

Regione autonoma della Sardegna  
(Provincia di Nuoro)



Comune di Macomer

CONSORZIO PER LA ZONA INDUSTRIALE DI MACOMER

## REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO

ATI: **AREAIMPIANTI** - **MONSUD S.p.A.**  
 

Progettista incaricato:






## STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE



**QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE**

**Q.2**

Progettazione: 	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	A.T.I.  
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. II/103	

Sistema Qualità Certificato



UNI EN ISO 9001 (ISO 9001)



Certificato n° FS 587971



Gruppo di lavoro:



Professionista	Iscrizione	Ruolo
Dott. Ing. Francesco Martino	Ordine Ingegneri Grosseto n°195	Coordinatore progettazione, esperto progettazione impiantistica, elettromeccanica ed idraulica
Dott. Arch. David Bartalucci	Ordine Architetti Grosseto n° 465	Esperto in Studi Ambientali
Dott. Ing. Sandro Fiorentini	Ordine Ingegneri Grosseto n° 801	Progettazione architettonica, civile-statica, igiene e sicurezza cantieri
Dott. Ing. Enzo Rosadini	Ordine Ingegneri Grosseto n° 314	Esperto in progettazione impiantistica speciale

CODICE DESCRITTIVO: <b>Itv173FMRR734.00</b>			N° ALLEGATO: <b>Q.2</b>		
0	Luglio 2012	EMISSIONE	bartalucci	bartalucci	martino
1					
2					
3					
4					
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>descrizione</i>	<i>redatto</i>	<i>controllato</i>	<i>approvato</i>

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. III/103	

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>7</b>
1.1.1 MATRICI AMBIENTALI INTERESSATE DAL PROGETTO .....	9
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL PROGETTO .....</b>	<b>12</b>
2.1.1 GENERALITÀ SULLO STABILIMENTO ESISTENTE ED INDICAZIONI SINTETICHE SULL'INTERVENTO DI PROGETTO .....	16
<b>3. ATMOSFERA: QUALITÀ DELL'ARIA E CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA .....</b>	<b>18</b>
3.1.1 <i>Inquadramento climatico su area vasta</i> .....	18
3.1.2 INFLUENZA GEOMORFOLOGICA SUL CLIMA .....	19
3.1.3 <i>Radiazione solare globale</i> .....	20
3.1.4 TEMPERATURA .....	20
3.1.5 VENTI .....	20
3.1.6 PIOVOSITÀ .....	21
3.1.7 METEOROLOGIA LOCALE .....	22
3.1.8 UMIDITÀ RELATIVA .....	24
3.1.9 RADIAZIONE SOLARE .....	24
3.1.10 ANALISI METEOROLOGICA PUNTUALE DELL'AREA DI INTERVENTO .....	25
3.1.11 STATO EX ANTE DELLA COMPONENTE ATMOSFERA .....	31
<b>4. SUOLO E SOTTOSUOLO .....</b>	<b>33</b>
4.1.1 USO DEL SUOLO .....	33
4.1.2 CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE .....	36
4.1.3 LE UNITÀ DI PAESAGGIO .....	37
<b>5. GEOLOGIA E GEOTECNICA .....</b>	<b>39</b>
5.1.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE .....	39
5.1.2 INQUADRAMENTO TETTONICO .....	41
5.1.3 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO .....	42
5.1.4 GEOMORFOLOGIA .....	45
5.1.5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO DI DETTAGLIO PER L'AREA DI PROGETTO .....	46
5.1.6 DESCRIZIONE DELLE LITOLOGIE E DEGLI AFFIORAMENTI .....	47
5.1.7 GEOMORFOLOGIA E CONDIZIONI DI STABILITÀ DEL SITO .....	47
5.1.8 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA .....	48
5.1.9 GEOTECNICA .....	48
5.1.10 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA - GENERALITÀ .....	49
5.1.11 INDAGINI GEOGNOSTICHE SUL SITO DI INTERVENTO .....	49
5.1.12 CLASSIFICAZIONE RMR .....	50
5.1.13 PORTANZA DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	51
5.1.14 CONCLUSIONI .....	53
<b>6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO .....</b>	<b>54</b>
6.1.1 IDROGEOLOGIA DELL'AREA IN STUDIO .....	56
6.1.2 CARATTERI IDRAULICI .....	57
6.1.3 CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA .....	57
6.1.4 <i>Stato ex ante della componente acque sotterranee</i> .....	57
6.1.5 VALUTAZIONE DELLO STATO CHIMICO E QUANTITATIVO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI .....	59
6.1.6 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI NON RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI PER I CORPI IDRICI SOTTERRANEI .....	59
6.1.7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROGEOLOGICO CON RIFERIMENTO AL PAI REGIONALE .....	60
<b>7. AMBIENTE NATURALE .....</b>	<b>65</b>
7.1.1 FLORA E VEGETAZIONE .....	67
7.1.2 <i>Stato ex ante della componente</i> .....	69

