

## **PROGETTO V.E.I.DE.**

# **VERIFICA DELL' EFFICIENZA DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE**

**RAPPORTO ANNO 2002**





## **PROGETTO V.E.I.D.E.**

### **VERIFICA DELL' EFFICIENZA DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE**

**ANNO 2002**

Responsabile del Progetto:

*Dr.ssa Linda Cingolani*

*Resp. Sez. Tematica Acqua  
Dipartimento di Perugia*

Proposte di intervento, verifica dell'efficienza, sopralluoghi, elaborazione e interpretazione dati, documentazione fotografica:

*Dott. Ing. Nicola Neri*

*Sez. Tematica Acqua  
Dipartimento di Perugia*

*Dr.ssa Fedra Charavgis*

*Sez. Tematica Acqua  
Dipartimento di Perugia*

Prelievo campioni e prove sperimentali sul campo:

*Tecnici dell'Ambiente delle Sezioni Territoriali di Perugia, Città di Castello - Gubbio, Foligno –  
Spoleto e Terni.*

Analisi:

*Laboratorio Chimico – Biologico Dipartimento di Perugia  
Laboratorio Chimico – Biologico Dipartimento di Terni*

Un particolare ringraziamento si rivolge ai Tecnici dell'Ambiente delle Sezioni Territoriali ed al personale dei Laboratori ARPA per il lavoro svolto.

Si ringraziano, inoltre, i responsabili della gestione degli impianti per la collaborazione prestata per il reperimento della documentazione progettuale, per lo svolgimento dei sopralluoghi e per l'acquisizione delle informazioni relative al funzionamento dei depuratori.



## VERIFICA DELL'EFFICIENZA DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

ANNO 2002

### INDICE

1. INTRODUZIONE.....	1
1.1. Metodologia .....	3
1.2. Quadro Normativo di riferimento .....	4
2. ANALISI DEL CARICO IN INGRESSO AGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE.....	9
2.1. Confronto tra potenzialità di progetto e carico organico effettivamente addotto all'impianto e tra la portata di progetto e quella effettivamente rilevata. ....	9
2.2. Confronto fra le concentrazioni di progetto e quelle effettive relative ai parametri BOD <sub>5</sub> , SS, N <sub>TOT</sub> e P <sub>TOT</sub> . ....	18
2.3. Impianti che presentano una disproporzione nel rapporto BOD <sub>5</sub> /N <sub>TOT</sub> in ingresso.....	20
2.4. Disfunzioni impiantistiche legate ad anomalie nella composizione del refluo in ingresso e alla presenza di scarichi tossici. ....	24
2.5. Confronto fra la potenzialità effettiva calcolata sulla base del BOD <sub>5</sub> e quella calcolata sulla base dell'Azoto Totale. ....	26
3. VERIFICA DEL CORRETTO DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI.....	30
3.1 Criteri utilizzati per la verifica.....	30
3.2 Rimozione dell'Azoto – Valutazione dell'efficienza .....	34
3.3 Analisi della sedimentabilità del fango biologico.....	41
3.4. Analisi microscopica del fango attivo .....	44
3.5. Disfunzioni rilevate nelle varie fasi di trattamento delle acque.....	49
4. ANALISI DEI PARAMETRI IN USCITA DAGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE .....	53
4.1 Valutazione del carico inquinante rilasciato nel corpo idrico recettore.....	53
4.2. Percentuali di abbattimento del carico inquinante .....	62
4.3 Valori medi di BOD <sub>5</sub> , COD, SS, N-NH <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> , N <sub>TOT</sub> e P <sub>TOT</sub> in uscita. ....	73
5 INTERVENTI PROPOSTI E INDICAZIONI GESTIONALI.....	95
5.1 Stima dei costi degli interventi di adeguamento .....	95
5.2. Indicazioni gestionali .....	102
6. CONCLUSIONI .....	103
ALLEGATO A – Schede Tecniche Impianti ATO n.1	
ALLEGATO B – Schede Tecniche Impianti ATO n.2	
ALLEGATO C – Schede Tecniche Impianti ATO n.3	



## 1. INTRODUZIONE

In seguito ad una specifica richiesta della Regione dell'Umbria, l'A.R.P.A. sta effettuando un'indagine finalizzata alla verifica dell'efficienza degli impianti di depurazione più significativi presenti nel territorio regionale, ripartiti tra i tre Ambiti Territoriali Ottimali (ATO).

Gli obiettivi principali del progetto VEIDE (Verifica Efficienza degli Impianti di Depurazione) consistono nell'individuare situazioni in cui si rendano necessari interventi strutturali e gestionali per migliorare la funzionalità degli impianti controllati, nonché nel fornire informazioni utili alla progettazione della futura strategia depurativa riguardante la regione dell'Umbria.

L'indagine è stata suddivisa in due fasi: durante la prima fase, iniziata a ottobre 2001 e portata a termine nel mese di gennaio 2002, sono stati esaminati complessivamente 26 impianti di depurazione, di cui 22 con potenzialità superiore ai 10.000 a.e. e 4 con potenzialità tra 2.000 e 10.000 a.e. ubicati in aree sensibili. Nella seconda fase, attualmente in corso, vengono monitorati gli impianti che hanno manifestato le maggiori carenze funzionali, al fine di confermare le valutazioni effettuate nel primo trimestre di attività, e quelli con potenzialità compresa tra i 2.000 e 10.000 a.e.

L'elenco dei depuratori controllati nel corso dell'indagine è riportato nelle Tabb. 1.1, 1.2 e 1.3.

*Tabella 1.1. Elenco degli impianti di depurazione con potenzialità superiore a 10.000 a.e. controllati in Provincia di Perugia.*

COMUNE	NOME IMPIANTO	CORPO IDRICO	POTENZIALITA' PROGETTO
		RICETTORE	A.E.
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	T.GENNA	90.000
FOLIGNO	CASONE	T. ALVEOLO - TEVERONE	60.000
ASSISI-BASTIA	COSTANO	F.CHIASCIO	57.000
PERUGIA	SAN SISTO	T.CAINA	40.000
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	F. TEVERE	40.000
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	F. TEVERE	30.000
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	F. TEVERE	30.000
SPOLETO	CAMPOSALESE	T. MARROGGIA	28.000
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	F. TEVERE	20.000
G. TADINO - F. DI VICO	ALOGNE	F.SCIOLA - F.CHIASCIO	16.560
DERUTA	DERUTA	F.TEVERE	16.150
GUBBIO	S.ERASMO	T.SAONDA F.CHIASCIO	15.000
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	F. TEVERE	15.000
SPELLO	CASTELLACCIO	F.TOPINO	14.000
MAGIONE	MONTESPERELLO	T. CAINA	13.200
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	L. TRASIMENO	12.000
NORCIA	SERRAVALLE	F. SORDO	12.000
PERUGIA	PONTE RIO	T.RIO - F. TEVERE	12.000

Tabella 1.2. Elenco degli impianti di depurazione con potenzialità inferiore a 10.000 a.e. controllati in Provincia di Perugia.

COMUNE	NOME IMPIANTO	CORPO IDRICO	POTENZIALITA' PROGETTO
		RICETTORE	A.E.
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	L. TRASIMENO	9.000
GUBBIO	RAGGIO	T.ASSINO	7.500
MONTEFALCO	MONTEFALCO	F. SATRIANO	7.000
TODI	ACCORPAMENTO EST	F. TEVERE	6.400
MARSCIANO	S.M.POGGIALI	F.NESTORE	6.000
BEVAGNA	CAPRO	F. TIMIA	4.500
C. DEL LAGO	PINETA	L. TRASIMENO	4.000
CASCIA	CASCIA	F.CORNO	4.000
COLFIORITO	COLFIORITO	FOSSO RIO	4.000
NOCERA UMBRA	LE CASE	F.TOPINO	4.000
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	T. NAIA	4.000
SIGILLO	SIGILLO	F.CHIASCIO	4.000
GUBBIO	BRANCA	F.CHIASCIO	3.500
TODI	CASCIANELLA	F. TEVERE	3.500
CANNARA	CENTRO	F. TEVERE	2.800
MASSA MARTANA	SARRIOLI	F. DI MASSA MARTANA	2.650
PERUGIA	S.MARTINO	F. TEVERE	2.500
PERUGIA	S. ORFETO	F. S. ORFETO	2.400
C. SUL CLITUNNO	C. SUL CLITUNNO	T. MARROGGIA	2.000
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	T. CARPINELLA	2.000
MAGIONE	S. ARCANGELO	L. TRASIMENO	1.800
PRECI	PRECI	F. NERA	1.600
PERUGIA	MUGNANO	T.CAINA	1.500

Tabella 1.3. Elenco degli impianti di depurazione controllati in Provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	CORPO IDRICO	POTENZIALITA' PROGETTO
		RICETTORE	A.E.
TERNI	MARATTA BASSA	F.NERA	150.000
ORVIETO	ORVIETO SCALO	F.PAGLIA	20.000
NARNI	FUNARIA	F.NERA	15.000
TERNI	GABELLETTA	F.NERA	15.000
AMELIA	PATICCHI	RIO GRANDE	8.500



## 1.1. Metodologia

Nel corso della prima fase del progetto, l'A.R.P.A. aveva manifestato la necessità di svolgere le attività di monitoraggio in un arco temporale di almeno nove mesi, al fine di poter eseguire un numero significativo di campionamenti medi del refluo in ingresso nelle 24 ore e disporre così di una maggiore quantità di informazioni relative al carico inquinante in arrivo all'impianto.

Tuttavia, la necessità espressa dalla Regione dell'Umbria e dagli A.T.O. di avere i risultati in tempi brevi, ha consentito di effettuare un unico campionamento completo per ogni impianto.

Per quanto riguarda i depuratori controllati nella seconda fase del progetto, è stato possibile effettuare due campionamenti di refluo in ingresso per quasi tutti gli impianti con potenzialità compresa tra 2.000 e 10.000 a.e. Inoltre, sono stati sottoposti ad ulteriore controllo i depuratori controllati nell'anno precedente che avevano manifestato particolari problemi .

Per la stima del carico in ingresso, sono stati messi a confronto, quando possibile, i valori delle concentrazioni degli inquinanti rilevate tramite campionamenti medi nelle 24 ore effettuati dal Laboratorio A.R.P.A. con i valori dei campionamenti istantanei eseguiti dai gestori.

In particolare, le fasi che hanno caratterizzato la ricerca sono elencate di seguito:

1. *Reperimento documentazione progettuale impiantistica;*
2. *Determinazione della composizione media del liquame in ingresso all'impianto (BOD, COD, SS,  $N_{TOT}$ ,  $P_{TOT}$ ) su un campione composito raccolto nell'arco di 24 ore, mediante campionatore automatico programmabile;*
3. *Verifica della portata complessiva trattata giornalmente nell'impianto mediante sistemi di misurazione come flussometri o contaore che rilevano il funzionamento delle pompe di sollevamento (interventi ARPA o gestori);*
4. *Valutazione dei carichi delle sostanze inquinanti effettivamente adottati all'impianto, sulla base di un confronto quantitativo con i dati progettuali;*
5. *Verifica del corretto dimensionamento idraulico dell'impianto in funzione della portata media giornaliera trattata;*
6. *Determinazione della velocità di sedimentazione del fango biologico sull'impianto, misura in laboratorio di MLSS (mixed liquor suspended solids) e MLVSS (solidi volatili). Calcolo dell'indice di volume del fango;*
7. *Calcolo del rapporto F/M (kg BOD/kg MLSS/d);*
8. *Osservazioni al microscopio del fango biologico per verificare eventuali situazioni di stress o condizioni operative che ne possano determinare modifiche strutturali non desiderate;*
9. *Esame delle apparecchiature ed analisi del funzionamento sia della linea liquami che della linea fanghi per verificare la possibilità di adottare accorgimenti per favorire il risparmio energetico e una maggiore efficienza;*
10. *Individuazione delle situazioni di eventuale criticità nel funzionamento degli impianti al fine di individuare possibilità di miglioramento da apportare alle apparecchiature o alla conduzione del processo. In questa fase sono stati applicati criteri per la valutazione di un corretto dimensionamento in relazione al carico in ingresso, allo scopo di verificare il buon funzionamento del comparto biologico dell'impianto, anche in condizioni limite;*
11. *Stima dei costi degli interventi da effettuare nel caso di riscontro di disfunzioni o carenze strutturali;*
12. *Realizzazione di una scheda informatizzata per ciascun impianto, corredata di immagini fotografiche in cui vengono evidenziate le varie fasi di trattamento e le apparecchiature eventualmente oggetto di modifica, integrazione o sostituzione.*

## 1.2. Quadro Normativo di riferimento

Le nuove norme in materia di qualità delle acque introdotte negli ultimi anni, hanno portato a sostanziali cambiamenti nel monitoraggio e nella classificazione dei corpi idrici superficiali, così come nel controllo degli scarichi. Da qui l'esigenza di risanare, prevenire e ridurre l'inquinamento, migliorare lo stato delle acque e proteggere adeguatamente quelle destinate a particolari usi, perseguire il consumo sostenibile e durevole delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili e mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici.

Nel seguito vengono riportati i principali punti del DL 152/99.

### *Le finalità e gli strumenti del decreto legislativo 152/99*

Le finalità della nuova legge e gli strumenti per perseguirle sono indicati all'articolo 1, che riportiamo per intero.

1. Il presente decreto definisce la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali e sotterranee perseguendo i seguenti obiettivi:

- prevenire e ridurre l'inquinamento e attuare il risanamento dei corpi idrici inquinati;
- conseguire il miglioramento dello stato delle acque e adeguate protezioni di quelle destinate a particolari usi;
- concorrere a perseguire usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili;
- mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici nonché la loro capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

2. Il raggiungimento degli obiettivi indicati al comma 1 si realizza attraverso i seguenti strumenti:

- l'individuazione di obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione dei corpi idrici;
- la tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi nell'ambito di ciascun bacino idrografico e un adeguato sistema di controlli e di sanzioni;
- il rispetto dei valori limite agli scarichi fissati dallo Stato, nonché la definizione di valori limite in relazione agli obiettivi di qualità del corpo recettore;
- l'adeguamento dei sistemi di fognatura, collettamento e depurazione degli scarichi idrici, nell'ambito del servizio idrico integrato di cui alla legge 5 gennaio 1994, n. 36;
- l'individuazione di misure per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento nelle zone vulnerabili e nelle aree sensibili;
- l'individuazione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo e al riciclo delle risorse idriche.

### *Gli obiettivi di qualità*

E' stato previsto un doppio (parallelo e contestuale) sistema di obiettivi di qualità:

- un obiettivo relativo alla specifica destinazione d'uso riguardante determinati corpi idrici;
- un obiettivo di qualità ambientale relativo a tutti i corpi idrici significativi.

#### **• Obiettivi riguardanti le destinazioni d'uso**

Tali obiettivi fanno riferimento a norme vigenti e interessano i corsi d'acqua che le Regioni e gli enti locali individuano per un particolare uso o per una specifica funzione.

Rientrano tra queste destinazioni:

- la produzione di acqua potabile;
- la qualità delle acque designate come idonee alla vita dei ciprinidi e dei salmonidi;

- la qualità delle acque idonee alla vita dei molluschi;
- la balneazione.

#### • **Obiettivi riguardanti la qualità ambientale**

L'obiettivo di qualità ambientale esprime un concetto più ampio di quello precedente; riguarda, infatti, non solo la qualità idrochimica idonea a fornire determinati servizi, ma l'integrità dell'ecosistema acquatico attraverso lo studio, non solo della qualità di acqua e sedimenti ma anche del mantenimento delle comunità viventi o biota.

In particolare, lo stato dei corpi idrici viene espresso in funzione della loro capacità di accogliere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate, il più possibile vicine ad una condizione di naturalità. Per quest'ultima si intende una situazione in cui le attività umane presenti eventualmente sul territorio non riescano a provocare una significativa modificazione degli ecosistemi fluviali, mantenendone intatte le capacità di risposta e autodifesa (autodepurazione).

Le Regioni, sulla base dei criteri e dei limiti contenuti nell'Allegato 1 del D. Lgs. 152/99, devono censire i corpi idrici significativi e determinarne lo stato di qualità ambientale, così definito:

- stato ecologico: è l'espressione della qualità, della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici;
- stato chimico: è individuato in base alla presenza di alcuni inquinanti organici, inorganici e di sintesi.

Sulla base delle informazioni ottenute dai monitoraggi, le Regioni sono tenute a predisporre Piani di Tutela (considerati come piano stralcio del piano di bacino previsto all'articolo 17 della legge 183/89), attraverso i quali dovranno essere adottate, a livello di bacino, le misure per raggiungere lo stato ambientale "buono" entro il 31 dicembre 2016 per ogni corpo idrico significativo.

Unicamente per i corpi idrici superficiali, il D.L. 152/99 prevede, come tappa intermedia, il raggiungimento dello stato ambientale "sufficiente" entro il 31 dicembre 2008.

#### ***Le aree che richiedono specifiche misure di prevenzione***

Un regime particolare di tutela è previsto per alcune aree in ragione della loro fragilità, ovvero in quanto più esposte al rischio di inquinamento da parte di specifiche sostanze o prodotti.

In particolare, l'Allegato 6 individua e definisce le zone sensibili e l'Allegato 7 le zone vulnerabili da nitrati e da prodotti fitosanitari.

#### • **Aree sensibili**

L'allegato 6 definisce i criteri per l'individuazione delle aree sensibili e, inoltre, designa come tali:

- i laghi al di sotto dei 1.000 metri slm e i corsi d'acqua a essi afferenti dal bacino;
- le aree lagunari e i laghi salmastri;
- le zone umide individuate ai sensi della convenzione di Ramsar;
- le aree costiere dell'Adriatico nordoccidentale dalla foce dell'Adige a Pesaro e i corsi d'acqua a esse afferenti per un tratto di 10 chilometri all'interno della linea di costa;
- i corpi idrici ove si svolgono attività tradizionali di produzione ittica sostenibile da tutelare.

#### • Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola

Come nel caso delle aree sensibili, anche per le zone vulnerabili viene fornita una prima elencazione, contenuta nell'Allegato 7, insieme ai criteri per la designazione, ove necessario, di ulteriori zone vulnerabili da parte delle Regioni e delle Province autonome, sentita l'Autorità di bacino. Nelle zone così individuate, devono essere rispettate le prescrizioni contenute nel codice di buona pratica agricola (preparato dal Ministero per le Politiche agricole, di intesa con il Ministero dell'Ambiente, in via di pubblicazione sulla Gazzetta ufficiale).

#### • Zone vulnerabili da prodotti fitosanitari

Con le stesse modalità previste per le zone vulnerabili da nitrati, sulla base delle indicazioni contenute nell'Allegato 7, le Regioni e le Province autonome identificano le aree vulnerabili da prodotti fitosanitari, allo scopo di proteggere le risorse idriche o altri comparti ambientali dall'inquinamento proveniente dall'uso di prodotti fitosanitari.

#### • Aree di salvaguardia delle risorse idriche destinate al consumo umano

Queste zone sono individuate dalle Regioni e dalle Province autonome per mantenere e migliorare le caratteristiche qualitative delle acque destinate al consumo umano (dpr 236/88) e per la tutela dello stato delle risorse.

Sono distinte in:

- aree di ricarica delle falda;
- emergenze naturali e artificiali della falda;
- zone di riserva.

#### *Tutela qualitativa delle risorse idriche: la disciplina degli scarichi civili in acque superficiali*

Le norme sugli scarichi prevedono un approccio combinato tra limiti di emissione e obiettivi di qualità così strutturato:

- limiti fissati dal decreto per scarichi provenienti da impianti di tipo civile basati sul controllo del COD, BOD5 e SS; per le aree sensibili sono previsti limiti per azoto e fosforo per gli impianti con potenzialità > di 10.000 a.e.;
- limiti più o meno restrittivi fissati dalle Regioni e dalle Province autonome, nell'ambito dei piani di tutela, sulla base degli obiettivi di qualità.

I limiti fissati localmente potranno essere diversificati per ogni corpo idrico superficiale in relazione al carico sopportabile. I limiti dovranno essere espressi anche in termini di carico, cioè di massa nell'unità di tempo (per esempio, chilogrammi/mese), oltre che di concentrazione.

I valori soglia per impianti trattanti liquami misti di tipo industriale e civile, per le acque reflue industriali e per gli scarichi sul suolo e nel sottosuolo sono contenuti nell'Allegato 5. Qui di seguito si riporta la tab.1 con i limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane, rimandando per la regolamentazione di altri scarichi direttamente al D. Lgs. 152/99 .

## ALLEGATO 5

### I LIMITI PER LE ACQUE REFLUE URBANE

Dall'entrata in vigore del decreto legislativo tutti i nuovi impianti di depurazione delle acque reflue urbane dovranno rispettare i limiti indicati nella tabella 1.

Tabella 1. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane

Potenzialità impianto in abitanti equivalenti	2.000 - 10.000		> 10.000	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
BOD5 mg/L	= 25	70-90	= 25	80
COD mg/L	= 125	75	= 125	75
Solidi sospesi mg/L	= 35	90	= 35	90

Gli scarichi provenienti da agglomerati con meno di 10.000 abitanti equivalenti (a.e.), recapitanti in mare, e quelli provenienti da agglomerati con meno di 2.000 a.e. recapitanti in acque dolci superficiali o acque di transizione, devono essere sottoposti a trattamento appropriato, che garantisca la conformità dei corpi idrici recettori ai relativi obiettivi di qualità o la tutela delle acque sotterranee nel caso di scarico nel suolo.

Tali trattamenti devono essere individuati con l'obiettivo di:

- rendere semplice la manutenzione e la gestione;
- essere in grado di sopportare adeguatamente forti variazioni orarie del carico idraulico e organico;
- minimizzare i costi gestionali.

Questa tipologia di trattamento può equivalere a un trattamento primario o a un trattamento secondario a seconda della soluzione tecnica adottata e dei risultati depurativi raggiunti.

Per tutti gli insediamenti con popolazione compresa tra 50 e 2.000 a.e., si ritiene auspicabile il ricorso a tecnologie di depurazione naturale, quali il lagunaggio o la fitodepurazione, o a tecnologie come i filtri percolatori o gli impianti a ossidazione totale.

Tali trattamenti, peraltro, possono essere considerati adatti, opportunamente dimensionati, anche per tutti gli insediamenti in cui la popolazione equivalente fluttuante sia superiore al 30% della popolazione residente e laddove le caratteristiche territoriali e climatiche lo consentano.

Tali trattamenti si prestano, per insediamenti di maggiori dimensioni (popolazione compresa tra 2.000 e 25.000 a.e), anche a soluzioni integrate con impianti a fanghi attivi o a biomassa adesa, a valle del trattamento, con funzione di affinamento.

L'Allegato 5 richiede, inoltre, di non superare negli scarichi una percentuale del 30 % di azoto ammoniacale rispetto all'azoto totale.

#### *I limiti per le zone sensibili*

Nelle aree sensibili va attuato un trattamento più spinto, atto a rispettare uno o entrambi i limiti seguenti (tabella 2), in base alle cause dell'eutrofizzazione.

*Tabella 2. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili*

Potenzialità impianto in abitanti equivalenti	10.000 - 100.000		> 100.000	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
Fosforo totale (P mg/L)	= 2	80	= 1	80
Azoto totale (N mg/L)	= 15	70-80	= 10	70-80

Devono, inoltre, essere rispettati nel caso di fognature che convogliano anche scarichi di acque reflue industriali, i valori limite di tabella 3 ovvero quelli stabiliti dalle Regioni ai sensi dell'articolo 28 comma 2. Per brevità la tabella non viene riportata nella presente trattazione.

## 2. ANALISI DEL CARICO IN INGRESSO AGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Nel paragrafo successivo vengono analizzati due parametri che condizionano fortemente il rendimento del ciclo depurativo dell'impianto, e cioè il carico organico ed il carico idraulico effettivamente affluenti ai depuratori.

### 2.1. Confronto tra potenzialità di progetto e carico organico effettivamente addotto all'impianto e tra la portata di progetto e quella effettivamente rilevata.

La stima degli abitanti equivalenti (a.e.) realmente serviti dagli impianti è stata effettuata considerando un apporto di carico organico pari a 60 gr/abxd di BOD<sub>5</sub>, come indicato dall'art.2 comma 1 del D. Lgs. 152/99 («abitante equivalente»: il carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD<sub>5</sub>) pari a 60 grammi di ossigeno al giorno.

Il carico giornaliero di BOD<sub>5</sub> in ingresso agli impianti è stato calcolato sulla base dei risultati analitici di campionamenti compositi nelle 24 ore dell'influente e sulla base della portata media giornaliera trattata dall'impianto. Nelle schede tecniche riportate in allegato per ogni impianto, vengono segnalati eventuali sovraccarichi periodici o occasionali, legati ad afflussi turistici o all'incremento stagionale di particolari attività produttive.

Per la maggior parte degli impianti presi in esame negli anni 2001-2002 il campionamento è stato effettuato almeno due volte.

Nelle Tab. 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3 vengono confrontate, per ogni impianto, le potenzialità di progetto (espresse in a.e.) con le potenzialità effettive calcolate sulla base del carico organico realmente in arrivo all'impianto (dati ARPA).

Nel caso in cui i gestori abbiano fornito una quantità di dati sufficiente a considerare attendibili i risultati dei campionamenti istantanei, la stima del carico organico in ingresso e la verifica del corretto dimensionamento degli impianti sono state eseguite confrontando e mediando tali dati con quelli A.R.P.A., ottenuti dai campionamenti medi nelle 24 ore.

Come si può notare dai dati riportati nelle tabelle seguenti, 21 impianti su 46 presentano problemi di funzionamento legati all'arrivo di portate idrauliche superiori a quelle previste in fase progettuale (Foligno-Casone, Tuoro-Passignano – Le Pedate, etc.).

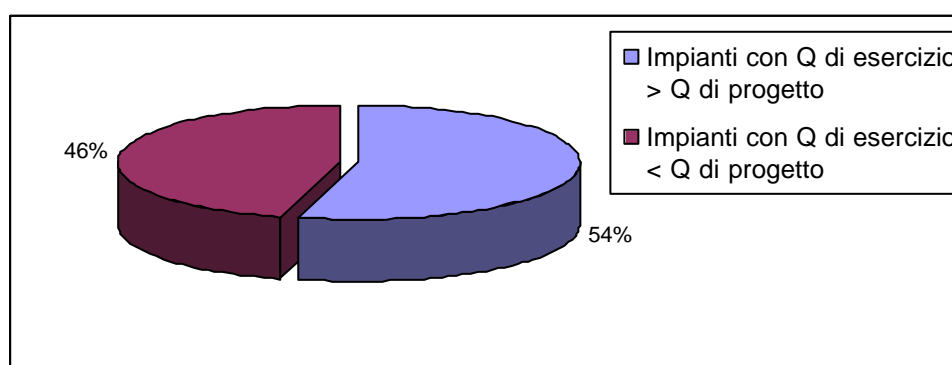


Figura 2.1.1. Percentuale degli impianti controllati con portata effettiva superiore a quella di progetto.

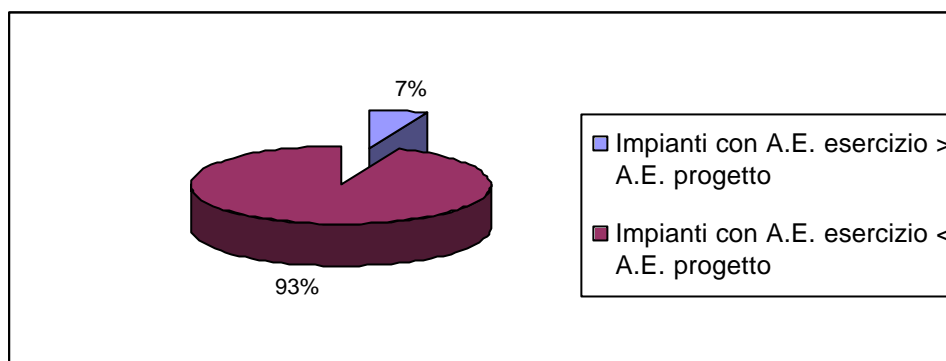


Figura 2.1.2. Percentuale degli impianti controllati con A.E. di esercizio superiore alla potenzialità di progetto.

Una tale situazione può essere ricondotta al sistema delle reti fognarie miste, in cui possono essere veicolate acqua di pioggia, acque di irrigazione o, ancora, acque di falda.

In questi casi, l'eccesso di carico idraulico addotto agli impianti viene by-passato direttamente nei corpi idrici recettori, provocando un inquinamento puntuale in corrispondenza dello scarico, che tende a diffondersi nel reticolo idrografico a valle.

Inoltre, la conseguente diluizione del carico in ingresso agli impianti, con concentrazioni di inquinanti molto inferiori a quelle previste in fase progettuale, provoca facilmente problemi di sedimentabilità a seguito del superamento della velocità ottimale di risalita del fango rispetto a quanto previsto in fase di progettazione. Tale fenomeno costringe, a volte, i gestori ad intervenire con l'immissione di coagulanti, favorendo in tal modo l'addensamento dei fanghi biologici che altrimenti presenterebbero fiocchi a struttura aperta e diffusa, leggeri e pronti ad uscire con l'effluente. In tal modo si riesce a rispettare i limiti fissati per lo scarico in acque pubbliche.

Tabella 2.1.1. Confronto fra la potenzialità di progetto degli impianti con potenzialità superiore a 10.000 a.e e abitanti effettivi depurati, portata di progetto e portata effettiva. Provincia di Perugia.

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZ. DI PROGETTO (A.E.)	ABITANTI EFFETTIVI (A.E.)	RAPPORTO EFF./PROG. (%)	PORTATA PROGETTO (mc/d)	PORTATA ESERCIZIO (mc/d)	Rapporto Eser./Prog. (%)
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	64.540	72%	25.200	18.440	73%
FOLIGNO	CASONE	60.000	<b>69.886</b>	<b>116%</b>	10.800	<b>16.140</b>	<b>149%</b>
ASSISI-BASTIA	COSTANO	57.000	23.183	41%	15.000	13.000	87%
PERUGIA	SAN SISTO	40.000	8.167	20%	11.200	5.000	45%
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000	19.500	49%	10.000	10.000	100%
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	16.950	57%	8.400	<b>9.000</b>	<b>107%</b>
PERUGIA	PONTEVALLECEPPI	30.000	21.775	73%	8.400	6.700	80%
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000	18.848	67%	5.600	<b>9.300</b>	<b>166%</b>
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	20.000	2.282	11%	3.200	<b>3.260</b>	<b>102%</b>
G.TADINO-F.di VICO	ALOGNE	16..560	2.779	17%	4.757	2.546	54%
DERUTA	DERUTA	16.150	10.290	64%	3.876	<b>6.860</b>	<b>177%</b>
GUBBIO	S.ERASMO	15.000	7.313	49%	3.000	<b>4.500</b>	<b>150%</b>
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000	5.738	38%	3.000	<b>4.500</b>	<b>150%</b>
SPELLO	CASTELLACCIO	14.000	6.622	47%	2.800	<b>5.860</b>	<b>209%</b>
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200	11.733	89%	1.453	<b>1.760</b>	<b>121%</b>
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	12.000	2.129	18%	1.680	1.092	65%
NORCIA	SERRAVALLE	12.000	8.800	73%	3.360	2.400	71%
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	7.787	65%	1.500	<b>1.600</b>	<b>107%</b>



Tabella 2.1.2. Confronto fra la potenzialità di progetto degli impianti con potenzialità inferiore a 10.000 a.e. e abitanti effettivi depurati, portata di progetto e portata effettiva. Provincia di Perugia.

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZ. DI	ABITANTI	RAPPORTO	PORTATA	PORTATA	Rapporto
		PROGETTO	EFFETTIVI	EFF./PROG.	PROGETTO	ESERCIZIO	Eser./Prog.
		(A.E.)	(A.E.)	(%)	(mc/d)	(mc/d)	(%)
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	9.000	3.498	39%	1.600	1.363	85%
GUBBIO	RAGGIO	7.500	1.060	14%	1.500	1.200	80%
MONTEFALCO	MONTEFALCO	7.000	462	7%	1.400	760	54%
TODI	ACCORPAM. EST	6.400	842	13%	1.365	1.365	100%
MARSCIANO	S.M.POGGIALI	6.000	<b>6.978</b>	<b>116%</b>	1.440	<b>2.147</b>	<b>149%</b>
BEVAGNA	CAPRO	4.500	687	15%	720	400	56%
C. DEL LAGO	PINETA	4.000	740	19%	-	275	-
CASCIA	CASCIA	4.000	1.284	32%	600	<b>720</b>	<b>120%</b>
COLFIORITO	COLFIORITO	4.000	3.780	94%	1.500	460	31%
NOCERA UMBRA	LE CASE	4.000	330	8%	941	<b>1.200</b>	<b>128%</b>
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	4.000	1.795	45%	1.128	890	79%
SIGILLO	SIGILLO	4.000	596	15%	800	334	42%
GUBBIO	BRANCA	3.500	504	14%	700	325	46%
TODI	CASCIANELLA	3.500	473	14%	630	630	100%
CANNARA	CENTRO	2.800	1.040	37%	582	<b>1.200</b>	<b>206%</b>
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650	248	10%	270	<b>276</b>	<b>102%</b>
PERUGIA	S.MARTINO	2.500	<b>4.700</b>	<b>188%</b>	500	<b>1.200</b>	<b>240%</b>
PERUGIA	S. ORFETO	2.400	1.850	77%	672	<b>1.500</b>	<b>223%</b>
C. SUL CLITUNNO	C. SUL CLITUNNO	2.000	293	15%	480	320	67%
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIM.	2.000	592	30%	400	<b>960</b>	<b>240%</b>
MAGIONE	S. ARCANGELO	1.800	622	35%	270	<b>504</b>	<b>187%</b>
PRECI	PRECI	1.600	336	21%	320	<b>1.440</b>	<b>450%</b>
PERUGIA	MUGNANO	1.500	247	16%	420	380	90%

Tabella 2.1.3. Confronto fra la potenzialità di progetto degli impianti di depurazione e abitanti effettivi depurati, portata di progetto e portata effettiva. Provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZ. DI	ABITANTI	RAPPORTO	PORTATA	PORTATA	Rapporto
		PROGETTO	EFFETTIVI	EFF./PROG.	PROGETTO	ESERCIZIO	Eser./Prog.
		(A.E.)	(A.E.)	(%)	(mc/d)	(mc/d)	(%)
TERNI	MARATTA BASSA	150.000	66.096	44%	48.900	<b>64.800</b>	<b>133%</b>
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000	7.600	38%	6.400	4.800	75%
NARNI	FUNARIA	15.000	3.696	25%	3.000	2.640	88%
TERNI	GABELLETTA	15.000	2.940	20%	4.500	1.260	28%
AMELIA	PATICCHI	8.500	2.833	33%	1.700	1.360	80%

Dalle tabelle precedenti risulta evidente come gli abitanti effettivamente trattati da ciascun impianto siano quasi sempre molto inferiori alla potenzialità prevista in fase progettuale. Gli unici casi in cui non si verifica tale situazione, ma, al contrario, il depuratore tratta una quantità di carico organico superiore a quella di progetto, riguarda gli impianti di Foligno-Casone, Marsciano-S.M.Poggiali e Perugia- S.Martino.

L'impianto di Foligno-Colfiorito tratta prevalentemente i reflui dei caseifici della zona limitrofa ed è ed spesso soggetto a scarichi eccezionali che presentano concentrazioni di BOD<sub>5</sub> assolutamente anomale e non tollerabili da un impianto di depurazione con funzionamento in continuo. Difatti in uno dei due campionamenti del refluo in ingresso effettuati da ARPA è stata rilevata una concentrazione di BOD<sub>5</sub> pari 2.150 mg/l.

Varie possono essere le cause responsabili dell'arrivo all'impianto di un carico organico spesso inferiore a quello previsto da progetto. Tra queste, la presenza di rotture nei collettori della rete fognaria con conseguente dispersione del carico inquinante nel sottosuolo, è sicuramente la più frequente. Generalmente, ad una situazione di minore carico organico in ingresso all'impianto, si dovrebbe associare una analoga diminuzione del carico idraulico, ma, in realtà, tale riduzione legata a perdite del collettore, potrebbe essere bilanciata dall'infiltrazione di acqua di falda in un tratto più a valle della rete fognaria.

Il mancato allaccio alla rete fognaria di aree urbane previste in fase di progettazione è un'altra delle cause che potrebbero motivare la differenza fra il carico organico di esercizio e quello di progetto.

Un ulteriore aggravio a questa situazione di basso carico in ingresso agli impianti è fornito dalla presenza diffusa di fosse settiche, in particolare in aree residenziali periferiche a medio-bassa densità abitativa, che scaricano il liquame trattato direttamente in pubblica fognatura. In tali casi, infatti, durante la fase di allaccio, non è stato realizzato il by-pass o non sono stati smantellati questi sistemi di trattamento autonomo, che continuano ad abbattere una parte del carico organico presente nelle acque di scarico domestiche a monte dell'impianto di depurazione.

Complessivamente, gli impianti di depurazione esaminati trattano una portata media giornaliera in ingresso pari a 216.667 m<sup>3</sup>/d, contro una portata media prevista in fase progettuale che risulta, invece, pari a 205.964 m<sup>3</sup>/d. Il dato è ancora più significativo se confrontato con il rapporto che esiste fra il carico organico di progetto e quello di esercizio. Infatti, a fronte di una potenzialità depurativa di circa 803.500 a.e., viene trattata, in realtà, una quantità di carico organico pari a soli 424.444 a.e., corrispondente al 53% del valore progettuale.

I dati delle portate sono stati rilevati dai gestori degli impianti di depurazione mediante misuratori di portata posizionati, in genere, in uscita dall'impianto, o tramite contaore installati sulle pompe di sollevamento. Negli impianti sprovvisti di qualsiasi sistema di misura della portata, è stato necessario fornire i contaore da installare in ingresso al depuratore. In genere, un numero molto esiguo di gestori rileva periodicamente la quantità di reflui trattati dall'impianto.

Per l'impianto di Sigillo, invece, non è stato possibile rilevare la portata in arrivo al depuratore, in quanto l'adduzione del liquame avviene completamente per gravità e, quindi, la stima del carico idraulico è stata effettuata sulla base del consumo idrico del comune e del numero di abitanti allacciati alla pubblica fognatura.

L'eccesso di portata in ingresso agli impianti può essere legato a cause molteplici e variabili nel corso dell'anno. Una delle situazioni più frequenti è l'immissione in pubblica fognatura di scarichi provenienti da attività produttive di vario genere che prelevano notevoli quantità di acqua dalle falde alluvionali. In molti casi il gestore dell'impianto di depurazione non controlla o non può controllare le quantità di refluo scaricate in fognatura.

Un'altra possibile causa del sovraccarico idraulico di un depuratore può essere la discordanza fra i consumi idrici previsti in fase progettuale e quelli reali. Questa situazione è molto diffusa in zone molto ricche di acqua come la Valnerina o Nocera Umbra, nelle quali la tariffazione del servizio di acquedotto avviene a forfait e non a consumo. In questi Comuni, difatti, si rileva un consumo idrico procapite superiore a 1000 l/abxg, molto maggiore che nel resto della Regione nella quale i consumi per uso domestico si attestano su valori leggermente inferiori ai 200 l/abxg.

Anche l'infiltrazione di acque di falda in fognatura è una frequente causa di sovraccarico idraulico di un depuratore. In particolare nei mesi invernali l'acqua di falda si immette nella rete attraverso rotture presenti nei collettori collocati al di sotto del livello della falda, oppure attraverso giunzioni non a tenuta fra le tubazioni o nei pozzetti di raccordo, svolgendo una vera e propria funzione di

drenaggio delle acque chiare. In alcuni depuratori si è difatti rilevato un andamento stagionale del sovraccarico idraulico, che molto probabilmente è da mettere in relazione con le escursioni stagionali della falda freatica.

In altri casi l'infiltrazione di acqua chiara in fognatura non avviene nei mesi invernali ma durante la stagione irrigua. Difatti una parte dell'acqua presente nei canali utilizzati per la distribuzione, si infiltra nei collettori fognari allo stesso modo delle acque di falda.

