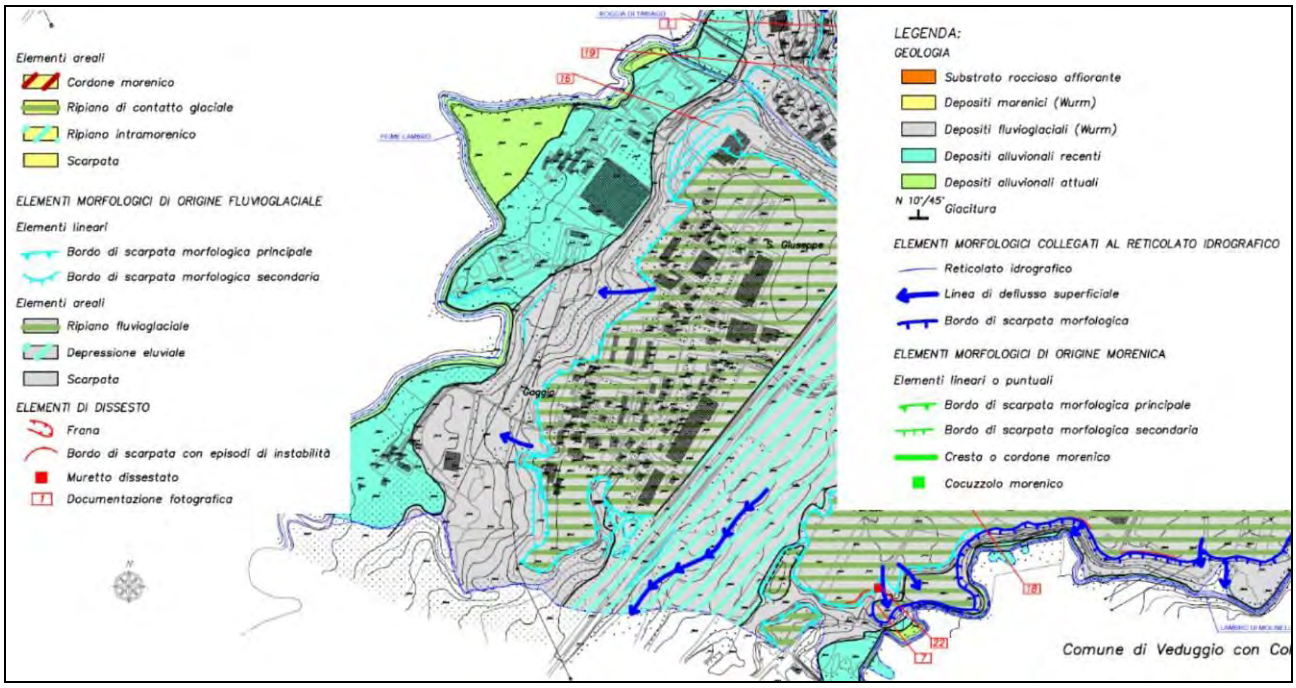

Figura 25: Geomorfologia dal PGT di Nibionno 2002

Geologia

Sono state riportate le formazioni affioranti sul territorio del comune di Nibionno, come è stato possibile rilevare sulla base di dettaglio utilizzata, ed in particolare:

- Substrato roccioso affiorante
- Depositi morenici (Würm)
- Depositi fluvioglaciali (Würm)
- Depositi alluvionali recenti

- Depositi alluvionali attuali

Substrato roccioso affiorante

Substrato roccioso direttamente affiorante sul territorio del Comune di Nibionno si trova unicamente in corrispondenza di una fascia centrale, messo a giorno dalle strade che salgono verso le frazioni e dall'incisione della superstrada per Lecco; in corrispondenza di tale affioramenti è stata rilevata la giacitura.

In Allegato 2 si trova la documentazione fotografica relativa ai principali di questi affioramenti, ed in particolare quello presente a margine della superstrada in direzione Milano, in corrispondenza del bivio del cimitero di Tabiago e quello lungo la strada che sale verso la frazione di Moncodio.

Il substrato prequaternario costituisce l'ossatura di tutto l'apparato morenico würmiano sul quale si trova il territorio del Comune di Nibionno, ed è spesso subaffiorante al di sotto di una modesta cotica di depositi quaternari, localmente messo in luce da incisioni naturali o artificiali.

Anche dove non esistono incisioni in grado di mettere in evidenza affioramenti di substrato sotto modesti spessori di depositi quaternari, è possibile ritrovare lo stesso in corrispondenza di scavi realizzati per fondazione di edifici, anche a modesta profondità come quello nella zona industriale di Nibionno.

Depositi morenici (Würm)

Si ritrovano nella porzione settentrionale del territorio comunale. Costituiti da ghiaie e ciottoli in matrice limosa e subordinatamente limoso-argillosa, con tessitura caotica, spesso inglobanti massi erratici di notevoli dimensioni. Sono ricoperti in superficie da un modesto strato di alterazione che raramente arriva allo spessore di un metro.

In base ai differenti processi deposizionali ed alle successive vicissitudini di questi depositi, nell'ambito dei depositi morenici si evidenziano differenti strutture morfologiche, che verranno descritte con maggiore dettaglio nel seguito.