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. IV/103	

7.1.3	FAUNA.....	70
7.1.4	CHECKLIST DEI VERTEBRATI .....	70
7.1.5	VALUTAZIONE DELLE RISORSE FAUNISTICHE .....	71
7.1.6	CHIROTTERI .....	76
7.1.7	ALTRI VERTEBRATI .....	77
7.1.8	LISTA PRELIMINARE DEGLI UCCELLI (AVES) .....	77
7.1.9	ECOSISTEMI E HABITAT .....	80
7.1.10	ECOSISTEMI AREA VASTA .....	81
7.1.11	ECOSISTEMI AREA PICCOLA .....	81
<b>8.</b>	<b>PAESAGGIO .....</b>	<b>82</b>
8.1.1	<i>Stato del paesaggio e del patrimonio storico/culturale .....</i>	<i>90</i>
8.1.2	<i>Stato del sistema insediativo, delle condizioni socio-economiche e dei beni ambientali .....</i>	<i>92</i>
8.1.3	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA AREA DI INTERVENTO .....	93
8.1.4	<i>Scatti fotografici di dettaglio relativi all'Impianto esistente .....</i>	<i>96</i>
<b>9.</b>	<b>RUMORE.....</b>	<b>100</b>
<b>10.</b>	<b>SALUTE PUBBLICA .....</b>	<b>102</b>
10.1.1	INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....	102
10.1.2	INQUINAMENTO ACUSTICO .....	102
10.1.3	MOBILITÀ .....	102
<b>11.</b>	<b>CAMPI ELETTROMAGNETICI .....</b>	<b>103</b>

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1:	AREA VASTA - UBICAZIONE INTERVENTO SU FOTO SATELLITARE.....	12
FIGURA 2:	INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU CARTA CTR 1:25.000.....	13
FIGURA 3:	UBICAZIONE SU FOTO SATELLITARE DELL'AGGLOMERATO NORD DELLA ZONA INDUSTRIALE DI TOSSILO CON EVIDENZIATA L'AREA DI INTERVENTO (IN ROSSO) .....	14
FIGURA 4:	UBICAZIONE SU CARTOGRAFIA CATASTALE - FOGLIO NR.48 P.LLA 22 .....	15
FIGURA 5	SCHEMA DI FLUSSO - IMPIANTO DI TERMOVALORIZZAZIONE RIFIUTI .....	17
FIGURA 6	CUMULATO DI PRECIPITAZIONE -RAPPORTO TRA CUMULATO CON MEDIA CLIMATICA CON UBICAZIONE INTERVENTO (QUADRATO ROSSO).....	18
FIGURA 7	MEDIA ANNUALE DELLE TEMPERATURE MASSIME E MINIME CON UBICAZIONE INTERVENTO (QUADRATO ROSSO) .....	19
FIGURA 8	ANALISI DEL VENTO MEDIO PER L'AREA IN STUDIO (QUADRATO ROSSO) .....	21
<b>FIGURA 9</b>	<b>VALORE MEDIO ANNUALE DI PRECIPITAZIONI .....</b>	<b>22</b>
FIGURA 10	DEVIAZIONE STANDARD DALLA MEDIA ANNUALE DI PRECIPITAZIONE .....	22
FIGURA 11	MEDIE MENSILI RIFERITE AGLI ANNI 1951-1993, BASATE SUI DATI DI 259 STAZIONI SPARSE SUL TERRITORIO (DATI CLIMATICI DEL COMUNE DI MACOMER FORNITI DA SARDEGNAARPA) .....	22
FIGURA 12	BORORE MEDIE STORICHE DI PLUVIOMETRIA (1922-1992) E TERMOMETRIA (1930-2002) FONTE: NUOVO SISS, ELABORATO DALL'EAF; RAS DISTRETTO IDROGRAFICO .....	23
FIGURA 13	MACOMER MEDIE STORICHE DI PLUVIOMETRIA (1922-2007) E TERMOMETRIA (1930-2002) FONTE: NUOVO SISS, ELABORATO DALL'EAF; RAS DISTRETTO IDROGRAFICO .....	23
FIGURA 14	BORORE CONFRONTO TRA LE MEDIE MENSILI DELLA PLUVIOMETRIA E DELLA TERMOMETRIA (1983-1984) .....	24
FIGURA 15	PUNTO DI RIFERIMENTO DEI DATI METEO-(POSIZIONE DELLA STAZIONE UTILIZZATA RISPETTO AL PUNTO RICHIESTO) .	25
FIGURA 16	POSIZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA DI MACOMER CENMA1 .....	32
FIGURA 17	ESTRATTO DI CARTA DELL'USO DEL SUOLO (FONTE SITO WEB: WWW.ISPRAMBIENTE.IT) AREA VASTA DI STUDIO ED UBICAZIONE INTERVENTO (QUADRATO ROSSO).....	34
FIGURA 18	ESTRATTO DELLA CARTA DELL'USO DEL SUOLO (FONTE GEOPORTALE DELLA REGIONE AUTONOMA SARDEGNA) CON INDICATO L'AREA DI INTERVENTO (FRECCIA BLU).....	36
FIGURA 19	AREALE DI STUDIO SU BASE CARTOGRAFICA CTR.....	39