Percentuale di Carico Organico in Ingresso all'Impianto Rispetto alle Previsioni di Progetto  
(impianti > 10.000 A.E.) Provincia di Perugia

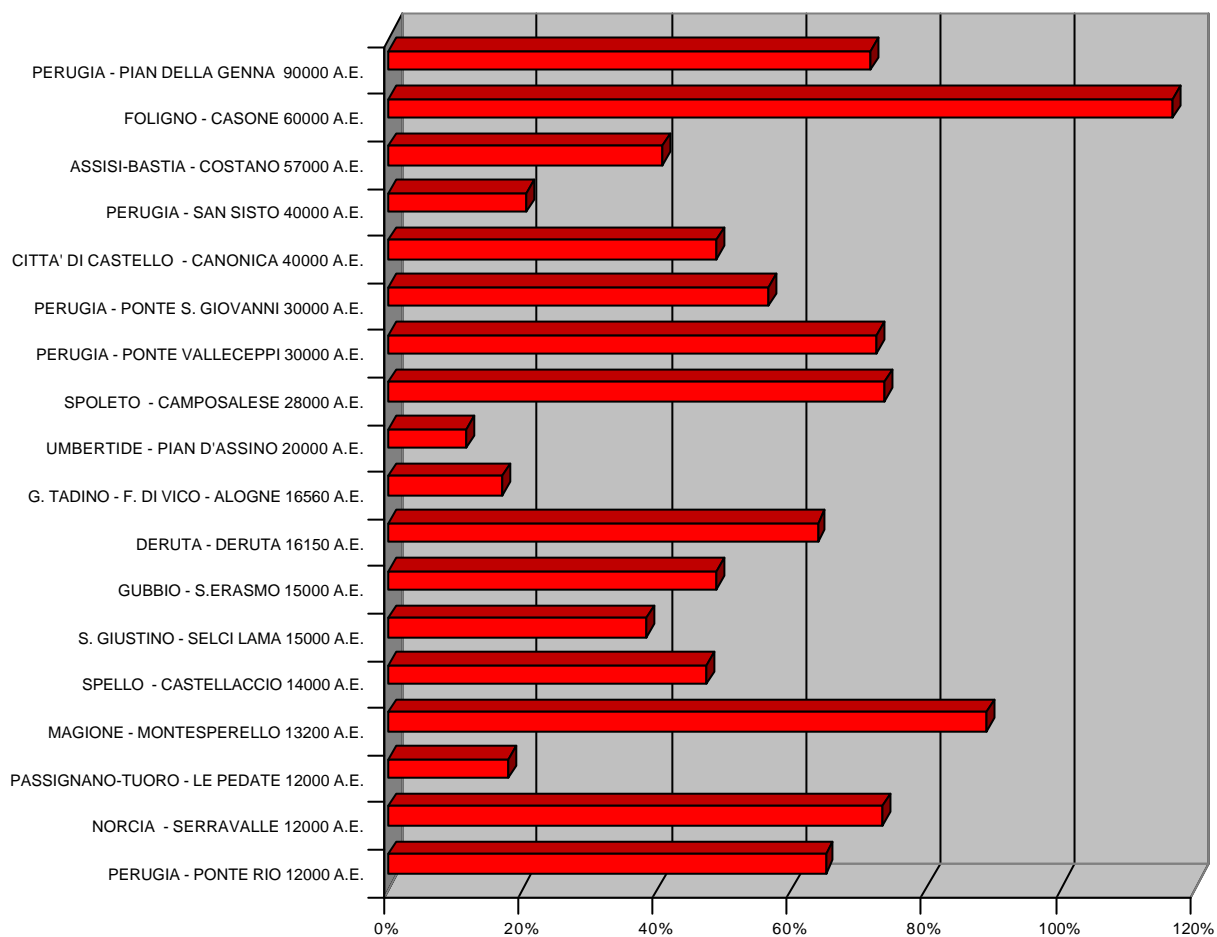


Figura 2.1.3. Percentuale di carico organico effettivo rispetto alla potenzialità di progetto per gli impianti con potenzialità superiore a 10.000 a.e.. Provincia di Perugia.

Percentuale di Carico Organico in Ingresso all'Impianto Rispetto alle Previsioni di Progetto  
(impianti < 10.000 A.E.) Provincia di Perugia

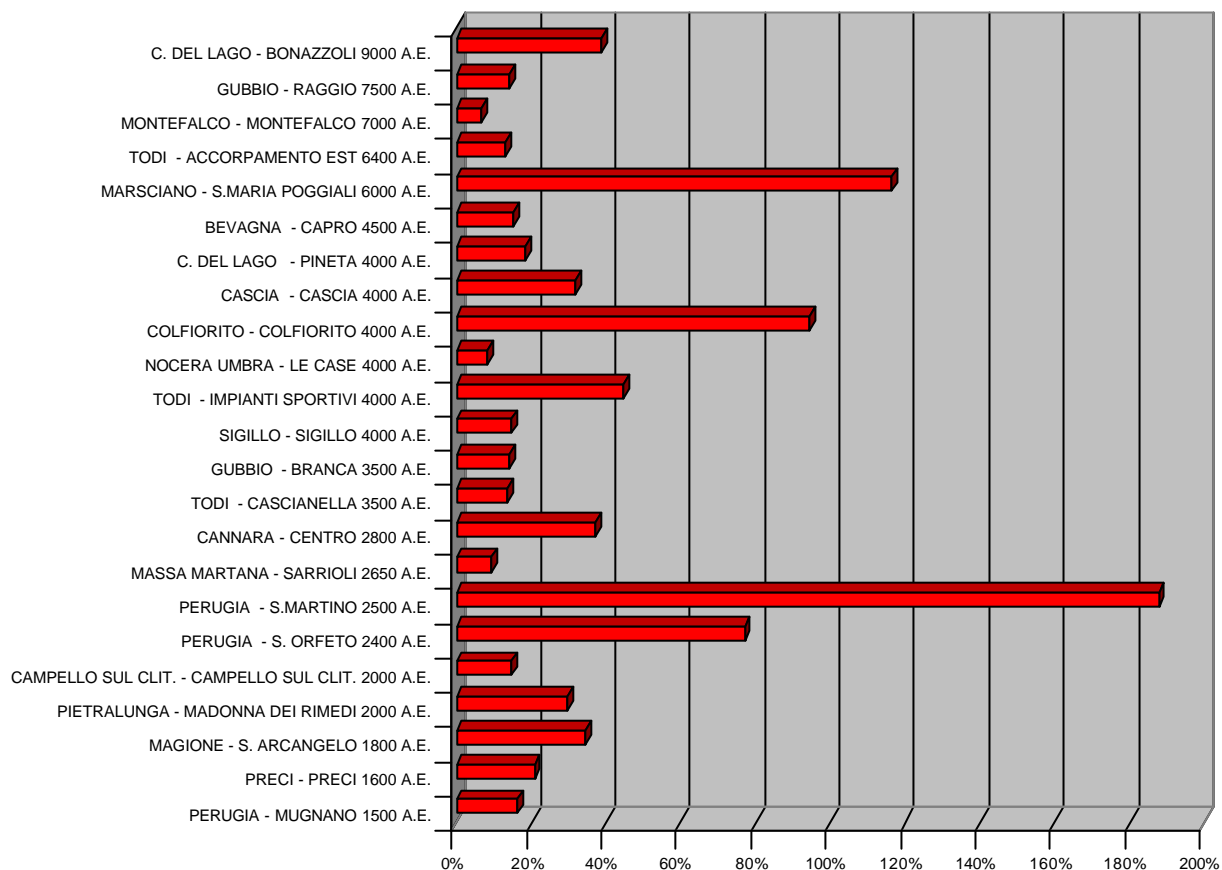


Figura 2.1.4. Percentuale di carico organico effettivo rispetto alla potenzialità di progetto per gli impianti con potenzialità inferiore a 10.000 a.e.. Provincia di Perugia.

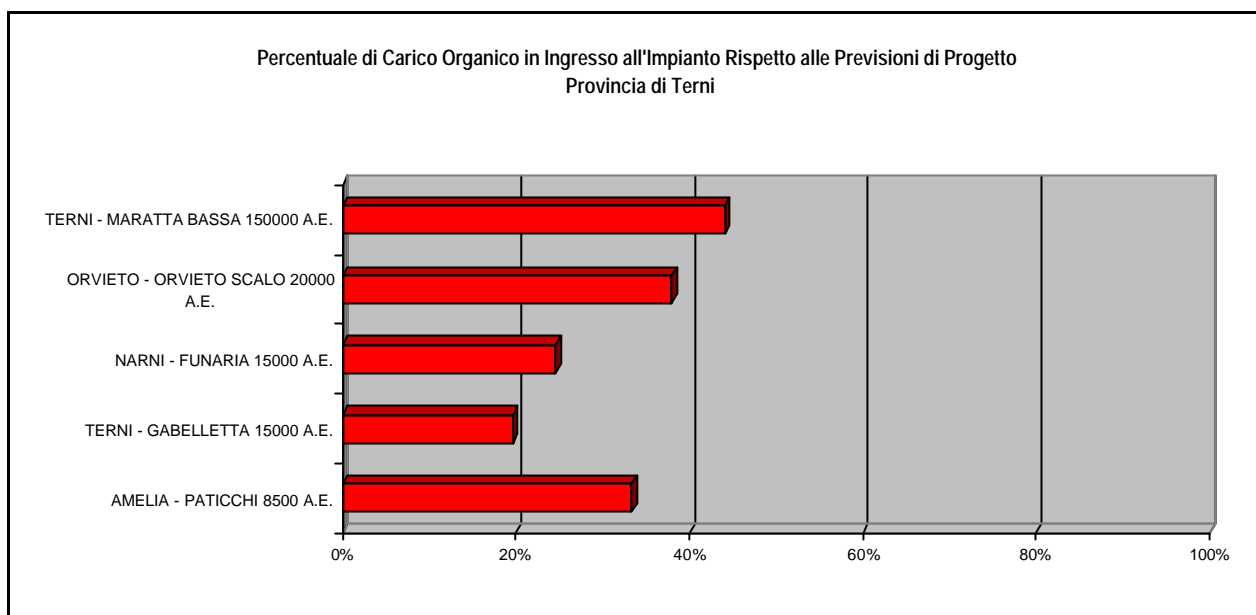


Figura 2.1.5. Percentuale di carico organico effettivo rispetto alla potenzialità di progetto. Provincia di Terni.

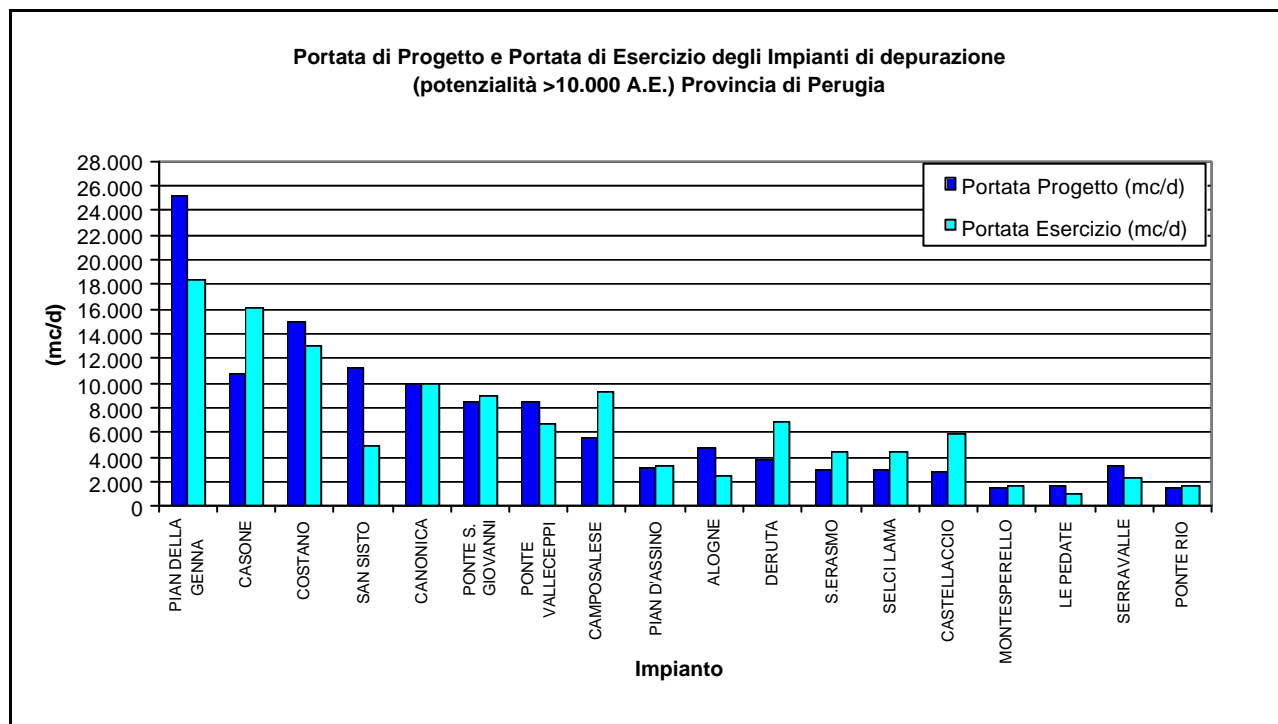


Figura 2.1.6. Confronto fra la portata di progetto e la portata di esercizio per gli impianti con potenzialità superiore a 10.000 a.e. Provincia di Perugia.

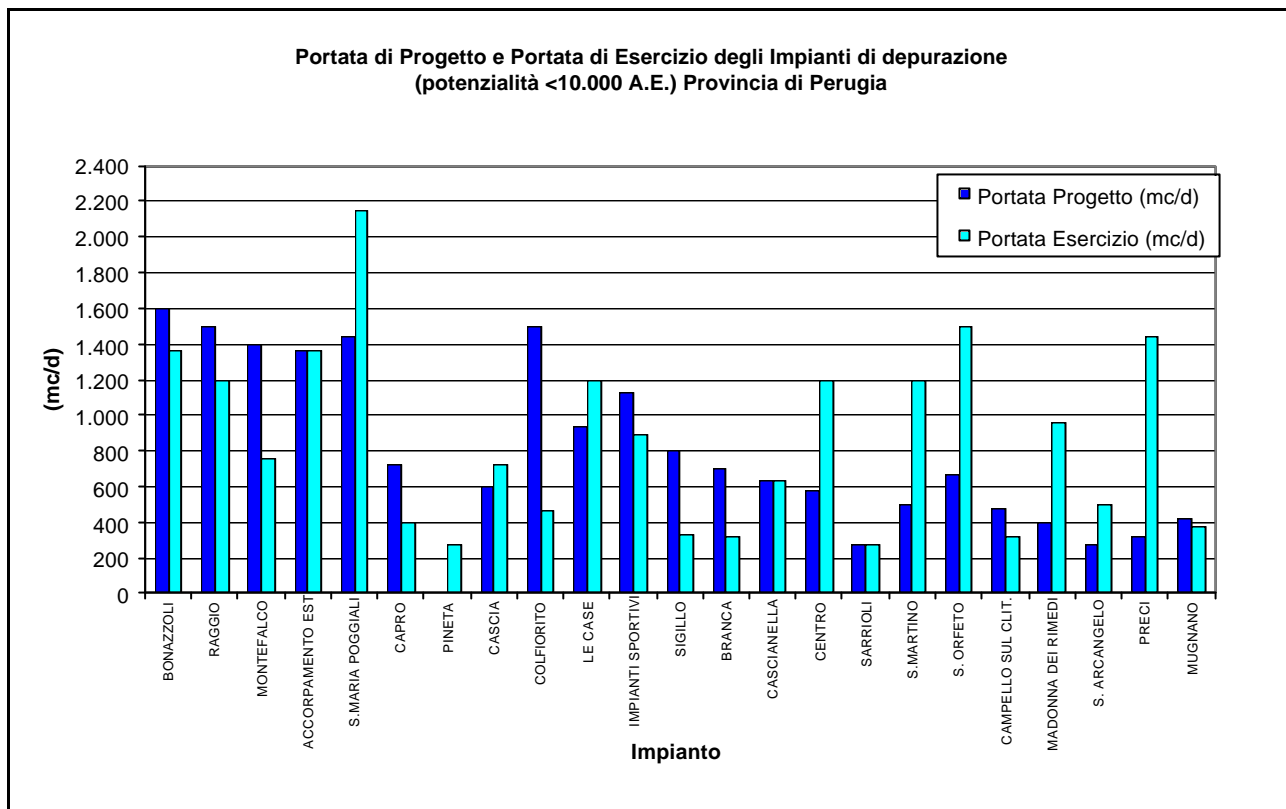


Figura 2.1.7. Confronto fra la portata di progetto e la portata di esercizio per gli impianti con potenzialità inferiore a 10.000 a.e. Provincia di Perugia.

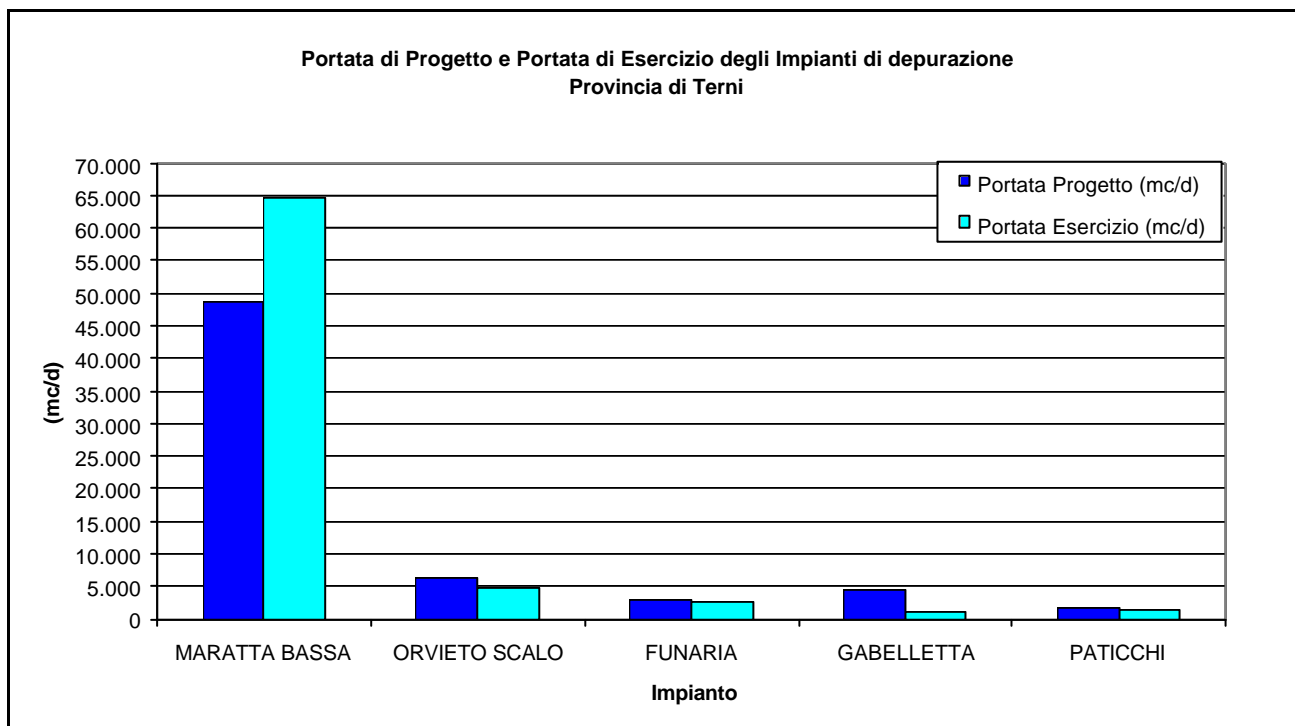


Figura 2.1.8. Confronto fra la portata di progetto e la portata di esercizio per gli impianti con potenzialità inferiore a 10.000 a.e. Provincia di Perugia.

## 2.2. Confronto fra le concentrazioni di progetto e quelle effettive relative ai parametri BOD5, SS, NTOT e PTOT

Dal confronto fra le concentrazioni in ingresso agli impianti di depurazione e quelle di progetto emerge che quelle reali (effettive) sono sempre molto inferiori al valore progettuale, con casi quasi estremi in cui il refluo in ingresso all'impianto rispetta già i limiti di scarico (Preci, etc.)

Si deve ricordare che le basse concentrazioni in ingresso rispetto ai valori progettuali, possono essere dovute ad eccessive portate che diluiscono il carico organico o ad un effettivo minore apporto di carico come indicato nel paragrafo 2.1.

L'origine della diluizione per eccessive portate può essere molteplice, dall'infiltrazione in fognatura di acqua di falda, ad un consumo idrico molto maggiore di quello di progetto, alla presenza in fognatura di scarichi di acque di origine industriale captate direttamente dalla falda senza limiti né controllo.

In molti dei casi in cui si rilevano bassi valori di concentrazione ed elevate portate in ingresso, si raggiungono comunque valori di carico organico complessivo in ingresso all'impianto molto inferiori alle previsioni progettuali. In questi casi le cause possono essere imputate ad uno dei fattori riportati nel paragrafo 2.1.

Tabella 2.2.1. Confronto fra le concentrazioni di progetto e quelle di esercizio per gli impianti della Provincia di Perugia con potenzialità maggiore di 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	CONCENTRAZIONI DI ESERCIZIO				CONCENTRAZIONI DI PROGETTO			
		BOD5	SS	NTOT	PTOT	BOD5	SS	NTOT	PTOT
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	210,0	159,0	41,0	19,0	250	321	43	11
FOLIGNO	CASONE	259,8	305,6	62,8	5,5	333	444	72	17
ASSISI-BASTIA	COSTANO	107,0	79,0	26,0	2,8	262	336	48	11
PERUGIA	SAN SISTO	98,0	162,0	24,0	4,2	250	n.d.	46,7	11
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	117,0	74,0	36,0	3,4	280	100	48	12
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	113,0	108,0	23,0	2,9	250	321	46,4	11
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	195,0	21,0	44,0	4,4	250	321	46,4	11
SPOLETO	CAMPOSALESE	133,0	122,3	26,5	6,8	330	450	60	15
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	42,0	43,0	20,0	2,3	406	562	75	19
G. TADINO – F. DI VICO	ALOGNE	65,5	79,0	24,0	1,8	259	358	50	10
DERUTA	DERUTA	90,0	38,0	40,0	3,9	270	416	50	13
GUBBIO	S.ERASMO	97,5	52,5	81,0	4,0	300	450	65	15
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	76,5	75,0	32,0	3,4	300	450	60	15
SPELLO	CASTELLACCIO	67,8	204,6	28,6	7,3	350	-	60	15
MAGIONE	MONTESPERELLO	400,0	113,0	40,0	5,1	540	160	100	27
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	117,0	84,0	46,0	4,2	443	571	93	21
NORCIA	SERRAVALLE	220,0	93,5	31,5	4,6	250	321	46	11
PERUGIA	PONTE RIO	292,0	771,0	352,0	1,1	470	287	30	24



Tabella 2.2.2. Confronto fra le concentrazioni di progetto e quelle di esercizio per gli impianti della Provincia di Perugia con potenzialità minore di 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	CONCENTRAZIONI DI ESERCIZIO				CONCENTRAZIONI DI PROGETTO			
		BOD5	SS	NTOT	PTOT	BOD5	SS	NTOT	PTOT
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	154,0	65,0	62,5	5,0	350	450	68	17
GUBBIO	RAGGIO	53,0	114,0	39,0	4,5	-	-	-	-
MONTEFALCO	MONTEFALCO	36,5	43,2	24,0	1,1	300	400	65	15
TODI	ACCORPAMENTO EST	37,0	32,7	29,0	2,1	281	-	-	15
MARSCIANO	S.MARIA POGGIALI	195,0	166,0	54,0	5,7	270	290	42	0
BEVAGNA	CAPRO	103,0	29,5	29,1	4,8	375	500	63	19
C. DEL LAGO	PINETA	161,5	91,5	62,5	6,1	-	-	-	-
CASCIA	CASCIA	107,0	61,5	32,0	4,2	350	450	65	20
COLFIORITO	COLFIORITO	493,0	249,0	31,0	7,4	300	450	65	15
NOCERA UMBRA	LE CASE	16,5	13,4	12,8	0,8	294	-	-	-
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	121,0	85,0	47,0	3,6	213	319	35	11
SIGILLO	SIGILLO	107,0	85,0	24,0	2,5	325	450	65	15
GUBBIO	BRANCA	93,0	483,0	86,0	13,0	-	-	-	-
TODI	CASCIANELLA	45,0	43,0	51,0	4,2	333	389	66	17
CANNARA	CENTRO	52,0	38,9	22,0	1,5	300	450	65	15
MASSA MARTANA	SARRIOLI	54,0	70,0	29,0	2,5	495	452	87	16
PERUGIA	S.MARTINO	235,0	600,0	70,0	9,9	350	400	-	-
PERUGIA	S. ORFETO	74,0	118,0	34,0	3,3	250	300	46	11
CAMPELLO SUL CLIT.	CAMPELLO SUL CLIT.	55,0	34,5	32,0	2,7	292	333	54	12,5
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	37,0	26,4	29,0	2,1	300	400*	65*	15*
MAGIONE	S. ARCANGELO	74,0	40,5	43,0	3,6	400	467	87	20
PRECI	PRECI	14,0	29,0	7,4	0,9	300	n.d.	n.d.	n.d.
PERUGIA	MUGNANO	39,0	20,5	24,0	1,3	250	214	31	7

Tabella 2.2.3. Confronto fra le concentrazioni di progetto e quelle di esercizio per gli impianti della Provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	CONCENTRAZIONI DI ESERCIZIO				CONCENTRAZIONI DI PROGETTO			
		BOD5	SS	NTOT	PTOT	BOD5	SS	NTOT	PTOT
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
TERNI	MARATTA BASSA	61,2	108,4	21,2	3,3	227	276	40	9
ORVIETO	ORVIETO SCALO	95,0	70,0	84,0	0,9	219	281	41	9
NARNI	FUNARIA	84,0	65,4	38,5	2,9	225	220	45	10
TERNI	GABELLETTA	140,0	195,0	59,3	5,9	247	300	43,3	10
AMELIA	PATICCHI	125,0	585,0	39,8	3,9	300	-	60	15

I casi più significativi, fra quelli riportati in tabella, sono il depuratore di Preci, di Nocera Umbra, di Umbertide – Piandassino, Terni – Maratta Bassa, Pietralunga, Campello sul Clitunno, Cannara, Todi – Cascianella, Gubbio – Raggio, Montefalco e Todi - Accorpamento Est.

### 2.3. Impianti che presentano una disproporzione nel rapporto BOD<sub>5</sub>/N<sub>TOT</sub> in ingresso

In diversi impianti si è riscontrata la presenza di una anomala composizione del refluo in ingresso per quanto riguarda il rapporto BOD<sub>5</sub>/N<sub>TOT</sub>, sempre sbilanciato verso una maggiore presenza dei composti azotati. Questa situazione non consente al comparto biologico di un impianto a fanghi attivi di funzionare in modo adeguato. Ciò è particolarmente grave nel caso di impianti dotati di una fase nitro-denitro per la rimozione dell'azoto, che diventerebbe pertanto inefficace. Infatti, la diretta conseguenza di tale anomalia è che nella fase di pre-denitrificazione la quantità di carbonio non è sufficiente alla biomassa per rimuovere il nitrato. La quantità di BOD<sub>5</sub> necessario per il processo di denitrificazione è stimata in 3,4 Kg di BOD<sub>5</sub> per ogni Kg di azoto rimosso.

In un refluo civile il normale rapporto stechiometrico fra la quantità di BOD<sub>5</sub> e quella di azoto in ingresso è pari a 5. In genere in un impianto di depurazione la rimozione di azoto nella fase di denitrificazione è circa il 60% dell'azoto totale in ingresso; di conseguenza si assume 2 come rapporto di riferimento minimo tollerabile fra il BOD<sub>5</sub> e l'azoto affinché nella fase di denitrificazione sia possibile rimuovere la quantità di azoto nitrico prevista. Nelle Tabb. 2.3.1, 2.3.2 e 2.3.3 vengono riportati i rapporti BOD<sub>5</sub>/N rilevati da ARPA nei campionamenti effettuati negli anni 2001 e 2002.

*Tabella 2.3.1. Elenco impianti della Provincia di Perugia con potenzialità maggiore di 10.000 a.e., e relativo rapporto BOD<sub>5</sub>/N nel refluo in ingresso. Sono evidenziati in rosso i casi con BOD<sub>5</sub>/N minore di 2, in marrone i casi con BOD<sub>5</sub>/N compresi fra 2 e 4,5 e in azzurro i casi con BOD<sub>5</sub>/N maggiore di 4,5 (considerato corretto per il funzionamento del processo a fango attivo).*

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZIALITA' PROGETTO A.E.	RAPPORTO BOD <sub>5</sub> -AZOTO IN INGRESSO
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	5,1
FOLIGNO	CASONE	60.000	4,1
ASSISI-BASTIA	COSTANO	57.000	4,1
PERUGIA	SAN SISTO	40.000	4,1
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000	3,3
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	4,9
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	30.000	4,4
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000	5,0
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	20.000	2,1
G. TADINO - F. DI VICO	ALOGNE	16.560	2,7
DERUTA	DERUTA	16.150	2,3
GUBBIO	S.ERASMO	15.000	1,2
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000	2,4
SPELLO	CASTELLACCIO	14.000	2,4
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200	10,0
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	12.000	2,5
NORCIA	SERRAVALLE	12.000	7,0
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	0,8

Tabella 2.3.2. Elenco impianti della Provincia di Perugia con potenzialità minore di 10.000 a.e., e relativo rapporto BOD5/N nel refluo in ingresso. Sono evidenziati in rosso i casi con BOD5/N minore di 2, in marrone i casi con BOD5/N compresi fra 2 e 4,5 e in azzurro i casi con BOD5/N maggiore di 4,5 (considerato corretto per il funzionamento del processo a fango attivo).

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZIALITA' PROGETTO	RAPPORTO BOD5-AZOTO IN INGRESSO
		A.E.	
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	9.000	2,5
GUBBIO	RAGGIO	7.500	1,4
MONTEFALCO	MONTEFALCO	7.000	1,5
TODI	ACCORPAMENTO EST	6.400	1,3
MARSCIANO	S.MARIA POGGIALI	6.000	3,6
BEVAGNA	CAPRO	4.500	3,5
C. DEL LAGO	PINETA	4.000	2,6
CASCIA	CASCIA	4.000	3,3
COLFIORITO	COLFIORITO	4.000	15,9
NOCERA UMBRA	LE CASE	4.000	1,3
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	4.000	2,6
SIGILLO	SIGILLO	4.000	4,5
GUBBIO	BRANCA	3.500	1,1
TODI	CASCIANELLA	3.500	0,9
CANNARA	CENTRO	2.800	2,4
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650	1,9
PERUGIA	S.MARTINO	2.500	3,4
PERUGIA	S. ORFETO	2.400	2,2
CAMPELLO SUL CLIT.	CAMPELLO SUL CLIT.	2.000	1,7
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	2.000	1,3
MAGIONE	S. ARCANGELO	1.800	1,7
PRECI	PRECI	1.600	1,9

Tabella 2.3.3. Elenco impianti della Provincia di Terni e relativo rapporto BOD5/N nel refluo in ingresso. Sono evidenziati in rosso i casi con BOD5/N minore di 2, in marrone i casi con BOD5/N compresi fra 2 e 4,5 e in azzurro i casi con BOD5/N maggiore di 4,5 (considerato corretto per il funzionamento del processo a fango attivo).

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZIALITA' PROGETTO	RAPPORTO BOD5-AZOTO IN INGRESSO
		A.E.	
TERNI	MARATTA BASSA	150.000	2,9
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000	1,1
NARNI	FUNARIA	15.000	2,2
TERNI	GABELLETTA	15.000	2,4
AMELIA	PATICCHI	8.500	3,1

Una delle possibili cause delle anomalie riscontrate nel rapporto BOD<sub>5</sub>/N<sub>TOT</sub> è la diffusa presenza di vasche Imhoff o fosse settiche che scaricano il liquame trattato in fognatura. Un sistema di questo tipo, infatti, riesce ad abbattere il carbonio presente nel liquame, ma non l'azoto, che non subisce variazioni apprezzabili.

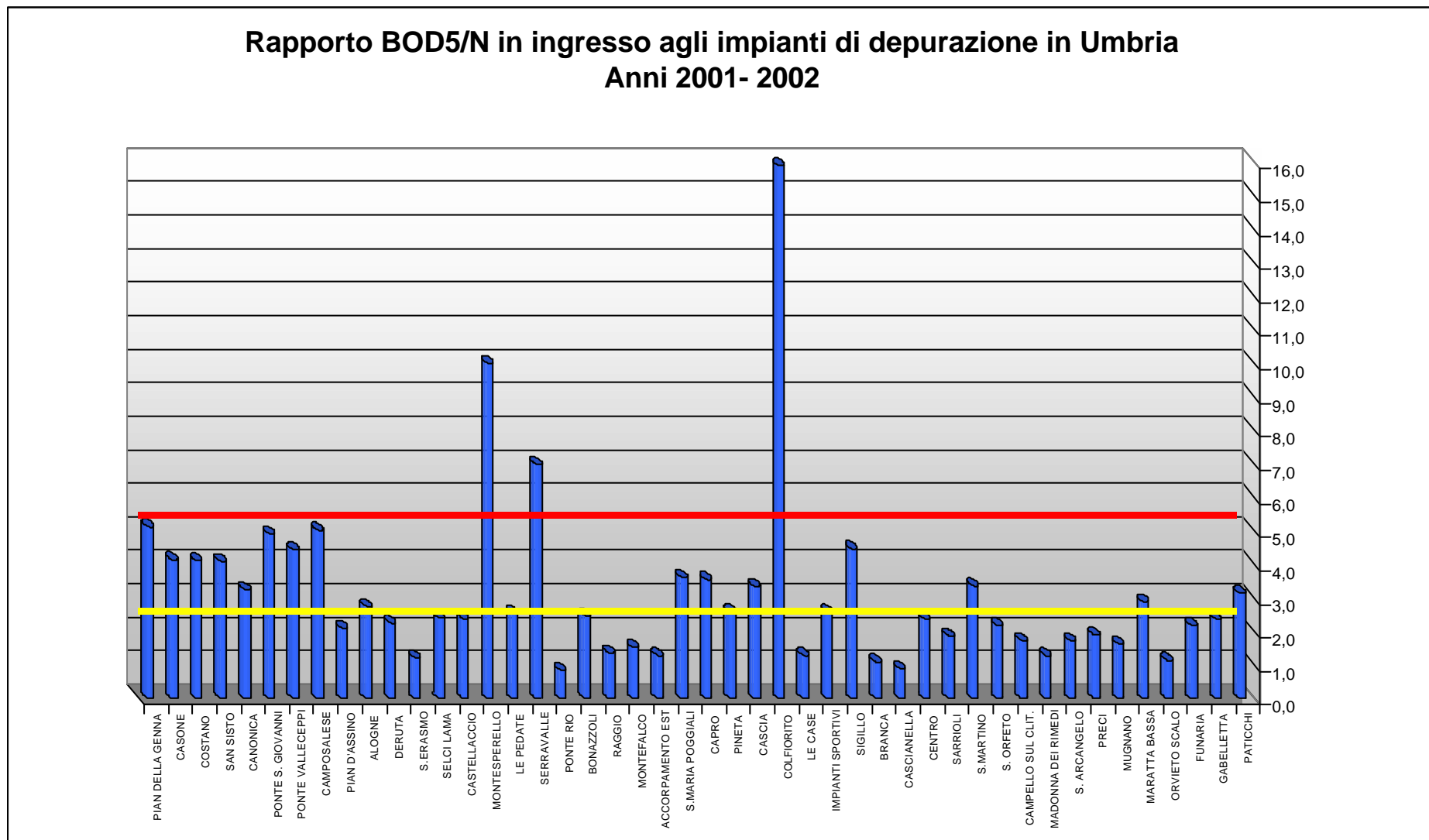
La presenza di vasche Imhoff è ancora molto diffusa nelle zone residenziali a bassa densità abitativa, in quanto era stato considerato un buon sistema di trattamento dei reflui domestici prima della diffusione dei sistemi di collettamento centralizzati.

Nel momento in cui si è proceduto all'estensione delle reti fognarie nelle zone periferiche, caratterizzate da case sparse e piccoli agglomerati urbani, non è stata prevista l'esclusione di questi piccoli impianti domestici dalla rete fognaria. Quindi, ancora oggi, tali sistemi effettuano un primo trattamento del refluo che, non solo non sarebbe necessario, ma risulta addirittura dannoso per la capacità di modificare i corretti rapporti stechiometrici fra gli inquinanti. Dalle tabelle precedenti il fenomeno risulta evidente in modo particolare per piccoli depuratori costruiti di recente in zone rurali, che ricevono i reflui inappropriati degli insediamenti ancora dotati di fosse settiche ancora funzionanti.

Altre probabili cause dell'eccessiva presenza di azoto nei reflui possono essere ricondotte alla presenza di scarichi puntuali ad alto contenuto di azoto di origine industriale o zootecnica, al trattamento di reflui non canalizzati come percolato, oppure, come nel caso del depuratore di Terni - Maratta Bassa e di altri, al convogliamento in fognatura di fossi di scolo di aree agricole.

Su 45 impianti controllati solo 7 hanno presentato un rapporto ottimale di BOD/N maggiore di 4,5. In altri 24 depuratori è stato rilevato un rapporto compreso fra il minimo tollerabile (2) e 4,5, condizione considerata soddisfacente per un corretto funzionamento dell'impianto. Quattordici impianti hanno presentato un rapporto al di sotto del valore 2, nettamente insufficiente per raggiungere una buona efficienza depurativa nella rimozione dell'azoto; si può notare come la maggior parte di questi depuratori, e più precisamente 12, abbiano una potenzialità di progetto al di sotto dei 10.000 a.e., a supporto delle ipotesi precedentemente esposte.

Tabella 2.3.4. Rapporto BOD5/N in ingresso agli impianti di depurazione.



## 2.4. Disfunzioni impiantistiche legate ad anomalie nella composizione del refluo in ingresso e alla presenza di scarichi tossici.

Gli scarichi tossici possono provocare problemi di bulking e schiume, favorendo la proliferazione di microrganismi filamentosi (idrocarburi, tensioattivi o altre sostanze di natura organica), oppure innescare fenomeni di pin-point (impedimento nella formazione di fiocchi) con notevole impoverimento delle popolazioni microbiche.

Tale situazione è provocata, in alcuni casi, dall'attuale situazione delle autorizzazioni allo scarico in pubblica fognatura, dei relativi controlli e delle modalità di scarico. In alcune situazioni il gestore dell'impianto di depurazione è costretto a trattare il liquame che arriva dalla pubblica fognatura, senza aver modo di controllare che siano rispettati i limiti di scarico dal punto di vista qualitativo e quantitativo, in modo particolare per quanto riguarda gli scarichi derivanti da particolari attività produttive.

L'elenco degli impianti per i quali è stata ripetutamente segnalata dal gestore la presenza di scarichi tossici è riportato di seguito:

Tabella 2.4.1. Depuratori soggetti alla presenza di scarichi tossici in fognatura

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZIALITA DI PROGETTO (A.E.)
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000
FOLIGNO	CASONE	60.000
PERUGIA	SAN SISTO	40.000
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	20.000
G. TADINO - F. DI VICO	ALOGNE	16.560
DERUTA	DERUTA	16.150
GUBBIO	S.ERASMO	15.000
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200
PERUGIA	PONTE RIO	12.000
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650

In aggiunta a quelli riportati in elenco, si ricorda che il depuratore di Todi - Pantalla da diverso tempo è in condizione di fermo impianto per la presenza nel liquame fognario di uno scarico tossico abusivo, probabilmente idrocarburi e non ancora localizzato, che impedisce la formazione di biomassa nel comparto biologico.

Lo smaltimento di reflui non canalizzati apporta al liquame inviato agli impianti di depurazione un certo grado di tossicità che spesso inibisce il corretto svolgimento del processo depurativo. Quasi tutti i reflui non canalizzati, percolato in particolare, prima di essere trattati unitamente agli scarichi di origine civile sono sottoposti ad un pretrattamento per abbatterne la tossicità.

Tabella 2.4.2. Impianti autorizzati a trattare reflui non canalizzati – D.L.gs 22/97

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	Quantità
		PROGETTO	(mc/d)
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	300
FOLIGNO	CASONE	60.000	200
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000	74
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	150
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000	50
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	57
GUBBIO	RAGGIO	7.500	-
TERNI	MARATTA BASSA	150.000	65
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000	20
NARNI	FUNARIA	15.000	4,2

Lo smaltimento di reflui non canalizzati non costituisce in via di principio un problema se questa attività viene svolta presso impianti che dispongono di adeguati margini per il trattamento di tali sostanze nelle dovute quantità. Il problema può nascere nel momento in cui queste sostanze vengono smaltite presso impianti che, per varie ragioni, stentano a trattare i reflui di origine civile provenienti dalla pubblica fognatura.

Difatti il trattamento di questi reflui non può essere sopportato da impianti che già di per sé stessi presentano problemi di funzionamento nel trattare i liquami provenienti dalla pubblica fognatura (vedi Casone, Camposalese, Ponte Rio). In questi casi le analisi effettuate sul refluo in uscita evidenziano come l'impianto non riesce a trattare tutto il carico inquinante in ingresso e rispettare i limiti di scarico, in modo particolare per l'azoto ammoniacale e l'azoto nitrico.

## 2.5. Confronto fra la potenzialità effettiva calcolata sulla base del BOD<sub>5</sub> e quella calcolata sulla base dell'Azoto Totale.

Nel paragrafo 2.3 è già stato evidenziato come la composizione del refluo in ingresso presenti, spesso, anomalie nei rapporti fra le diverse sostanze inquinanti, in modo particolare per quanto riguarda le concentrazioni di BOD<sub>5</sub> e di Azoto Totale. La situazione risulta particolarmente evidente se mettiamo a confronto il numero degli abitanti effettivi calcolato sulla base del BOD<sub>5</sub> con quello gli abitanti effettivi calcolato sulla base dell'azoto totale.

Per valutare gli abitanti equivalenti realmente serviti, abbiamo utilizzato, nei calcoli, i seguenti apporti unitari (come da prassi consolidata): 60 gr/abxd per il BOD<sub>5</sub>, 13 gr/abxd per l'azoto totale. Nella quarta e quinta colonna delle Tab. 2.5.1, 2.5.2 e 2.5.3 sono evidenziati in rosso gli impianti in cui il numero degli abitanti effettivi serviti risulti maggiore di quello previsto in fase di progetto. E' evidente come il numero dei depuratori sovraccaricati per l'Azoto Totale sia di gran lunga molto maggiore di quello degli impianti sovraccaricati per il BOD<sub>5</sub>. Nell'ultima colonna è riportato il rapporto fra il numero degli abitanti effettivi calcolato sulla base dell'azoto totale e quello calcolato sulla base del BOD<sub>5</sub>. Il valore atteso di tale rapporto è pari a 1 (100% in percentuale) mentre in realtà nella maggior parte degli impianti si rilevano valori molto superiori al 120% (evidenziati in rosso). Le cause presunte sono state trattate nel paragrafo 2.3.