Depositi fluvioglaciali (Würm)

Litologicamente si tratta di ghiaie e sabbie, con ciottoli localmente prevalenti, con dimensioni massime di 10÷20 cm, eterogenei, in genere ben arrotondati, in scarsa a matrice sabbioso-limosa e subordinatamente limoso-argillosa. In superficie sono poco o nulla alterati, ricoperti unicamente da un modesto spessore di suolo.

Presenti nella porzione meridionale del territorio comunale, mostrano anch'essi differenti strutture geomorfologiche, che verranno più dettagliatamente descritte nel seguito.

Depositi alluvionali recenti e Depositi alluvionali attuali

Questi depositi sono presenti lungo gli alvei dei due principali corsi d'acqua presenti sul territorio comunale, il Fiume Lambro ed il Lambro di Molinello.

Elementi morfologici legati al reticolato idrografico

Sono stati qui compresi i principali elementi morfologici che sono legati al deflusso delle acque superficiali, ed in particolare:

- Reticolato idrografico
- Linea di deflusso superficiale
- Bordo di scarpata morfologica

Reticolato idrografico

E' stato evidenziato il reticolato idrografico, come rappresentato sulla base topografica utilizzata perla redazione di questa relazione.

Linea di deflusso superficiale

Sono state evidenziate le incisioni presenti sui versanti e lungo i bordi delle scarpate morfologiche che, pur non essendo occupate da un vero e proprio corso d'acqua, sono percorse da acque incanalate in corrispondenza dei principali eventi piovosi. Oltre alla tipica morfologia valliva, sono frequentemente caratterizzate dalla presenza di aree di ristagno di acqua in corrispondenza del fondo e/o dello sbocco in un tratto a morfologia pianeggiante.

Bordo di scarpata morfologica

Sono state così cartografate le scarpate morfologiche di chiara origine fluviale, ed in particolare quelle che bordano l'alveo del Lambro di Molinello nella porzione più meridionale del territorio comunale.

Elementi morfologici di origine morenica

Gli elementi morfologici individuati sono i seguenti:

Elementi lineari o puntuali

- Bordo di scarpata morfologica principale

- Bordo di scarpata morfologica secondaria
- Cresta o cordone morenico
- Cocuzzolo morenico
- Elementi areali
- Cordone morenico
- Ripiano di contatto glaciale
- Ripiano intramorenico
- Scarpata

Elementi lineari o puntuali

Bordo di scarpata morfologica principale - Bordo di scarpata morfologica secondaria Con l'aiuto del rilevamento topografico di base assai accurato, sono state individuate le scarpate morfologiche che delimitano i principali ripiani presenti nell'ambito della struttura morenica (bordo di scarpata morfologica principale) ed i bordi delle scarpate che movimentano, suddividendole a terrazzetti minori, le scarpate principali (bordo di scarpata morfologica secondaria). Derivano dall'alternarsi dei processi di stasi-accumulo che si sono verificati nel corso delle glaciazioni quaternarie, oppure dai processi di erosione fluviale successivi alla messa in posto dei depositi costituenti ed al ritiro dei ghiacciai. Talora sono modificate dall'intervento antropico, con la realizzazione di muri di modeste dimensioni a sostegno delle porzioni a maggiore pendenza.
Cresta o cordone morenico. Queste strutture morfologiche sono determinate dall'allineamento di una serie di cocuzzoli isolati o di creste continue, oppure dal susseguirsi allineato di una serie di terrazzi o ripiani glaciali.
Cocuzzolo morenico. Sono le piccole culminazioni morfologiche che si ritrovano isolate oppure nell'ambito di una cresta o di un cordone morenico.

Elementi areali

Sono stati contraddistinti in questo modo le aree in cui è prevalente una determinata morfologia, della quale le strutture descritte in precedenza costituiscono gli elementi morfologici dominanti.
Cordone morenico. Sono le aree a spiccata morfologia collinare, in cui sono in genere ben riconoscibili le strutture allungate o con cocuzzoli allineati tipiche dei cordoni morenici. I cordoni morenici più caratteristici sono quelli situati ad occidente di Cibroncello, quello che collega Cibrone e La Merla ed infine quelli situati in frazione Mongodio.

Ripiano di contatto glaciale. In questa categoria ricadono le aree altimetricamente rilevate rispetto alla contigua piana, a morfologia pressoché pianeggiante delimitate sui bordi da scarpate con netta rilevanza morfologica; tale aree devono al loro origine ad episodi di stasi nell'ambito della dinamica glaciale che ha dato origine alle strutture moreniche.

Ripiano intramorenico. In questa area sono state comprese strutture pianeggianti o comunque a debole pendenza situate all'interno dell'area di pertinenza dei depositi morenici. Situati generalmente a quote più depresse rispetto ai ripiani di contatto glaciale, hanno origine in parte simile ai precedenti, ed in parte derivano da depositi di dilavamento ed accumulo fluviale nell'ambito dell'area morenica.

Scarpata. Sono le aree di vera e propria scarpata delimitanti le strutture pianeggianti di origine morenica descritte in precedenza.