	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. V/103	

FIGURA 20: ESTRATTO DELLA CARTA GEOLOGICA CON INDICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO (IN ROSSO) FONTE:GEOPORTALE REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA.....	46
FIGURA 21 COMPLESSO ACQUIFERO DELLE VULCANITI PLIO-PLEISTOCENICHE DELLA SARDEGNA CENTRO-OCCIDENTALE (TRATTEGGIO VERDE) CON INDICATA L'AREA DI INTERVENTO (QUADRATO ROSSO) - SEGUE LEGENDA ESPLICATIVA .....	54
FIGURA 22 SINTESI DELLE PRESSIONI E IMPATTI SULLO STATO QUANTITATIVO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI .....	59
FIGURA 23 SINTESI PRESSIONI SIGNIFICATIVE INDIVIDUATE IN CIASCUN CORPO IDRICO .....	59
FIGURA 24 SINTESI STATO DELL'ACQUIFERO .....	59
FIGURA 25 ESTRATTO DALLA CARTOGRAFIA DEL PAI REPERIBILE SUL GEOPORTALE DELLA REGIONE AUTONOMA SARDEGNA – UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO (QUADRATO ROSSO) .....	61
FIGURA 26 PLANIMETRIA AREE ALLAGABILI A SEGUITO DI PIENA ECCEZIONALE DEL RIU TOSSILO.....	64
FIGURA 27 CARTA DELLE AREE DI INTERESSE NATURALISTICO CON UBICAZIONE INTERVENTO (QUADRATO ROSSO) .....	66
FIGURA 28 TIPICO BOSCO DI ROVERELLA .....	67
FIGURA 29 UCCELLI NIDIFICANTI.....	70
FIGURA 30 GRUPPI DI SPECIE D'UCCELLI PARTICOLARMENTE SENSIBILI A IMPIANTI EOLICI (DISLOCAZIONE, EFFETTO BARRIERA, COLLISIONE, PERDITA DI HABITAT) SULLA BASE DI ANALISI BIBLIOGRAFICA DI BIRDLIFE INTERNATIONAL (DA LANGSTON & PULLAN, 2003, MODIFICATO) E PRESENTI NELL'AREA PICCOLA DI STUDIO .....	71
FIGURA 31 SPECIE DI CHIROTTERI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO.....	76
FIGURA 32 RIPARTIZIONE DEGLI HABITAT DELLA CARTA DELLA NATURA REGIONALE (SARDEGNA).....	80
FIGURA 33 IMMAGINE IN VOLO DELL'AREA VASTA DI STUDIO CON AL CENTRO L'AMBITO DI INTERVENTO (INDICATO CON FRECCIA ROSSA).....	82
FIGURA 34 ESTRATTO DALLA TAVOLA DEL TERRITORIO NON COSTIERO DEL PPR -1:50.000 CON L'INDICAZIONE DEI DIVERSI ASSETTI TERRITORIALI (VEDI LEGENDA ALLA PAGINA SEGUENTE) E L'AREA DI INTERVENTO (FRECCIA ROSSA) .....	84