Tabella 2.5.1. Confronto degli abitanti effettivi calcolati sulla base dell'azoto e del BOD<sub>5</sub> per i depuratori della Provincia di Perugia con potenzialità maggiore di 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E. PROGETTO	A.E. effettivi BOD	A.E. effettivi AZOTO	RAPPORTO
					A.E.AZOTO/A.E.BOD5
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	64.540	58157	90%
FOLIGNO	CASONE	60.000	<b>69.886</b>	<b>77969</b>	112%
ASSISI-BASTIA	COSTANO	57.000	23.183	26000	112%
PERUGIA	SAN SISTO	40.000	8.167	9231	113%
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000	19.500	27692	<b>142%</b>
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	16.950	15923	94%
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	30.000	21.775	22677	104%
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000	20.615	18958	92%
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	20.000	2.282	5015	<b>220%</b>
G. TADINO - F. DI VICO	ALOGNE	16.560	2.779	4700	<b>169%</b>
DERUTA	DERUTA	16.150	10.290	<b>21108</b>	<b>205%</b>
GUBBIO	S.ERASMO	15.000	7.313	<b>28038</b>	<b>383%</b>
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000	5.738	11077	<b>193%</b>
SPELLO	CASTELLACCIO	14.000	6.622	12892	<b>195%</b>
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200	11.733	5415	46%
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	12.000	2.129	3864	<b>181%</b>
NORCIA	SERRAVALLE	12.000	8.800	5815	66%
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	7.787	<b>43323</b>	<b>556%</b>



Tabella 2.5.2. Confronto degli abitanti effettivi calcolati sulla base dell'azoto e del BOD5 per i depuratori della Provincia di Perugia con potenzialità minore di 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	A.E. effettivi	A.E. effettivi	RAPPORTO
					A.E.AZOTO/A.E.BOD5
		PROGETTO	BOD	AZOTO	
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	9.000	3.498	6553	187%
GUBBIO	RAGGIO	7.500	1.060	3600	340%
MONTEFALCO	MONTEFALCO	7.000	462	1403	303%
TODI	ACCORPAMENTO EST	6.400	842	3045	362%
MARSCIANO	S.MARIA POGGIALI	6.000	6.978	8918	128%
BEVAGNA	CAPRO	4.500	687	894	130%
C. DEL LAGO	PINETA	4.000	740	1322	179%
CASCIA	CASCIA	4.000	1.284	1772	138%
COLFIORITO	COLFIORITO	4.000	3.780	1097	29%
NOCERA UMBRA	LE CASE	4.000	330	1182	358%
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	4.000	1.795	3218	179%
SIGILLO	SIGILLO	4.000	596	617	104%
GUBBIO	BRANCA	3.500	504	2150	427%
TODI	CASCIANELLA	3.500	473	2472	523%
CANNARA	CENTRO	2.800	1.040	2031	195%
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650	248	616	248%
PERUGIA	S.MARTINO	2.500	4.700	6462	137%
PERUGIA	S. ORFETO	2.400	1.850	3923	212%
CAMPELLO SUL CLIT.	CAMPELLO SUL CLIT.	2.000	293	788	269%
PIETRALLUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	2.000	592	2142	362%
MAGIONE	S. ARCANGELO	1.800	622	1667	268%
PRECI	PRECI	1.600	336	820	244%
PERUGIA	MUGNANO	1.500	247	702	284%

Tabella 2.5.3. Confronto degli abitanti effettivi calcolati sulla base dell'azoto e del BOD5 per i depuratori della Provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	A.E. effettivi	A.E. effettivi	RAPPORTO
					A.E.AZOTO/A.E.BOD5
		PROGETTO	BOD	AZOTO	
TERNI	MARATTA BASSA	150.000	66.096	105674	160%
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000	7.600	31015	408%
NARNI	FUNARIA	15.000	3.696	7818	212%
TERNI	GABELLETTA	15.000	2.940	5748	195%
AMELIA	PATICCHI	8.500	2.833	4164	147%

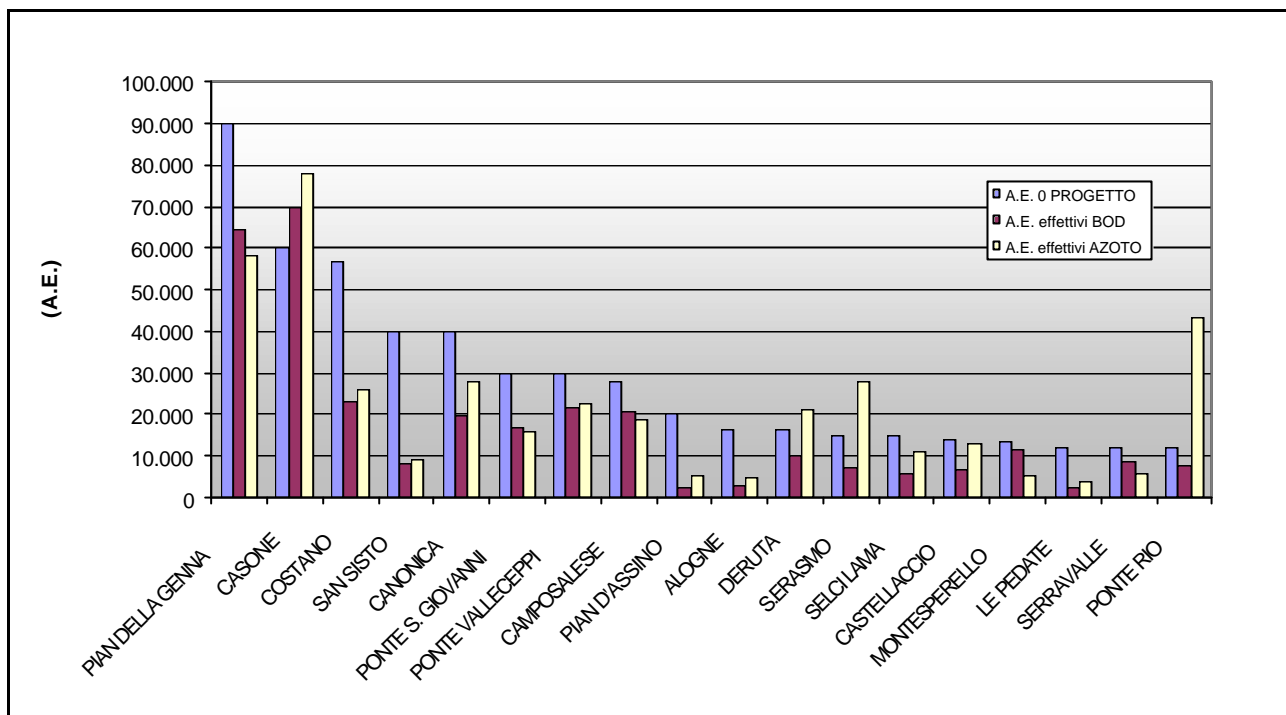


Figura 2.5.1. Confronto fra la Potenzialità di Progetto, gli A.E. effettivi sulla base del BOD5 e gli A.E. effettivi sulla base dell'Azoto Totale - Provincia di Perugia (Potenzialità > 10.000 A.E.).

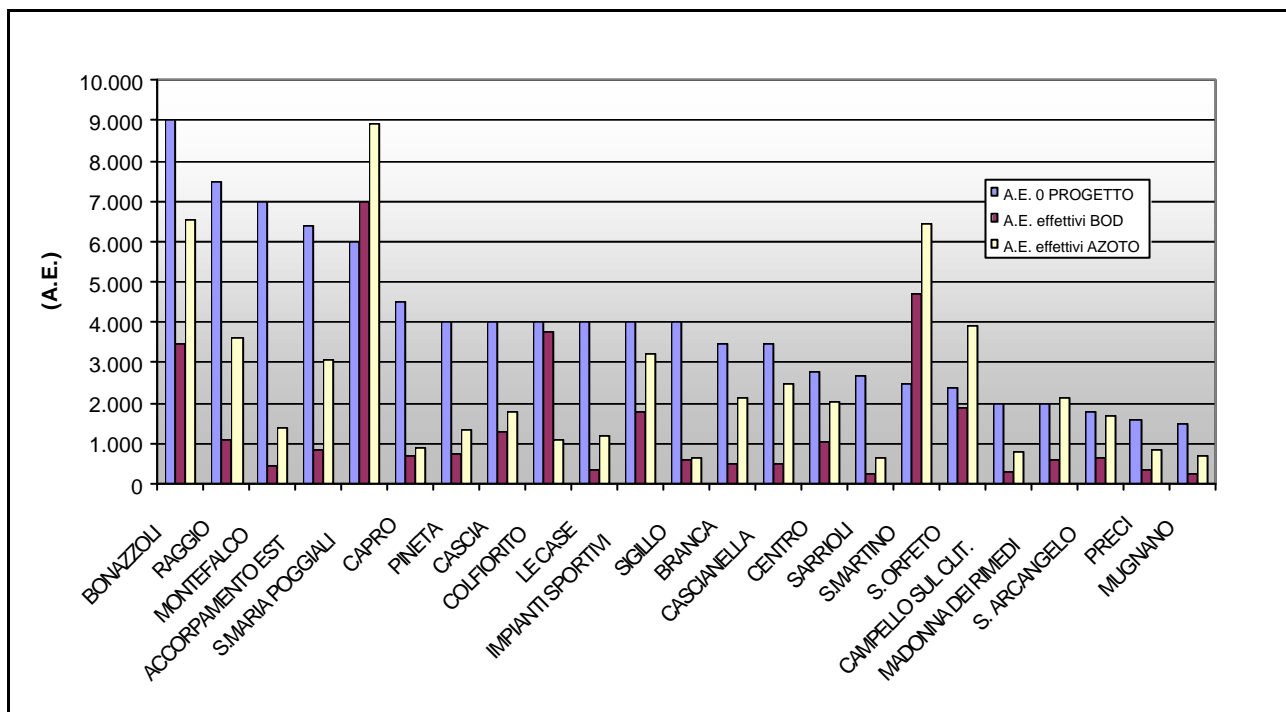


Figura 2.5.2. Confronto fra la Potenzialità di Progetto, gli A.E. effettivi sulla base del BOD5 e gli A.E. effettivi sulla base dell'Azoto Totale - Provincia di Perugia (Potenzialità < 10.000 A.E.).

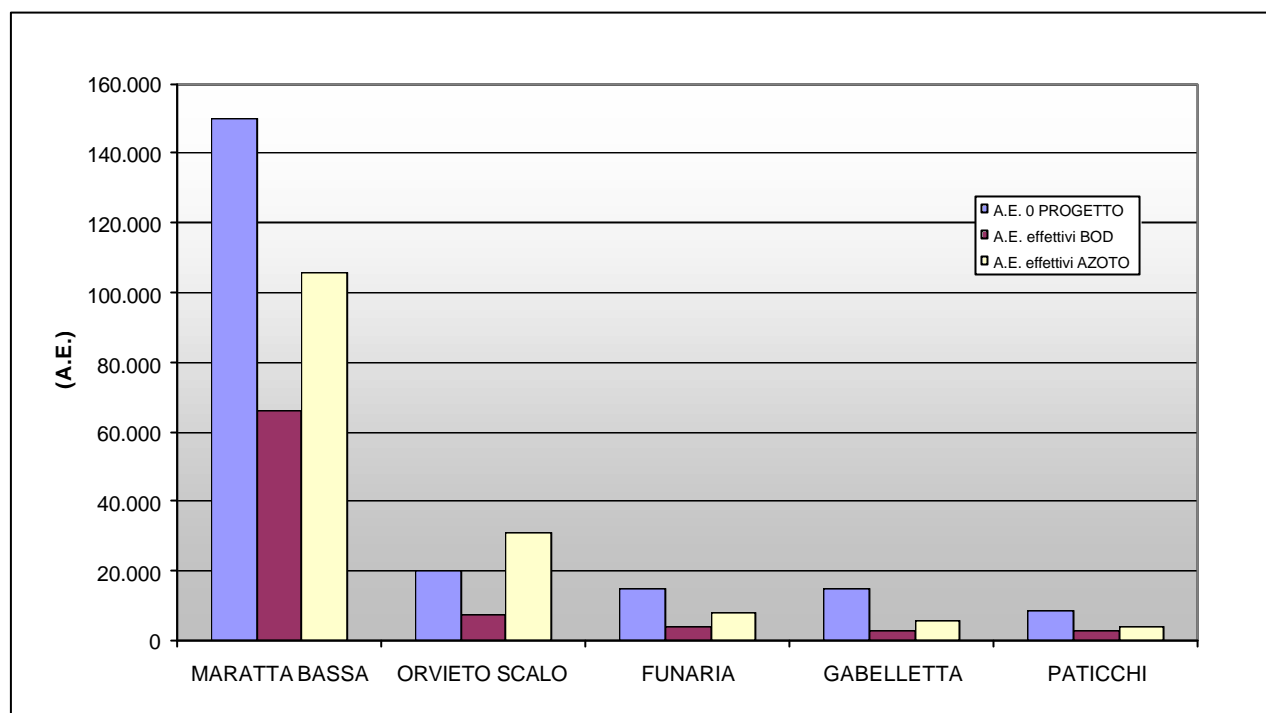


Figura 2.5.3. Confronto fra la Potenzialità di Progetto, gli A.E. effettivi sulla base del BOD5 e gli A.E. effettivi sulla base dell'Azoto Totale - Provincia di Terni.

Dalle precedenti Tabelle e Figure i casi più eclatanti sono rappresentati dall'impianto di Perugia - Ponte Rio (556%), Gubbio - Branca (427%), Gubbio - S.Erasmo (383%), Gubbio - Raggio (340%), Montefalco (303%), Todi - Accorpamento Est (362%), Nocera - Le Case (350%), Todi - Cascianella (523%) e Pietralunga (362%).

Per ulteriori valutazioni ed approfondimenti inerenti le probabili cause ed i relativi problemi di funzionamento del depuratore si rimanda al paragrafo 3.2 "Rimozione dell'Azoto - Valutazione dell'efficienza" ed alle schede tecniche dei singoli impianti.

### 3. VERIFICA DEL CORRETTO DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

#### 3.1 Criteri utilizzati per la verifica

La verifica della funzionalità degli impianti di depurazione è stata effettuata in base all'effettivo carico in ingresso all'impianto, rilevato mediante un monitoraggio quantitativo e qualitativo del refluo in ingresso. Non si è fatto riferimento, invece, alla popolazione servita dalla rete fognaria (dati comunali), dal momento che, spesso, nella rete intervengono fenomeni incontrollati a modificare le previsioni suggerite dall'utilizzo di tali informazioni.

Con la metodologia da noi adottata, infatti, risulta possibile riscontrare disfunzioni nel processo dovute sia ad anomalie nella composizione del refluo in ingresso (imputabili a scarichi di attività produttive e/o zootecniche), sia alla capacità intrinseca del depuratore di smaltire il carico in arrivo.

I dati di base utilizzati per la verifica sono:

- la portata media giornaliera effettivamente influente all'impianto;
- le concentrazioni medie del refluo in ingresso.

Il dato di portata è stato fornito dai gestori mediante la lettura dei misuratori di portata in uscita dall'impianto, oppure dalla lettura dei contaore installati sulle pompe di sollevamento. In alcuni casi si è reso necessario installare contaore negli impianti sprovvisti di sistemi, anche rudimentali, di misurazione della quantità di refluo trattato.

Le caratteristiche qualitative del refluo, ed in particolare BOD<sub>5</sub>, SS, N<sub>tot</sub> e P<sub>tot</sub>, sono state determinate da A.R.P.A. su campioni compositi prelevati in ingresso sulle 24 ore, mediante campionatori automatici. I valori ottenuti sono stati confrontati ed integrati con i valori degli autocontrolli effettuati dal gestore.

In base ai dati così trattati, è stato possibile verificare la correttezza del dimensionamento dell'impianto, al fine di accertare la congruità dei trattamenti previsti con la quantità e qualità del refluo in ingresso. Per una lunga serie di ragioni, in parte già esposte nei paragrafi precedenti, le caratteristiche quantitative e qualitative del refluo sono quasi sempre molto diverse dalle previsioni progettuali.

La verifica del dimensionamento degli impianti è stata eseguita fissando valori guida per i seguenti parametri:

- età del fango pari a 15 giorni per gli impianti che prevedono una successiva fase di stabilizzazione dei fanghi di supero (dato che dovrebbe essere garantita la nitrificazione dell'ammoniaca in ingresso);

età del fango pari a 25 giorni per gli impianti progettati per garantire l'ossidazione completa del fango.

temperatura minima di esercizio pari a 11°C;

- concentrazione di solidi sospesi totali (MLSS) in vasca pari a 4 g/l;
- velocità di risalita nei sedimentatori primari pari a 0,75 m/s;
- velocità di risalita nei sedimentatori secondari pari a 0,50 m/s;

Di seguito, inoltre, vengono riportati i principali criteri di dimensionamento adottati per la verifica dell'efficienza degli impianti in base alle caratteristiche del refluo in ingresso.

## CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

### Dati di Base

- Portata media nera di esercizio in  $m^3/d$ ;
- Concentrazioni di  $BOD_5$ , Solidi Sospesi,  $N_{TOT}$  e relativi carichi in ingresso all'impianto.

La stima degli Abitanti Equivalenti di esercizio viene fatta in base al carico di  $BOD_5$  in ingresso all'impianto, ipotizzando che l'apporto giornaliero di  $BOD_5$  di ogni A.E. sia pari a 60 gr.

Risulta quindi:

$$A.E. \text{ esercizio} = \frac{BOD_5 \text{ (g/d)}}{60 \text{ (g/d/a.e.)}}$$

### Sedimentazione Primaria

La verifica dell'efficienza del sedimentatore primario viene effettuata confrontando i valori del carico superficiale su  $Q_m$  (portata media nera) di esercizio con i valori considerati ottimali. Nel caso in cui il carico superficiale risulti maggiore di quello che riesce a garantire una buona efficienza del comparto, si procede alla stima della superficie aggiuntiva necessaria per raggiungere tale valore.

Carico superficiale ottimale su  $Q_m$ :  $0.70 \div 0.80 \text{ m/h}$

In una sedimentazione primaria efficiente si considera:

- un abbattimento di SS pari al 60%;
- una rimozione di  $BOD_5$  pari al 25%;
- un abbattimento del 10% di azoto in ingresso che viene allontanato con i fanghi di supero.

### Dimensionamento della Sezione Biologica

Definizioni:

$BOD_5$ rim/d	Quantità di $BOD_5$ rimosso giornalmente (Kg/d)
$BOD_5$ in/d	Quantità di $BOD_5$ in ingresso giornalmente (Kg/d)
SS in/d	Quantità di Solidi Sospesi in ingresso giornalmente (Kg/d)
MLSS bac	Quantità di fanghi biologici presenti nel bacino (Kg)
A	Età del fango (d)
$C_m$	Carico di Massa del fango
b	Frazione di MLSS che giornalmente viene distrutta per morte naturale. Questo valore è funzione di $C_m$ secondo la Tabella di seguito
K	Costante che dipende dal $BOD_5$ e dagli SS in ingresso al biologico
R	Costante che è pari a 0.2 se l'impianto è provvisto di sedimentazione primaria, altrimenti si assume un valore di 0.27 se l'impianto è privo di sedimentazione primaria.
MLVSS prod/d	Produzione giornaliera di fanghi biologici (frazione volatile) (Kg/d)
cMLSS	Concentrazione di MLSS in vasca (g/l)
MLSS den	Quantità di fanghi biologici in vasca di denitrificazione (Kg)
$N-NO_3$ den/d	Quantità di azoto nitrico da denitrificare al giorno (Kg/d)

Tabella A – Valori sperimentali di  $a'$ ,  $b$  e  $b'$  in funzione di  $C_m$ 

$C_m$	$b$	$a$	$b'$
0.02	0.013	0.660	0.018
0.03	0.018	0.660	0.025
0.04	0.023	0.660	0.033
0.05	0.028	0.660	0.040
0.06	0.033	0.660	0.047
0.07	0.037	0.660	0.052
0.08	0.040	0.660	0.057
0.09	0.044	0.660	0.062
0.10	0.046	0.653	0.066
0.12	0.051	0.638	0.073
0.14	0.056	0.625	0.080
0.15	0.058	0.618	0.083
0.16	0.060	0.612	0.085
0.18	0.063	0.600	0.089
0.20	0.065	0.591	0.093
0.22	0.068	0.585	0.096
0.24	0.070	0.578	0.100
0.26	0.073	0.572	0.103
0.28	0.075	0.566	0.106
0.30	0.076	0.560	0.108
0.32	0.079	0.554	0.112
0.34	0.080	0.548	0.113
0.36	0.080	0.542	0.114

Parametri imposti per l'effluente in uscita

- BOD<sub>5</sub>                                      20     mg/l
- N-NH<sub>4</sub>                                        5       mg/l
- N-NO<sub>3</sub>                                        10      mg/l

Età minima del fango per ottenere la nitrificazione:                                       $A = 6.5 \times 0.914^{T_{inv}-20}$

assumendo cautelativamente una temperatura invernale ( $T_{inv}$ ) nel bacino di ossidazione - nitrificazione pari a 11°C si ottiene  $A = 15$  giorni, mentre per gli impianti ad ossidazione totale si assume un'età del fango pari a 25 giorni.

Costante di denitrificazione:                                       $K_{den} = 2.5 \times 1.02^{T_{inv}-20}$

assumendo una temperatura invernale ( $T_{inv}$ ) nel bacino di ossidazione/nitrificazione pari a 11°C si ottiene  $K_{den} = 2.1$  (g di N rimosso/ora/Kg di MLVSS)

Efficienza del Biologico:                                       $Eff. Biol. = \frac{BOD_5 rim/d}{BOD_5 in/d}$

$$\underline{K} = \frac{SS_{in}/d}{BOD_5_{in}/d}$$

Carico di massa del fango ( $d^{-1}$ ): 
$$C_m = \frac{BOD_5 \cdot in/d}{MLSS_{bac}}$$

Relazione tra  $C_m$ ,  $A$  e  $b$ :

$$C_m = \frac{1/A + 0.75 \cdot b}{0.56 \cdot Eff.Biol. + 0.5 \cdot K}$$

Rapporto fra MLVSS e MLSS che si stabilisce all'equilibrio:

$$\frac{MLVSS}{MLSS} = 1 - \frac{\frac{R \cdot K}{Eff.Biol.}}{0.56 - \frac{0.75 \cdot b}{C_m \cdot Eff.Biol.} + \frac{0.5 \cdot K}{Eff.Biol.}}$$

Volume totale del bacino di Ossidazione-Nitrificazione-Denitrificazione:

$$V_{Ox-N-Den} = \frac{BOD_5 \cdot in/d}{C_m \cdot cMLSS}$$

Volume del bacino Denitrificazione:

$$MLSS_{den} = \frac{N - NO_3 \cdot den/d}{K_{Den} \cdot \frac{MLVSS}{MLSS}}$$

Una volta determinata la quantità di MLSS da mantenere nel bacino di denitrificazione, il volume si ottiene dividendo per la concentrazione di MLSS in vasca (valore ottimale 4 g/l):

$$V_{Den} = \frac{MLSS_{den}}{cMLSS}$$

BOD<sub>5</sub> consumato nel bacino di denitrificazione (Kg) = 3.4 x N-NO<sub>3</sub> Kg den/d

### Sedimentazione Secondaria

La verifica dell'efficienza del sedimentatore secondario viene effettuata analogamente a quella del sedimentatore primario. Il valore del Carico superficiale ottimale è ovviamente più basso.

Carico superficiale ottimale su  $Q_m$  0.50 ÷ 0.60 m/h

### 3.2 Rimozione dell'Azoto – Valutazione dell'efficienza

Accanto alla rimozione del carbonio un altro problema da affrontare all'interno di un depuratore biologico è quello del trattamento dell'azoto che, nei suoi diversi stadi di ossidazione, può implicare problemi di varia natura nei corpi idrici ricettori:

- eutrofizzazione dei corpi idrici a debole ricambio.
- abbassamento del tenore di ossigeno disciolto, dovuto all'ossidazione batterica dei composti azotati;
- tossicità dell'azoto ammoniacale per la fauna ittica, quando esso sia presente in forma di ammoniaca libera (NH<sub>3</sub>), già considerevole per concentrazioni di 0,01 mg/l di N-NH<sub>3</sub>;
- limitazioni agli usi idropotabili per i rischi connessi alla presenza di nitrati per la salute umana (tumori all'apparato digerente, cianosi infantile). Per tale motivo le norme dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stabiliscono una concentrazione massima di 11 mg/l di N-NO<sub>3</sub> nelle acque potabili.

La rimozione biologica dell'azoto avviene attraverso una fase ossidativa di nitrificazione, che può essere seguita da una fase riduttiva di denitrificazione, con produzione di azoto molecolare (N<sub>2</sub>) immediatamente ceduto all'atmosfera.

#### **Nitrificazione**

Per nitrificazione si intende l'ossidazione dei composti inorganici dell'azoto allo stato ridotto, svolta da batteri autotrofi. Tali microrganismi sono in grado di utilizzare per la sintesi cellulare carbonio inorganico, procurandosi l'energia necessaria dall'ossidazione dell'ammoniaca, e poi dei nitriti, usando l'ossigeno libero come accettore di elettroni. Nel trattamento delle acque reflue risultano di particolare interesse i batteri del genere *Nitrosomonas*, per l'ossidazione dell'ammoniaca a nitriti, e del genere *Nitrobacter* per l'ossidazione dei nitriti a nitrati.

Le cause che possono produrre malfunzionamento alla fase di nitrificazione sono molteplici, rendendo tale processo biologico il più vulnerabile dell'intero ciclo. Le lente cinetiche che contraddistinguono i batteri del genere *Nitrosomonas* sono la principale causa di vulnerabilità. In conseguenza di tale "lentezza" una perturbazione nel sistema può allungare di molto i tempi di recupero dell'efficienza del sistema. In particolare, le cause principali di disfunzione sono legate alla natura delle acque reflue, alla temperatura, al pH, alla presenza di zone non aerate, alla concentrazione di ossigeno disciolto e alla variabilità della portata e del carico inquinante. Oltre a ciò, un funzionamento irregolare di tale comparto ha una diretta ripercussione negativa sulla fase di denitrificazione, quando presente, in cui mancherebbe il substrato necessario (nitrati) allo svolgimento del processo.

Per quanto riguarda gli impianti umbri dal nostro studio le principali cause di malfunzionamento dei processi di nitrificazione possono essere imputabili a:

- insufficiente età del fango;
- basso tenore di ossigeno disciolto nel reattore aerobico dovuto a inefficienza o malfunzionamento del sistema di aerazione;
- eccessivo carico di azoto ammoniacale rispetto alla quantità di biomassa presente nel reattore e/o rispetto alle previsioni progettuali;
- trattamento di eccessive quantità di reflui non canalizzati, percolato in particolare, molto ricchi di composti azotati;
- eccessiva portata in ingresso agli impianti che possono provocare cortocircuiti idraulici;
- presenza di scarichi tossici nella rete fognaria che inibiscono il processo di crescita batterica;
- temperature del refluo in ingresso eccessivamente basse (in modo particolare per le zone montane);
- insufficiente volume del comparto di aerazione;



Questo problema non investe i depuratori che si basano unicamente sui processi ossidativi del BOD5, contraddistinti da cinetiche notevolmente più veloci (es. Todi – Cascianella, Todi – Impianti Sportivi, Perugia – S.Martino, Bevagna – Capro, Nocera Umbra – Le Case, etc.)

### Denitrificazione

Il processo di denitrificazione permette la rimozione dei composti dell'azoto presenti in soluzione sotto forma di  $\text{NO}_3^-$  ad opera di batteri eterotrofi facoltativi denitrificanti che sono in grado di convertire queste sostanze ad azoto gassoso che si libera, quindi, nell'atmosfera.

La rimozione di  $\text{NO}_3^-$  dai liquami di scarico è un obiettivo fondamentale per:

- evitare fenomeni di eutrofizzazione dei corpi idrici recettori;
- preservare le acque per uso idropotabile dalla presenza di ossidi di azoto (nitriti e nitrati) per evitare i rischi accertati per la salute umana.

La denitrificazione è operata da batteri eterotrofi facoltativi che, se posti in condizioni di anossia (cioè in assenza di ossigeno disciolto e in presenza di nitrati), sono in grado di ossidare il substrato carbonioso organico utilizzando i nitrati invece dell' $\text{O}_2$ , producendo azoto gassoso come catabolita.

Per permettere il realizzarsi del processo di denitrificazione occorre mantenere una leggera miscelazione del mixed liquor senza, però, favorire l'ossigenazione della biomassa (adozione di miscelatori lenti). In tal modo, l'ossigeno disciolto eventualmente presente, risultando preferenziale come accettore di elettroni, si limiterebbe a consumare il substrato carbonioso senza provocare la riduzione dei nitrati.

La reazione di denitrificazione, se condotta in condizioni chimico fisiche ottimali (cioè pH compreso tra 8-8,5, ossigeno disciolto inferiore a 0,5 mg/l, assenza di composti tossici o inibenti i batteri eterotrofi), è limitata solo dalla concentrazione di nitrati presenti e dalla disponibilità di substrato carbonioso biodegradabile. È importante, dunque, che vi sia un giusto rapporto fra carbonio e azoto nel liquame influente.

Negli impianti da noi controllati spesso il rapporto fra questi due elementi non risulta idoneo a garantire il buon andamento del processo (mancanza di substrato carbonioso nel liquame in ingresso). Oltre a ciò, altre cause di disfunzione del processo, riscontrate negli impianti oggetto di studio, si identificano con:

- **eccessivo tenore di ossigeno disciolto prove niente dalla vasca di aerazione o da eccessiva turbolenza;**
- **esistenza di situazioni di by-pass idraulico del comparto (vedi Bonazzoli);**
- **insufficiente dimensionamento del comparto;**
- **eccessivo carico di azoto nitrico rispetto alla quantità di biomassa presente nel reattore e/o rispetto alle previsioni progettuali;**
- **mancanza di nitrato dovuto a disfunzioni della fase di nitrificazione;**

Di seguito è riportato l'elenco degli impianti di depurazione con l'indicazione del tipo di sistema Nitro-Denitro adottato (Tabb. 3.2.1-3.2.6). Nelle tabelle sono contraddistinti dal simbolo X i depuratori con sistema classico (bacino anossico in testa alla fase aerobica) e con il simbolo T gli impianti in cui la nitrificazione e denitrificazione avvengono nello stesso bacino temporizzando il sistema di aerazione.

Nelle colonne a destra sono riportati i valori, da noi riscontrati, delle concentrazioni in uscita medie, massime e minime dei vari composti dell'azoto (in rosso i valori riscontrati oltre i limiti normativi).

Tabella 3.2.1. Valori in uscita medi, minimi e massimi per azoto ammoniacale e azoto nitrico. Provincia di Perugia con potenzialità superiore a 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	Nitro	N-NH3	N-NH3	N-NH3	N-NO3	N-NO3	N-NO3
			Denitr.	med	min	max	med	min	max
		PROGETTO		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	X	0,5	0,0	3,2	12,0	3,0	<b>29,0</b>
FOLIGNO	CASONE	60.000	X	<b>35,5</b>	0,2	<b>61,0</b>	0,8	0,1	11,0
ASSISI-BASTIA	COSTANO	57.000	X	1,9	0,0	8,5	7,7	4,1	13,0
PERUGIA	SAN SISTO	40.000	X	3,7	0,0	11,0	4,4	0,8	8,9
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000	X	2,0	0,0	11,0	8,8	5,7	13,0
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	X	0,2	0,0	0,8	1,6	0,7	5,1
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	30.000	X	0,2	0,0	0,4	15,3	11,8	19,0
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000		12,1	0,0	<b>19,0</b>	0,5	0,1	4,5
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	20.000	X	6,1	0,0	<b>17,0</b>	10,5	0,1	16,0
G.TADINO - F.DI VICO	ALOGNE	16.560	X	0,5	0,0	6,8	4,0	1,1	8,1
DERUTA	DERUTA	16.150	X	0,2	0,0	0,5	7,3	4,4	18,0
GUBBIO	S.ERASMO	15.000	X	5,6	0,3	<b>17,0</b>	2,8	0,3	6,0
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000	T	4,5	0,0	13,0	2,1	0,1	6,3
SPELLO	CASTELLACCIO	14.000		<b>16,9</b>	0,0	<b>25,0</b>	1,1	0,1	7,6
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200	X	1,1	0,0	13,0	5,6	0,9	15,0
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	12.000	X	11,0	0,0	<b>24,0</b>	0,4	0,1	1,4
NORCIA	SERRAVALLE	12.000	X	0,1	0,0	0,2	6,9	2,6	16,0
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	X	7,3	0,0	<b>18,0</b>	<b>61,9</b>	2,8	<b>172,0</b>

Tabella 3.2.2. Valori in uscita medi, minimi e massimi per azoto ammoniacale e azoto nitrico. Provincia di Perugia con potenzialità inferiore a 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	Nitro	N-NH3	N-NH3	N-NH3	N-NO3	N-NO3	N-NO3
			Denitr.	med	min	max	med	min	max
		PROGETTO		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	9.000	X	16,5	3,2	58,0	0,6	0,3	0,8
GUBBIO	RAGGIO	7.500	X	8,7	0,0	12,0	4,7	1,0	18,0
MONTEFALCO	MONTEFALCO	7.000	X	0,0	0,0	0,1	9,4	7,0	23,0
TODI	ACCORP. EST	6.400		0,1	0,0	0,2	15,1	11,0	16,0
MARSCIANO	S.MARIA POGGIALI	6.000	X	3,5	0,0	27,0	3,6	0,1	11,0
BEVAGNA	CAPRO	4.500		2,3	0,1	5,4	4,2	0,1	16,0
C. DEL LAGO	PINETA	4.000	X	2,7	0,1	12,0	5,2	4,1	11,0
CASCIA	CASCIA	4.000	X	17,0	17,0	17,0	0,1	0,1	0,1
COLFIORITO	COLFIORITO	4.000		0,2	0,0	0,3	0,2	0,1	0,4
NOCERA UMBRA	LE CASE	4.000		0,0	0,0	0,0	8,5	5,5	11,0
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	4.000		0,3	0,1	2,3	15,1	10,0	17,0
SIGILLO	SIGILLO	4.000		1,6	0,0	11,0	4,3	0,1	17,0
GUBBIO	BRANCA	3.500	X	0,1	0,1	0,1	30,0	30,0	30,0
TODI	CASCIANELLA	3.500		13,4	0,3	20,0	9,5	1,5	32,0
CANNARA	CENTRO	2.800	X	9,1	3,2	30,0	0,6	0,1	1,6
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650	X	1,4	0,1	8,3	11,7	0,3	14,0
PERUGIA	S.MARTINO	2.500		0,4	0,0	2,9	27,4	19,0	30,2
PERUGIA	S. ORFETO	2.400	X	0,5	0,0	0,7	5,0	2,4	8,3
CAMPELLO SUL CLIT.	CAMPELLO SUL CLIT.	2.000	X	24,5	17,0	29,0	1,7	0,1	4,4
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	2.000		1,4	0,0	2,5	4,7	2,3	8,0
MAGIONE	S. ARCANGELO	1.800	X	0,8	0,1	1,3	21,0	16,0	24,0
PRECI	PRECI	1.600	X	2,6	1,7	3,1	0,6	0,6	0,7
PERUGIA	MUGNANO	1.500	T	1,5	0,0	2,0	7,4	6,0	14,0

Tabella 3.2.3. Valori in uscita medi, minimi e massimi per azoto ammoniacale e azoto nitrico. Provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	Nitro	N-NH3	N-NH3	N-NH3	N-NO3	N-NO3	N-NO3
			Denitr.	med	min	max	med	min	max
		PROGETTO		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
TERNI	MARATTA BASSA	150.000	X	8,8	2,8	14,8	0,1	0,1	0,1
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000	X	4,0	4,0	4,0	11,9	11,9	11,9
NARNI	FUNARIA	15.000	X	0,3	0,2	0,5	1,3	0,0	3,8
TERNI	GABELLETTA	15.000	X	0,4	0,2	0,6	0,0	0,0	0,1
AMELIA	PATICCHI	8.500	X	19,2	1,4	37,0	0,2	0,2	0,2

i limiti imposti per l'azoto ammoniacale, l'azoto nitroso e l'azoto nitrico sono quelli riportati in TAB.3 Allegato 5 Dl.gs 152/99. (N-NH3=15 mg/l, N-NO2=0,6 mg/l, N-NO3=20 mg/l).

Il limite di riferimento per l'azoto totale in aree sensibili è pari a 15 mg/l, valido per gli impianti con potenzialità superiore a 10.000 a.e., tranne Terni - Maratta (150.000 a.e.) per il quale il limite è 10 mg/l.

Tabella 3.2.4. Valori in uscita medi, minimi e massimi per azoto nitroso e azoto totale. Impianti situati in provincia di Perugia con potenzialità superiore a 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	Nitro	N-NO2	N-NO2	N-NO2	N <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>
			Denitr.	med	min	max	med	min	max
		PROGETTO		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	X	0,1	0,0	0,2	14,9	4,3	<b>39,0</b>
FOLIGNO	CASONE	60.000	X	0,3	0,0	<b>1,6</b>	<b>43,1</b>	6,2	<b>66,0</b>
ASSISI-BASTIA	COSTANO	57.000	X	0,1	0,0	0,3	<b>15,3</b>	5,7	<b>27,0</b>
PERUGIA	SAN SISTO	40.000	X	0,1	0,0	0,1	10,2	2,4	<b>16,0</b>
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000	X	0,2	0,0	0,4	14,2	7,7	<b>20,0</b>
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	X	0,0	0,0	0,0	3,5	1,9	9,0
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	30.000	X	0,1	0,0	0,1	<b>22,6</b>	14,0	<b>29,0</b>
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000		0,2	0,0	<b>0,9</b>	<b>29,4</b>	10,0	<b>45,0</b>
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	20.000	X	0,1	0,0	0,5	<b>21,8</b>	12,0	<b>28,0</b>
G.TADINO - F.DI VICO	ALOGNE	16.560	X	0,1	0,0	0,5	5,4	2,4	9,8
DERUTA	DERUTA	16.150	X	0,0	0,0	0,1	8,8	6,0	<b>22,0</b>
GUBBIO	S.ERASMO	15.000	X	0,4	0,0	<b>0,8</b>	10,7	6,8	<b>17,0</b>
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000	T	0,1	0,0	0,3	9,4	2,5	<b>17,0</b>
SPELLO	CASTELLACCIO	14.000		0,1	0,0	0,5	<b>19,3</b>	5,7	<b>29,0</b>
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200	X	0,1	0,0	0,3	8,3	2,1	<b>18,0</b>
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	12.000	X	0,1	0,0	0,4	<b>16,4</b>	1,2	<b>31,0</b>
NORCIA	SERRAVALLE	12.000	X	0,0	0,0	0,1	9,4	4,8	14,0
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	X	0,3	0,0	<b>4,0</b>	<b>82,6</b>	<b>27,0</b>	<b>253,0</b>

Tabella 3.2.5.. Valori in uscita medi, minimi e massimi per azoto nitroso e azoto totale. Impianti situati in provincia di Perugia con potenzialità inferiore a 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	Nitro	N-NO2	N-NO2	N-NO2	N <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>
			Denitr.	med	min	max	med	min	max
		<b>PROGETTO</b>		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	9.000	X	0,4	0,1	<b>1,7</b>	<b>16,8</b>	6,5	<b>68,0</b>
GUBBIO	RAGGIO	7.500	X	0,1	0,0	0,1	<b>15,2</b>	14,0	<b>21,0</b>
MONTEFALCO	MONTEFALCO	7.000	X	0,0	0,0	0,0	9,9	8,7	<b>16,0</b>
TODI	ACCORP. EST	6.400		0,1	0,0	0,1	<b>22,0</b>	<b>22,0</b>	<b>22,0</b>
MARSCIANO	S.MARIA POGGIALI	6.000	X	0,2	0,0	<b>1,0</b>	10,0	4,6	<b>37,0</b>
BEVAGNA	CAPRO	4.500		0,0	0,0	0,0	9,6	7,1	12,0
C. DEL LAGO	PINETA	4.000	X	0,1	0,0	0,2	10,4	8,1	<b>22,0</b>
CASCIA	CASCIA	4.000	X	0,0	0,0	0,0	<b>33,4</b>	<b>30,0</b>	<b>39,0</b>
COLFIORITO	COLFIORITO	4.000		0,0	0,0	0,0	3,8	3,8	3,9
NOCERA UMBRA	LE CASE	4.000		0,0	0,0	0,0	12,9	7,8	<b>16,0</b>
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	4.000		0,1	0,0	0,3	<b>24,3</b>	14,0	<b>29,0</b>
SIGILLO	SIGILLO	4.000		0,2	0,0	<b>1,0</b>	4,2	4,2	4,2
GUBBIO	BRANCA	3.500	X	0,0	0,0	0,0	<b>34,0</b>	<b>34,0</b>	<b>34,0</b>
TODI	CASCIANELLA	3.500		0,4	0,2	<b>0,7</b>	<b>26,9</b>	<b>25,0</b>	<b>30,0</b>
CANNARA	CENTRO	2.800	X	0,1	0,0	0,1	10,7	8,0	12,0
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650	X	0,0	0,0	0,0	<b>21,0</b>	<b>21,0</b>	<b>21,0</b>
PERUGIA	S.MARTINO	2.500		0,1	0,0	0,5	<b>38,0</b>	<b>38,0</b>	<b>38,0</b>
PERUGIA	S. ORFETO	2.400	X	0,0	0,0	0,1	7,5	5,4	8,8
CAMPELLO SUL CLIT.	CAMPELLO SUL CLIT.	2.000	X	0,4	0,0	<b>1,1</b>	<b>36,8</b>	<b>28,0</b>	<b>42,0</b>
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	2.000		0,2	0,1	0,2	7,3	6,1	9,2
MAGIONE	S. ARCANGELO	1.800	X	0,1	0,0	0,1	<b>25,4</b>	<b>21,0</b>	<b>28,0</b>
PRECI	PRECI	1.600	X	0,1	0,1	0,1	4,7	4,7	4,7
PERUGIA	MUGNANO	1.500	T	0,1	0,0	0,2	8,9	8,8	9,0

Tabella 3.2.6. Valori in uscita medi, minimi e massimi per azoto nitroso e azoto totale. Impianti situati in provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	Nitro	N-NO2	N-NO2	N-NO2	N <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>
			Denitr.	med	min	max	med	min	max
		<b>PROGETTO</b>		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
TERNI	MARATTA BASSA	150.000	X	<b>1,6</b>	<b>1,0</b>	<b>2,2</b>	9,4	5,7	<b>18,7</b>
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000	X	0,3	0,3	0,3	<b>17,8</b>	5,0	<b>26,5</b>
NARNI	FUNARIA	15.000	X	<b>5,8</b>	0,1	<b>12,0</b>	7,6	1,4	14,6
TERNI	GABELLETTA	15.000	X	<b>16,2</b>	<b>13,6</b>	<b>18,8</b>	<b>17,0</b>	6,9	<b>28,2</b>
AMELIA	PATICCHI	8.500	X	<b>1,1</b>	0,6	<b>1,7</b>	<b>15,8</b>	0,0	<b>42,9</b>

Dalle Tabb. 3.2.1-3.2.6 risulta evidente che un certo numero di impianti con sistema di rimozione dell'azoto, mediamente non riescono a rispettare i limiti di scarico fissati dal DLgs 152/99 Allegato 5, Tabella 3, per quanto riguarda l'azoto ammoniacale (15 mg/l) e l'azoto nitrico (20 mg/l).