Elementi morfologici di origine fluvioglaciale

Gli elementi morfologici individuati sono i seguenti:

- Elementi lineari o puntuali
- Bordo di scarpata morfologica principale
- Bordo di scarpata morfologica secondaria
- Elementi areali
- Ripiano fluvioglaciale
- Depressione eluviale
- Scarpata

Elementi lineari o puntuali

Bordo di scarpata morfologica principale - Bordo di scarpata morfologica secondaria. Anche in questo caso sono state individuate le scarpate morfologiche che delimitano i principali ripiani presenti nell'ambito della struttura fluvioglaciale (bordo di scarpata morfologica principale) ed i bordi delle scarpate che movimentano, suddividendole a terrazzetti minori, le scarpate principali (bordo di scarpata morfologica secondaria).

Elementi areali

Ripiano fluvioglaciale. Sono stati cartografati in questo modo i ripiani a morfologia pianeggiante, derivanti dall'azione deposizionale di origine fluvioglaciale, non modificati da successivi episodi di rimodellamento fluviale.

Depressione eluviale. E' stata indicata in questo modo una vasta area situata nella porzione meridionale del territorio comunale, compresa fra i ripiani fluvioglaciali di Gaggio e della zona industriale di Nibionno, derivante da una modesta reincisione degli stessi ad opera di una linea di drenaggio di modesta entità, allo stato attuale non più attiva, ma di cui si conservano ancora le evidenze morfologiche.

Scarpata. Sono le aree di vera e propria scarpata delimitanti le strutture pianeggianti di origine fluvioglaciale descritte in precedenza.

Elementi di dissesto

In questa categoria sono stati individuati i seguenti elementi:

- Frana
- Bordo di scarpata con episodi di instabilità
- Muretto dissestato

Frana

Sono state cartografate le due piccole frane presenti sul territorio del Comune di Nibionno, situate in corrispondenza della scarpata che delimita la porzione nord-occidentale del terrazzo sul quale si trova l'abitato principale di Nibionno. Si tratta di piccole colate interessanti unicamente la porzione più superficiale del materiale costituente la scarpata, apertesi a seguito di un intenso periodo piovoso, in seguito anche a modesti episodi di erosione di sponda da parte del corso d'acqua che passa immediatamente alla base della scarpata stessa. Questi piccoli dissesti sono soggetti a rapido ripristino naturale.

Bordo di scarpata con episodi di instabilità

In questo modo sono stati evidenziati i tratti di scarpata, indipendentemente dalla loro origine, in cui sono stati evidenziati episodi di instabilità, anche di modesta entità, costituiti da piccoli franamenti, arretramenti, presenza di modeste fenditure nel terreno.

Muretto dissestato

In molti tratti del territorio comunale le scarpate, di origine artificiale e naturale, presenti al bordo delle strade sono sostenute da vecchi muretti a secco, che localmente presentano fenomeni di lesionamento; nella cartografia realizzata sono stati cartografati i tratti in cui le lesioni presentano la maggiore gravità.

Analisi dell'assetto morfologico del territorio comunale

Il territorio del Comune di Nibionno presenta tre distinte fasce di assetto morfologico. La prima di queste fasce, che è anche la meno estesa arealmente, è costituita dalla piana fluviale del Fiume Lambro, che occupa una stretta fascia nella porzione più occidentale del territorio comunale. E' caratterizzata da morfologie blande, subpianeggiante, con salti di pendenza in genere bruschi rispetto alle adiacenti scarpate di origine morenica e/o fluvioglaciale.

La seconda fascia è costituita dall'area di affioramento dei depositi morenici würmiani, che occupa con continuità la metà settentrionale del comunale. E' caratterizzata da una morfologia differenziata, in cui alle spianate dei terrazzi di contatto glaciale si alternano i pendii, spesso con pendenze anche piuttosto elevate, delle creste e dei cordoni morenici e delle aree di scarpata.

Infine l'ultima fascia è costituita dall'area di affioramento dei depositi fluvioglaciali, con morfologie per lo più subpianeggianti, interrotte dalle scarpate, localmente a pendenza elevata, che delimitano le differenti porzioni dei ripiani di origine fluvioglaciale.

Per quanto riguarda lo stato del dissesto, è praticamente assente nell'ambito del territorio comunale. Sono state rilevate solo alcune piccole frane, che per tipologia e dimensione sono soggette a rapido ripristino naturale, ed alcuni tratti delle scarpate a maggiore ripidità con modesti fenomeni di instabilità, in genere non pericolosi per gli insediamenti antropici.

Come nella maggior parte di questa porzione della Brianza, le strutture di contenimento più vecchie delle scarpate di origine naturale e/o artificiale ai bordi della sede stradale, costituite da muretti a secco, sono soggette a degrado, a causa della mancata manutenzione, mettendo così in disequilibrio anche modeste porzioni della retrostante scarpata.

4.3. FATTIBILITA' GEOLOGICA

Nel PGT del Comune di Nibionno sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni
- Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni
- Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni
- Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni

Di seguito si descrivono sinteticamente le modalità con le quali sono state definite le classi di fattibilità individuate nell'ambito del territorio comunale di Nibionno, gli interventi consentiti nell'ambito delle stesse e le normative di carattere geologico-tecnico suggerite per gli interventi da realizzarsi sul territorio comunale.