FIGURA 35 IMMAGINE SATELLITARE DEL PAESAGGIO DEGLI INSEDIAMENTI INDUSTRIALI E- AREE ANTROPIZZATE: SI DISTINGUE L'AREA INDUSTRIALE DI TOSSILO CON L'AMBITO OGGETTO DI INTERVENTO (FRECCIA ROSSA), COMPRESA TRA I NUCLEI ABITATI DI MACOMER A NORD E BORORE A SUD.....	86
FIGURA 36 AGGLOMERATO URBANO DI BORORE-LIMITE TRA URBANO E RURALE.....	87
FIGURA 37 AGGLOMERATO URBANO DI BORORE-MURETTI A SECCO E RESTI ARCHEOLOGICI IN VICINANZA DELLE ABITAZIONI.....	87
FIGURA 38 TIPICO SISTEMA DI INSEDIAMENTO SPARSO NEL TERRITORIO TRA BORORE E MACOMER.....	88
FIGURA 39 VISTA PANORAMICA VERSO L'AGGLOMERATO INDUSTRIALE DI TOSSILO (A SINISTRA È VISIBILE IL TERMOVALORIZZATORE OGGETTO DI INTERVENTO). .....	88
FIGURA 40 LEMBO DI MACCHIA IN PROSSIMITÀ DEL NUCLEO ABITATO DI MACOMER CON SPECIE TIPICHE DEL LUOGO (SUGHERE, QUERCE).....	89
FIGURA 41 LA PIANURA TRA MACOMER E BORORE CON ESEMPIO DEL DIRADAMENTO BOSCOLO SULLE .....	90
FIGURA 42 ESTRATTO DALLA CARTOGRAFIA DEL GEOPORTALE DELLA R.A.S. CON INDICAZIONE DELLE EMERGENZE ARCHEOLOGICHE E DELL'AREA DI INTERVENTO (LINEA ROSSA).....	92
FIGURA 43 VISTA PANORAMICA VERSO L'IMPIANTO DA MACOMER.....	93
FIGURA 44 VISTA PANORAMICA VERSO L'IMPIANTO DA MACOMER.....	93
FIGURA 45 VISTA PANORAMICA VERSO L'IMPIANTO DALLA VIABILITÀ EX S.S.131 .....	94
FIGURA 46 VISTA PANORAMICA VERSO L'IMPIANTO DALLA VIABILITÀ EX S.S.131 .....	94
FIGURA 47 VISTA DELL'IMPIANTO ESISTENTE CON LO SFONDO L'ABITATO DI MACOMER .....	95
FIGURA 48 PLANIMETRIA DI RIFERIMENTO PER GLI SCATTI FOTOGRAFICI DI DETTAGLIO .....	96
FIGURA 49 FOTO 1A AREA DI INGRESSO ALL'IMPIANTO ESISTENTE.....	97
FIGURA 50 FOTO 2A AREA DI INGRESSO PARCHEGGI ED EDIFICIO FOSSA .....	97
FIGURA 51 FOTO 3A VISTA DALL'ALTO CON DA SINISTRA, GLI EDIFICI: SERVIZI, AUTORIMESSA E OFFICINA E PIAZZALE ANTISTANTE.....	98
FIGURA 52 FOTO 4A VISTA DALLA VIABILITÀ INTERNA - LATO SINISTRO EDIFICIO FOSSA .....	98
FIGURA 53 FOTO 5A VISTA DALL'ALTO DELLA SALA CONTROLLO VERSO GLI EDIFICI OSPITANTI (DA DESTRA):MAGAZZINO, UFFICI E SPOGLIATOI, SALA MULTIFUNZIONALE. SONO PRESENTI AMPIA AREA PARCHEGGIO E SISTEMAZIONI A VERDE. ....	99
FIGURA 54 FOTO 6A VISTA DALLA VIABILITÀ INTERNA CON A DESTRA L'EDIFICIO PRESELEZIONE RSU ED IL BLOCCO DELLA LINEA DI INCENERIMENTO CON I CAMINI.....	99