Fra quelli che non rispettano i limiti per l'azoto è emerso che i problemi principali, come riportato in dettaglio nelle schede tecniche, sono dovuti a:

- Foligno – Casone: eccessivo carico di azoto ammoniacale in ingresso, presenza di composti tossici (percolato);
- Castiglione del Lago – Bonazzoli: insufficienza del sistema di aerazione e particolare conformazione planoaltimetrica dell'impianto;
- Perugia - Ponte Rio: eccesso di azoto in ingresso (percolato);
- Cascia: assenza di biomassa in vasca di ossidazione dovuta alla mancanza di adeguati sistemi di ricircolo fanghi attivi;
- Gubbio – Branca: rapporto BOD5/N in ingresso troppo basso;
- Campello sul Clitunno: gestione dell'impianto;
- Magione – S.Arcangelo: insufficiente volume di denitrificazione;

Le cause di mancato rispetto dei limiti per altri impianti, non sono state accertate a causa del ridotto numero di controlli; tuttavia il fenomeno può essere imputato a carenze gestionali, o ad uno dei problemi elencati in precedenza che possono condizionare, anche solo temporaneamente, il funzionamento del processo.

### 3.3 Analisi della sedimentabilità del fango biologico

La fase di sedimentazione secondaria ha il fine di separare la fase acquosa, liberata dalla maggior parte degli inquinanti, dalla fase solida (fiocchi di fango) per gravità.

La gestione ed il controllo del processo di depurazione, e quello della sedimentabilità del fango in modo particolare, può essere effettuato mediante alcune semplici azioni che dovrebbero fornire un indice del corretto funzionamento del processo.

In genere i gestori dei piccoli impianti si limitano a verificare con il cono Imhoff la sedimentabilità dei fanghi presenti in vasca, considerandola erroneamente come un'indicazione sulla quantità solidi presenti in vasca ox. In questo modo non si tiene conto della bassa densità del fango che causata dalla presenza di batteri filamentosi (fenomeni di bulking). Al contrario, talvolta non si tiene conto dei fenomeni di pin-point evidenziati dall'alta concentrazione dei fiocchi più grandi addensati sul fondo del Cono Imhoff, e dalla elevata torbidità del surnatante, in cui si trovano in sospensione i fiocchi più piccoli.

La quantità di solidi in vasca, espressa come g/l di SS presenti nel mixed liquor, viene raramente rilevata dal gestore. In questo modo non risulta possibile regolare il funzionamento del processo in base alle caratteristiche qualitative del liquame effettivamente influente, anche questo difficilmente controllato dalla maggior parte dei gestori.

Un indice molto importante delle caratteristiche di sedimentabilità è lo Sludge Volume Index (SVI) che rappresenta il volume occupato da 1 grammo di fango. Lo SVI viene calcolato come rapporto fra la sedimentabilità del fango a 30 min (ml/l) e la concentrazione di fango presente in vasca (g/l).

$$SVI \text{ ( mL / g )} = V_{30} / X$$

Le caratteristiche di sedimentabilità del fango in funzione dello SVI sono riportate nella tabella di seguito:

SVI (ml/g)	Sedimentabilità
<100	Buona Sedimentabilità
100 – 200	Fango Leggero
>200	Bulking

In un fiocco ideale i microrganismi filamentosi e fiocco-formatori crescono in equilibrio garantendo una buona sedimentabilità del fango, e di conseguenza un effluente limpido.

Se i primi prendono sopravvento e colonizzano completamente i fiocchi lanciando dei ponti tra di essi, si creano delle grandi formazioni incapaci di sedimentare. Tale fenomeno è detto bulking filamentoso. Quando questo si verifica diventa difficile la compattazione del fango anche nella fase di disidratazione, costringendo i gestori ad utilizzare grosse quantità di polielettroliti.

Se al contrario i filamentosi sono assenti, si verifica una particolare condizione detta pin point, per la quale i fiocchi più grandi e compatti sedimentano molto rapidamente mentre quelli troppo piccoli e leggeri per sedimentare, fuoriescono con l'effluente. Nel complesso la struttura del fiocco risulta debole e gli aggregati più grandi tendono facilmente a sfaldarsi.

Nel nostro studio la valutazione della sedimentazione del fango è riportata in Tab. 3.3.1, dove vengono espresse le concentrazioni di MLSS e MLVSS nei fanghi biologici rilevate dal laboratorio ARPA, misure effettuate in loco della sedimentabilità del fango a 30 minuti, lo SVI e la percentuale di attività del fango (MLVSS/MLSS).

Dall'analisi dei valori dello SVI (Fig. 3.3.1) emerge che la maggior parte degli impianti hanno un fango definito "leggero", con non buone caratteristiche di sedimentabilità (colore marrone).

Tabella 3.3.1. Caratteristiche di alcuni fanghi biologici prelevati nei vari impianti di depurazione.

COMUNE	NOME IMPIANTO	DATA	MLSS (mg/l)	MLVSS (mg/l)	MLVSS (%)	SEDIMENTABILITÀ A 30 MINUTI (ml/l)	SVI (ml/g)
FOLIGNO	CASONE	11/07/2002	4360	3260	75%	700	161
SPOLETO	CAMPOSALESE	26/06/2002	4000	2770	69%	750	188
G. TADINO - F. DI VICO	ALOGNE	03/10/2002	13115	7410	57%	840	64
GUBBIO	S.ERASMO	13/06/2002	2950	1100	37%	590	200
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	08/05/2002	7500	6100	81%	650	87
SPELLO	CASTELLACCIO	09/05/2002	2600	1100	42%	170	65
PASSIGNANO - TUORO	LE PEDATE	05/09/2002	4251	2952	69%	540	127
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	20/06/2002	8600	4200	49%	610	71
MONTEFALCO	MONTEFALCO	19/12/2002	3321	1479	45%	350	105
TODI	ACCORPAMENTO EST	27/11/2002	874	468	54%	80	92
BEVAGNA	CAPRO	16/05/2002	6600	2900	44%	950	144
C. DEL LAGO	PINETA	06/06/2002	6900	3300	48%	920	133
COLFIORITO	COLFIORITO	21/08/2002	7149	4154	58%	960	134
COLFIORITO	COLFIORITO	21/11/2002	5752	2748	48%	560	97
NOCERA UMBRA	LE CASE	16/05/2002	6200	2300	37%	230	37
NOCERA UMBRA	LE CASE	21/11/2002	11036	3007	27%	260	24
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	29/10/2002	1430	980	69%	270	189
SIGILLO	SIGILLO	05/06/2002	4500	1100	24%	970	216
GUBBIO	BRANCA	21/08/2002	9438	3324	35%	770	82
TODI	CASCIANELLA	04/12/2002	1163	500	43%	75	64
CANNARA	CENTRO	05/12/2002	3504	1962	56%	590	168
MASSA MARTANA	SARRIOLI	04/12/2002	2720	1581	58%	200	74
PERUGIA	S.MARTINO	23/10/2002	6451	2384	37%	310	48
PERUGIA	S. ORFETO	23/10/2002	3694	2000	54%	630	171
C. SUL CLITUNNO	C. SUL CLITUNNO	11/07/2002	2900	1800	62%	350	121
C. SUL CLITUNNO	C. SUL CLITUNNO	19/06/2002	16000	7900	49%	350	22
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	09/10/2002	3270	1520	46%	190	58
MAGIONE	S. ARCANGELO	28/08/2002	5245	2997	57%	700	133
MAGIONE	S. ARCANGELO	05/12/2002	3399	1670	49%	650	191
PERUGIA	MUGNANO	07/11/2002	8558	4504	53%	460	54

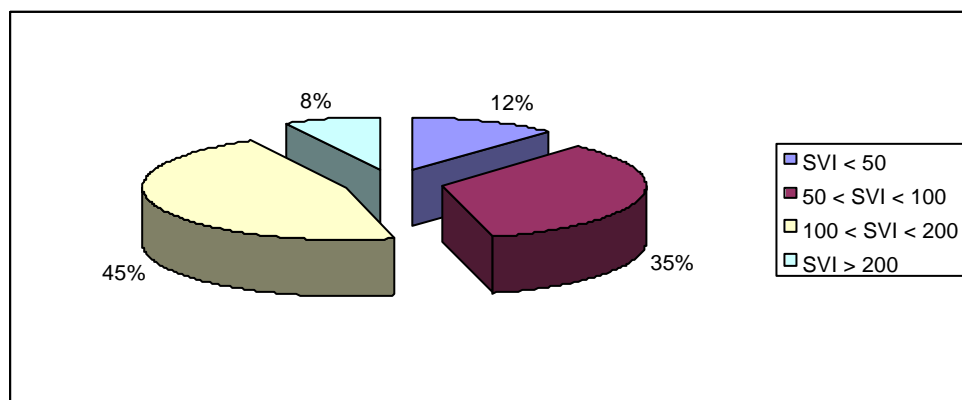


Figura 3.3.1. Distribuzione percentuale degli impianti in base al valore dello SVI.



Tali valutazioni vengono, nella maggior parte dei casi, confermate dalle analisi microbiologiche, che hanno spesso rilevato una forte presenza di batteri filamentosi nei fanghi. L'impianto di Sigillo, invece risulta in situazione di bulking conclamato a causa del valore dello SVI pari a 216 (vedi foto nelle schede tecniche dell'impianto). D'altro canto anche un valore dello SVI eccessivamente basso indica una situazione di non buona sedimentabilità ed una possibile situazione di pin point, in cui, come ricordato in precedenza, viene prodotto un effluente torbido. Un esempio è fornito dall'impianto di Perugia – S.Martino, in cui il fenomeno è risultato evidente già durante il sopralluogo (vedi foto nelle schede tecniche dell'impianto).

Per quanto riguarda il grado di "attività" del fango biologico, considerando come valori di riferimento 75 – 80% per gli impianti che prevedono una successiva fase di stabilizzazione dei fanghi di supero, ed un valore di circa il 60% per gli impianti ad ossidazione completa, il quadro che emerge dalla precedente tabella non è sicuramente confortante.

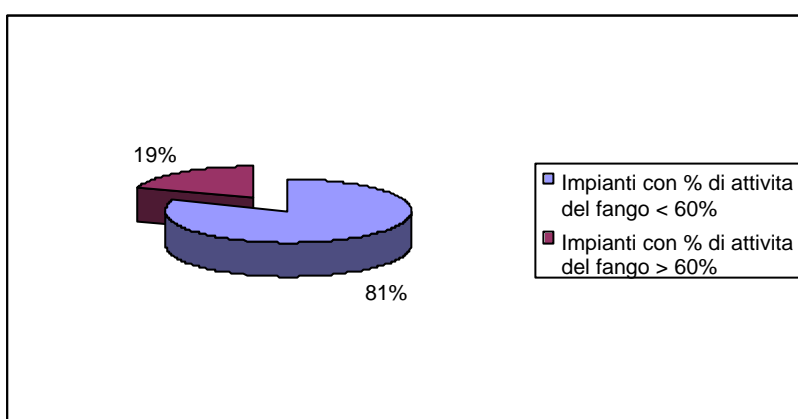


Figura 3.3.2. Percentuali degli impianti con bassa attività del fango.

### 3.4. Analisi microscopica del fango attivo

L'analisi microscopica del fango attivo rappresenta un importante strumento d'indagine per la valutazione della funzionalità e dell'efficienza degli impianti di depurazione. Il processo di trattamento biologico delle acque reflue consiste, infatti, nell'azione combinata di comunità microbiche che utilizzano la sostanza organica presente nelle acque di scarico per il proprio metabolismo e per la propria crescita.

#### *Ruolo dei microrganismi nel processo depurativo*

I batteri sono la classe di microrganismi che svolgono il ruolo più importante nel processo di biodegradazione, grazie alla loro versatilità nell'utilizzo di substrati e alla facilità con cui si riproducono; tuttavia anche protozoi, alghe e piccoli metazoi possono contribuire a determinare la purezza dell'effluente.

Batteri, protozoi e piccoli metazoi sono, inoltre, indicatori estremamente attendibili della formazione di un fiocco ben formato, denso, pesante e capace di sedimentare, rilasciando un surnatante limpido adatto ad essere scaricato nel corpo idrico recettore come effluente finale.

L'efficienza del processo depurativo dipende, pertanto, dalla bontà del lavoro svolto dalle comunità microbiche presenti nella vasca di ossidazione. Molteplici sono i fattori che concorrono a modificare il "microhabitat" disponibile per la colonizzazione delle varie specie, esercitando, di fatto, una potente azione sull'accrescimento delle popolazioni microbiche:

- Fattori esogeni
  1. composizione dello scarico (presenza, quantità e rapporto tra determinati substrati)
  2. tipo di impianto
  3. dimensionamento dei vari comparti (vasche di ossidazione, denitrificazione e sedimentazione)
  4. tipologie impiantistiche (apparecchiature elettromeccaniche)
  5. operazioni legate alla conduzione dell'impianto (ossigenazione, agitazione, età del fango, tempo di contatto microrganismo/substrato, rapporto F/M)
  6. fattori fisici (temperatura, dimensioni dell'impianto)
  7. presenza di zone iniziali aerobiche o atossiche
- Fattori endogeni
  1. competizione
  2. predazione
  3. cooperazione
  4. commensalismo
  5. tasso di crescita
  6. velocità di rimozione dei substrati
  7. capacità di immagazzinare il cibo assorbito (granuli di polifosfati ecc.)
  8. capacità di produrre energia a partire da determinati metabolici.

Come si può osservare, l'apparato tecnologico e le operazioni gestionali esercitano, di fatto, un'influenza diretta nel selezionare habitat favorevoli a determinati tipi di organismi piuttosto che ad altri. Non di rado accade che la selezione di organismi particolari metta in difficoltà il funzionamento dell'impianto. E' necessario, pertanto, data la molteplicità delle variabili in gioco, possedere una conoscenza approfondita della dinamica di popolazione, dell'ecologia e della fisiologia degli organismi promotori del processo depurativo.

### *Disfunzioni nel processo di formazione del fiocco*

Le alterazioni più frequenti che si verificano nel processo a fanghi attivi riguardano la perdita di sedimentabilità dei fiocchi. Le cause possono essere svariate e non sempre chiare. Talvolta possono essere ascrivibili ad anomalie nei processi metabolici microbici (come ad esempio una troppo modesta o eccessiva produzione di biopolimeri), oppure a modificazioni delle condizioni ambientali con conseguente colonizzazione massiccia di specie dannose al processo.

I problemi che si incontrano più frequentemente sono così schematizzati:

- **Crescita dispersa**

L'esame microscopico del fango attivo evidenzia una presenza massiccia di piccole cellule batteriche tondeggianti libere in sospensione o raccolte in piccoli gruppi incapaci di sedimentare, producendo di conseguenza un effluente finale molto torbido. La causa di questa disfunzione è da ricercare di solito in una bassa età del fango, in un alto rapporto F/M e in un'alta concentrazione di materiale carbonioso facilmente biodegradabile o di sostanze tossiche nell'influente.

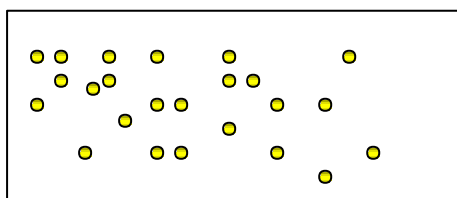


Figura 1- Rappresentazione schematica dell'osservazione al microscopio di un preparato presentante crescita dispersa

- **Bulking gelatinoso**

In questo caso si assiste ad una produzione eccessiva di materiale mucopolisaccaridico vischioso (glicocalice) da parte dei batteri fiocco formatori, così abbondante da impedire la sedimentazione dei fiocchi. La causa del fenomeno non è ancora stata chiarita. Alcuni ricercatori hanno attribuito il disturbo ad uno sbilanciamento del rapporto tra C, N e P nel liquame o alla presenza di acidi grassi a lunga e corta catena nel mixed liquor.

- **Pin point**

All'osservazione microscopica i fiocchi appaiono piccoli, tondeggianti, e facilmente sfaldabili. Inoltre, l'assenza di organismi filamentosi spiega l'incapacità dei fiocchi a comporsi in strutture di dimensioni maggiori e pesanti. Le formazioni fioccosse più grandi sedimentano rapidamente (i valori dello Sludge Volume Index risultano infatti molto bassi) mentre gli aggregati più piccoli e leggeri rimangono in sospensione, rendendo torbido l'effluente. Il fenomeno è stato attribuito ad età del fango molto elevate e a carichi organici estremamente bassi. Alcuni autori (Jenkins e coll., 1986; Sezgin e coll., 1978) hanno individuato tra le cause del processo di formazione dei fiocchi a punta di spillo l'eccessiva turbolenza dei sistemi di aerazione in impianti a medio carico.

- **Rising**

Il fenomeno è caratterizzato dalla risalita di passerelle di fango nel sedimentatore secondario, dovuta all'insorgenza di fenomeni di denitrificazione nell'ambiente quieto e non ossigenato del chiarificatore.

- Bulking filamentoso

Consiste nell'improvvisa perdita di sedimentabilità dei fanghi attivi, dovuta al prevalere di microrganismi filamentosi sui batteri fiocco formatori.

I filamenti si allungano tra i fiocchi dipanandoli in strutture leggere e allentate. I batteri filamentosi avanzando velocemente aggregano materiale formando lunghi ponti tra le formazioni fioccosi che tendono a portare in superficie. Il fango, sempre più leggero e meno denso, cresce fino a colonizzare tutto lo spessore del sedimentatore secondario, fino a uscire con l'effluente.

- Schiume

Gli stessi microrganismi filamentosi che provocano il bulking possono dare luogo, sia nella vasca di ossidazione che nel sedimentatore, a schiume marroni, dense, vischiose e tenaci. Lo spessore delle schiume può divenire, talvolta, fastidiosamente imponente. La presenza di tensioattivi può incrementare l'effetto schiuma e bulking.

Per porre rimedio alle disfunzioni di cui si è parlato è necessario individuare le cause scatenanti. Una soluzione può essere raggiunta solo dopo aver preso in esame una serie di molteplici aspetti:

- portate
- concentrazione e variazione dei carichi in arrivo
- composizione del liquame
- condizioni operative
- configurazione del bacino di aerazione e del sedimentatore
- dinamica di popolazione
- riconoscimento delle popolazioni microbiche

Nelle figure di seguito vengono illustrate alcune delle disfunzioni riscontrate negli impianti oggetto della nostra indagine e dei microrganismi responsabili di tali problemi.



Fig. 3.4.1. Esempio di schiume in vasca ox

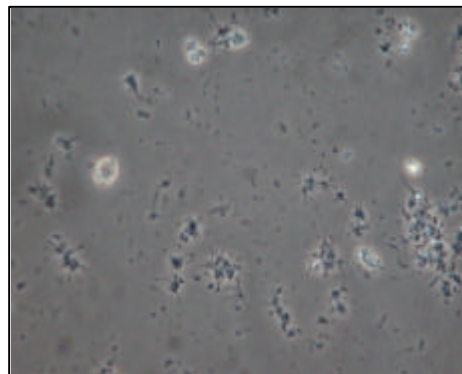


Fig. 3.4.2. Pin-point

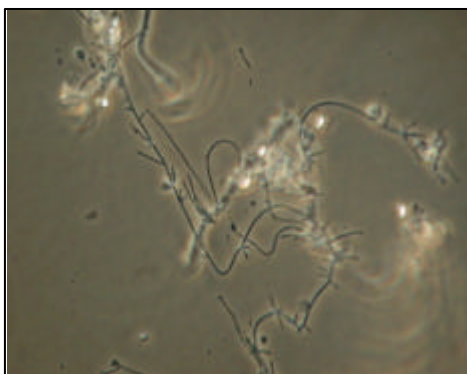


Fig. 3.4.3. Bulking da *M. parvicella*



Fig. 3.4.4. Schiume da detergenti

Tabella 3.4.1 Composizione della comunità microbiologica.

COMUNE	NOME IMPIANTO	MICROORGANISMI DOMINANTI	ABBONDANZA FILAMENTOSI	ABBONDANZA PROTOZOI	BATTERI IN SOSPENSIONE	SPIROCHETE E/O SPIRILLI	ROTIFERI	FLAGELLATI	S.V.I.	GIUDIZIO GENERALE
Perugia	Pian della Genna (2001)	<i>M. parvicella</i> , Tipo 0041	++++	+++	+	+	+	-		Tendenza al bulking
Foligno	Casone (2001)	<i>M. parvicella</i>	+++	+++	-	+	+	++		Tendenza al bulking con possibili scarichi tossici
Foligno	Casone (2002)	-	+	+++	+	-	+	+	161	Tendenza al bulking con possibili scarichi tossici
Assisi Bastia	Costano (2001)	<i>M. parvicella</i> , Tipo 0041	+++	+++	+	-	+	+		Tendenza al bulking
Perugia	San Sisto (2001)	<i>M. parvicella</i> e spirochete	++	+	+	+++	+	-		Carico debole
Città di Castello	Canonica (2001)	<i>M. parvicella</i> e spirochete	++++	+++	+	+++	-	-		Tendenza al bulking
Perugia	P. S. Giovanni (2001)	<i>Thiotrix</i> II, Tipo 0041, spirochete	+++	+	+	+++	-	+		Tendenza al bulking
Perugia	P. Valleceppi (2001)	<i>M. parvicella</i> , Tipo 0041	++++	+	-	-	-	-		Tendenza al bulking
Spoletto	Camposalese (2001)	<i>M. parvicella</i>	+++	+++	+	+	-	+		Punta di carico, tendenza al bulking
Spoletto	Camposalese (2002)	<i>M. parvicella</i>	++	+++	-	-	-	++	188	Punta di carico, tendenza al bulking
Umbertide	Pian D'Assino (2001)	<i>M. parvicella</i> , Tipo 021N e spirochete	++	+	+	+++	-	+		Punta di carico
G.Tadino - F.di Vico	Alogne (2001)	<i>M. parvicella</i> , Tipo 021N e spirochete	+++	+	+	+++	-	++		Punta di carico
G.Tadino - F.di Vico	Alogne (2002)	Tipo 0675	+++	+++	-	+	+++	+	64	Pin – point e scarichi tossici
Deruta	Deruta (2001)	<i>M. parvicella</i>	++	+++	-	+	+	+		Nessuna segnalazione particolare
Gubbio	S.Erasmo (2001)	<i>M. parvicella</i> e spirochete	++++	+	+	+++	-	+++		Condizione di bulking
Gubbio	S.Erasmo (2002)	<i>M. parvicella</i>	+++	+++	+	-	-	+++	200	Condizione di bulking
S. Giustino	Selci Lama (2001)	<i>M. parvicella</i> e spirochete	++	+ (gusci vuoti di tecamebe)	-	+++	-	-		Scarichi tossici
S. Giustino	Selci Lama (2002)	<i>M. parvicella</i>	++	+	+	+	-	+++	87	Pin- point e scarichi tossici

Tabella 3.4.1 Composizione della comunità microbiologica (segue).

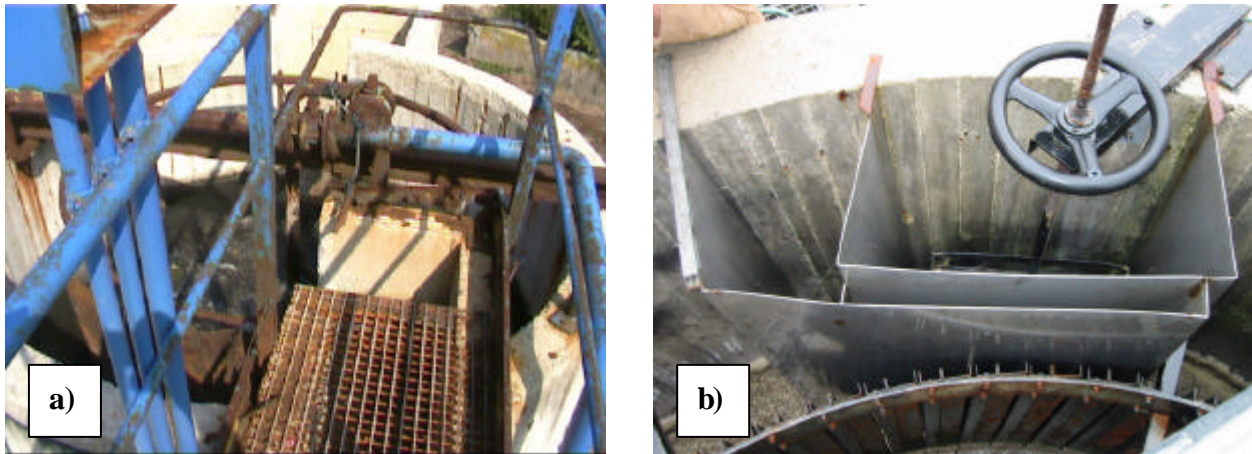
COMUNE	NOME IMPIANTO	MICROORGANISMI DOMINANTI	ABBONDANZA FILAMENTOSI	ABBONDANZA PROTOZOI	BATTERI IN SOSPENSIONE	SPIROCHETE E/O SPIRILLI	ROTIFERI	FLAGELLATI	S.V.I.	GIUDIZIO GENERALE
Spello	Castellaccio (2001)	-	++	+++	+	-	-	+		Carico debole
Spello	Castellaccio (2002)	<i>Nocardia</i>	++	+	-	-	-	+	65	Pin - point
Magione	Montesperello	<i>M. parvicella</i>	+++	+++	-	-	-	+		Tendenza al bulking
Perugia	S. Orfeto (2002)	<i>Thiotrix II</i>	++	+++	+	++	-	+	171	Fango poco concentrato
C. sul Clitunno	C. sul Clitunno (2002)	<i>Thiotrix I</i>	+++	+	+	-	-	+	121; 22	Fango in formazione
Pietralunga	M. dei Rimedi (2002)	<i>M. parvicella</i>	+++	+++	+	+	+	+	58	Punta di carico, fiocco sbriciolato
Magione	S. Arcangelo	<i>M. parvicella</i>	+++	++	+	+	+	+	133; 191	Tendenza al bulking
Perugia	Mugnano	<i>M. parvicella</i>	+	+	-	-	+	+	54	Pin - point
Preci	Preci (2002)	<i>Thiotrix I</i>	+	+	+	-	-	+++		Fango poco concentrato e condizione di anossia

### 3.5. Disfunzioni rilevate nelle varie fasi di trattamento delle acque

In questo paragrafo vengono riassunte in modo sintetico le principali disfunzioni riscontrate nei vari impianti di depurazione (Tabb. 3.5.1-3.5.3).

*Pretrattamento dei liquami:* in generale negli impianti di depurazione civili può essere ricondotta alle fasi di grigliatura, dissabbiatura/disoleatura, pre-aerazione e sedimentazione primaria. Tali trattamenti sono di fondamentale importanza per garantire delle buone caratteristiche del refluo che viene successivamente avviato al trattamento biologico.

In particolare, per quanto riguarda le fasi di sollevamento, grigliatura e dissabbiatura/disoleatura, molti degli impianti esaminati necessitano di interventi, dalla manutenzione straordinaria riguardante il ripristino dell'efficienza o la sostituzione di apparecchiature elettromeccaniche obsolete o non funzionanti, fino al rifacimento completo dell'intero comparto (*Fig. 3.5.1*). Per quanto riguarda la fase di sedimentazione primaria, in alcuni casi è necessario aumentare la superficie di sedimentazione per far fronte all'elevato carico idraulico in ingresso ad alcuni impianti.



*Figura 3.5.1. a) Impianto di Castiglione del Lago – Bonazzoli: Il liquame non riesce a risalire nell'apparato di dissabbiatura in quanto non funzionanti le apparecchiature elettromeccaniche. b) Impianto di Norcia – Serravalle: il liquame non riesce a risalire nel dissabbiatore per la quota troppo basso di una soglia di stramazzo.*

*Comparto biologico:* i problemi di funzionamento in questo caso, come già ricordato in precedenza, sono per la maggior parte dovuti alle anomale composizioni del refluo in ingresso: presenza di una quantità eccessiva di inerti o di scarichi tossici nel liquame, anomalo rapporto BOD5/N (vedi par. , etc.; in altri casi le disfunzioni sono dovute sia a carenze strutturali-costruttive dell'impianto (volumi delle vasche troppo ridotti, inefficienza dei sistemi di aerazione o dei sistemi di ricircolo dei fanghi, etc.) sia a carenze gestionali. Talvolta queste condizioni hanno portato alla verifica di casi di bulking (*Figura 3.5.2*) e di pin-point.



a)



b)



c)



d)

Figura 3.5.2. Problemi di bulking: a) impianto di Foligno – Colfiorito; b) impianto di Spoleto–Camposalese; c) impianto di Sigillo; d) impianto di Gubbio – S.Erasmo.

*Sedimentazione secondaria:* i maggiori problemi sono collegati al funzionamento del comparto biologico, con conseguente perdita di fango nell’effluente. Una delle disfunzioni più comuni può essere individuata nell’eccessivo carico idraulico a cui è soggetto l’impianto rispetto alle previsioni progettuali. In questi casi sarebbe necessario realizzare sedimentatori aggiuntivi rispetto a quelli esistenti.



a)



b)

Figura 3.5.2. Eccesso di carico idraulico: a) impianto di Foligno – Casone; b) impianto di Spoleto – Camposalese.



Per una analisi dettagliata delle disfunzioni dei vari comparti e degli interventi proposti si rimanda alle schede tecniche dei singoli impianti ed al Cap. 5 *Interventi proposti e indicazioni gestionali*.

Nelle tabelle di seguito vengono indicate con S l'impianto di sollevamento iniziale con relativi manufatti, con G la fase di grigliatura fine e grossolana, con D-D la fase di dissabbiatura disoleatura, con SED I la fase di sedimentazione primaria (dove presente), con Den si indica la fase di denitrificazione, con Ox-N la fase di ossidazione-nitrificazione e con SED II la fase di sedimentazione finale.

*Tabella 3.5.1. Principali disfunzioni nei vari comparti per i depuratori della Provincia di Perugia con potenzialità maggiore di 10.000 a.e.*

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZIALITA'	S	G	D-D	SED I	Den	Ox-N	SED II
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	x		x		x	x	
FOLIGNO	CASONE	60.000	x		x	x	x	x	x
ASSISI-BASTIA	COSTANO	57.000							
PERUGIA	SAN SISTO	40.000		x				x	
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000			x			x	
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	x	x	x	x		x	
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	30.000	x	x				x	
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000	x	x		x	-	x	x
UMBERTIDE	PIAND'ASSINO	20.000						x	
G.TADINO-F. DI VICO	ALOGNE	16.560			x			x	
DERUTA	DERUTA	16.150	x				x	x	x
GUBBIO	S.ERASMO	15.000		x	x		x	x	
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000					x	x	
SPELLO	CASTELLACCIO	14.000	x				-		x
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200	x	x	x			x	
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	12.000	x	x					
NORCIA	SERRAVALLE	12.000	x	x	x		x		
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	x				x	x	

Tabella 3.5.2. Principali disfunzioni nei vari comparti per i depuratori della Provincia di Perugia con potenzialità minore di 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZIALITA'	S	G	D-D	SED I	D	Ox-N	SED II
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	9.000		x	x		x	x	
GUBBIO	RAGGIO	7.500		x	x				
MONTEFALCO	MONTEFALCO	7.000							
TODI	ACCORP. EST	6.400		x					
MARSCIANO	S.MARIA POGGIALI	6.000					x	x	
BEVAGNA	CAPRO	4.500		x	x				
C. DEL LAGO	PINETA	4.000	x	x	x		x		
CASCIA	CASCIA	4.000	x	x	x		x	x	
COLFIORITO	COLFIORITO	4.000							
NOCERA UMBRA	LE CASE	4.000	x	x					
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	4.000	x	x	x				
SIGILLO	SIGILLO	4.000							
GUBBIO	BRANCA	3.500		x					
TODI	CASCIANELLA	3.500		x				x	
CANNARA	CENTRO	2.800		x					
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650							
PERUGIA	S.MARTINO	2.500		x	x		x	x	x
PERUGIA	S. ORFETO	2.400		x			x		x
CAMPELLO SUL CLIT.	CAMPELLO SUL CLIT.	2.000							
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	2.000	x	x	x				x
MAGIONE	S. ARCANGELO	1.800			x		x	x	x
PRECI	PRECI	1.600							
PERUGIA	MUGNANO	1.500		x					x

Tabella 3.5.3. Principali disfunzioni nei vari comparti per i depuratori della Provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	POTENZIALITA'	S	G	D-D	SED I	D	Ox-N	SED II
TERNI	MARATTA BASSA	150.000	x						
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000						x	
NARNI	FUNARIA	15.000							
TERNI	GABELLETTA	15.000					x		
AMELIA	PATICCHI	8.500						x	

## 4. ANALISI DEI PARAMETRI IN USCITA DAGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

### 4.1 Valutazione del carico inquinante rilasciato nel corpo idrico recettore

La valutazione del carico inquinante rilasciato mediamente nel corso dell'anno dai sistemi depurativi è stata effettuata al fine di fornire un'indicazione della pressione esercitata sul corpo idrico recettore. Il carico inquinante rilasciato nei corpi idrici dagli impianti di depurazione rappresenta solo una parte della pressione antropica complessiva esercitata sui corsi d'acqua. Questa pressione deriva anche da una molteplicità di fattori presenti in modo diffuso nel territorio umbro:

- piccole frazioni non coltate né depurate;
- attività agricole responsabili di un inquinamento diffuso;
- attività produttive configurate in una miriade di piccole aziende, anche a carattere artigianale, che scaricano direttamente in acque superficiali, difficilmente controllabili;
- scarichi di origine dolosa;
- piccolissimi impianti di depurazione non funzionanti o abbandonati.

L'analisi deve essere considerata indicativa del comportamento medio degli impianti nel corso dell'anno. Tuttavia non va dimenticato che i valori riportati nelle tabelle sono soggetti a variazioni, giornaliere e stagionali, che possono influire in modo consistente sulla qualità del corpo idrico recettore.

I dati riportati in Tab. 4.1.1-4.1.3 si riferiscono alla composizione media del refluo in uscita ottenuta dalla media dei campionamenti istantanei effettuati nel corso degli anni 2001 e 2002.

Il dato di portata utilizzato per la stima del carico si riferisce alla media annuale, unico dato che è stato possibile reperire presso i gestori. Quando nell'impianto non sono presenti misuratori di portata né in ingresso né in uscita, la misura della portata viene effettuata mediante la lettura di contaore installati sulle pompe di sollevamento. Tuttavia le letture effettuate dal gestore risultano spesso discontinue e sporadiche, finalizzate più al controllo del dispendio energetico ed alla programmazione della manutenzione delle apparecchiature di sollevamento, piuttosto che alla verifica del carico idraulico e organico in ingresso all'impianto.

Durante questa ricognizione si è rilevato che la maggior parte dei depuratori controllati nel corso del progetto VE.I.D.E. risultano sprovvisti di misuratori di portata sia in ingresso che in uscita, ed in alcuni casi sprovvisti addirittura di contaore. In questi casi i dati di portata sono stati rilevati all'ARPA mediante l'installazione momentanea di contaore sulle pompe di sollevamento.

Tabella 4.1.1. Carico residuo medio giornaliero di BOD5, COD, SS, N-NH3, N-NO3, Ntot e Ptot in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità superiore a 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	BOD5	COD	SS	N-NH3	N-NO3	NTOT	PTOT
			med	med	med	med	med	med	med
		PROGETTO	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	92,9	408,6	513,9	8,7	221,2	275,2	32,3
FOLIGNO	CASONE	60.000	320,6	925,7	653,1	573,3	13,4	695,3	17,2
ASSISI-BASTIA	COSTANO	57.000	367,1	787,2	372,8	24,1	100,3	198,7	30,9
PERUGIA	SAN SISTO	40.000	31,2	123,8	112,4	18,4	21,9	50,8	9,6
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000	122,4	302,8	115,6	20,5	87,6	141,7	20,2
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	67,6	308,4	158,4	1,6	14,6	31,8	14,5
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	30.000	38,8	178,3	98,2	1,2	102,8	151,7	15,8
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000	561,9	1.262,6	1.066,0	110,4	5,6	273,6	52,4
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	20.000	30,6	96,4	21,3	20,0	34,4	71,1	3,7
G. TADINO - F. DI VICO	ALOGNE	16.560	6,8	47,0	23,1	1,2	10,1	13,7	2,8
DERUTA	DERUTA	16.150	25,3	126,5	65,2	1,2	50,0	60,5	12,7
GUBBIO	S.ERASMO	15.000	55,0	178,9	54,4	25,1	12,6	48,2	1,0
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000	129,3	251,0	229,1	20,3	9,2	42,5	6,9
SPELLO	CASTELLACCIO	14.000	72,9	236,9	85,9	99,0	6,7	112,9	5,1
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200	10,0	44,5	9,6	1,9	9,8	14,6	0,9
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	12.000	27,0	59,0	13,9	12,0	0,4	17,9	4,2
NORCIA	SERRAVALLE	12.000	13,3	67,7	26,9	0,3	16,6	22,5	11,2
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	38,4	190,5	83,3	11,6	99,1	132,1	1,6

Tabella 4.1.2. Carico residuo medio giornaliero di BOD5, COD, SS, N-NH3, N-NO3, Ntot e Ptot in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità inferiore a 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	BOD5	COD	SS	N-NH3	N-NO3	NTOT	PTOT
			med	med	med	med	med	med	med
		PROGETTO	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	9.000	37,7	93,7	31,9	22,5	0,8	22,8	1,5
GUBBIO	RAGGIO	7.500	19,3	45,6	18,4	10,4	5,6	18,2	3,9
MONTEFALCO	MONTEFALCO	7.000	3,6	13,5	9,4	0,0	7,2	7,6	0,7
TODI	ACCORPAMENTO EST	6.400	2,3	19,9	15,2	0,2	20,6	30,0	1,1
MARSCIANO	S.MARIA POGGIALI	6.000	10,1	49,1	15,2	7,5	7,7	21,5	0,7
BEVAGNA	CAPRO	4.500	7,8	20,0	4,7	0,9	1,7	3,8	0,9
C. DEL LAGO	PINETA	4.000	2,1	8,9	2,3	0,7	1,4	2,9	0,2
CASCIA	CASCIA	4.000	57,1	166,1	39,0	12,2	0,0	24,0	3,1
COLFIORITO	COLFIORITO	4.000	14,4	28,5	7,2	0,1	0,1	1,8	0,7
NOCERA UMBRA	LE CASE	4.000	2,8	16,0	15,4	0,0	10,2	15,5	1,0
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	4.000	4,1	18,8	4,3	0,3	13,5	21,7	1,9
SIGILLO	SIGILLO	4.000	2,5	10,7	2,0	0,5	1,4	1,4	0,5
GUBBIO	BRANCA	3.500	0,7	4,6	3,3	0,0	9,8	11,1	0,9
TODI	CASCIANELLA	3.500	13,3	26,7	6,4	8,5	6,0	16,9	1,0
CANNARA	CENTRO	2.800	24,7	59,5	23,7	10,9	0,7	12,8	0,5
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650	1,6	10,5	3,4	0,4	3,2	5,8	0,1
PERUGIA	S.MARTINO	2.500	9,7	43,7	54,6	0,5	32,9	45,6	5,0
PERUGIA	S. ORFETO	2.400	10,5	40,7	14,7	0,7	7,5	11,3	3,0
CAMPELLO SUL CLIT.	CAMPELLO SUL CLIT.	2.000	15,6	60,4	21,2	7,8	0,5	11,8	0,9
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	2.000	11,2	34,6	22,7	1,3	4,5	7,0	1,2
MAGIONE	S. ARCANGELO	1.800	6,3	16,2	10,1	0,4	10,6	12,8	1,6
PRECI	PRECI	1.600	17,9	64,1	17,8	3,7	0,9	6,8	1,3
PERUGIA	MUGNANO	1.500	3,6	7,9	1,4	0,6	2,8	3,4	0,3

Tabella 4.1.3. Carico residuo medio giornaliero di BOD5, COD, SS, N-NH3, N-NO3, Ntot e Ptot in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	BOD5	COD	SS	N-NH3	N-NO3	NTOT	PTOT
			med	med	med	med	med	med	med
		PROGETTO	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000	80,4	163,2	44,2	19,2	57,1	85,5	5,3
NARNI	FUNARIA	15.000	36,0	80,5	55,0	0,8	3,5	20,0	2,5
TERNI	GABELLETTA	15.000	11,3	33,4	9,7	0,5	0,0	21,4	3,5
AMELIA	PATICCHI	8.500	23,6	61,2	16,5	26,1	0,2	21,5	0,8

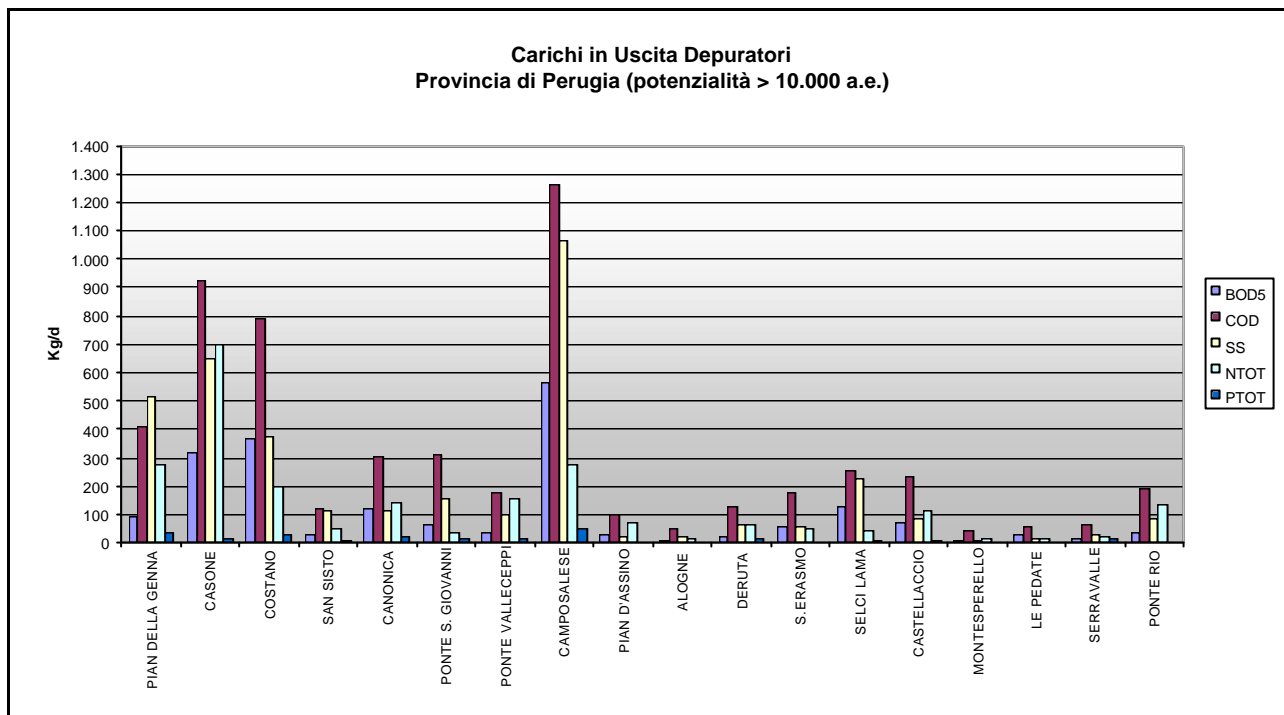


Fig. 4.1.1 – Anni 2001 e 2002. Composizione media del carico giornaliero in uscita dagli impianti. Carico residuo medio giornaliero di BOD5, COD, SS, Ntot e Ptot in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità superiore a 10.000 a.e.