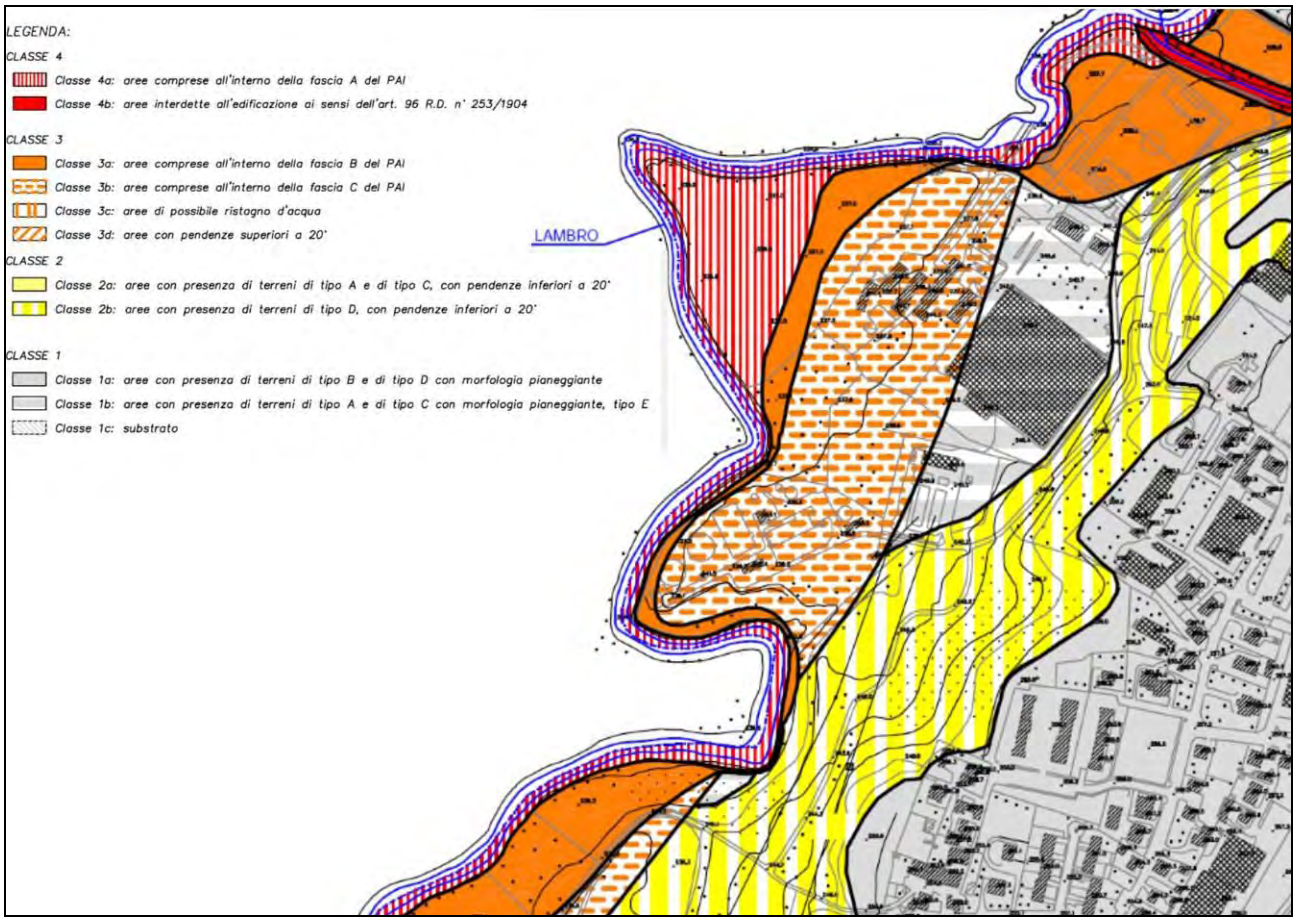

Figura 26: Carta della fattibilità geologica da PGT Nibionno 2002

Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni

La classe comprende quelle aree per le quali sono state riscontrate pesanti limitazioni alla modifica della destinazione d'uso dei terreno. Sono comprese tre sottoclassi:

- Classe 4a: Aree comprese all'interno del limite A del Piano di Assetto Idrogeologico
- Classe 4 b: aree interdette all'edificazione ai sensi art. 96 R.D. n° 253/1904
- Classe 4 c: aree di rispetto cimiteriale

Classe 4a: Aree comprese all'interno del limite A del Piano di Assetto Idrogeologico

La delimitazione di queste aree è stata effettuata sulla base della cartografia allegata al Piano di Assetto Idrogeologico La tipologia degli interventi consentiti in Fascia A sono riprese dalle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n° 15 in data 26 aprile 2001. Nella Fascia A il Piano persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.