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. VI/103	

## INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 COMPONENTI AMBIENTALI .....	9
TABELLA 2 ANALISI STATISTICA DEI DATI DI SUPERFICIE -TEMPERATURA.....	26
TABELLA 3 ANALISI STATISTICA DEI DATI DI SUPERFICIE_PRESSIONE .....	27
TABELLA 4 ANALISI STATISTICA DEI DATI DI SUPERFICIE_UMIDITÀ.....	28
TABELLA 5 ANALISI STATISTICA DEI DATI DI SUPERFICIE_PRECIPITAZIONI.....	29
TABELLA 6 VELOCITÀ E DIREZIONE .....	30
TABELLA 7 CLASSIFICAZIONE ACUSTICA PER L'AREA DI INTERVENTO .....	100
<b>TABELLA 8</b> CLASSIFICAZIONE ACUSTICA PER L'AREA DI INTERVENTO INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO .....	<b>101</b>

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 7/103	

## 1.PREMESSA

Il presente capitolo è stato redatto sulla base dei contenuti indicati nell'*Allegato VII del DLgs 152/2006* e s.m.i. e del *DPCM 27 dicembre 1988*, ed è stato articolato nelle tre sezioni di seguito riportate:

1. Quadro di riferimento programmatico
2. Quadro di riferimento progettuale
- 3. Quadro di riferimento ambientale**
4. Sintesi non tecnica

Il documento ,per una migliore comprensione, è stato integrato da un ulteriore tomo denominato:



5. Stima degli impatti e misure di mitigazione

Nell'ambito della presente sezione , cioè il **Quadro di riferimento ambientale**, sono stati considerate le seguenti componenti e fattori ambientali corrispondenti a quelli indicati all'allegato I del *DPCM 27 dicembre 1988*:

- a) atmosfera: qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica;
- b) ambiente idrico: acque sotterranee e acque superficiali (dolci, salmastre e marine), considerate come componenti, come ambienti e come risorse;
- c) suolo e sottosuolo: intesi sotto il profilo geologico, geomorfologico e pedologico, nel quadro dell'ambiente in esame, ed anche come risorse non rinnovabili;
- d) vegetazione, flora, fauna: formazioni vegetali ed associazioni animali, emergenze più significative, specie protette ed equilibri naturali; è presente un'analisi vegetazionale di dettaglio delle specie autoctone presenti nell'area dell'intervento;
- e) ecosistemi: complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti, che formano un sistema unitario e identificabile (quali un lago, un bosco, un fiume, il mare) per propria struttura, funzionamento ed evoluzione temporale;
- f) salute pubblica: come individui e comunità;
- g) rumore e vibrazioni: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale che umano;
- h) radiazioni ionizzanti e non ionizzanti: considerati in rapporto all'ambiente sia naturale, che umano;
- i) paesaggio: aspetti morfologici e culturali del paesaggio, identità delle comunità umane interessate e relativi beni culturali.

In modo particolare sono state fornite le seguenti informazioni:

- Inquadramento geografico e aspetti infrastrutturali
  - Con particolare riferimento alla collocazione dell'impianto rispetto ai centri abitati contermini e/o alla struttura insediativa del contesto in cui si inserisce;
  - Con particolare riferimento alla struttura infrastrutturale del contesto in cui si inserisce, in ordine alla sua classificazione funzionale ed al carico di
  - mobilità cui è sottoposta allo stato attuale;
- Inquadramento geologico e geomorfologico
  - Con particolare riferimento alle litologie affioranti ed alla stabilità dell'area interessata dal progetto;
- Inquadramento idrografico ed idrogeologico
  - studio idrografico ed idrologico dell'area di intervento e di un intorno significativo;
  - assetto idrogeologico locale con indicazione dell'andamento piezometrico della falda;
  - presenza ed eventuale interferenza con aree di tutela della risorsa idropotabile;
- Uso attuale dei suoli
  - Dell'area di intervento;
  - Delle aree contermini, con particolare riferimento ad impianti esistenti soggetti a cumulo degli impatti;
- Classificazione pedologica del sito