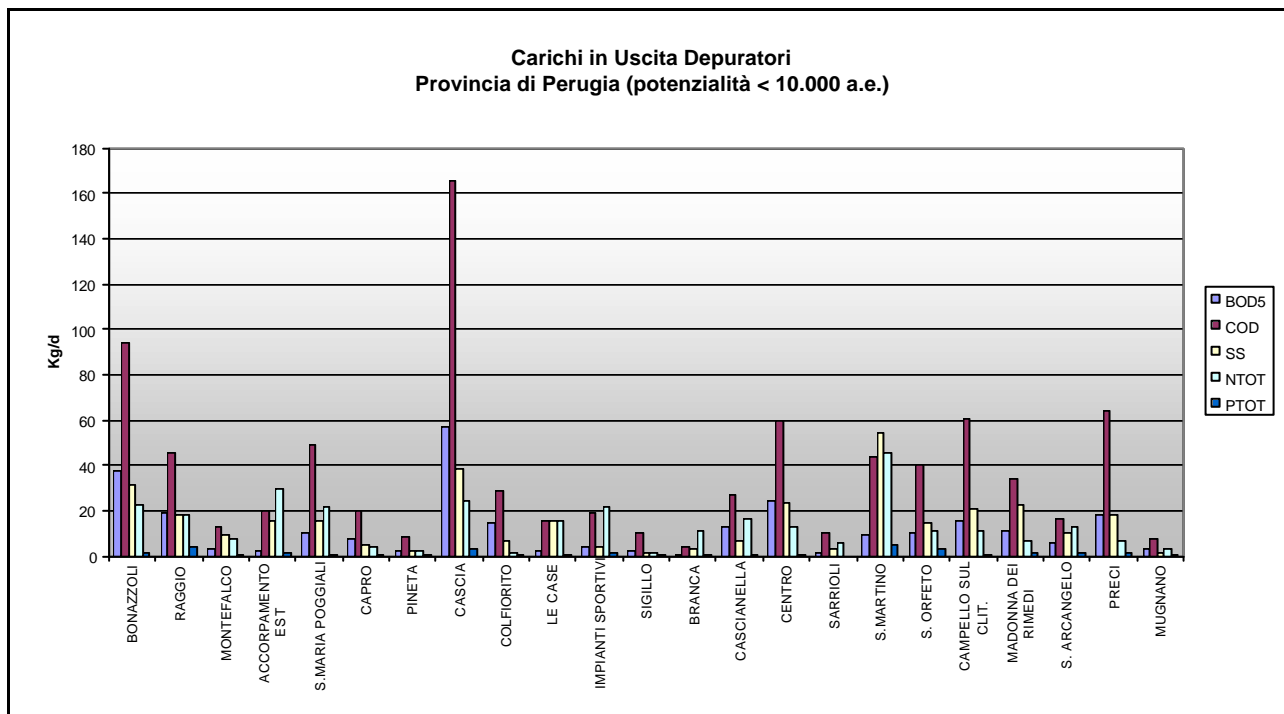
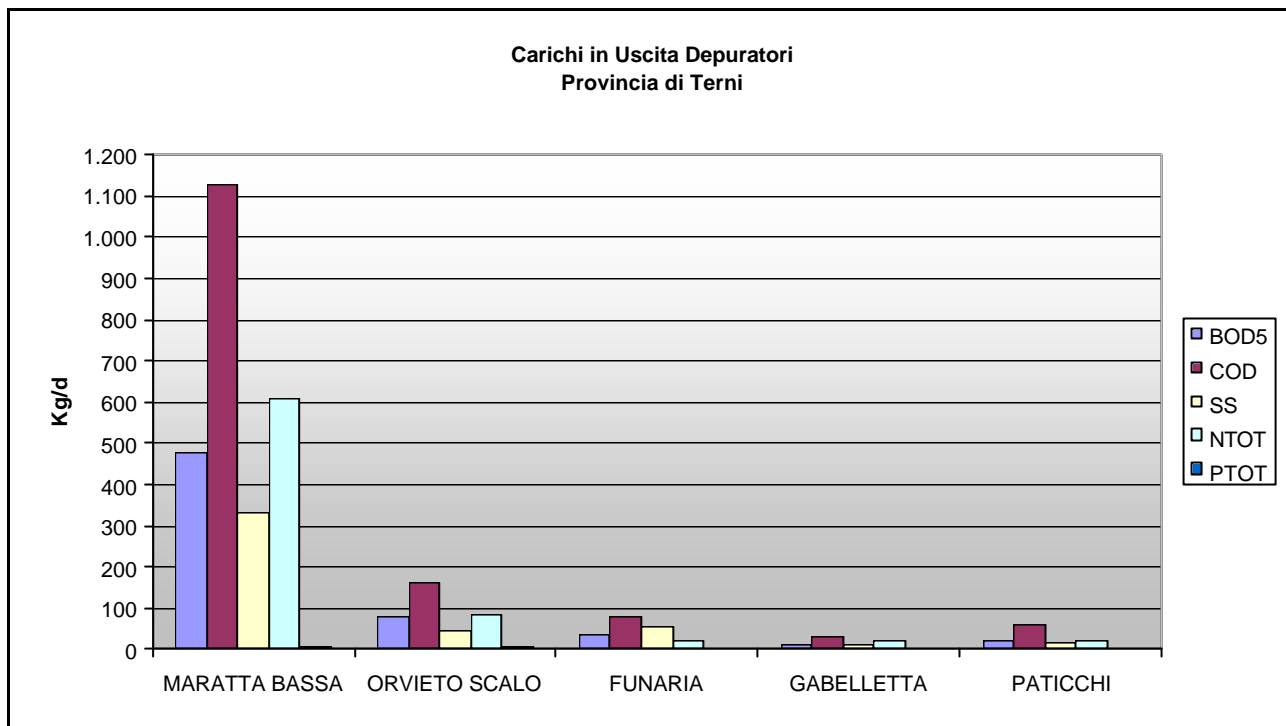


Fig. 4.1.2 – Anni 2001 e 2002. Composizione media del carico giornaliero in uscita dagli impianti. Carico residuo medio giornaliero di BOD5, COD, SS, Ntot e Ptot in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità inferiore a 10.000 a.e.



*Fig. 4.1.3 – Anni 2001 e 2002. Composizione media del carico giornaliero in uscita dagli impianti. Carico residuo medio giornaliero di BOD5, COD, SS, , Ntot e Ptot in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Terni.*

Nella Tab. 4.1.4 – 4.1.6, come esempio delle variazioni giornaliere e stagionali della composizione del refluo, vengono riportati i valori dei carichi residui medi, massimi e minimi giornalieri per quanto riguarda l'azoto nelle sue varie forme.

*Tabella 4.1.4. Carico residuo medio giornaliero, massimo e minimo di N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub> in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità maggiore di 10.000 a.e.*

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	N-NH <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>2</sub>
			med	min	max	med	min	max	med	min	max
		PROGETTO	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	8,7	0,4	59,0	221,2	55,3	534,8	1,6	0,1	3,9
FOLIGNO	CASONE	60.000	573,3	2,9	984,5	13,4	0,8	177,5	4,2	0,4	25,8
ASSISI-BASTIA	COSTANO	57.000	24,1	0,3	110,5	100,3	53,3	169,0	1,7	0,1	4,0
PERUGIA	SAN SISTO	40.000	18,4	0,1	55,0	21,9	3,9	44,5	0,3	0,0	0,7
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000	20,5	0,2	110,0	87,6	57,0	130,0	2,4	0,4	4,1
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	1,6	0,2	7,3	14,6	6,4	45,9	0,2	0,0	0,3
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	30.000	1,2	0,1	2,7	102,8	79,1	127,3	0,4	0,0	0,7
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000	110,4	0,2	176,7	5,6	0,5	41,9	1,9	0,3	8,3
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	20.000	20,0	0,1	55,4	34,4	0,2	52,2	0,3	0,0	1,7
G. TADINO - F. DI VICO	ALOGNE	16.560	1,2	0,1	17,3	10,1	2,8	20,6	0,1	0,0	1,3
DERUTA	DERUTA	16.150	1,2	0,1	3,7	50,0	30,2	123,5	0,1	0,0	0,3
GUBBIO	S.ERASMO	15.000	25,1	1,3	76,5	12,6	1,4	27,0	1,8	0,1	3,4
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000	20,3	0,1	58,5	9,2	0,2	28,4	0,4	0,2	1,4
SPELLO	CASTELLACCIO	14.000	99,0	0,1	146,5	6,7	0,3	44,5	0,6	0,0	2,9
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200	1,9	0,0	22,9	9,8	1,6	26,4	0,2	0,0	0,6
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	12.000	12,0	0,0	26,2	0,4	0,1	1,5	0,1	0,0	0,4
NORCIA	SERRAVALLE	12.000	0,3	0,0	0,6	16,6	6,2	38,4	0,1	0,0	0,1
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	11,6	0,0	28,8	99,1	4,5	275,2	0,4	0,0	6,4



Tabella 4.1.5. Carico residuo medio giornaliero, massimo e minimo di N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub> in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità minore di 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	N-NH <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>2</sub>
			med	min	max	med	min	max	med	min	max
		PROGETTO	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	9.000	22,5	4,4	79,1	0,8	0,3	1,0	0,5	0,1	2,3
GUBBIO	RAGGIO	7.500	10,4	0,0	14,4	5,6	1,2	21,6	0,1	0,0	0,2
MONTEFALCO	MONTEFALCO	7.000	0,0	0,0	0,0	7,2	5,3	17,5	0,0	0,0	0,0
TODI	ACCORPAMENTO EST	6.400	0,2	0,0	0,3	20,6	15,0	21,8	0,1	0,0	0,1
MARSCIANO	S.MARIA POGGIALI	6.000	7,5	0,0	58,0	7,7	0,1	23,6	0,3	0,0	2,1
BEVAGNA	CAPRO	4.500	0,9	0,0	2,2	1,7	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0
C. DEL LAGO	PINETA	4.000	0,7	0,0	3,3	1,4	1,1	3,0	0,0	0,0	0,0
CASCIA	CASCIA	4.000	12,2	12,2	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
COLFIORITO	COLFIORITO	4.000	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
NOCERA UMBRA	LE CASE	4.000	0,0	0,0	0,0	10,2	6,6	13,2	0,0	0,0	0,0
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	4.000	0,3	0,0	2,0	13,5	8,9	15,1	0,1	0,0	0,2
SIGILLO	SIGILLO	4.000	0,5	0,0	3,7	1,4	0,0	5,7	0,1	0,0	0,3
GUBBIO	BRANCA	3.500	0,0	0,0	0,0	9,8	9,8	9,8	0,0	0,0	0,0
TODI	CASCIANELLA	3.500	8,5	0,2	12,6	6,0	0,9	20,2	0,3	0,1	0,5
CANNARA	CENTRO	2.800	10,9	3,8	36,0	0,7	0,1	1,9	0,1	0,0	0,1
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650	0,4	0,0	2,3	3,2	0,1	3,9	0,0	0,0	0,0
PERUGIA	S.MARTINO	2.500	0,5	0,0	3,5	32,9	22,8	36,2	0,1	0,0	0,6
PERUGIA	S. ORFETO	2.400	0,7	0,0	1,1	7,5	3,6	12,5	0,1	0,0	0,1
CAMPELLO SUL CLIT.	CAMPELLO SUL CLIT.	2.000	7,8	5,4	9,3	0,5	0,0	1,4	0,1	0,0	0,4
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	2.000	1,3	0,0	2,4	4,5	2,2	7,7	0,2	0,1	0,2
MAGIONE	S. ARCANGELO	1.800	0,4	0,0	0,7	10,6	8,1	12,1	0,0	0,0	0,1
PRECI	PRECI	1.600	3,7	2,4	4,5	0,9	0,9	1,0	0,1	0,1	0,1
PERUGIA	MUGNANO	1.500	0,6	0,0	0,8	2,8	2,3	5,3	0,1	0,0	0,1

Tabella 4.1.6. Carico residuo medio giornaliero, massimo e minimo di N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub> in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E.	N-NH <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-NH <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>2</sub>
			med	min	max	med	min	max	med	min	max
		PROGETTO	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)	(Kg/d)
TERNI	MARATTA BASSA	150.000	570,9	182,7	959,0	8,2	7,0	9,3	102,1	63,5	140,6
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000	19,2	19,2	19,2	57,1	57,1	57,1	1,6	1,6	1,6
NARNI	FUNARIA	15.000	0,8	0,4	1,2	3,5	0,1	10,1	15,2	0,2	31,7
TERNI	GABELLETTA	15.000	0,5	0,3	0,7	0,0	0,0	0,1	20,4	17,1	23,6
AMELIA	PATICCHI	8.500	26,1	1,9	50,3	0,2	0,2	0,3	1,5	0,8	2,3

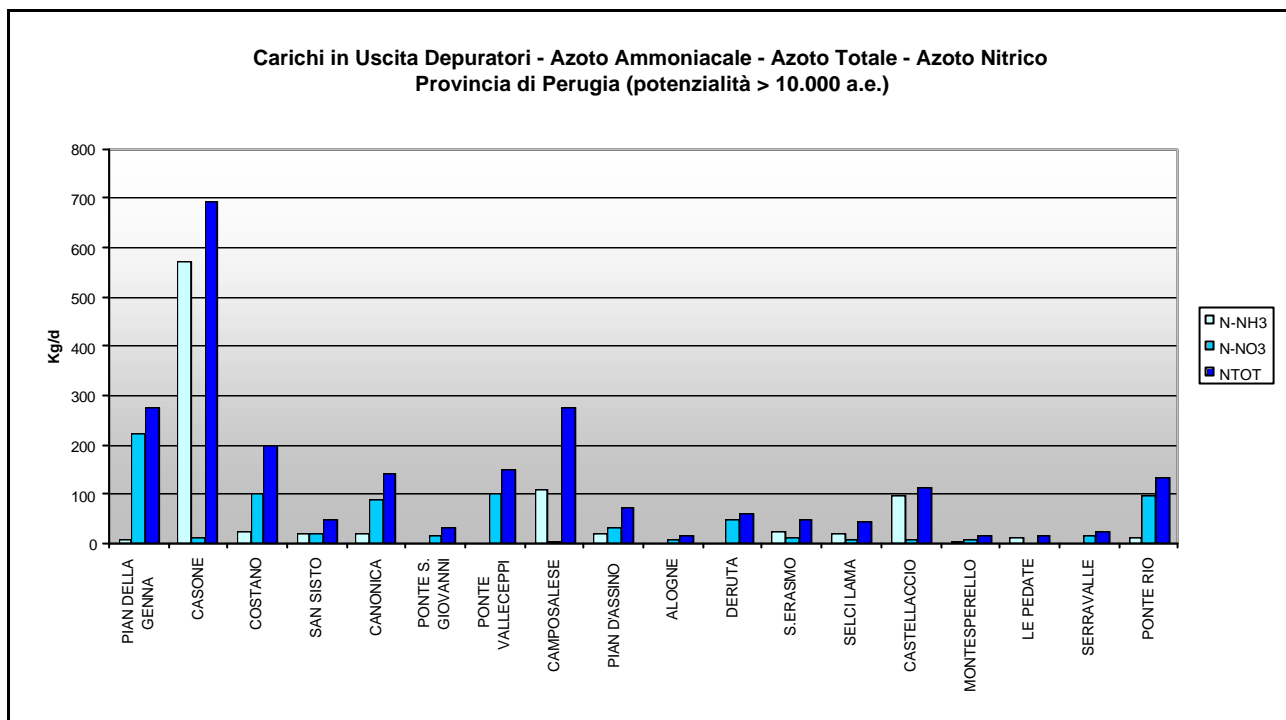


Fig. 4.1.4. Carico residuo medio giornaliero di N-NH3, N-NO3, e Ntot in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità superiore a 10.000 a.e.

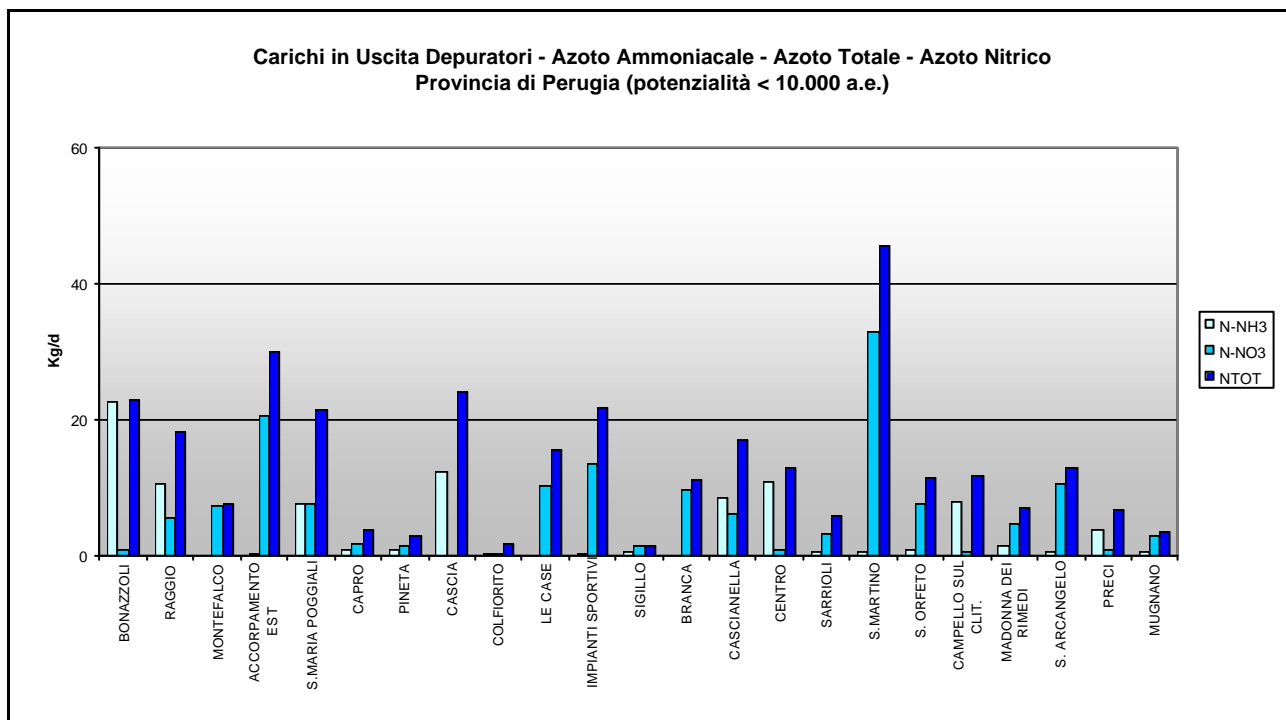
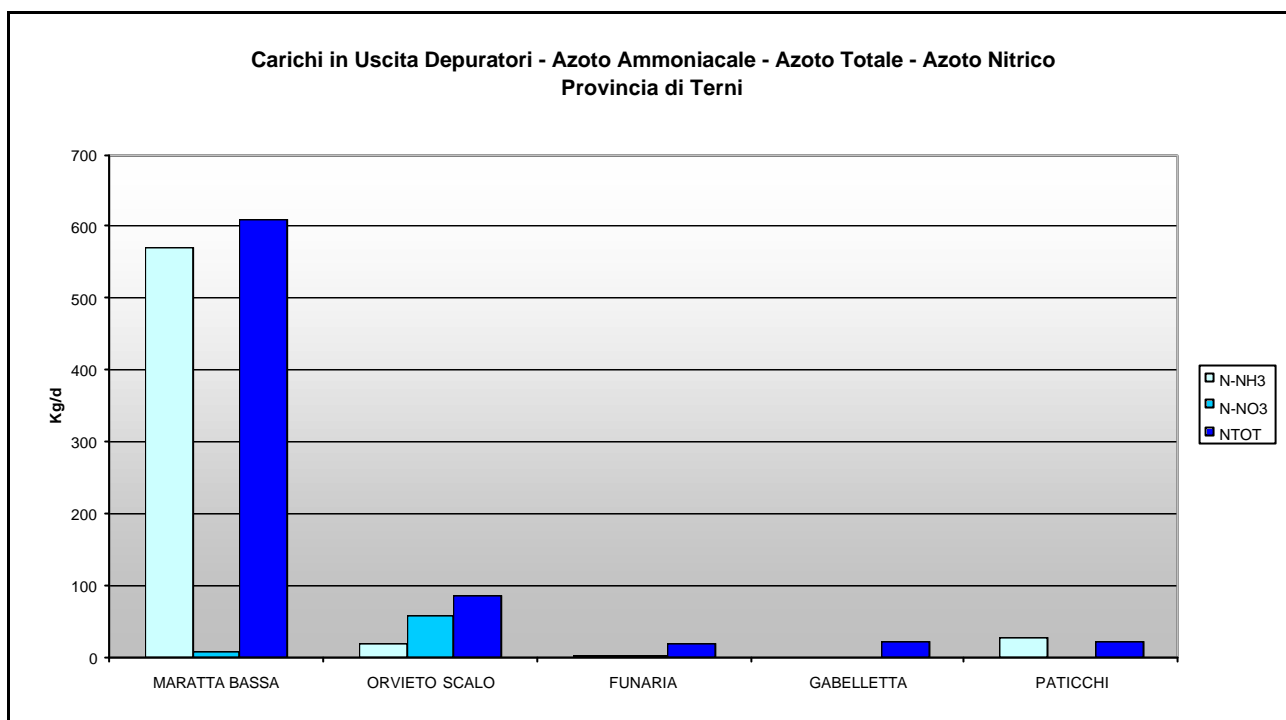


Fig. 4.1.5. Carico residuo medio giornaliero di N-NH3, N-NO3, e Ntot in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità inferiore a 10.000 a.e.



*Fig. 4.1.6. Carico residuo medio giornaliero di N-NH<sub>3</sub>, N-NO<sub>3</sub>, e Ntot in uscita dagli impianti di depurazione della Provincia di Terni.*

Dai grafici in Fig. 4.1.4 – 4.1.6 risultano evidenti gli impianti che presentano disfunzioni nella fase ossidativa dell'ammoniacale. Questi sono facilmente riconoscibili dai grafici precedenti in quanto contraddistinti da un elevato valore dell'istogramma in colore più chiaro (Terni – Maratta Bassa, Foligno – Casone, Spoleto – Camposalese, Spello – Castellaccio, Castiglione del Lago – Bonazzoli, Gubbio – Raggio e Cascia). Gli impianti che presentano un elevato carico di azoto nitrico in uscita sono contraddistinti da un elevato valore dell'istogramma azzurro.

Particolarmente significativo è il valore dell'ammoniacale residua nello scarico, una sostanza che ha una potenziale tossicità diretta per la vita dei pesci, ed un impatto indiretto per la vita acquatica in generale, in quanto la sua ossidazione a nitrato richiede il consumo di una parte dell'ossigeno disciolto nel corso d'acqua.

## 4.2. Percentuali di abbattimento del carico inquinante

Per quanto riguarda le percentuali di abbattimento dei carichi inquinanti il Dlgs 152/99 fissa i seguenti limiti per gli impianti con potenzialità superiore a 10.000 a.e. ricadenti in aree sensibili:

BOD <sub>5</sub>	80%
COD	75%
SS	90%
N <sub>TOT</sub>	75%
P <sub>TOT</sub>	80%

Per gli impianti con potenzialità inferiore a 10.000 a.e., anche se ricadenti in aree sensibili, la legislazione nazionale non impone alcun limite su azoto e fosforo che sia più restrittivo di quelli per lo scarico in acque superficiali.

Le direttive emanate dall'Autorità di Bacino del Fiume Tevere indicano limiti più restrittivi per azoto e fosforo anche per gli impianti con potenzialità compresa fra 2.000 a.e. e 10.000 a.e. ricadenti nei bacini del Lago Trasimeno. In queste zone, difatti, il Piano Stralcio per il Lago Trasimeno, estendono i limiti riportati in Tabella 2 dell'allegato 5 del 152/99, agli agglomerati urbani con numero di abitanti equivalenti superiori a 2.000 (Art. 8 delle Norme tecniche di attuazione). La stessa Autorità di Bacino, nel Piano Stralcio per il Lago di Piediluco, impone che le acque reflue degli agglomerati urbani e industriali serviti da fognature recapitanti in impianti con potenzialità superiore a 10.000 abitanti equivalenti, devono rispettare i limiti imposti dalla Tabella 2 per gli impianti ricadenti in aree sensibili (Art. 8 comma 1 delle Norme tecniche di attuazione).

Nelle Tabb. 4.2.1 – 4.2.3 sono evidenziati in rosso le percentuali di abbattimento al di sotto di quelle fissate dalla norma. Il limite di abbattimento dell'azoto totale e del fosforo totale imposto per le aree sensibili (N<sub>TOT</sub> 75%, P<sub>TOT</sub> 80%) viene considerato valido anche per tutti gli impianti con potenzialità superiore a 10.000 a.e. ricadenti nel bacino dell'Oasi di Alviano (tutto il bacino del Fiume Tevere a monte di Alviano).

Il calcolo delle percentuali di abbattimento è stato effettuato considerando come valori dei parametri in ingresso quelli rilevati mediante campionamenti medi sulle 24 ore, mentre come valori dei parametri in uscita si sono considerate le medie dei campionamenti istantanei effettuati nel corso degli anni 2001 e 2002.

Nelle Figg. 4.2.1 – 4.2.3 sono evidenziate le percentuali di abbattimento per il solo parametro N<sub>TOT</sub> con relativo limite.

Tabella 4.2.1. Percentuali di abbattimento di BOD<sub>5</sub>, COD, SS, N<sub>tot</sub> e P<sub>tot</sub>. Provincia di Perugia impianti con potenzialità superiore a 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E. PROGETTO	BOD5	COD	SS	NTOT	PTOT
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
PERUGIA	PIAN DELLA GENNA	90.000	98%	98%	96%	64%	91%
FOLIGNO	CASONE	60.000	92%	91%	87%	31%	81%
ASSISI-BASTIA	COSTANO	57.000	74%	71%	64%	41%	15%
PERUGIA	SAN SISTO	40.000	94%	90%	86%	58%	54%
CITTA' DI CASTELLO	CANONICA	40.000	90%	87%	84%	61%	41%
PERUGIA	PONTE S. GIOVANNI	30.000	93%	84%	84%	85%	44%
PERUGIA	PONTE VALLECEPPI	30.000	97%	93%	30%	49%	46%
SPOLETO	CAMPOSALESE	28.000	55%	51%	6%	0%	16%
UMBERTIDE	PIAN D'ASSINO	20.000	78%	73%	85%	0%	51%
G. TADINO - F. DI VICO	ALOGNE	16.560	96%	87%	88%	78%	38%
DERUTA	DERUTA	16.150	96%	92%	75%	78%	52%
GUBBIO	S.ERASMO	15.000	87%	85%	77%	87%	94%
S. GIUSTINO	SELCI LAMA	15.000	62%	75%	32%	70%	55%
SPELLO	CASTELLACCIO	14.000	82%	80%	93%	33%	88%
MAGIONE	MONTESPERELLO	13.200	99%	95%	95%	79%	91%
PASSIGNANO-TUORO	LE PEDATE	12.000	79%	79%	85%	64%	8%
NORCIA	SERRAVALLE	12.000	97%	94%	88%	70%	0%
PERUGIA	PONTE RIO	12.000	92%	90%	93%	77%	9%

Tabella 4.2.2. Percentuali di abbattimento di BOD<sub>5</sub>, COD, SS, N<sub>tot</sub> e P<sub>tot</sub>. Provincia di Perugia impianti con potenzialità inferiore a 10.000 a.e.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E. PROGETTO	BOD5	COD	SS	NTOT	PTOT
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
C. DEL LAGO	BONAZZOLI	9.000	82%	79%	64%	73%	78%
GUBBIO	RAGGIO	7.500	70%	80%	87%	61%	29%
MONTEFALCO	MONTEFALCO	7.000	87%	76%	71%	59%	9%
TODI	ACCORPAMENTO EST	6.400	96%	83%	66%	24%	60%
MARSCIANO	S.MARIA POGGIALI	6.000	98%	94%	96%	81%	94%
BEVAGNA	CAPRO	4.500	81%	77%	60%	67%	53%
C. DEL LAGO	PINETA	4.000	95%	91%	91%	83%	91%
CASCIA	CASCIA	4.000	26%	0%	12%	0%	0%
COLFIORITO	COLFIORITO	4.000	94%	93%	94%	88%	78%
NOCERA UMBRA	LE CASE	4.000	86%	62%	4%	0%	0%
TODI	IMPIANTI SPORTIVI	4.000	96%	91%	94%	48%	40%
SIGILLO	SIGILLO	4.000	93%	87%	93%	83%	40%
GUBBIO	BRANCA	3.500	98%	98%	98%	60%	78%
TODI	CASCIANELLA	3.500	53%	74%	76%	47%	61%
CANNARA	CENTRO	2.800	60%	49%	49%	52%	71%
MASSA MARTANA	SARRIOLI	2.650	90%	75%	83%	28%	85%
PERUGIA	S.MARTINO	2.500	97%	94%	92%	46%	58%
PERUGIA	S. ORFETO	2.400	91%	88%	92%	78%	39%
CAMPELLO SUL CLIT.	CAMPELLO SUL CLIT.	2.000	12%	0%	0%	0%	0%
PIETRALUNGA	MADONNA DEI RIMEDI	2.000	68%	56%	10%	75%	40%
MAGIONE	S. ARCANGELO	1.800	83%	82%	51%	41%	14%
PRECI	PRECI	1.600	11%	16%	57%	36%	3%
PERUGIA	MUGNANO	1.500	76%	69%	82%	63%	42%

Tabella 4.2.3. Percentuali di abbattimento di BOD<sub>5</sub>, COD, SS, N<sub>tot</sub> e P<sub>tot</sub>. Provincia di Terni.

COMUNE	NOME IMPIANTO	A.E. PROGETTO	BOD5	COD	SS	NTOT	PTOT
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
TERNI	MARATTA BASSA	150.000	88%	91%	95%	56%	97%
ORVIETO	ORVIETO SCALO	20.000	82%	88%	87%	79%	0%
NARNI	FUNARIA	15.000	84%	86%	68%	80%	67%
TERNI	GABELLETTA	15.000	94%	92%	96%	71%	53%
AMELIA	PATICCHI	8.500	86%	90%	98%	60%	84%

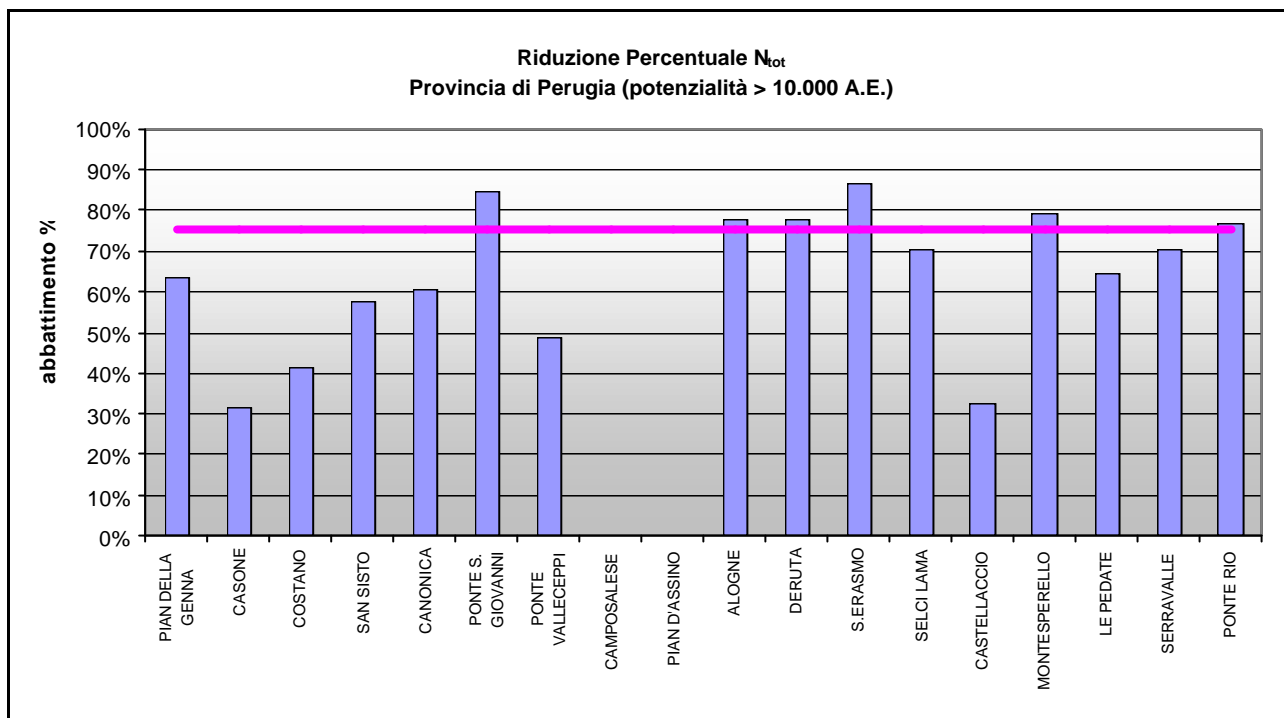


Fig. 4.2.1. Istogrammi delle percentuali di abbattimento di  $N_{tot}$  per gli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità superiore a 10.000 a.e.

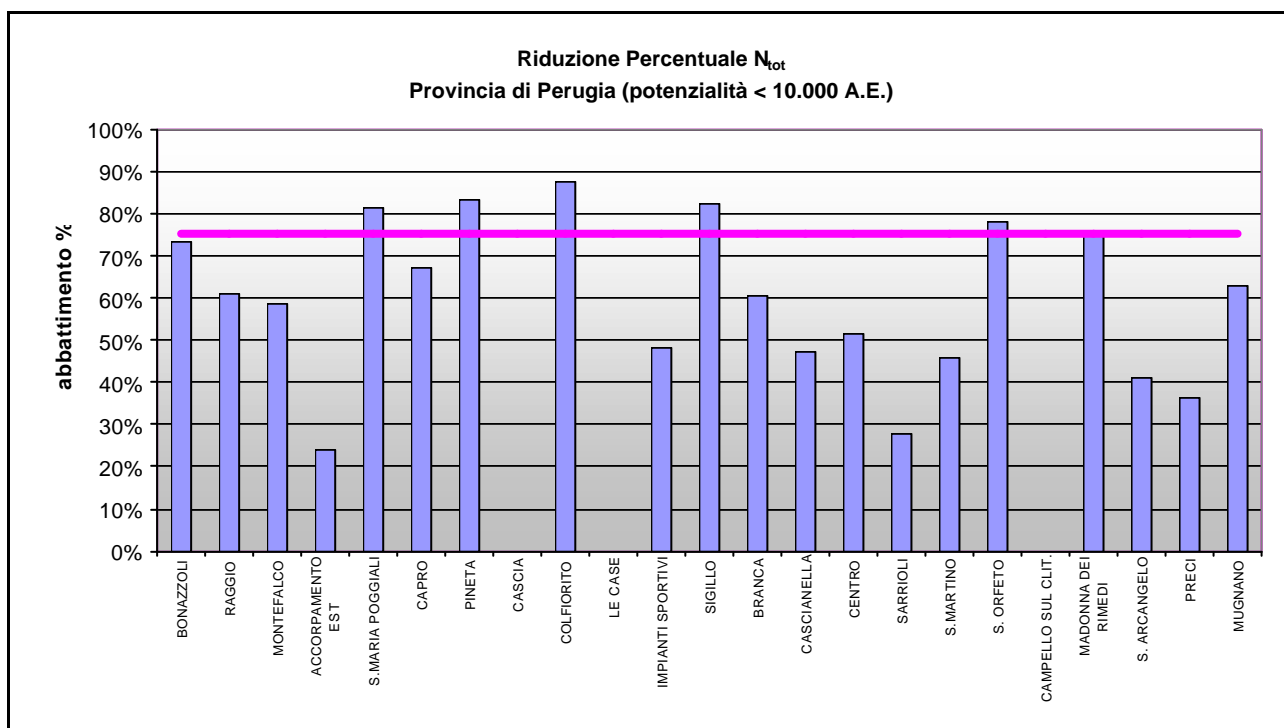


Fig. 4.2.2. Istogrammi delle percentuali di abbattimento di  $N_{tot}$  per gli impianti di depurazione della Provincia di Perugia con potenzialità inferiore a 10.000 a.e.

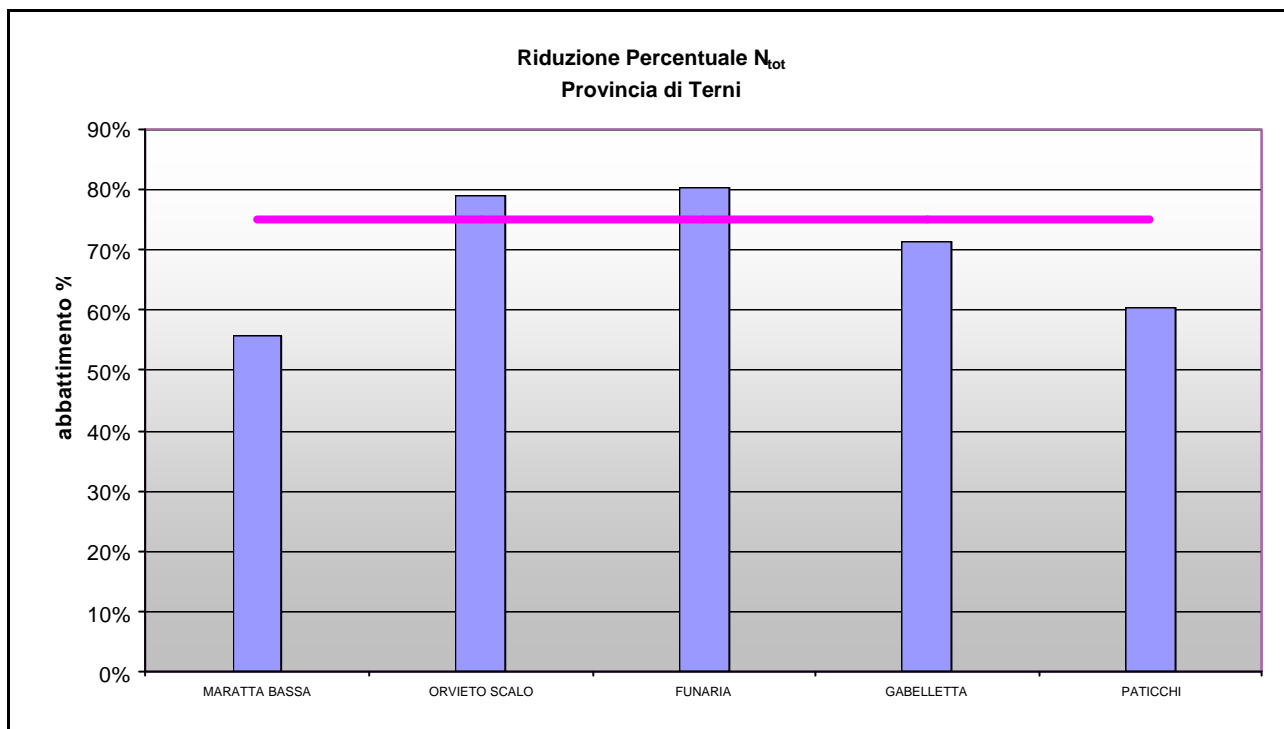


Fig. 4.2.3. Istogrammi delle percentuali di abbattimento di  $N_{tot}$  per gli impianti di depurazione della Provincia di Terni.

In relazione alle Figg. 4.2.1 – 4.2.3 gli impianti che riescono ad abbattere l’azoto totale per almeno il 75% sono solamente 13 su 46, pari al 28% del totale.