Nella Fascia A sono vietate:

1. le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni successive;

2. la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n° 22, fatto salvo quanto previsto in seguito;

3. la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto in seguito;

4. le coltivazioni erbacee non permanenti ed arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente;

5. la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;

6. il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

In Fascia A sono invece consentiti:

a. i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;

b. gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati ed alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

c. le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

d. i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m3 annui;

e. la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito di Piani di settore;

f. i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di

trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzarsi secondo le modalità prescritte nel dispositivo di autorizzazione;

g. il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;

h. il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano

come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;

i. il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. m), del D. Lgs. 5 febbraio

1996, n° 22;

j. l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D. Lgs. 5 febbraio 1997, n° 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D. Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dall'autorizzazione originaria per le discariche e fino alla vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo collaudo di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definito dall'art. 6 del suddetto decreto legislativo;

k. l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

Per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio, l'Autorità idraulica preposta può in ogni momento effettuare o autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente nella Fascia A. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Classe 4 b: aree interdette all'edificazione ai sensi art. 96 R.D. n° 253/1904

In questa classe sono consentiti unicamente gli interventi di interesse pubblico e quelli finalizzati al recupero di eventuali dissesti esistenti in corrispondenza degli alvei dei corsi d'acqua; tutti gli interventi devono essere realizzati nel rispetto della normativa vigente in tema di progettazione geologica (D.M. 23/11/1988)

Classe 4c: aree di rispetto cimiteriale

Nelle aree di rispetto cimiteriale sono consentiti unicamente gli interventi previsti dalla normativa che regolamenta tali aree. Poiché l'area di rispetto cimiteriale è relativamente ampia, nella cartografia realizzata è stata individuata con un retino in trasparenza, che consente di vedere anche i sottostanti retini delle classi di fattibilità di definizione più prettamente geologica, alle cui normative dovranno adeguarsi che interventi che verranno qui realizzati.

Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende quelle aree per le quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica della destinazione d'uso dei terreno. In questa classe sono comprese le aree già classificate nella "Carta di sintesi", e precisamente:

- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
- Aree vulnerabili dal punto di vista della stabilità dei versanti

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Sono compresele seguenti sottoclassi:

- Classe 3a: Aree comprese all'interno del limite B del P.A.I.
- Classe 3b: Aree comprese all'interno del limite C del P.A.I.
- Classe 3c: Area di ristagno e/o di drenaggio difficoltoso

Classe 3a: Aree comprese all'interno del limite B del P.A.I.

Nella fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione ed al miglioramento delle caratteristiche naturali ed ambientali.

Nella fascia B sono vietati:

1. gli interventi che comportano una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n° 22

3. in presenza di argini, interventi e strutture che tendano ad orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Nella fascia B sono consentiti gli interventi consentiti in fascia A, ed inoltre:

a. gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;

b. gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ;

c. la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente

d. l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D. Lgs. 152/1999 e successive modifiche e integrazioni

e. il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.

Per quanto riguarda gli interventi di edilizia, sono consentiti:

a. interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31, lettere a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n° 457

b. opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento

c. interventi di ristrutturazione edilizia interessanti edifici residenziali, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime

d. interventi di adeguamento igienico-funzionale degli edifici esistenti, ove necessario

e. opere pubbliche o di interesse pubblico, soggette ai procedimenti di cui al comma 1 dell'art. 38 delle NTA del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico, se limitanti la capacità di invaso delle fasce fluviali.

Classe 3b: Aree comprese all'interno del limite C del P.A.I.

Per le aree ricadenti in fascia C si applicano le medesime norme precedentemente

riportate per la fascia B.

Classe 3c: Area di ristagno e/o di drenaggio difficoltoso

Sono le aree per le quali si ritiene possibile il ristagno delle acque; l'edificabilità in queste aree deve essere subordinata alla ricostruzione dell'assetto idrogeologico di dettaglio ed alla predisposizione di un progetto di bonifica e di smaltimento delle acque superficiali.

Classe 3d: Aree vulnerabili dal punto di vista della stabilità dei versanti

Per questa sottoclasse, individuata come 3d nella cartografia realizzata, sono consentiti:

- Opere pubbliche e di interesse pubblico
- Manutenzione ordinaria
- Manutenzione straordinaria
- Interventi di restauro e di risanamento conservativo
- Interventi di ristrutturazione edilizia, con ampliamenti fino al 20 % della volumetria esistente

Per la realizzazione degli interventi qui previsti si rimanda a quanto verrà più dettagliatamente specificato nel seguito.

Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state individuate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica della destinazione d'uso dei terreni, in particolare in dipendenza da fattori di ordine morfologico. Nella stessa sono state suddivise tre sottoclassi:

- Classe 2 a: aree con presenza di terreni di tipo A, con pendenze inferiori a 20°
- Classe 2 c: aree con presenza di terreni di tipo D, con pendenze inferiori a 20°

Le caratteristiche morfologiche delle aree comprese in queste sottoclassi e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti non sono preclusive alla possibilità di modifica della destinazione d'uso dei suoli. Poiché le aree presentano comunque una certa pendenza, anche se modesta, l'analisi geologica e geomorfologica preliminare deve evidenziare in dettaglio l'assetto esistente e la progettazione deve assicurare, oltre che un corretto drenaggio e smaltimento delle acque di deflusso meteorico, la stabilità degli interventi e delle porzioni circostanti di versante.