A seguito di questa analisi si fa presente che, per avere una visione complessiva del funzionamento dell’impianto, la percentuale di abbattimento deve essere comunque confrontata con le concentrazioni medie in ingresso ed in uscita, in quanto è risultato frequente il caso in cui le concentrazioni in ingresso, a causa di una forte diluizione, risultano essere già prossime ai limiti di scarico fissati per le acque superficiali (Nocera – Le Case, Preci, etc.). In questa situazione il gestore riesce comodamente a rientrare nei limiti di scarico ma non può raggiungere le percentuali di abbattimento fissate dalla norma.

Le Figg. 4.2.4 – 4.2.13 riportano la percentuale di impianti che rispettano i limiti di scarico e quelli che rispettano le percentuali di abbattimento. Risulta evidente come la percentuale di impianti che per uno stesso parametro rispettano i limiti di scarico è sempre maggiore di quello che rispettano i limiti di abbattimento percentuale. Tale situazione è dovuta alla diluizione del carico in ingresso, come è stato evidenziato dai risultati analitici su campioni di refluo.

La Tab. 4.2.4 riporta i valori delle percentuali di abbattimento ed i valori medi delle uscite per i parametri BOD5, COD, SS,  $N_{tot}$  e  $P_{tot}$ . Nell’ultima colonna è riportato il numero di campionamenti effettuati sul refluo in uscita.



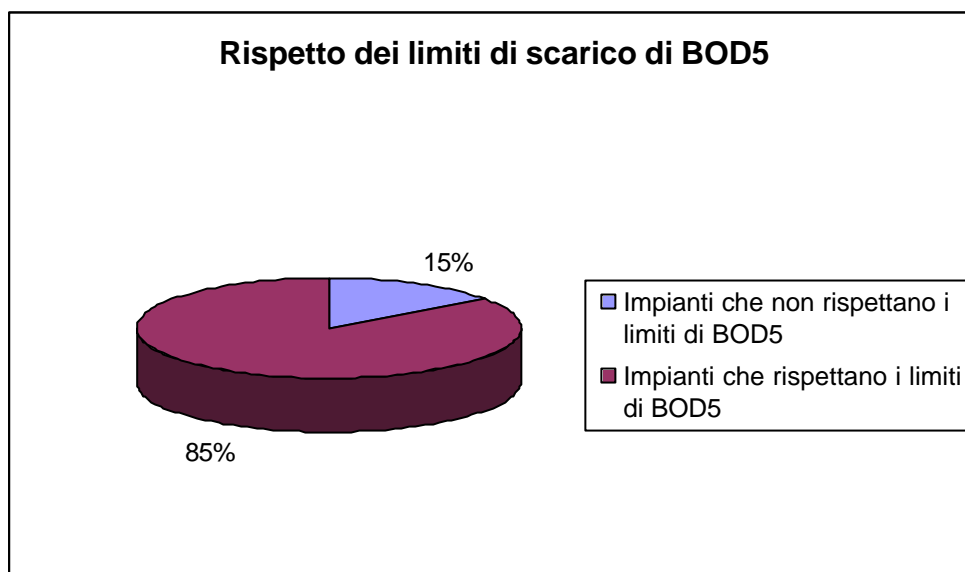


Fig. 4.2.4. Percentuale di impianti che rispettano i limiti di scarico per il BOD5.

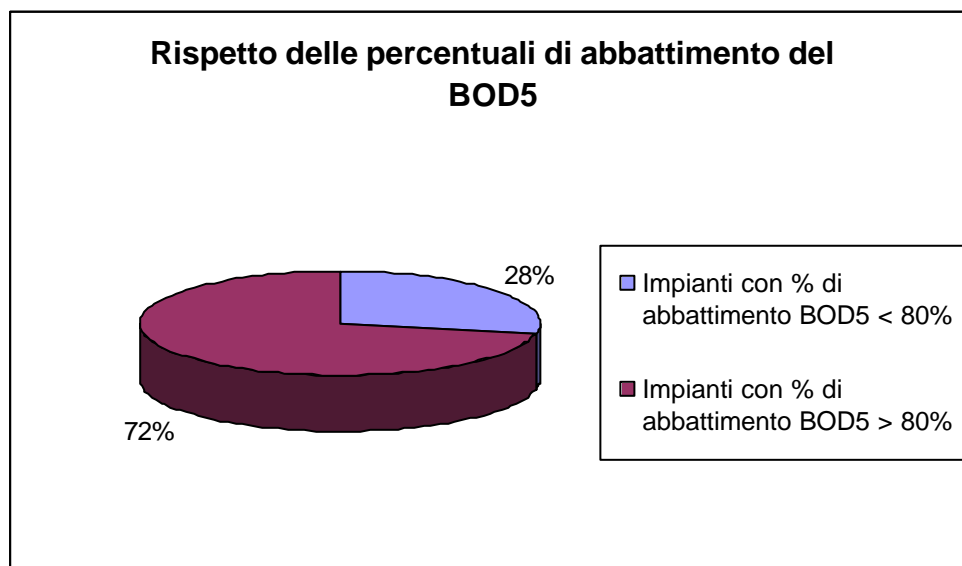


Fig. 4.2.5. Percentuale di impianti che rispettano le percentuali di abbattimento per il BOD5.

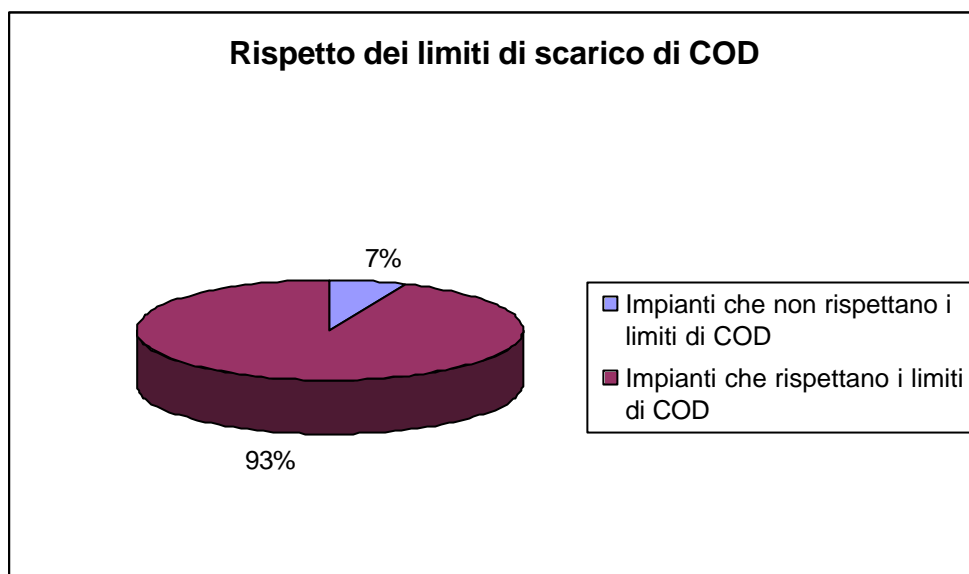


Fig. 4.2.5. Percentuale di impianti che rispettano i limiti di scarico per il COD.

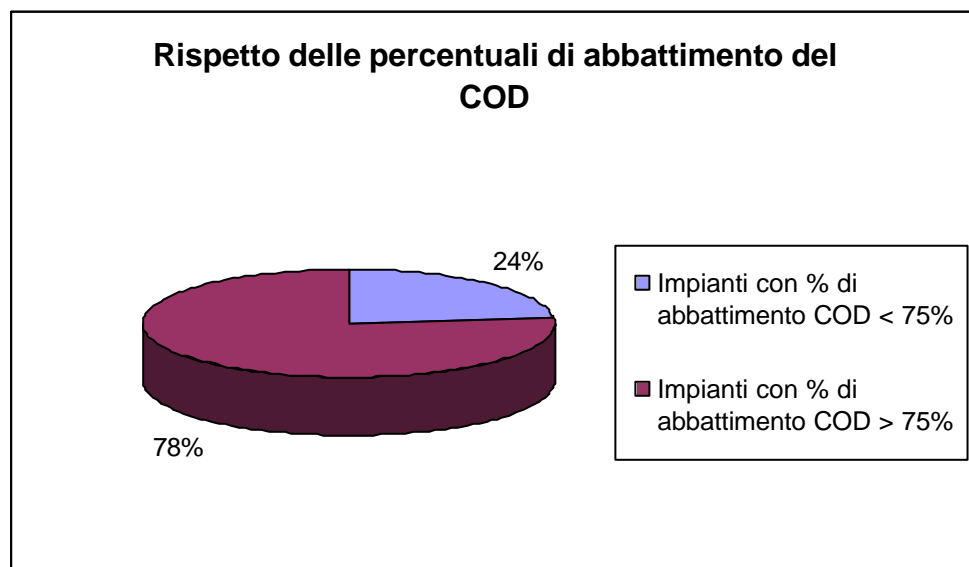


Fig. 4.2.6. Percentuale di impianti che rispettano le percentuali di abbattimento per il COD.

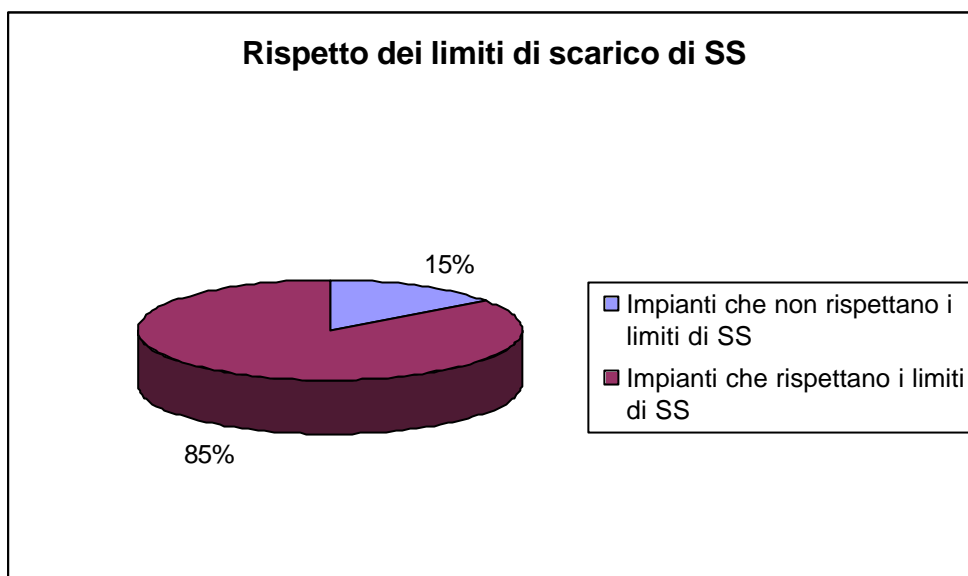


Fig. 4.2.8. Percentuale di impianti che rispettano i limiti di scarico per i SS.

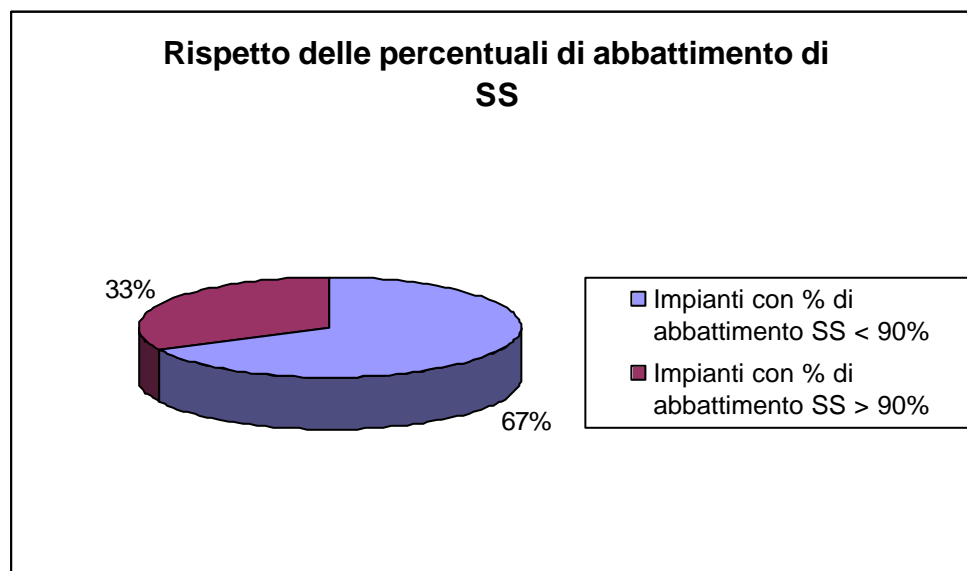


Fig. 4.2.9. Percentuale di impianti che rispettano le percentuali di abbattimento per i SS.

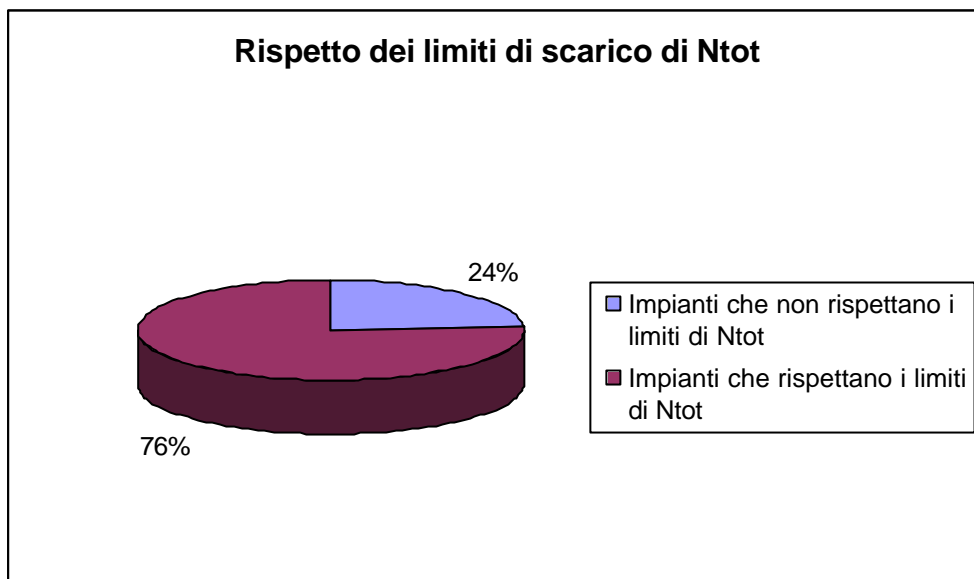


Fig. 4.2.10. Percentuale di impianti che rispettano i limiti di scarico per Ntot.

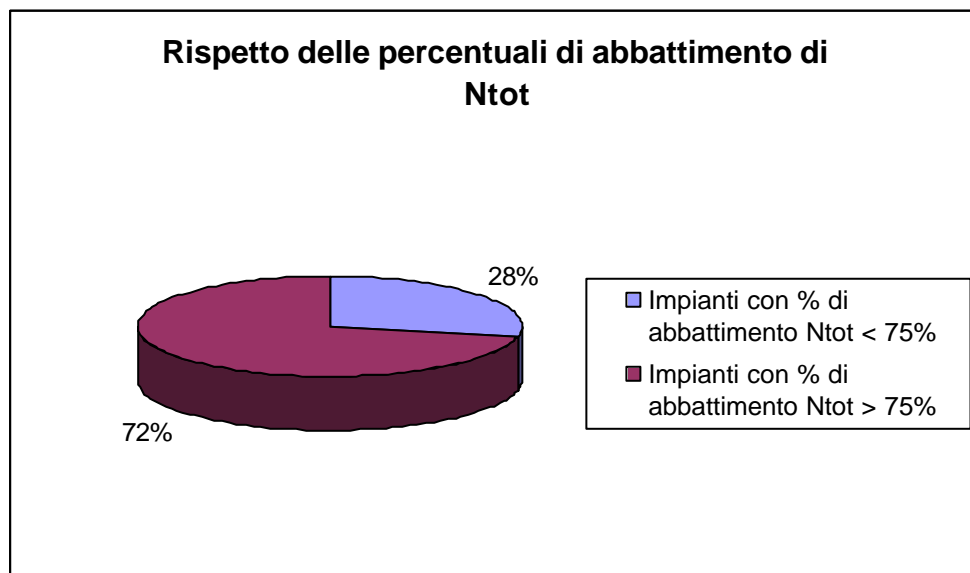


Fig. 4.2.11. Percentuale di impianti che rispettano le percentuali di abbattimento per Ntot.

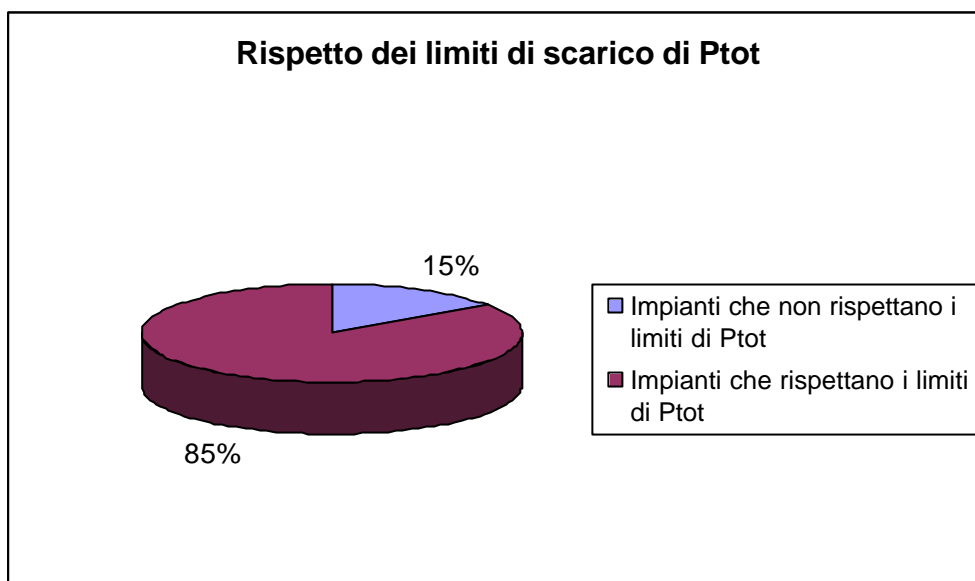


Fig. 4.2.12. Percentuale di impianti che rispettano i limiti di scarico per Ptot.

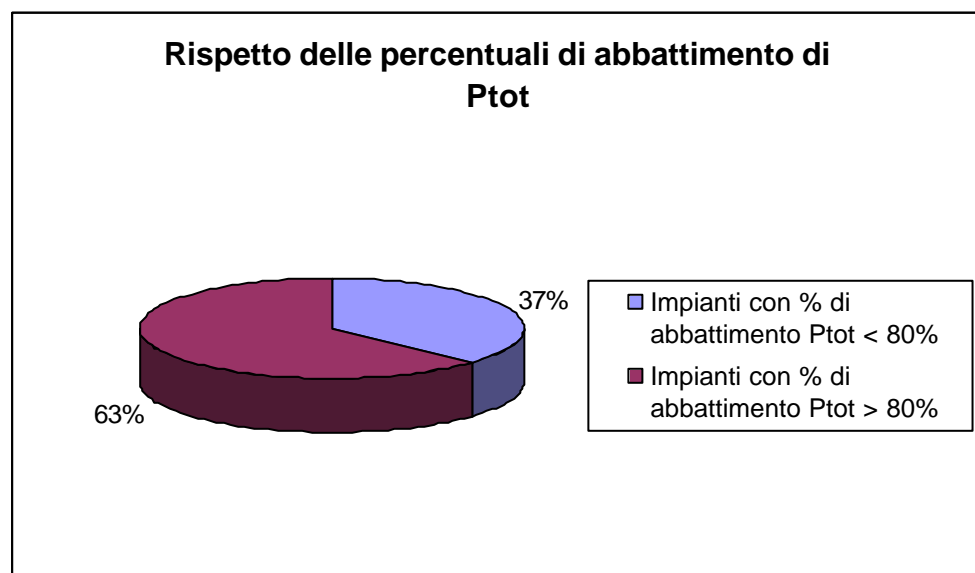


Fig. 4.2.13. Percentuale di impianti che rispettano le percentuali di abbattimento per Ptot.

Relazione Generale:Tabella4.2.4 pag72 (Formato A3)

### **4.3 Valori medi di BOD5, COD, SS, N-NH3, N-NH4, N<sub>TOT</sub> e P<sub>TOT</sub> in uscita.**

Nelle Figg. 4.3.1 – 4.3.21 seguenti sono riportati i grafici dei valori medi, minimi e massimi di BOD5, COD, SS, N-NH3, N-NH4, N<sub>TOT</sub> e P<sub>TOT</sub> rilevati in uscita dagli impianti negli anni 2001 e 2002. Nei grafici sono riportati anche i limiti di scarico ed il numero di campionamenti.

I valori massimi e minimi in alcuni impianti presentano oscillazioni consistenti rispetto al valore medio.

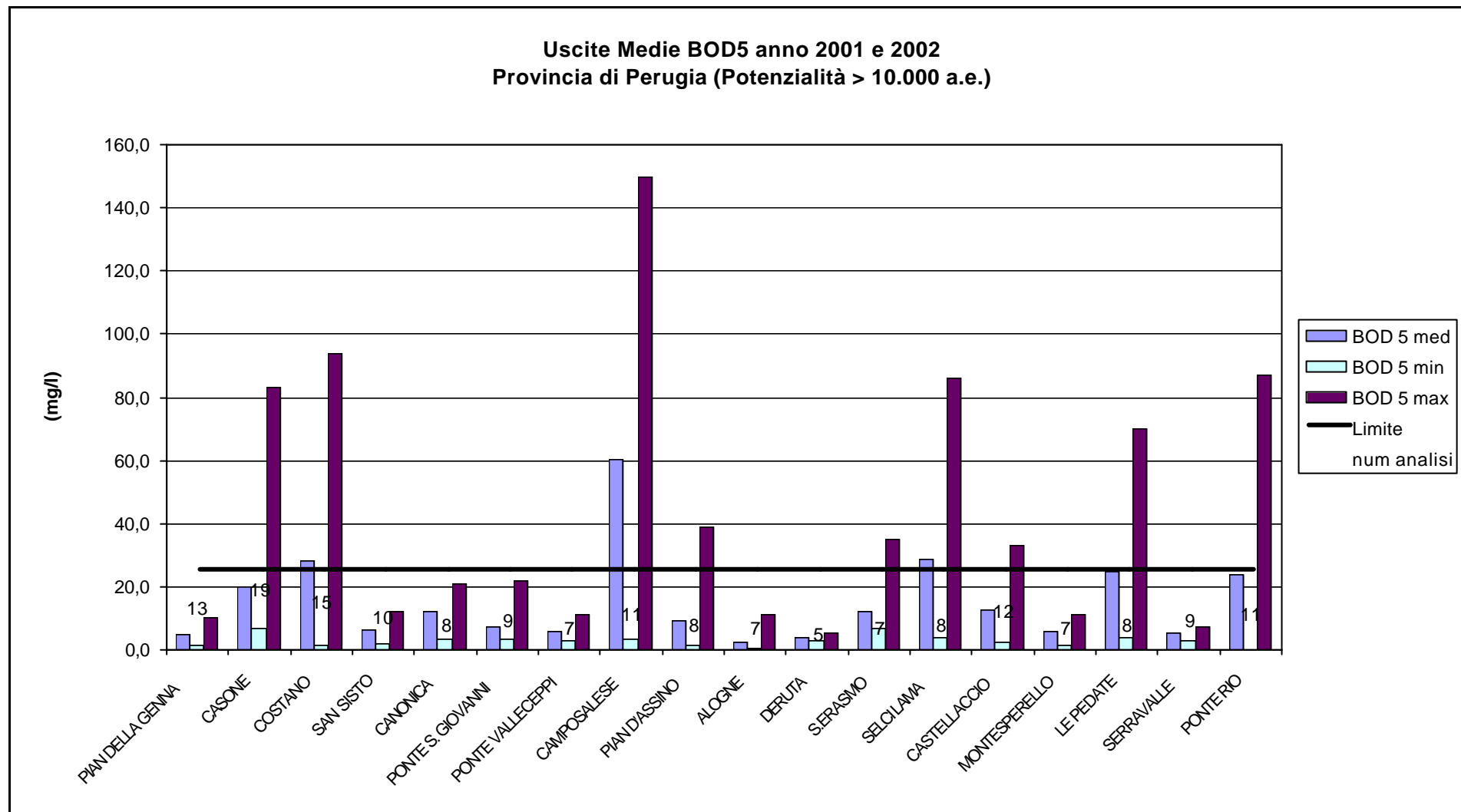


Fig. 4.3.1. Valori medi, massimi e minimi di BOD5 in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità superiore a 10.000 a.e.).



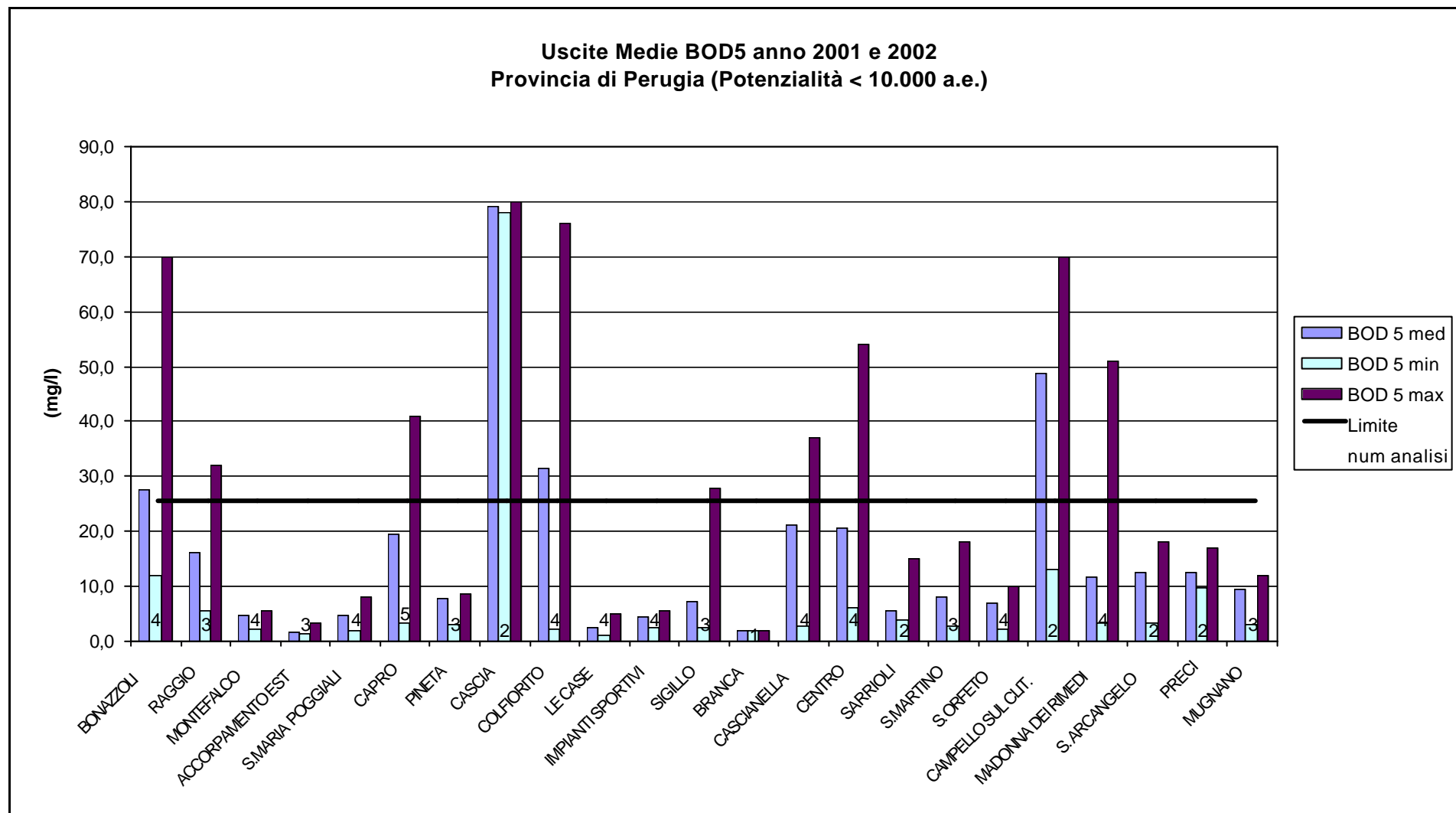


Fig. 4.3.2. Valori medi, massimi e minimi di BOD5 in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità inferiore a 10.000 a.e.).

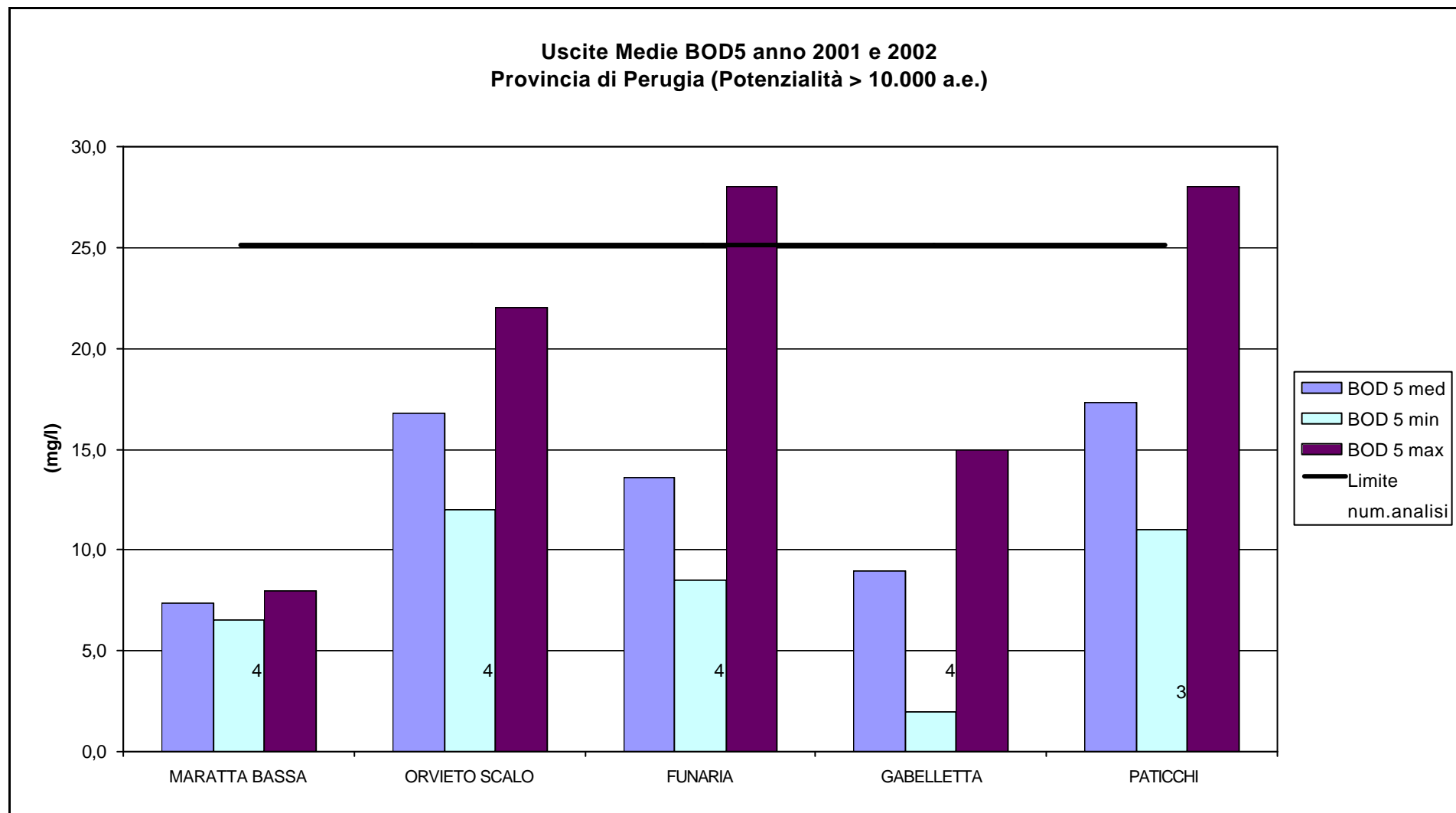


Fig. 4.3.3. Valori medi, massimi e minimi di BOD5 in uscita. Provincia di Terni.

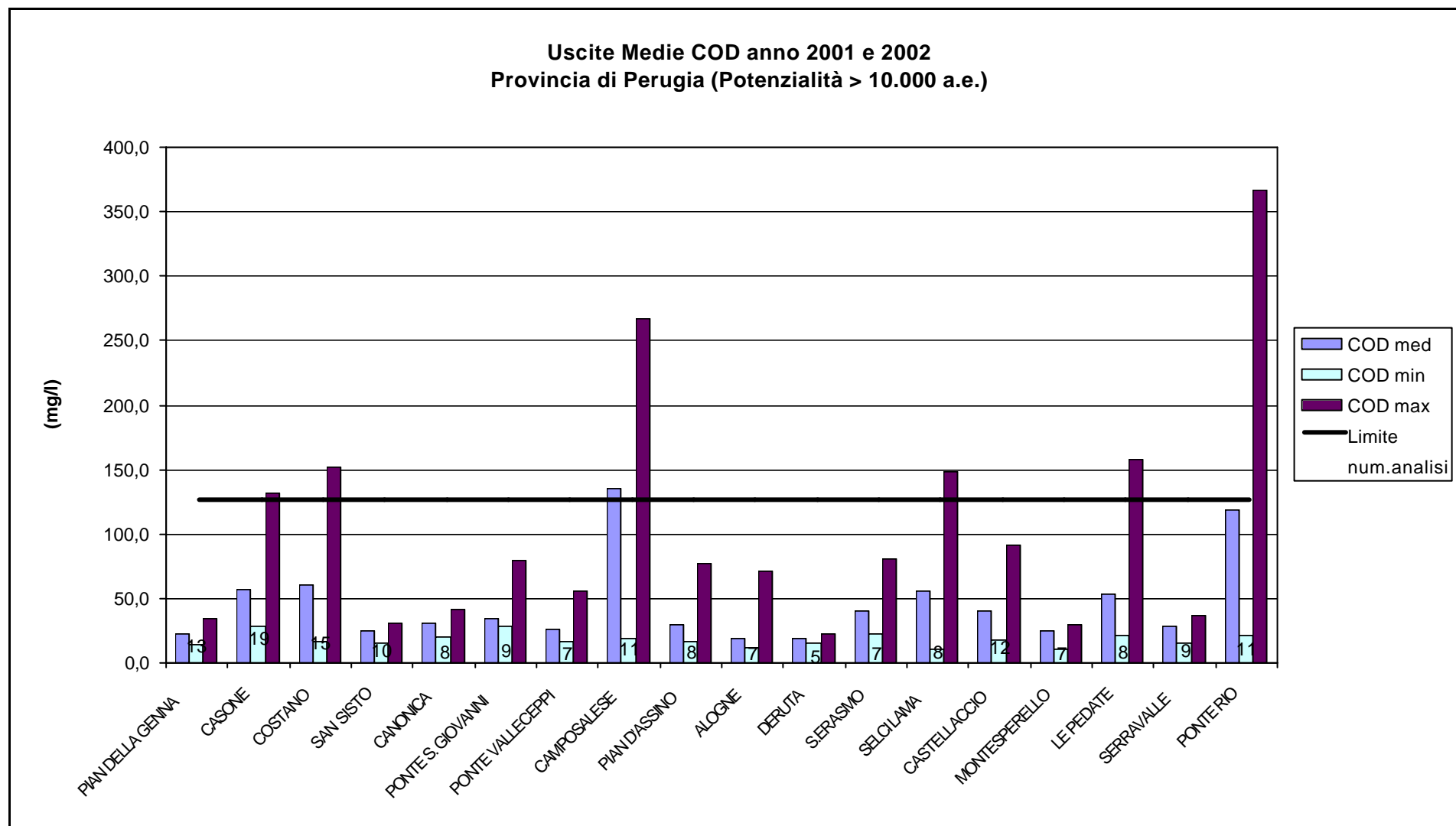


Fig. 4.3.4. Valori medi, massimi e minimi di COD in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità superiore a 10.000 a.e.).

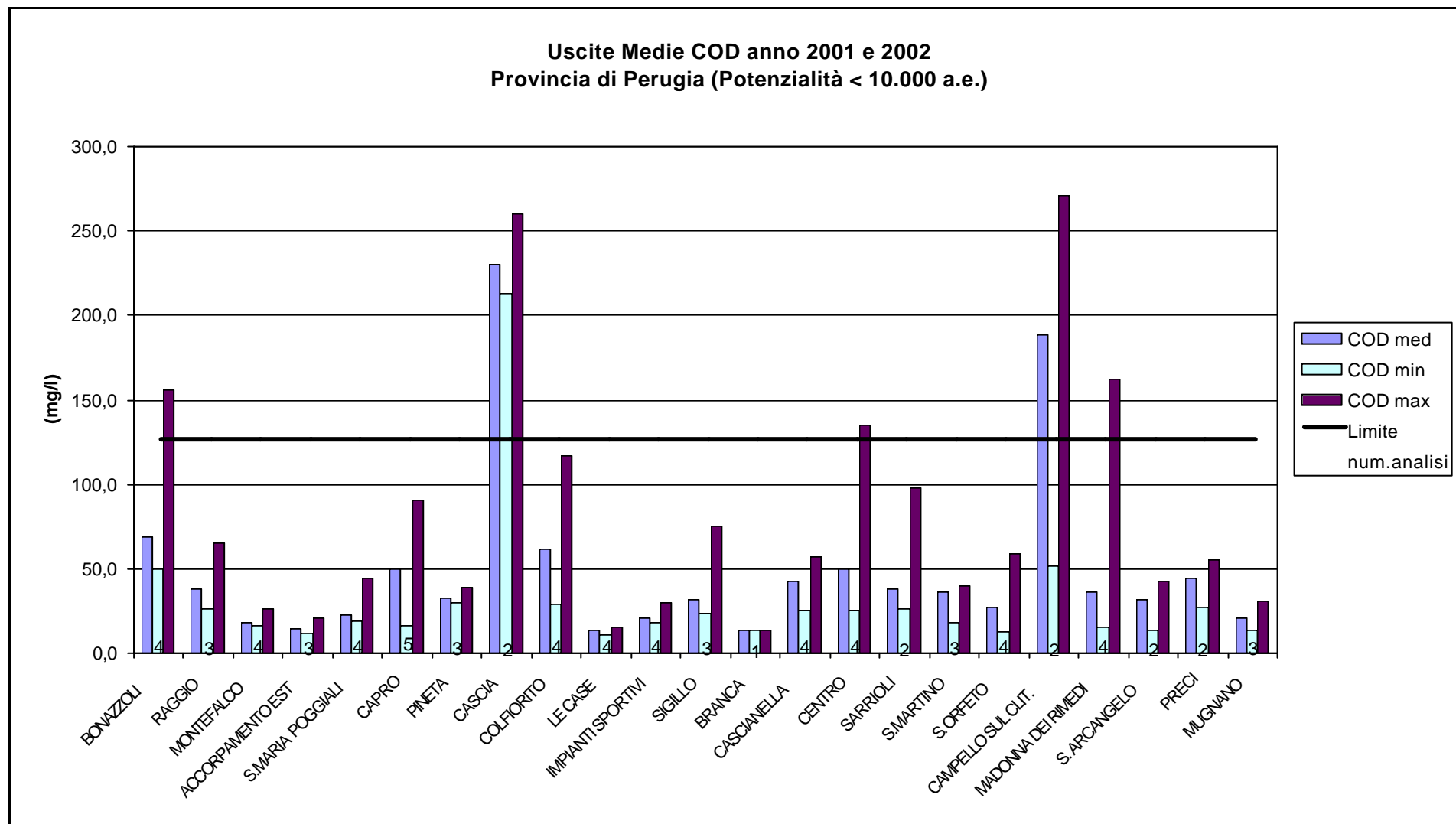


Fig. 4.3.5. Valori medi, massimi e minimi di COD in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità inferiore a 10.000 a.e.).

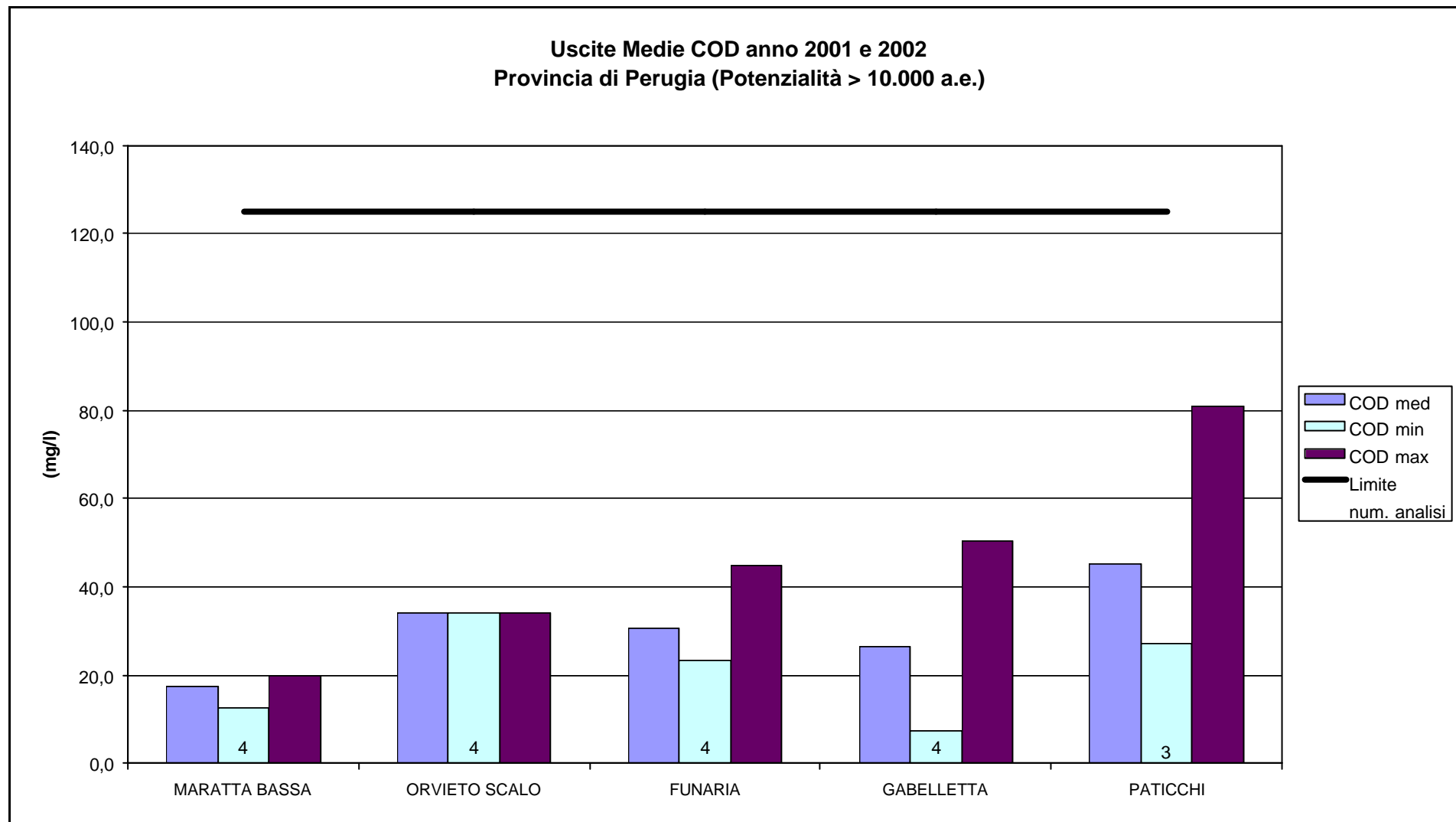


Fig. 4.3.6. Valori medi, massimi e minimi di COD in uscita. Provincia di Terni

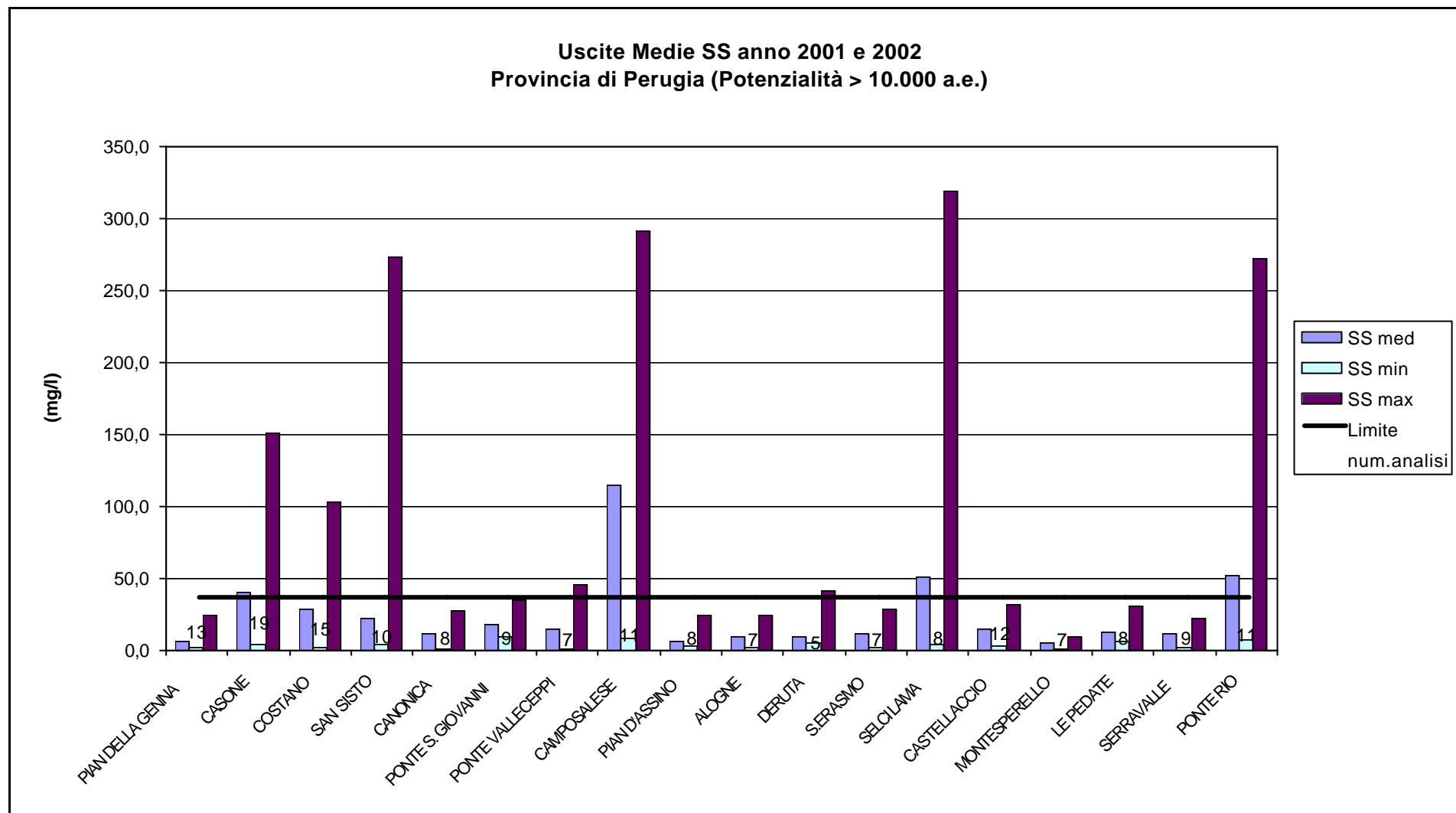


Fig. 4.3.7. Valori medi, massimi e minimi di SS in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità superiore a 10.000 a.e.).

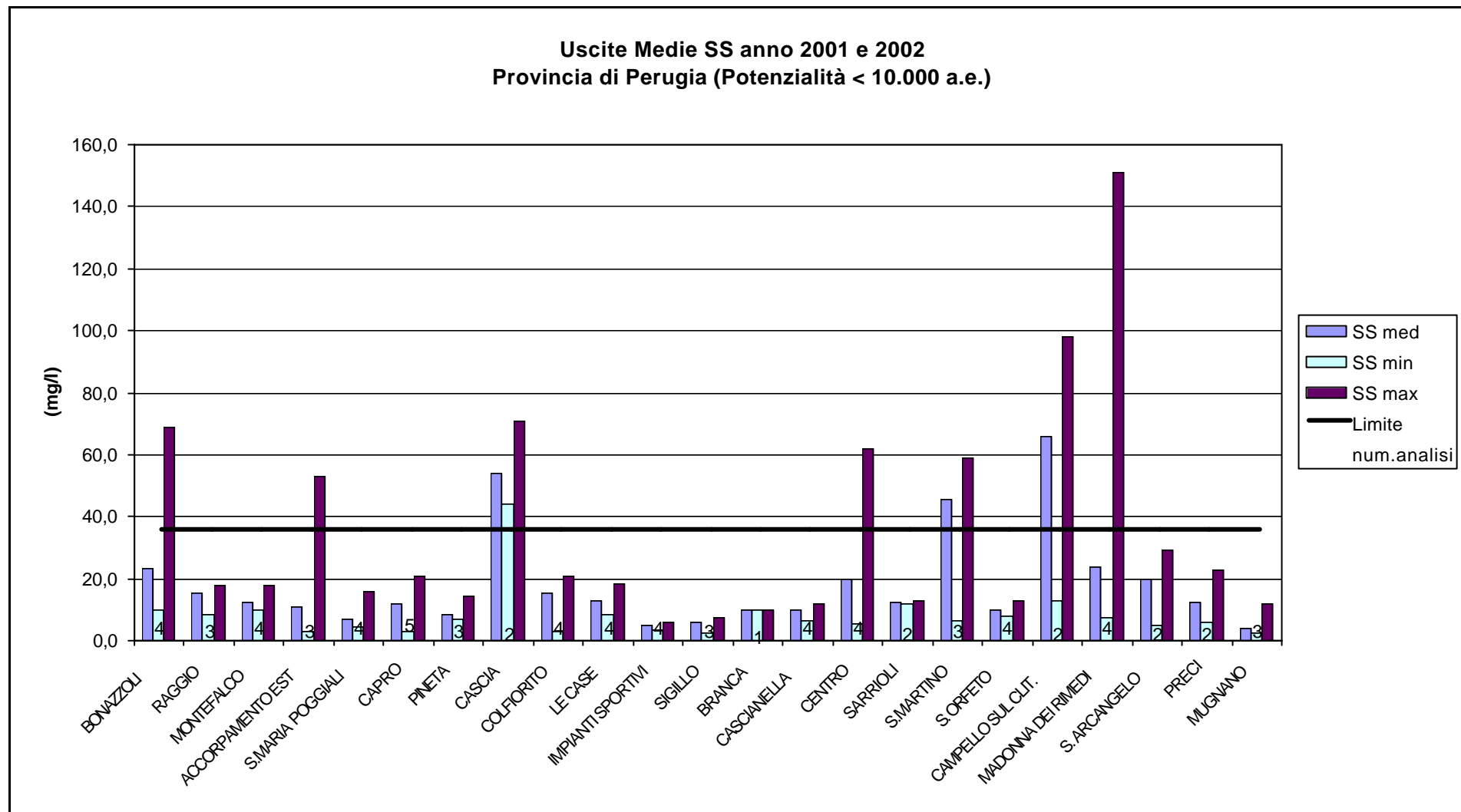


Fig. 4.3.8. Valori medi, massimi e minimi di SS in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità inferiore a 10.000 a.e.).

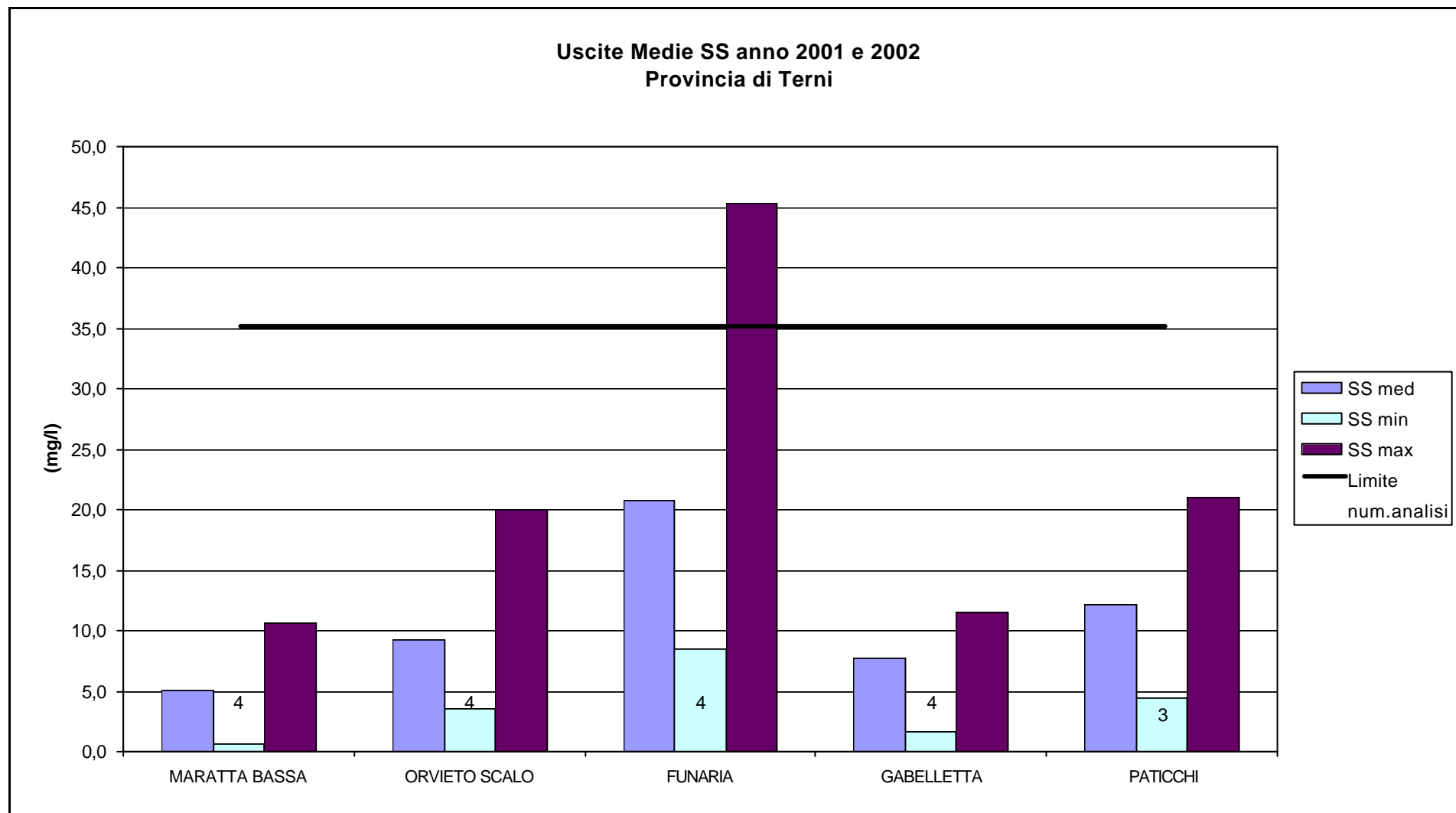


Fig. 4.3.9. Valori medi, massimi e minimi di SS in uscita. Provincia di Terni.



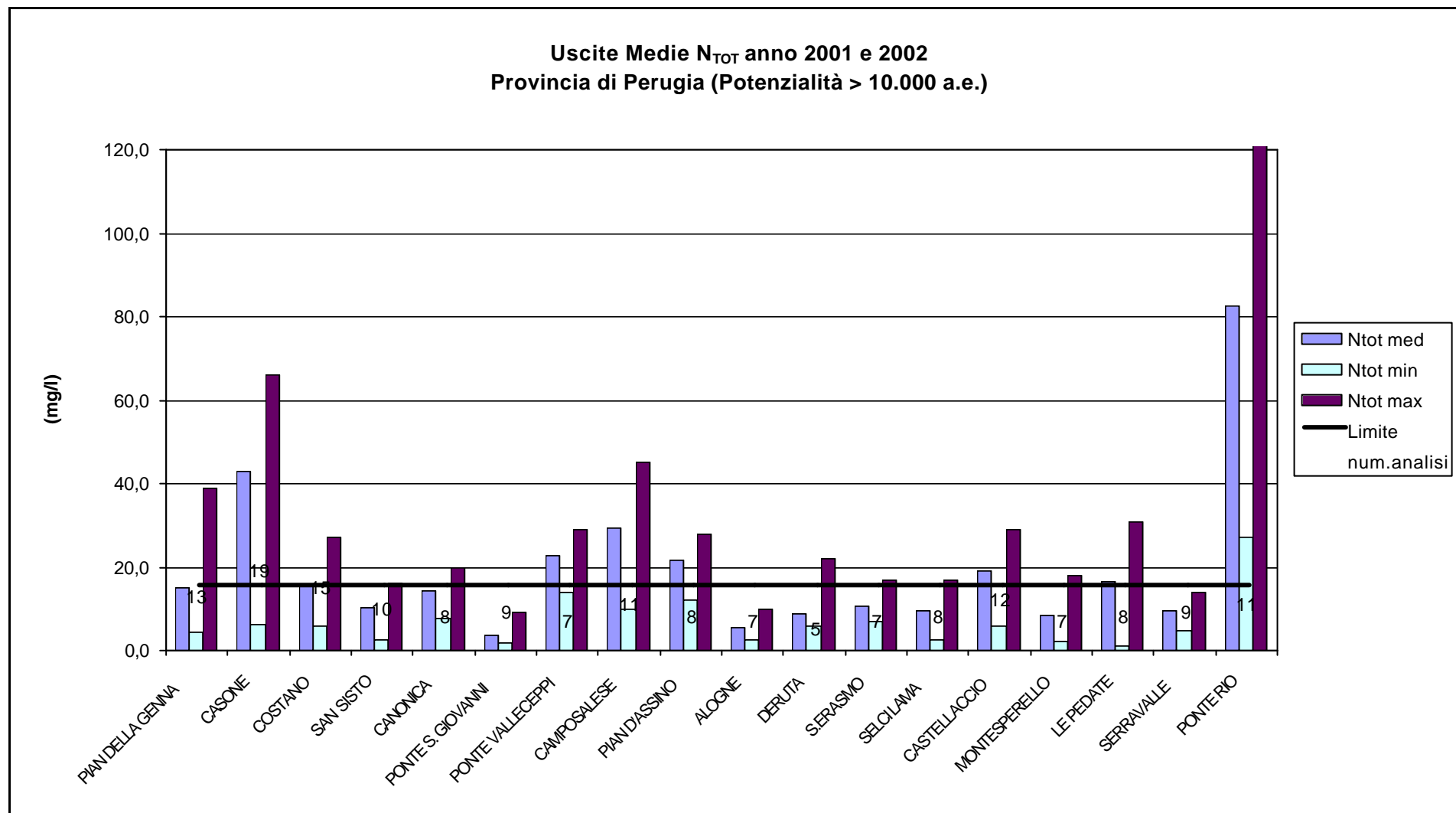


Fig. 4.3.10. Valori medi, massimi e minimi di N<sub>TOT</sub> in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità superiore a 10.000 a.e.).

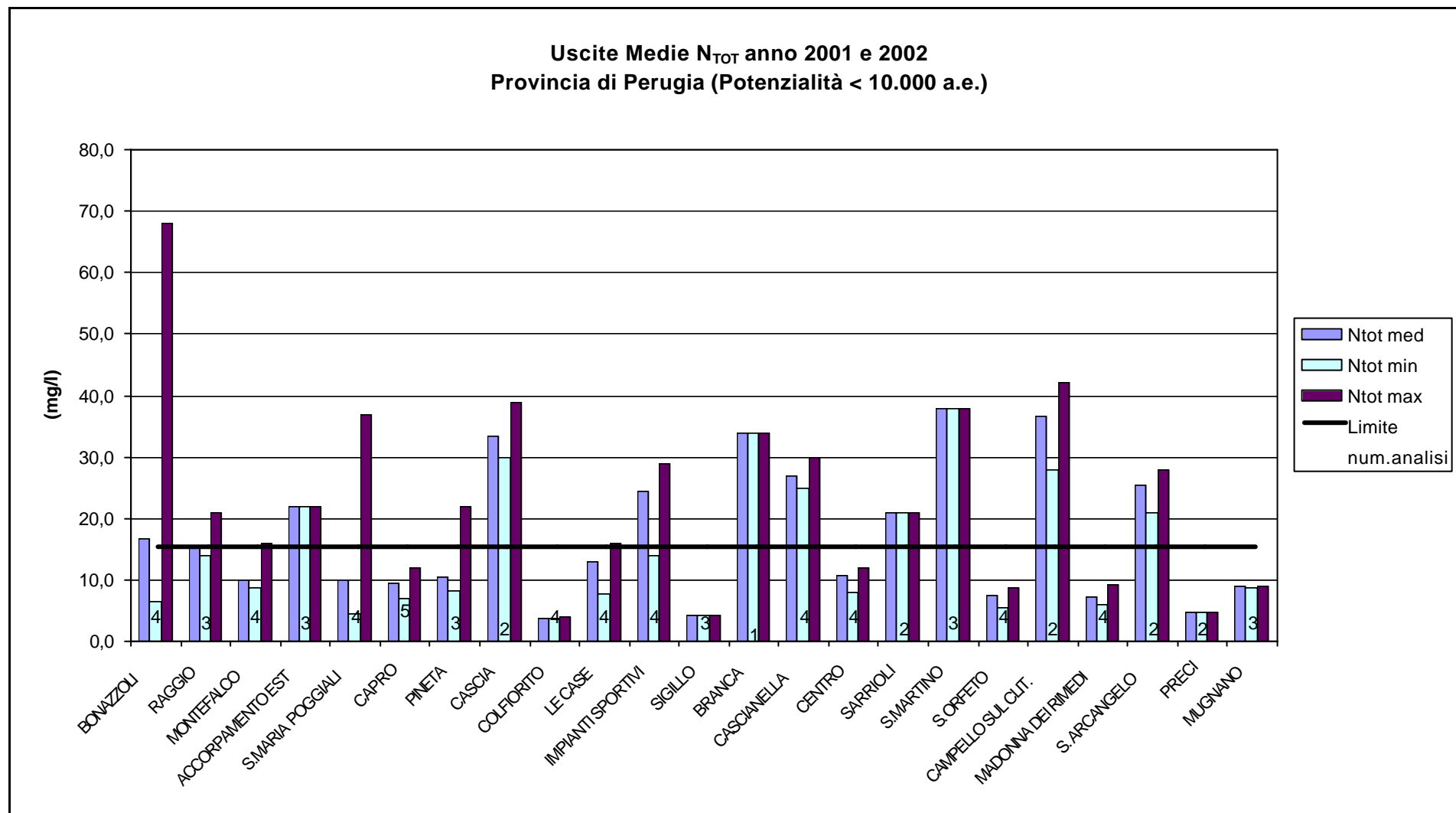


Fig. 4.3.11. Valori medi, massimi e minimi di  $N_{TOT}$  in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità inferiore a 10.000 a.e.).

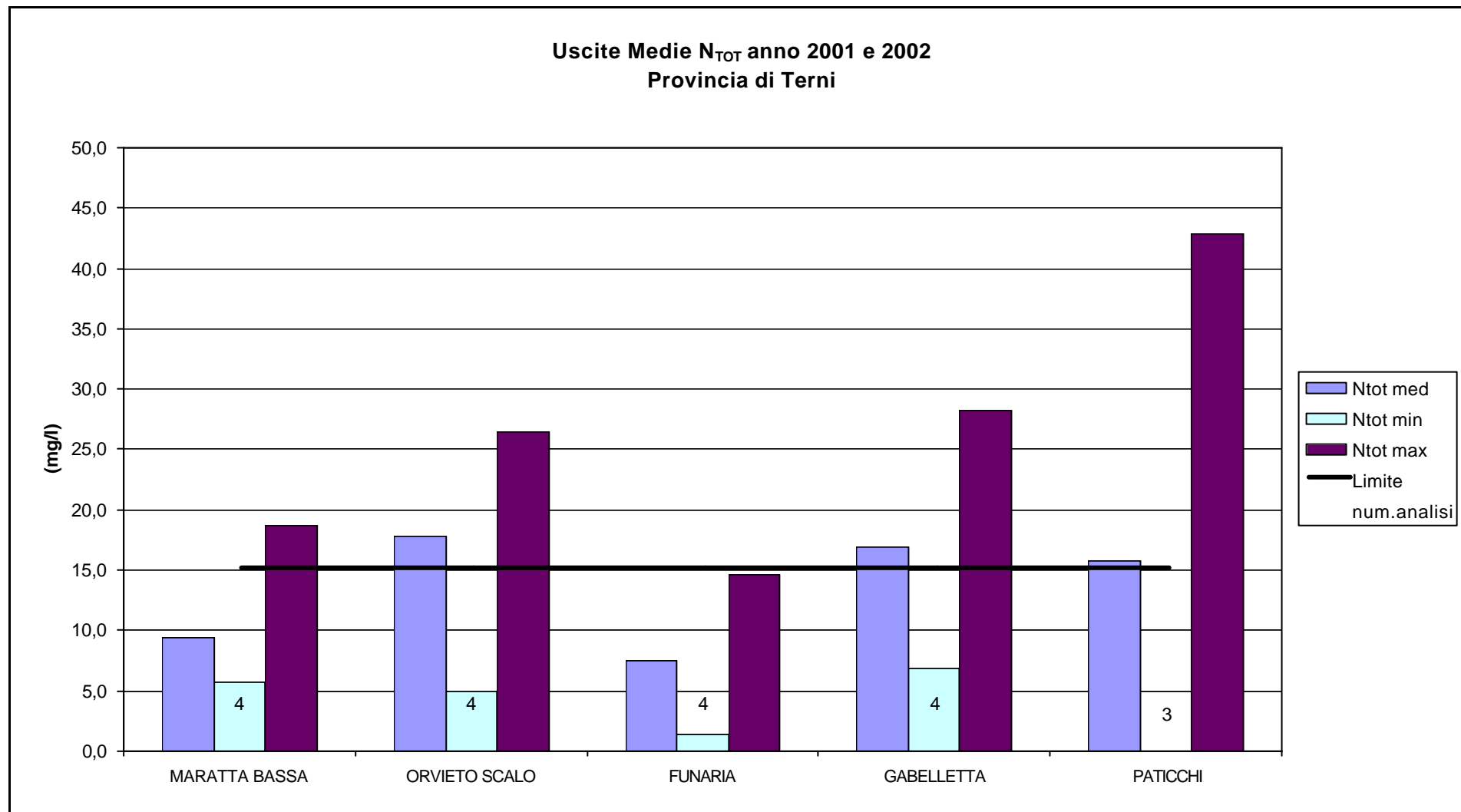


Fig. 4.3.12. Valori medi, massimi e minimi di  $N_{TOT}$  in uscita. Provincia di Terni.

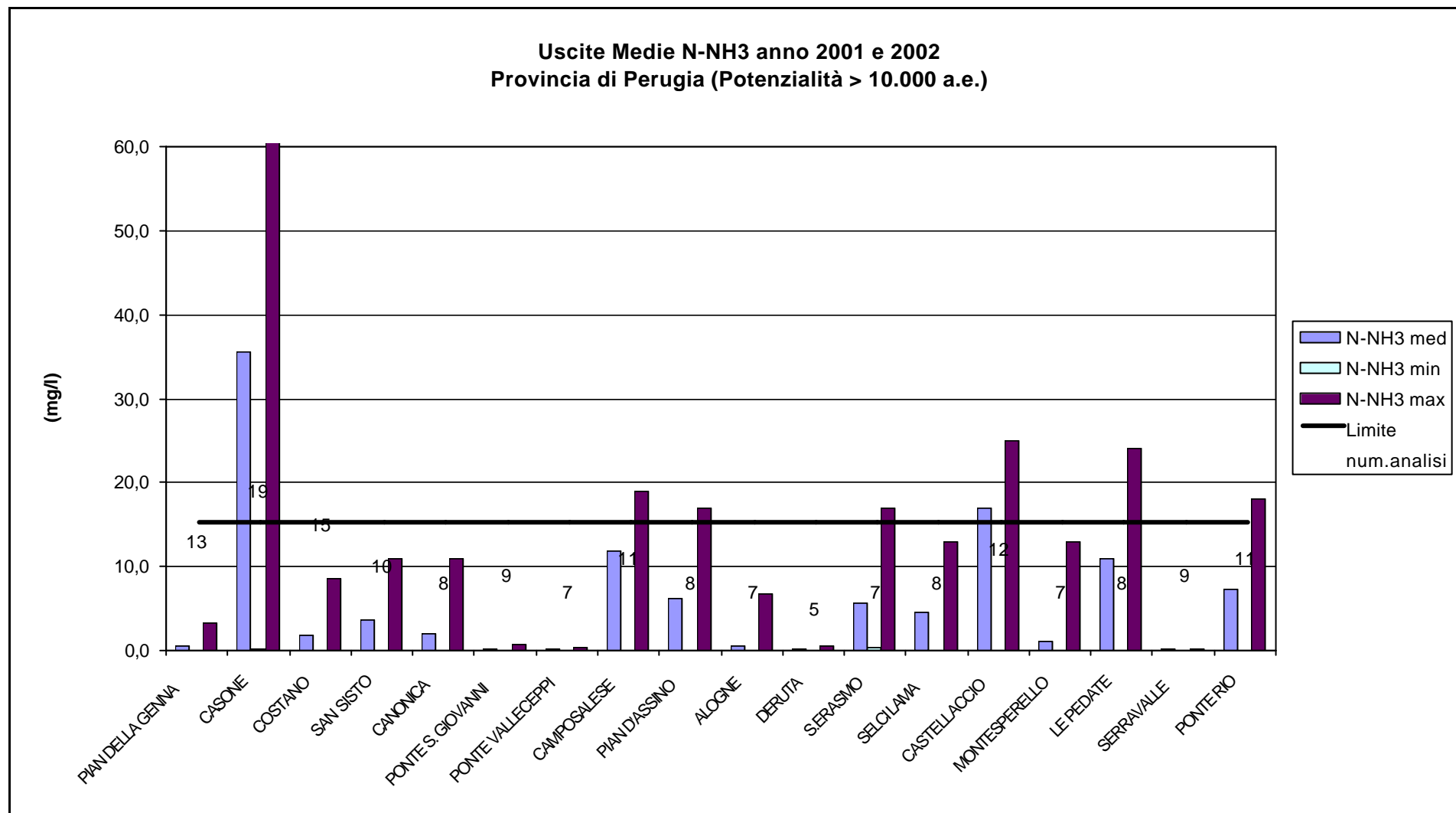


Fig. 4.3.13. Valori medi, massimi e minimi di N-NH3 in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità superiore a 10.000 a.e.).

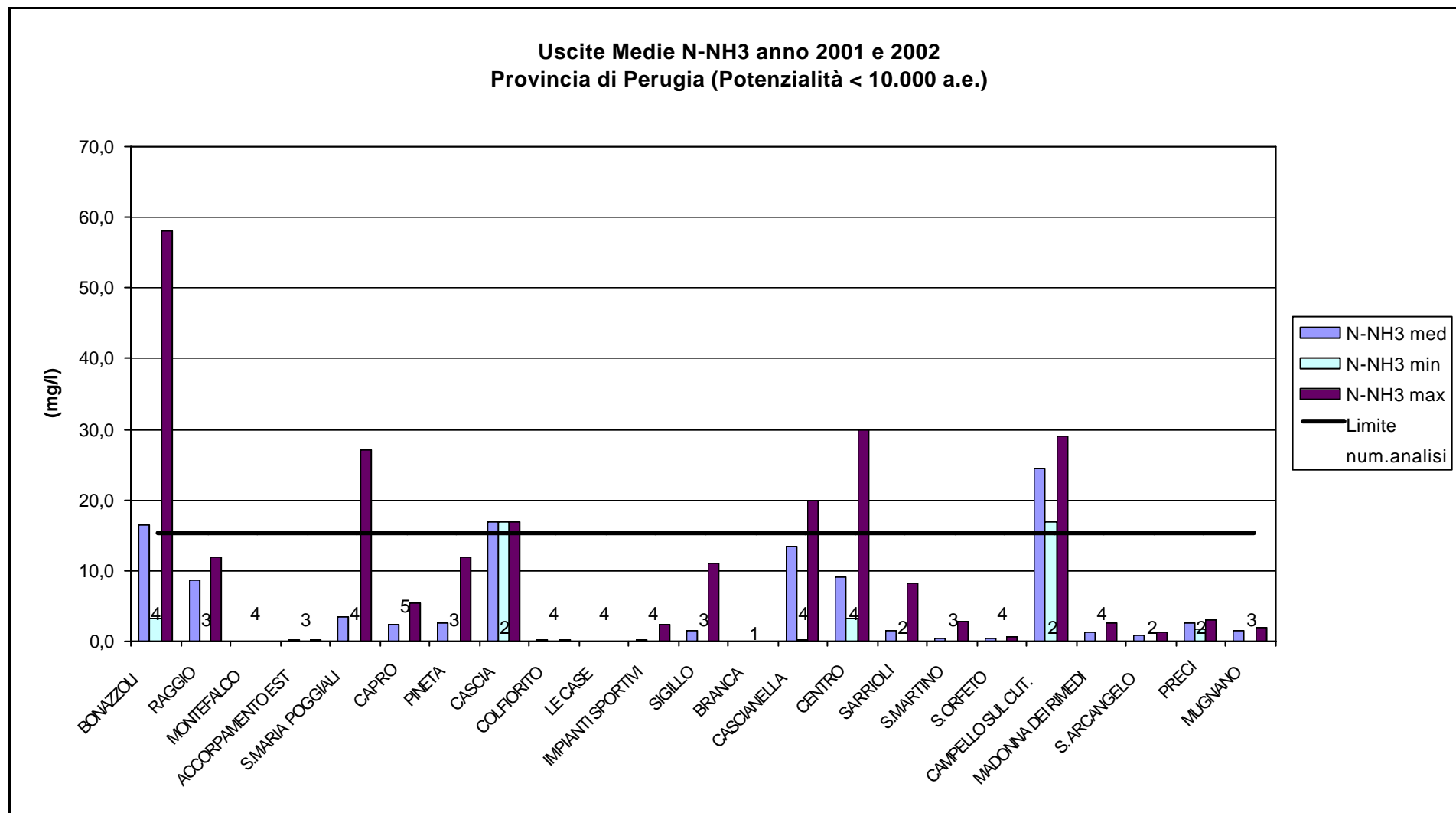


Fig. 4.3.14. Valori medi, massimi e minimi di N-NH3 in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità inferiore a 10.000 a.e.).

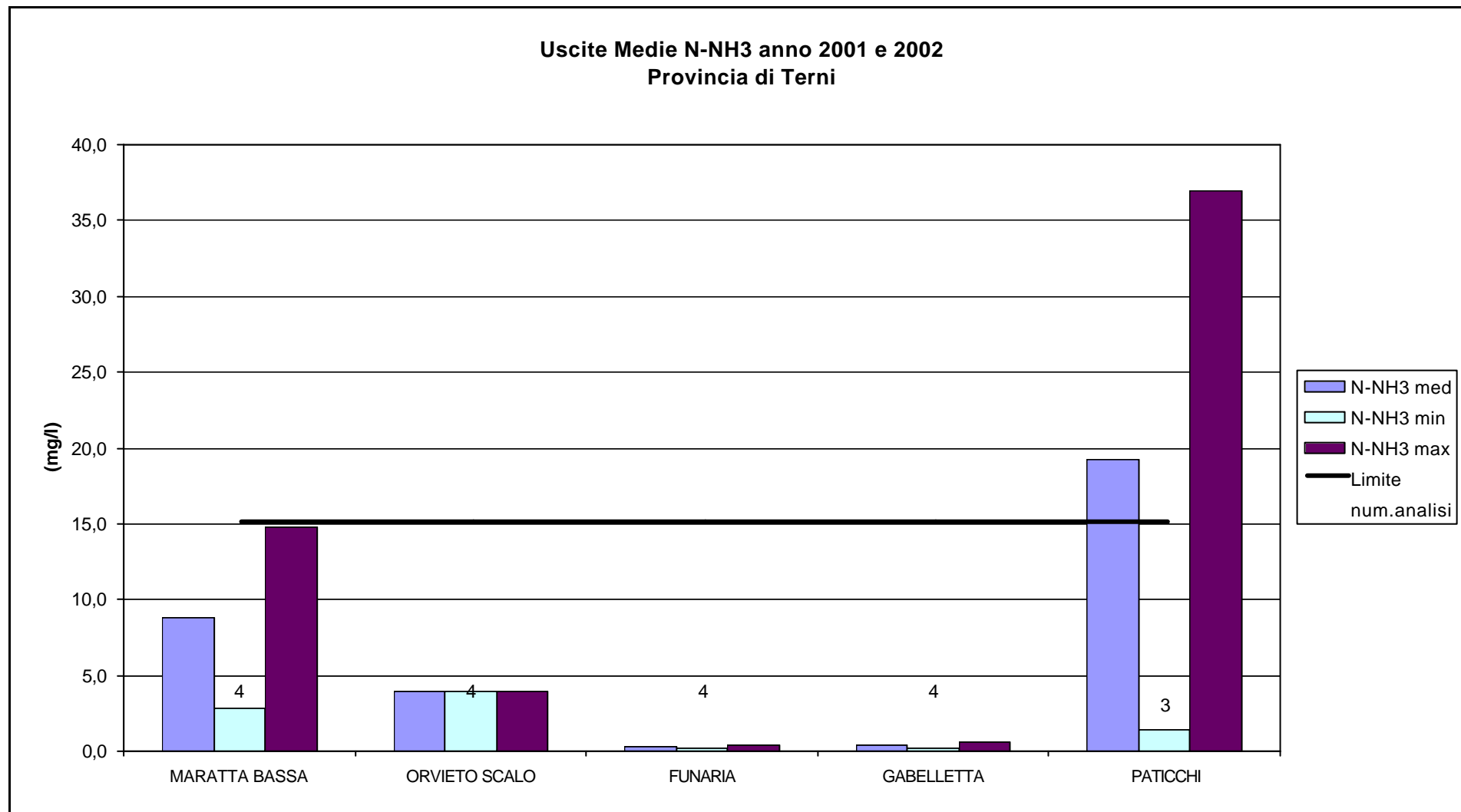


Fig. 4.3.15. Valori medi, massimi e minimi di N-NH3 in uscita. Provincia di Terni.

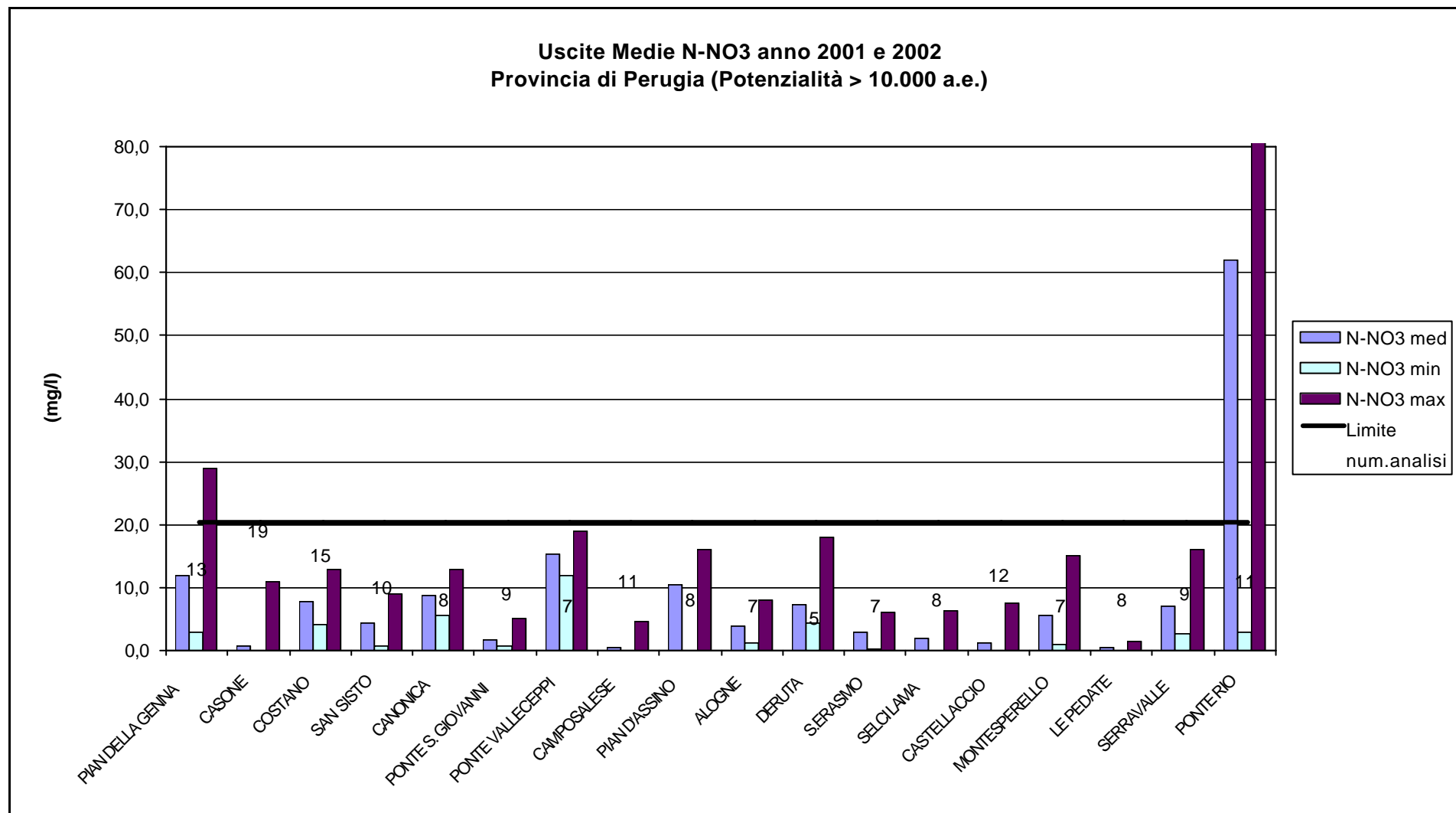


Fig. 4.3.16. Valori medi, massimi e minimi di N-NO3 in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità superiore a 10.000 a.e.).