Le indagini geologiche e geotecniche che devono essere realizzate per la programmazione e la progettazione degli interventi di modifica dell'assetto del territorio sono normate dal Decreto Ministeriale del Ministero dei Lavori Pubblici in data 11 marzo 1988:

"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità *dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*

Si ritiene che il rilascio di concessioni e/o autorizzazioni per gli interventi di modifica dell'assetto del territorio debba essere subordinato, oltre che alle restanti pratiche amministrative, alla presentazione di relazione geologica e geotecnica redatta sulla base di quanto prescritto dal D.M. LL.PP. 11.03.1988.

Si ricorda, in linea generale che: "... le scelte di progetto, i calcoli e le verifiche devono essere sempre basati sulla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo ottenuta per mezzo di rilievi, indagini e prove" e che unicamente "nel caso di costruzioni di modesto rilievo in rapporto alla stabilità dell'insieme opera-terreno, che ricadano in zone già note, la caratterizzazione geologico-tecnica del sottosuolo può essere ottenuta per mezzo della raccolta di notizie e dati sui quali possa responsabilmente essere basata la progettazione".

Il citato decreto è ampiamente esaustivo sia sulle indagini che devono essere realizzate, sia sulle caratteristiche degli elaborati che devono accompagnare la progettazione delle differenti tipologie di interventi sul territorio. Tuttavia al fine di facilitare i compiti dell'Amministrazione cui è demandato il rilascio dell'autorizzazione alle pratiche edilizie vengono proposti i contenuti minimi della relazione geologica e geotecnica, rapportati alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche individuate nell'ambito del territorio comunale.

Infrastrutture di nuova realizzazione. Prima della realizzazione delle singole opere, dovrà essere valutata la fattibilità dell'intero progetto dal punto di vista geologico e geotecnico, con particolare riguardo alle variazioni indotte sulle caratteristiche di stabilità globale dell'area interessata dalla realizzazione di singole opere. I singoli interventi previsti nell'ambito del progetto globale dovranno essere valutati sulla base delle normative specifiche, dettagliatamente riportate nel citato D.M. LL.PP. 11.03.1988.

Adeguamento di infrastrutture. Anche in questo caso, i singoli interventi previsti nell'ambito del progetto globale di ammodernamento di infrastrutture esistenti, dovranno essere valutati sulla base delle normative specifiche, dettagliatamente riportate nel citato D.M. LL.PP. 11.03.1988.

Interventi edilizi. Gli interventi edilizi soggetti a concessioni quali nuove realizzazioni, riammodernamenti e ristrutturazioni con variazioni dei carichi, devono essere corredati da relazione geologicotecnica redatta ai sensi D.M. LL.PP. 11.03.1988 e contenente:

- Inquadramento geologico e idrogeologico dell'area, in rapporto al quadro presentato nei documenti del P.R.G.;
- Descrizione dei risultati di un'indagine geotecnica finalizzata a ricostruire le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni di fondazione nelle zone di versante e con ristagno d'acqua ricostruire l'assetto idrogeologico locale;
- Verifica delle scelte progettuali relative alle fondazioni, in particolare dovrà essere indicata: tipologia, in rapporto alle caratteristiche dei terreni ed agli eventuali problemi di stabilità, profondità di posa, capacità portante ammissibile, valutazione dei cedimenti per capacità portante e cedimenti dovrà essere chiaramente specificato il procedimento di calcolo eseguito, in rapporto alle caratteristiche locali;
- Verifica degli interventi di impermeabilizzazione, se in aree con possibili ristagni di acque superficiali e/o con falda a profondità ridotta;
- Per gli interventi in adiacenza e/o che prevedono scavi in profondità deve inoltre essere previsto: progetto delle opere di sostegno del fronte di scavo, in fase di cantiere e ad opera finita comprendente: tipologia, in rapporto alle caratteristiche dei terreni, modalità realizzative, calcolo del coefficiente di sicurezza (per il calcolo del coefficiente di sicurezza dovrà essere specificato il procedimento di calcolo seguito ed il valore di riferimento, in rapporto alle caratteristiche dell'opera di sostegno).

Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni

In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica delle destinazioni d'uso

delle particelle. Sono state suddivise in due sottoclassi, in rapporto alle peculiarità geologico-applicative dei terreni presenti, ed in particolare:

- Classe 1a: aree con presenza di terreni di tipo B e di tipo D con morfologia pianeggiante
- Classe 1b: aree con presenza di terreni di tipo A con morfologia pianeggiante, di tipo C e di tipo E
- Classe 1c: substrato

Per quanto riguarda le modalità realizzative degli interventi, valgono le modalità dettagliatamente descritte in precedenza.

4.4. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO APPLICATIVA

Per lo studio geologico del PGT del Comune di Nibionno è stata effettuata un'indagine di campagna conoscitiva, che si è proposta i seguenti obiettivi:

a. definizione delle caratteristiche litologiche dei depositi presenti;

b. valutazione dei parametri geotecnici dei depositi e loro variazione con la profondità;

Le prove già in possesso della scrivente e quelle realizzate ex-novo sono costituite da prove penetrometriche S.C.P.T.

Metodologia di esecuzione

Le prove penetrometriche sono state realizzate mediante un penetrometro superpesante standard tipo Meardi-AGI. La prova penetrometrica dinamica standard S.C.P.T. viene realizzata infiggendo nel terreno una punta conica alla testa di una batteria di aste; l'avanzamento della strumentazione si ottiene facendo cadere sulle aste un maglio di caratteristiche standard.

Le caratteristiche della strumentazione standard utilizzata sono le seguenti:

- Maglio battente: 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Angolo al vertice della punta conica: 60°
- Diametro del cono: 50.8 cm
- Peso delle aste: 4.6 kg/ml

- Diametro esterno del rivestimento: 48 mm
- Peso del rivestimento: 5.3 kg/ml

La caratterizzazione del terreno che si ottiene mediante questa prova è di tipo indiretto e viene effettuata contando i colpi necessari per far penetrare nel terreno la punta conica e la batteria di aste per successivi tratti di 30 cm: il numero di colpi misurato (N30) è proporzionale alla resistenza del terreno stesso.

Interpretazione dei risultati

Tutte le prove effettuate sono state spinte a rifiuto (valore di N30 > 100). Il rifiuto alla penetrazione è stato raggiunto a differenti profondità rispetto al piano campagna in rapporto alle caratteristiche litologiche dei depositi indagati. In termini quantitativi, le indagini effettuate hanno consentito di valutare il valore dell'angolo di attrito interno in gradi e del peso di volume in KN/m3 del terreno. L'angolo di attrito interno è stato valutato in funzione dei valori di N30 misurati in campagna, rapportati al valore di riferimento di NSPT tramite un fattore di conversione di 1.5. Per la valutazione dell'angolo di attrito è stato utilizzato il diagramma di Meyerhof, ed in particolare la curva che è stata ritenuta maggiormente idonea alla litologia prevalente dei terreni indagati.

Nelle successive tabelle si trovano i dati caratteristici delle singole prove (numero di riferimento, ubicazione, quota in m s.l.m., profondità raggiunta in m da piano campagna, litologia del substrato, eventuale presenza di roccia in corrispondenza del fondo della prova), nonché i valori dell'angolo di attrito interno e del peso di volume ottenuti, tabulati a profondità progressivamente crescenti di 1.50 m, 3.00 m e 6.00 m dal piano campagna, ed in corrispondenza del fondo foro, per le prove che hanno raggiunto profondità maggiore.
Dall'analisi che è stata effettuata appare evidente che sul territorio del Comune di Nibionno, sono possibili svariate tipologie di fondazione, che dovranno essere attentamente valutate in rapporto alle caratteristiche dell'intervento previsto. Non sono state effettuate ulteriori valutazioni di parametri quali capacità portante e cedimenti, parametri strettamente dipendenti, oltre che dalle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati, dalle tipologie di fondazione progettate.

Prova	Ubicazione	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m da p.c.)	Substrato geologico	Roccia
1	Area industriale di Nibionno Est	273	2.10	F.W.	R
2	Area industriale di Nibionno Est	276	9.00	F.W.	
3	Area industriale di Nibionno Est	266	14.40	F.W.	
4	Area industriale di Nibionno Est	272	10.20	F.W.	
5	Area industriale di Nibionno Ovest	255	11.10	F.W.	
6	Cibroncello	293	10.20	M.W.	
7	Confine meridionale	260	7.80	F.W.	
8	Area industriale di Nibionno Est	266	5.10	F.W.	R
9	Mongodio	295	4.50	M.W.	R
10	California	274	4.50	F.W.	R
11	Cibroncello	286	3.90	M.W.	R
12	Cibrone	277	6.00	M.W.	
13	S. Giuseppe	248	9.60	M.W.	
14	S. Giuseppe	236	5.70	Al	
15	Gaggio	237	4.80	Al	

Prova	1.50 m da p.c.		3.00 m da p.c.		6.00 m da p.c.		Fondo scavo > 6.00 m da p.c.	
	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)
1	28.0	18.0	--	--	--	--	--	--
2	30.0	18.5	31.5	18.5	33.5	19.0	35.0	19.5
3	31.0	18.5	29.8	18.5	31.5	18.5	31.5	18.5
4	29.0	18.0	29.8	18.5	36.0	18.5	36.5	18.5
5	22.0	17.0	28.2	18.0	29.8	18.5	31.5	19.5
6	27.8	18.0	23.0	17.0	29.0	18.5	31.5	18.5
7	29.0	18.0	29.0	18.0	29.0	18.5	31.5	18.5
8	28.0	18.0	28.5	18.0	31.0	18.5	--	--
9	29.7	18.0	23.0	17.0	33.0	19.0	--	--
10	29.0	18.0	27.8	18.0	34.5	19.5	--	--
11	30.3	18.0	31.4	18.5	35.3	19.5	--	--
12	23.0	17.0	33.0	19.0	34.0	19.5	--	--
13	22.5	17.0	20.0	16.5	29.3	18.0	29.3	18.0
14	29.0	18.0	31.5	18.5	33.0	19.5	--	--
15	28.0	18.0	33.0	19.0	34.5	19.5	--	--

Figura 27: Prove geotecniche nell'area di interesse da PGT Nibionno 2002

Con incarico della VALBE SERVIZI spa nel 2007 è stata eseguita una campagna di indagine integrativa a quella del marzo 2006 e del 1997, a supporto del progetto di ampliamento dell'impianto di depurazione del comune di Nibionno (LC).