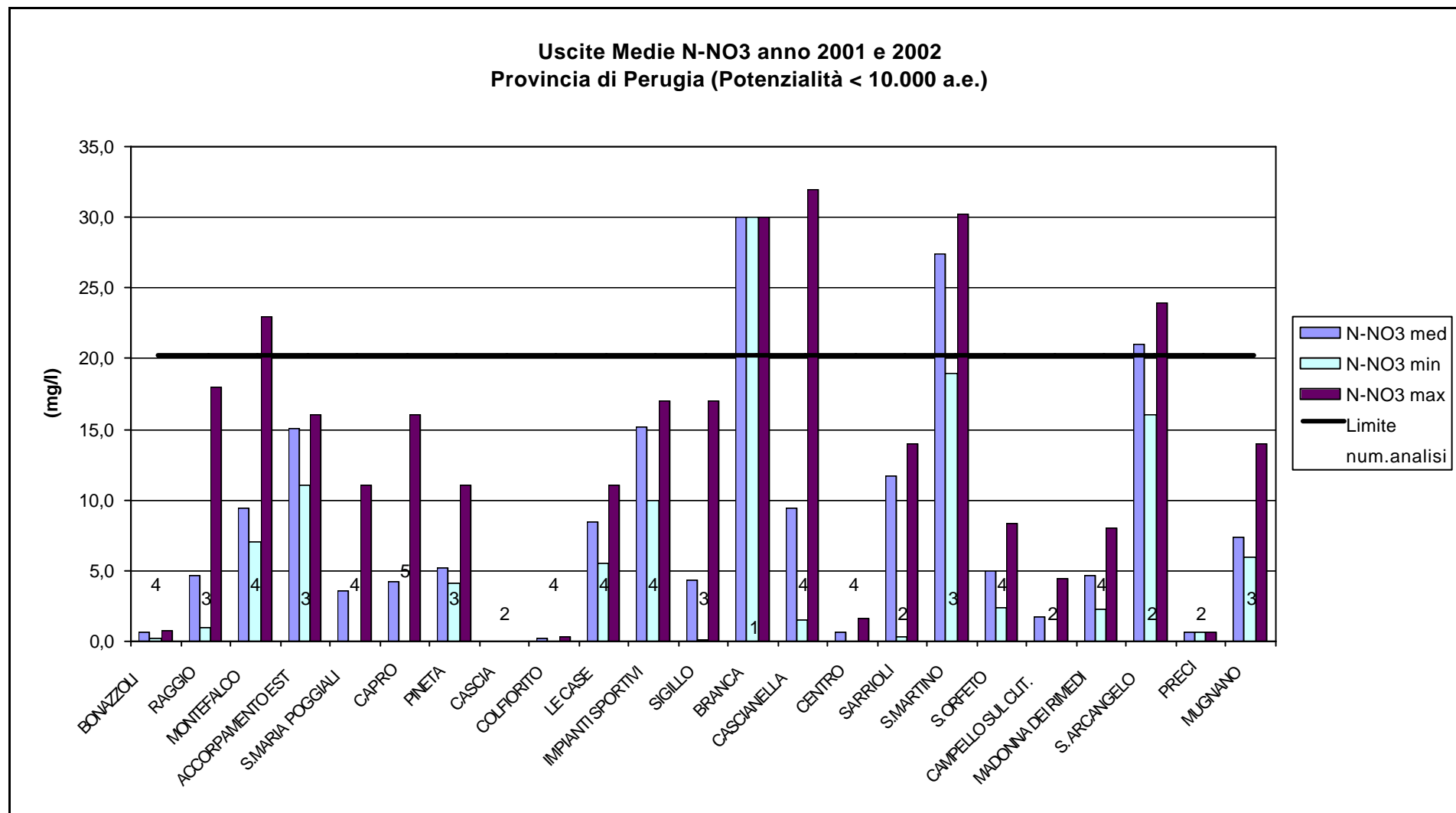


Fig. 4.3.17. Valori medi, massimi e minimi di N-NO3 in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità inferiore a 10.000 a.e.).



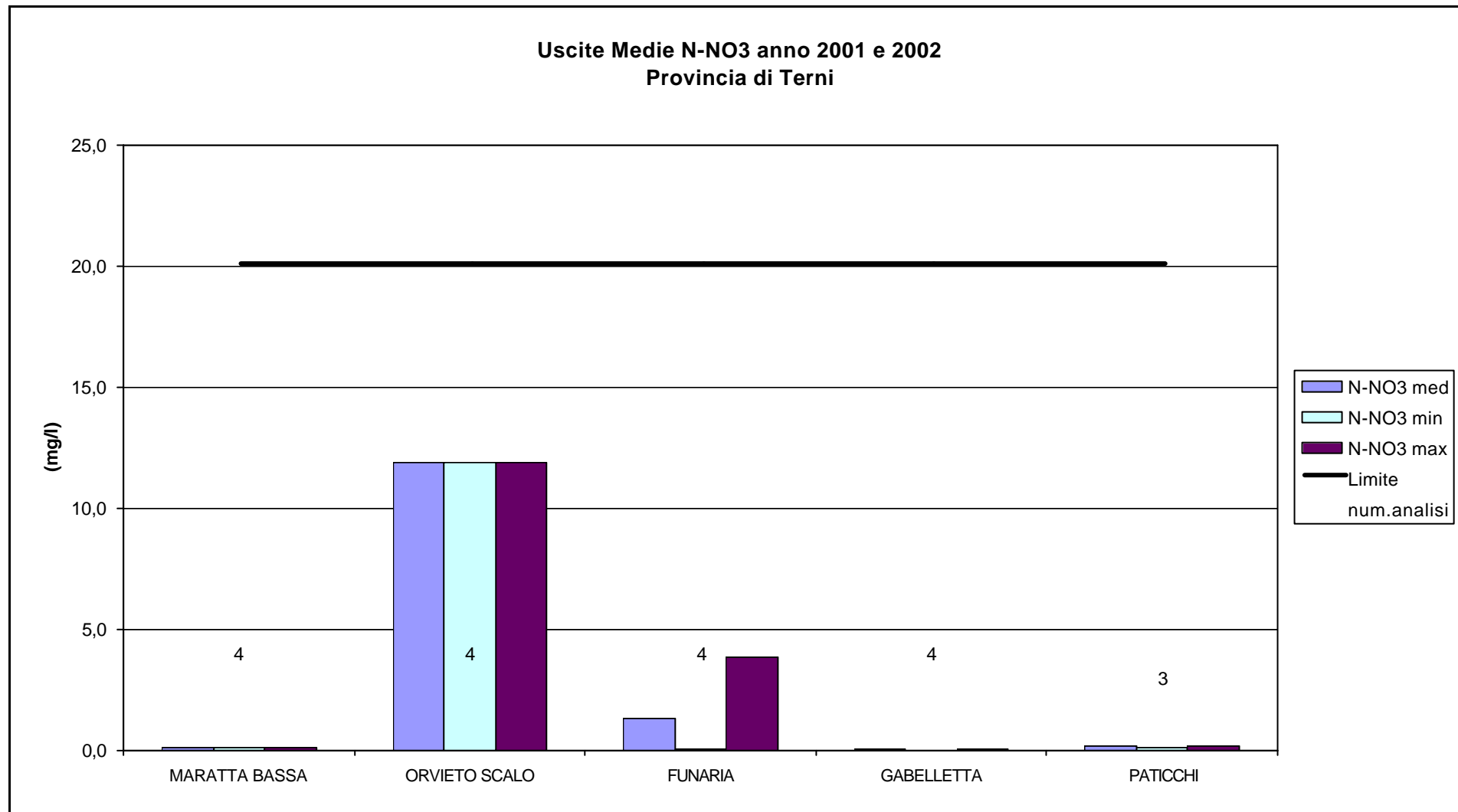


Fig. 4.3.18. Valori medi, massimi e minimi di N-NO3 in uscita. Provincia di Terni.

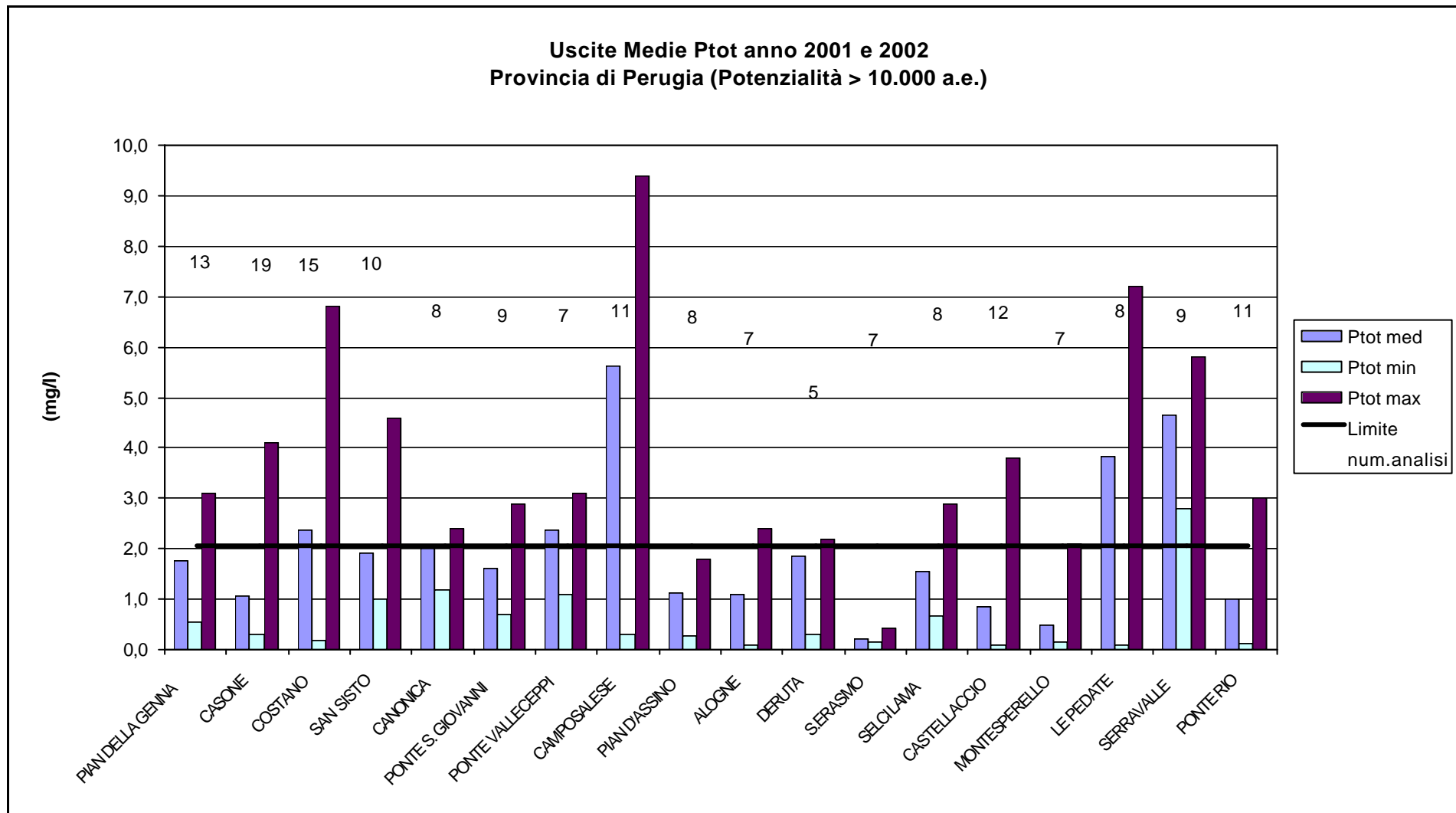


Fig. 4.3.19. Valori medi, massimi e minimi di  $P_{TOT}$  in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità superiore a 10.000 a.e.).

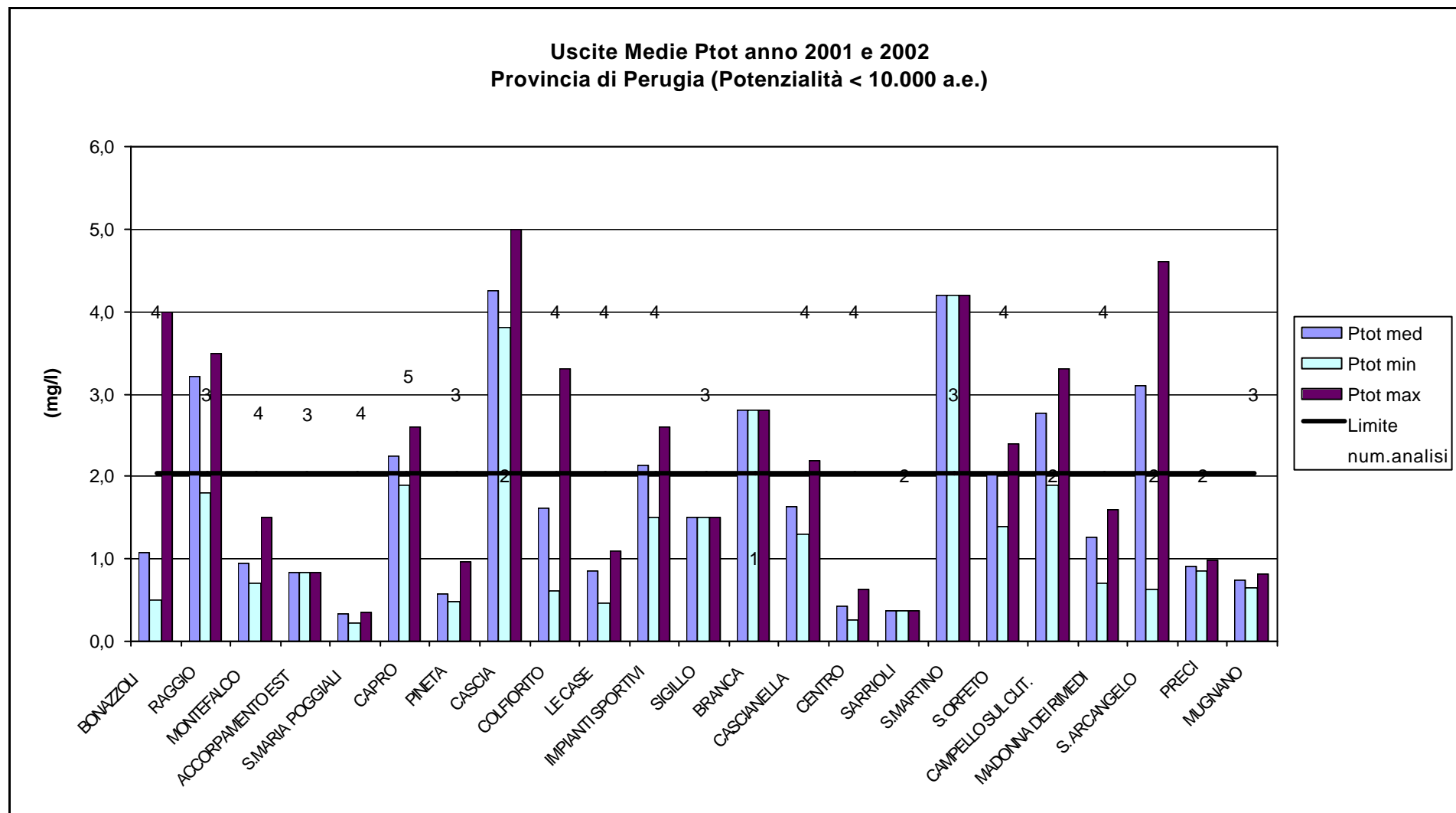
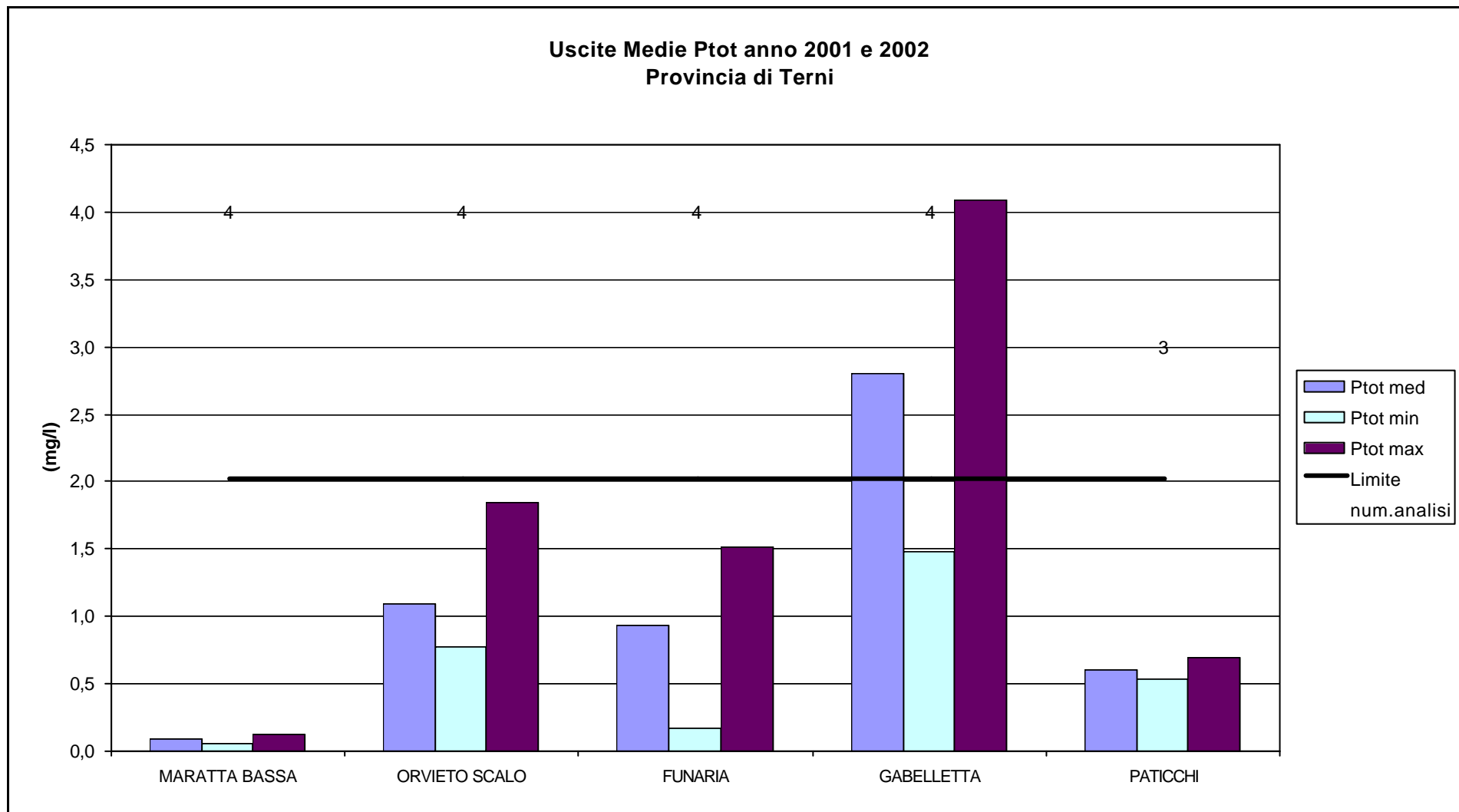


Fig. 4.3.20. Valori medi, massimi e minimi di  $P_{TOT}$  in uscita. Provincia di Perugia (potenzialità inferiore a 10.000 a.e.).



\* il limite per l'impianto di Terni - Maratta Bassa è di 1 mg/l

Fig. 4.3.21. Valori medi, massimi e minimi di  $P_{TOT}$  in uscita. Provincia di Terni.

## 5 INTERVENTI PROPOSTI E INDICAZIONI GESTIONALI

### 5.1 Stima dei costi degli interventi di adeguamento

La Regione Umbria dispone di una complessa rete di depurazione costituita da pochi impianti di medio-grandi dimensioni (potenzialità maggiore di 10.000 a.e.), da numerosi impianti di piccole dimensioni (potenzialità compresa fra 2.000 a.e. e 10.000 a.e.) ed una miriade di piccoli e piccolissimi impianti al di sotto dei 2.000 a.e., la maggior parte dei quali sono a servizio di piccole frazioni.

Gli interventi necessari per il miglioramento dell'efficienza depurativa sono stati individuati essenzialmente sulla base delle seguenti indagini:

- verifica delle principali disfunzioni impiantistiche mediante sopralluoghi ed incontri con i gestori, per acquisire informazioni riguardo alle variazioni stagionali di portata e di carico, alla presenza di scarichi tossici, ai problemi della rete fognaria, alle disfunzioni legate all'obsolescenza di apparecchiature elettromeccaniche, etc.;
- valutazione della reale efficienza e capacità depurativa degli impianti mediante la metodologia illustrata in precedenza (vedi Criteri utilizzati per la verifica del corretto dimensionamento degli impianti).

I due livelli di analisi obbligatoriamente si intrecciano e si confrontano, permettendo la formulazione di un quadro di interventi molto rispondente alle reali necessità di adeguamento. In ogni caso non si deve dimenticare che la situazione controllata è comunque soggetta ad evoluzione e variazioni, impossibili da seguire con un numero limitato di controlli. La complessità delle indagini ha, infatti, richiesto tempi lunghi sia per i sopralluoghi che per la fase analitica.

La fase interpretativa, poi, legata alla grande variabilità dei processi depurativi, dei dati in esame e, spesso, della precarietà delle condizioni di verifica in campo, ha richiesto molti controlli incrociati e faticose ricostruzioni di condizioni e situazioni operative particolari.

L'importanza che riveste la politica del territorio ci spinge a proporre alle parti in causa (ATO, Gestori e Regione Umbria) di continuare la ricerca, non solo per scopi conoscitivi di tipo scientifico, ma specificatamente per portare un valido contributo ai processi decisionali che dovranno essere presi sicuramente con grande impegno e fatica.

Pertanto, pur fornendo una valida indicazione delle disfunzioni e delle relative cause, il presente lavoro mantiene un valore essenzialmente indicativo.

Ancora molto si dovrebbe dire ad esempio riguardo all'analisi tecnica ed economica gli interventi da adottare per il ripristino dell'efficienza del sistema fognatura-depurazione.

Nel corso del presente lavoro è stato anche possibile instaurare un rapporto costruttivo con il gestore che non vede più l'ARPA solamente nella veste di soggetto controllore, ma anche come un soggetto con il quale confrontarsi ed avere indicazioni per raggiungere l'obiettivo comune del corretto funzionamento degli impianti e rispetto dei limiti di scarico, al fine di raggiungere i prefissati obiettivi di qualità dei corsi d'acqua.

Di seguito è riportato l'elenco degli interventi relativi ad ogni impianto con la stima del costo delle opere di adeguamento suddivisi per ATO.

Tabella 5.1.1. Principali interventi proposti per i depuratori dell'ATO 1.

<b>Perugia - Pian della Genna</b>		
Sostituzione sistema di aerazione con bolle fini		
Ripristino sistema estrazione sabbie e adeguamento pretrattamenti		
Adeguamento digestori e sistemazione compressori		
Ampliamento fase disidratazione meccanica		
Opere varie		
	<b>Totale Euro</b>	<b>1.050.000</b>
<b>Assisi-Bastia - Costano</b>		
insonorizzazione locali soffianti		
Opere varie		
	<b>Totale Euro</b>	<b>100.000</b>
<b>Perugia - S.Sisto</b>		
Installazione griglia fine a gradini		
Realizzazione di un by-pass sul cloratore		
Opere varie		
	<b>Totale Euro</b>	<b>100.000</b>
<b>Perugia - Ponte San Giovanni</b>		
installazione di un misuratore di portata		
ripristino funzionamento dei biodischi		
sostituzione sistema di aerazione e/o integrazione con sistema a ossigeno liquido Sist. Aerazione		
installazione di una griglia fine a tamburo		
insonorizzazione locali soffianti		
realizzazione di un by-pass sul cloratore		
Opere varie		
	<b>Totale Euro</b>	<b>400.000</b>
<b>Perugia - Ponte Valleceppi</b>		
Installazione di un misuratore di portata		
Installazione di una griglia a tamburo o a gradini		
realizzazione di un by-pass sul cloratore		
Opere varie		
	<b>Totale Euro</b>	<b>150.000</b>
<b>Deruta</b>		
Realizzazione di un sedimentatore secondario diametro 21 m		
Ampliamento bacino di denitrificazione di 450 mc		
Installazione griglia a tamburo		
Opere varie		
	<b>Totale Euro</b>	<b>300.000</b>
<b>Gubbio - S.Erasmo</b>		
Revisione e sostituzione delle apparecchiature della fase di pretrattamento.		
Raddoppio del comparto biologico		
Aumento del 50% della superficie di sedimentazione (120 mq)		
Opere varie		
	<b>Totale Euro</b>	<b>800.000</b>
<b>Magione - Montesperello</b>		
Sistemazione pretrattamenti e pozzetto ingresso		
Installazione di un misuratore di portata in ingresso		
Opere varie		
	<b>Totale Euro</b>	<b>200.000</b>

Tabella 5.1.1. Principali interventi proposti per i depuratori dell'ATO 1 (segue).

<b>Passignano - Tuoro - Le Pedate</b>	
Installazione di un misuratore di portata in ingresso.	
Installazione di una griglia a gradini o a tamburo.	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>150.000</b>
<b>Castiglione del Lago - Bonazzoli</b>	
Ripristino del dissabbiatore/disoleatore;	
Installazione di una griglia fine a tamburo;	
Potenziamento dell'impianto di aerazione in vasca di ossidazione	
installazione di un secondo mixer nel bacino di denitrificazione	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>140.000</b>
<b>Gubbio - Raggio</b>	
Ripristino sistema estrazione sabbie	
installazione di una griglia grossolana meccanizzata	
installazione griglia fine a tamburo	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>100.000</b>
<b>Todi - Accorpamento Est</b>	
installazione di una griglia grossolana meccanizzata	
installazione di una griglia fine a tamburo	
installazione di un misuratore di portata	
sostituzione del sistema di aerazione con diffusori a bolle fini	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>95.000</b>
<b>Marsciano - S.M.Poggiali</b>	
ampliamento bacino di denitrificazione di 450 mc	
installazione griglia a tamburo	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>120.000</b>
<b>Castiglione del Lago - Pineta</b>	
Installazione di un misuratore di portata.	
Installazione di una griglia grossolana meccanizzata ed una fine a tamburo o a gradini.	
Realizzazione di un dissabbiatore aerato combinato con disoleatore.	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>70.000</b>
<b>Todi - Impianti Sportivi</b>	
installazione di una griglia grossolana meccanizzata	
installazione di una griglia fine a tamburo	
installazione di un misuratore di portata	
realizzazione di uno sghiaiatore	
sostituzione del sistema di aerazione con diffusori a bolle fini	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>110.000</b>
<b>Sigillo</b>	
installazione di un misuratore di portata	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>15.000</b>

Tabella 5.1.1. Principali interventi proposti per i depuratori dell'ATO 1 (segue).

<b>Gubbio – Branca</b>	
sistemazione della grigliatura grossolana nel pozzetto di sollevamento	
installazione di una grigliatura fine a tamburo	
installazione di un misuratore di portata in uscita o ripristino dell'esistente	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>65.000</b>
<b>Todi – Cascianella</b>	
installazione di una griglia grossolana meccanizzata	
installazione di una griglia fine a tamburo	
installazione di un misuratore di portata	
sostituzione del sistema di aerazione con diffusori a bolle fini	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>80.000</b>
<b>Cannara – Centro</b>	
Installazione di una griglia fine a tamburo	
Installazione di un misuratore di portata	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>35.000</b>
<b>Perugia – S.Martino</b>	
ampliamento dell'attuale bacino di ossidazione fino ad almeno 1300 m3.	
Sostituzione del sistema di aerazione con diffusori a bolle fini.	
Installazione di un misuratore di portata	
Realizzazione di un ispessitore/stabilizzatore	
Realizzazione di un dissabbiatore disoleatore efficiente	
Installazione di una griglia fine a tamburo	
Realizzazione di un ulteriore sedim secondario del diametro maggiore di 8 metri	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>350.000</b>
<b>Perugia – S.Orfeto</b>	
Realizzazione di sedimentatore con diametro di almeno 6 m	
Ampliamento della vasca di denitrificazione (180 mq)	
installare grigliatura fine a tamburo	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>150.000</b>
<b>Pietralunga – Madonna dei Rimedi</b>	
aumento superficie sedimentazione di 60 mq	
installazione griglia fine	
installazione di un misuratore di portata	
realizzazione di un pozzetto per il prelievo del refluo depurato	
modifica del by-pass nel pozzetto di sollevamento	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>70.000</b>



*Tabella 5.1.1. Principali interventi proposti per i depuratori dell'ATO 1 (segue).*

<b>Magione - S.Arcangelo</b>	
ampliamento della vasca di denitrificazione fino a 120 mc	
ripristino dell'efficienza del dissabbiatore-disoleatore	
potenziamento del sistema di aerazione	
ampliamento della superficie di sedimentazione	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>80.000</b>
<b>Perugia - Mugnano</b>	
Installazione di una griglia a tamburo	
Installazione di lame paraschiume nei sedimentatori	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>50.000</b>
<b>Totale ATO 1 Euro</b>	<b>4.780.000</b>

*Tabella 5.1.2. Principali interventi proposti per i depuratori dell'ATO 2.*

<b>Orvieto – Orvieto Scalo</b>	
Sostituzione del sistema di aerazione	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>230.000</b>
<b>Amelia - Paticchi</b>	
Sostituzione del sistema di aerazione	
Installazione di un misuratore di portata	
Opere varie	
<b>Totale Euro</b>	<b>280.000</b>
<b>Totale ATO 2 Euro</b>	<b>510.000</b>

Tabella 5.1.3. Principali interventi proposti per i depuratori dell'ATO 3.

**Foligno - Casone**

Ampliamento del dissabbiatore/disoleatore  
 Realizzazione di un sedimentatore primario diametro pari a 20 m  
 Realizzazione di un sedimentatore secondario diametro pari a 24 m  
 Ampliamento del comparto biologico di circa 1.700 mc, destinando circa 4.400 mc del totale alla denitrificazione  
 Filtrazione finale  
 Opere varie

**Totale Euro 1.800.000**

**Spoletto - Caposalesse**

Sostituzione della grigliatura fina a pettine con una a tamburo o a gradini.  
 Realizzazione di un ulteriore sedimentatore primario di diametro pari a 18 m.  
 Compartimentare l'attuale vasca di ossidazione con 500 m3 da adibire alla funzione di denitrificazione.  
 Sostituzione del sistema di aerazione con sistema a bolle fini con diffusori estraibili per manutenzione.  
 Installazione di un seconda pompa di riciclo e di due pompe per lo smaltimento dei fanghi di supero.  
 Realizzazione di un sedimentatore secondario di diametro pari 20 m  
 Installazione di contaore per rilevare il funzionamento di tutte le correnti sulla linea fanghi e sulla linea acque.  
 Opere varie

**Totale Euro 1.100.000**

**Norcia – Serravalle**

Prevedere una griglia meccanizzata per la stazione di sollevamento "Salicone"  
 Ripristino del dissabbiatore/Disoleatore  
 Ripristino dei mixer per il ricircolo della miscela areata  
 Riarmo automatico di tutte le apparecchiature elettriche.  
 Installazione di un gruppo elettrogeno da 300 Kw  
 Opere varie

**Totale Euro 500.000**

**Spello – Castellaccio**

Installazione di misuratori di portata  
 Realizzazione di un ulteriore sedimentatore secondario del diametro di 18 m.  
 Opere varie

**Totale Euro 250.000**

**Bevagna – Capro**

realizzazione di un nuovo dissabbiatore/disoleatore (20 mq)  
 installazione di una griglia fine a tamburo  
 realizzazione di una vasca di presipessimento prima dei letti di essiccamento  
 Opere varie

**Totale Euro 100.000**

**Cascia**

Installazione di una seconda pompa di ricircolo  
 Ampliamento del volume della vasca di denitrificazione ad almeno 100 mc (50 di progetto)  
 Realizzazione di una vasca di stabilizzazione fanghi funzionante anche come ispessitore  
 Realizzazione di un dissabbiatore-disoleatore  
 Sistemazione del pozzetto di sollevamento  
 Sistemazione della vasca di clorazione  
 Installazione di un misuratore di portata  
 Opere varie

**Totale Euro 180.000**

*Tabella 5.1.3. Principali interventi proposti per i depuratori dell'ATO 3 (segue).*

<b>Nocera Umbra - Le Case</b>		
installazione di una griglia fine a tamburo		
realizzazione di uno sghiaiatore		
Opere varie		
	<b>Totale Euro</b>	<b>150.000</b>
	<b>Totale ATO 3 Euro</b>	<b>3.980.000</b>

In breve, lo studio effettuato ha messo in luce che la maggior parte degli interventi di adeguamento riguardano la sostituzione di apparecchiature elettromeccaniche o di sistemi di trattamento ormai obsoleti ed inefficienti.

Dalle Tab. 5.1.1 – 5.1.3 risulta evidente che quasi tutti gli impianti necessitano di adeguamento o rifacimento dei sistemi di pretrattamento del liquame; al contrario solo un numero esiguo di depuratori necessita di un ampliamento della fase biologica.

A causa delle eccessive portate per molti impianti si dovrebbe prevedere un consistente ampliamento della fase di sedimentazione primaria e/o secondaria per permettere la corretta separazione dei fanghi biologici dal refluo depurato. Quest'ultimo tipo di intervento, in alcune situazioni, potrebbe essere consistentemente ridimensionato mediante specifici interventi mirati al risanamento almeno di alcuni tratti delle rete fognarie. Un grosso problema è costituito dall'ingresso in fognatura non solo di acque piovane, ma anche di acque di irrigazione e di falda.

Le anomalie collegate a questo si sono riscontrate nei bassi carichi in ingresso, in alcuni casi assai simili per concentrazioni di inquinanti, a quelle rilevate in ingresso.

In generale si è rilevata una quasi completa assenza di apparecchiature per il controllo del processo depurativo, come ad esempio misuratori di portata, contaore nelle apparecchiature di sollevamento delle varie correnti fanghi, etc, assolutamente indispensabili nel controllo gestionale.

## 5.2. Indicazioni gestionali

L'indagine da noi effettuata sottolinea l'importanza della conoscenza del carico organico e idraulico in ingresso all'impianto. Nella realtà si è riscontrato che moltissimi impianti di depurazione non sono dotati di apparecchiature per la misura della portata, e nella maggior dei casi il gestore non effettua campionamenti sul refluo in ingresso.

Nella maggior parte degli impianti si è riscontrata una concentrazione eccessiva di solidi in vasca con conseguente innalzamento dell'età del fango. Tale parametro, fondamentale per la formazione di un fiocco pesante e facilmente sedimentabile, sembra non essere preso nella dovuta considerazione dai gestori (la concentrazione di solidi in vasca difficilmente viene controllata), tant'è che si sono riscontrati parecchi inconvenienti per la sua sottovalutazione.

Una delle principali disfunzioni legate al fenomeno si riflette sul rapporto F/M, rendendolo troppo basso. Il carico in ingresso, in questo caso, risulta insufficiente per il metabolismo e la crescita dei microrganismi presenti in vasca, favorendo la proliferazione di *Microthrix parvicella* (organismo molto resistente in queste condizioni), principale responsabile dei fenomeni di bulking e schiume.

Nella fase gestionale sembra che la conoscenza dei meccanismi microbiologici che agiscono nella formazione del fango attivo non sia tenuta nella dovuta considerazione.

Tutto questo porta ad una regolazione approssimata del processo depurativo, in particolare del controllo dei carichi in ingresso (organico e idraulico), della regolazione delle portate di ricircolo e di spurgo e, ancora, del controllo dell'ossigeno in vasca di ossidazione.

In conclusione la carenza gestionale è verificabile anche dalla insufficienza di sistemi automatici di controllo del processo, nonché dalla mancanza di analisi microscopiche del fango attivo.

La conduzione approssimativa del processo provoca, inoltre, la formazione di un fango poco concentrato che rende dispendiosa e poco produttiva la funzione dei digestori anaerobici.

Queste difficoltà fanno sì che venga trascurata anche la gestione della linea fanghi. Ad esempio molti digestori funzionano a basse temperature, con conseguente scarso rendimento nella produzione di biogas.

## 6. CONCLUSIONI

La legge 5 gennaio 1994, n. 36, “Disposizioni in materia di risorse idriche” ha aperto la strada al riordino dei servizi idrici e all’industrializzazione del sistema, stabilendo una netta separazione di ruoli tra l’attività di indirizzo e controllo e quella più propriamente gestionale.

Più specificatamente essa prevede la riorganizzazione dei servizi idrici mediante la costituzione di Ambiti Territoriali Ottimali (ATO) con l’intento di superare la frammentazione gestionale esistente. Per tale fine il legislatore ha previsto sia l’integrazione territoriale (definizione di bacini di utenza minimi) che l’integrazione funzionale delle diverse attività del ciclo dell’acqua (dalla captazione allo smaltimento).

In questo contesto di riorganizzazione e razionalizzazione, è chiaramente importante l’opera di riassetto dell’intero sistema fognatura-depurazione, visto nella sua interezza e interrelazione. In precedenza la gestione della fognatura rimaneva spesso in carico ai singoli Comuni mentre la gestione degli impianti di depurazione quasi sempre veniva affidata a soggetti esterni. In questo contesto risultava, quindi, difficile una programmazione unitaria del sistema fognatura – depurazione.

La Legge 36/94 si presenta così come una buona occasione per superare la vecchia frammentazione tecnologica e per considerare la rete fognaria come parte integrante del sistema depurativo e non più una realtà a sé stante.

All’interno di questa visione molti problemi degli impianti di depurazione possono essere risolti tramite interventi mirati al risanamento e alla riorganizzazione del sistema fognario, intesi sia come interventi strutturali, sia come interventi amministrativi mirati a regolamentare in modo efficace le modalità di scarico in pubblica fognatura.

Al fine di risolvere una parte dei problemi di funzionamento dei depuratori, si dovrebbe tendere verso una separazione della rete fognaria in acque bianche e nere, in modo particolare nelle situazioni dove risulta più economico e tecnicamente fattibile, come nel caso di nuove urbanizzazioni o recupero di centri storici. Questa separazione porterebbe benefici sia di tipo economico per la gestione degli impianti, sia di tipo ambientale per il corretto smaltimento delle acque attualmente sversate nei corsi d’acqua dagli scaricatori di piena.

Come già accennato nei paragrafi precedenti, infatti, sono stati riscontrati, nella nostra regione, diversi casi di infiltrazioni d’acqua piuttosto consistenti, presumibilmente di falda, anche in collettori di recente realizzazione, con conseguente sovraccarico idraulico del depuratore. Per il futuro, quindi, sarebbe auspicabile sottoporre i collettori fognari di nuova realizzazione ad un severo collaudo, con prove di tenuta e certificazione della corretta funzionalità dell’opera.

Nel caso dei principali collettori esistenti, sarebbe opportuno effettuare indagini di dettaglio, anche mediante le moderne tecnologie di ispezione in remoto, al fine di individuare in modo efficace e diretto il tratto di fognatura che necessita di un intervento o di sostituzione.

Le rotture presenti nella rete fognaria producono un doppio effetto dannoso: da una parte il sovraccarico idraulico del depuratore nel periodo dell’anno in cui la falda raggiunge il livello del collettore, dall’altra la dispersione di una parte del carico inquinante nel sottosuolo nei periodi di magra.

Per la progettazione dei nuovi impianti di depurazione si raccomanda di tenere in forte considerazione le caratteristiche reali del liquame addotto all’impianto, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, al fine di rendere massima l’efficacia dell’intervento, pur tenendo conto che si tratta di una situazione dinamica e soggetta ad una evoluzione temporale.

Per quanto riguarda l’abbattimento delle sostanze inquinanti, la tabella 6.1 fornisce un quadro generale dell’efficienza degli impianti analizzati. Le percentuali di abbattimento sono state calcolate in base al raggruppamento degli impianti riportato nella prima colonna.

Tabella 6.1. Percentuali di abbattimento del carico inquinante in ingresso.

Raggruppamento Impianti	Percentuali di abbattimento carico inquinante				
	BOD5	COD	SS	NTOT	PTOT
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Regione Umbria (46 impianti)	89%	89%	85%	57%	73%
Regione Umbria > 10.000 A.E.	89%	89%	85%	57%	75%
Regione Umbria < 10.000 A.E.	86%	83%	88%	58%	59%
Provincia PG (41 impianti)	89%	88%	81%	55%	68%
Provincia PG > 10.000 A.E.	89%	89%	80%	54%	69%
Provincia PG < 10.000 A.E.	86%	82%	85%	58%	58%
Provincia TR (5 impianti)	87%	91%	95%	62%	93%
Provincia TR > 10.000 A.E.	87%	91%	94%	62%	93%
Provincia TR < 10.000 A.E.	86%	90%	98%	60%	84%

Nell'indagine è stato riscontrato che l'efficienza dei piccoli depuratori (tra i quali molti a biodischi) talvolta è così modesta da rendere preoccupante l'eventuale estensione del fenomeno, qualora, a monte, non vi siano una programmazione e una gestione particolarmente oculate dell'intero sistema. Difatti, la miriade di piccolissimi impianti (<500-1.000 a.e) disseminati nel territorio, soprattutto in zone scarsamente abitate, risultano talvolta completamente abbandonati per difficoltà logistiche o carenza di personale esperto.

Un'altra importante questione riguarda il riutilizzo delle acque reflue in agricoltura. In alcuni casi, infatti, è possibile, con investimenti di limitate proporzioni, riutilizzare almeno una parte dei reflui depurati dopo un ulteriore trattamento di finissaggio come il lagunaggio o la fitodepurazione. Il refluo può, così, essere stoccato in ex-cave di pianura o direttamente immesso nella rete irrigua.

In ogni caso prima dell'immissione nei corpi idrici un trattamento di finissaggio è sempre auspicabile, in modo particolare per i piccoli impianti, soggetti ad una gestione meno controllata. In questo caso le superfici necessarie per la fitodepurazione sono minori, facilitando la realizzazione dell'intervento.

Un ulteriore problema è costituito dalla corretta gestione del comparto biologico che deve sempre essere basata su uno studio approfondito delle caratteristiche qualitative e quantitative del refluo in ingresso e del fango attivo, del dimensionamento dei comparti interessati e del corretto mantenimento dell'età del fango.

Non è raro, infatti, che le disfunzioni del sistema biologico dipendano:

- dalla presenza di scarichi tossici;
- dall'ingresso consistente di detersivi (la massiccia presenza di detersivi in alcune località a vocazione fortemente turistica, può inficiare completamente la funzionalità del sistema depurativo);
- da disproporzioni nei rapporti carbonio-azoto (vedi paragrafo 2.3 e 2.4), per la cui risoluzione è necessario riguardare l'organizzazione della rete fognaria, l'autorizzazione al trattamento di reflui non canalizzati e delle autorizzazioni allo scarico;
- da una velocità di risalita del fango troppo rapida nei sedimentatori primari e secondari;
- dall'insediamento di comunità microbiche responsabili di bulking e schiume biologiche;
- da un ricircolo dei fanghi troppo spinto (operazione dovuta, di solito, a carichi in ingresso molto diluiti che rendono difficoltosa la formazione del fango attivo, inducendo i gestori a non scaricare mai i fanghi dal sedimentatore secondario).

Allo stesso modo la progettazione dei nuovi impianti o l'ampliamento dei quelli esistenti non può prescindere da un'analisi approfondita delle reali caratteristiche qualitative e quantitative del refluo in ingresso. Tutto ciò si riflette sulla qualità delle acque superficiali e sotterranee con un deterioramento, non di rado, chiaramente visibile.