In quest'ultima campagna sono stati indagati tre punti nelle aree che saranno interessate dall'ampliamento del depuratore; i punti campionati sono riportati nella figura seguente.

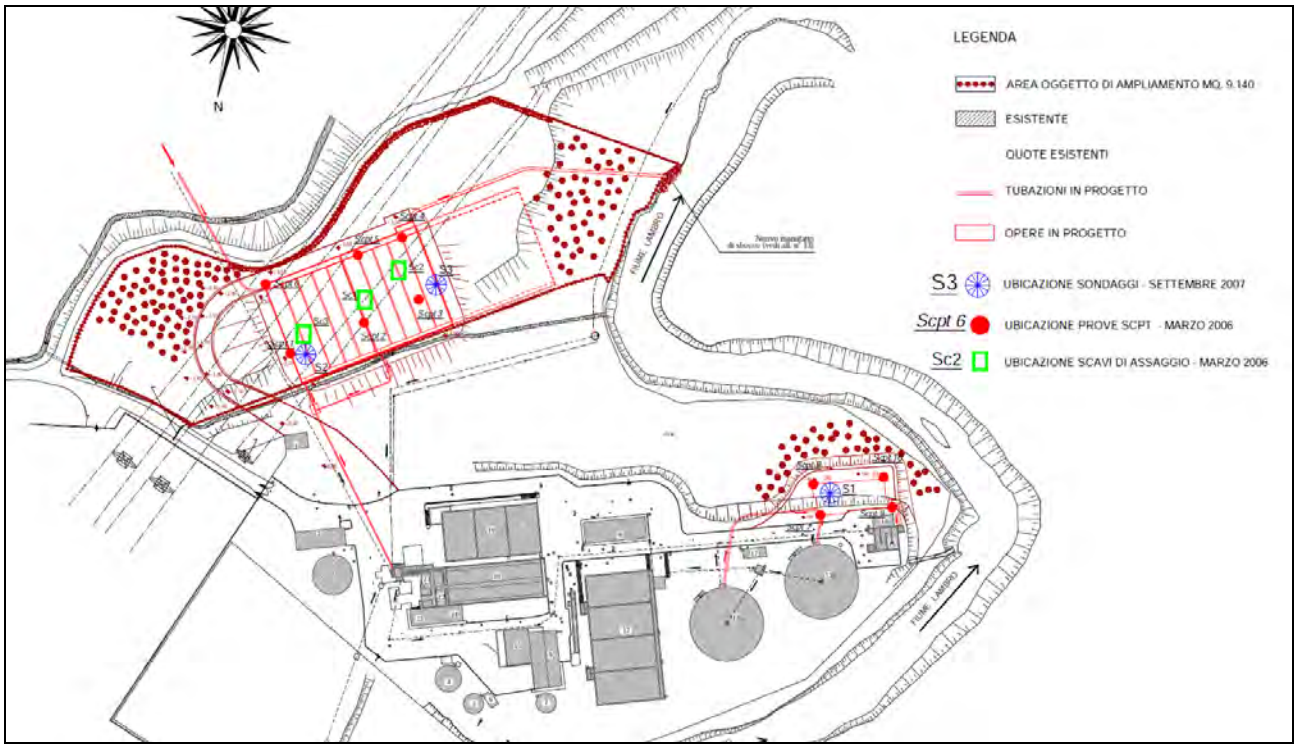

Figura 28: Ulteriori indagini per conto VALBE del 2007, punti di campionamento

Dalle analisi eseguite sono state ricavate le seguenti informazioni, riassunte nella tabella seguente:

Punto	Quota pc	Caratteristiche	Quota falda	Livello medio Lambro
S1	-2.80	fino a -9.80: sabbia media fine limosa in profondità	-4.90	-5.00
S2	2.50	fino a -0.50: riporto poi limo sabbioso/ghiaioso	n.d.	-5.00
S3	2.00	fino a -2.00: riporto e sabbia e ghiaia poi limo sabbioso	n.d.	-5.00

Tabella 6: Caratteristiche dei terreni interessati dall'opera

Si può osservare quanto segue:

1) I substrati superficiali naturali sono costituiti da limi e sabbie limose con permeabilità molto basse; strati a maggiore permeabilità sono presenti solo laddove è stato eseguito il riporto per l'insediamento dell'impianto di depurazione;
2) La quota della falda (rilevata nel punto di campionamento S1) indica la completa continuità idraulica con i livelli del Lambro (riportati nell'ultima colonna).

Da queste premesse si può concludere come non sia necessaria l'impermeabilizzazione delle vasche per le seguenti motivazioni:

a) I substrati interessati hanno già permeabilità molto basse;
b) L'eventuale comunicazione con la falda costituirebbe esclusivamente un leggero ritardo delle portate infiltrate per le quali il recettore finale sarebbe comunque il Lambro, destinatario delle portate depurate e scaricate oggi dallo scarico ordinario.