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 8/103	

- Inquadramento biotico: aspetti floristico-vegetazionali e faunistici
- Formazioni vegetazionali e floristiche, associazioni animali, emergenze più significative, specie protette ed equilibri naturali
  - Fascia Fitoclimatica di appartenenza del sito in esame;
  - relazione, nell'ambito di un raggio di un chilometro dal sito, della flora selvatica presente con descrizione delle associazioni e/o formazioni vegetali presenti, sia erbacee (incolti e pascoli compresi) che arboreo arbustive, con specifiche sulla consistenza e composizione specifica di eventuali siepi, filari alberati e formazioni boschive;
  - in relazione agli agroecosistemi si fornisce una descrizione accurata delle specie vegetali coltivate, attualmente e tradizionalmente, o della tipologia di pascolo, nel sito e nell'intorno, con riferimento a produzioni di pregio, biologiche o con certificazioni di qualità (DOC, DOP., ecc) con una valutazione della compatibilità della coesistenza con l'impianto proposto;
  - Descrizione delle indagini eseguite, sia bibliografiche (indagini minime) che sul campo (con riferimento alle condizioni ambientali e stagionali), con specifica dei metodi utilizzati e della tipologia di dato restituito nello studio (es. fauna potenziale in relazione agli habitat; specie direttamente rilevate; elenchi di specie desunti da bibliografia...);
  - La descrizione delle indagini sul campo, se effettuate, contenente tempi, metodi, e risultati sia tal quali che elaborati.
- Inquadramento eco sistemico
  - Complessi di componenti e fattori fisici, chimici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti, che formano un sistema unitario e identificabile (quali un lago, un bosco, un fiume, il mare) per propria struttura, funzionamento ed evoluzione temporale;
  - Sulla base delle indagini floristiche e vegetazionali è stato realizzato uno studio sugli ecosistemi presenti nell'area minima di un intorno di raggio pari ad un chilometro dal sito e dovranno essere identificati tutti gli elementi dell'ecosistema con particolare riferimento e quegli elementi che possono costituire corridoi o ponti ecologici (es. siepi e filari, piccole aree boscate, corsi d'acqua con vegetazione ripariale...);
- Inquadramento paesaggistico: aspetti storico/architettonico/paesaggistici
  - Aspetti morfologici e culturali del paesaggio, identità delle comunità umane interessate e relativi beni culturali. Con particolare riferimento alla situazione percettiva dell'area di intervento in relazione alla specifica conformazione morfologica del contesto territoriale in cui si inserisce;
  - Documentazione fotografica che illustra, in modo esauriente e dettagliato, lo stato dei luoghi da diverse angolazioni. Le foto, a colori e con i coni di visuali riportati in planimetria, con indicata la data dello scatto. E' presente una vista dell'area di intervento o una panoramica da punti dai quali è possibile cogliere con completezza le fisionomie fondamentali del territorio. Sono stati scelti punti di ripresa significativi e posizionati sia nelle immediate vicinanze del sito che nell'ambito dell'area vasta, da punti e percorsi panoramici di cui alla tavola C del PTPR e da siti d'importanza paesaggistica, archeologica, naturalistica, storica e culturale, nonché dalla viabilità presente nelle immediate vicinanze del sito dalle quali lo stesso risulta visibile.
- Salute pubblica
  - caratterizzazione dello stato di qualità dell'ambiente in relazione al benessere ed alla salute umana, con verifica della compatibilità delle conseguenze dirette ed indirette delle opere e del loro esercizio con gli standards ed i criteri per la prevenzione dei rischi riguardanti la salute umana a breve, medio e lungo periodo. Nella caratterizzazione, in relazione alla rilevanza dell'impatto determinato dalla tipologia di impianto, sono considerati i seguenti elementi:
    - stato dell'ambiente e della comunità potenzialmente coinvolta, nella situazione in cui si presentano prima dell'attuazione del progetto
    - studi epidemiologici e sanitari esistenti sulle aree interessate
    - identificazione e classificazione delle cause significative di rischio per la salute umana da microrganismi patogeni, da sostanze chimiche e componenti di natura biologica, qualità di energia, rumore, vibrazioni, radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, connesse con l'opera

- individuazione dei possibili rischi eco-tossicologici (acuti e cronici, a carattere reversibile ed irreversibile) con riferimento alle normative nazionali, comunitarie ed internazionali e definizione dei relativi fattori di emissione
  - condizioni di esposizione delle comunità e delle relative aree coinvolte
  - eventuali gruppi di individui particolarmente sensibili ed eventuale esposizione combinata a più fattori di rischio
  - descrizione ed analisi complessiva e riepilogativa della destinazione degli inquinanti considerati, individuati attraverso l'analisi del sistema ambientale in esame.
- Rumore, vibrazioni, CEM
    - Caratterizzazione volta alla determinazione delle modifiche indotte dalla realizzazione dell'opera in riferimento al clima acustico attuale e per la verifica della compatibilità del progetto con gli standards previsti dalla normativa vigente
    - Rilievo fonometrico e analisi di impatto acustico

1.1.1 Matrici ambientali interessate dal progetto

Le componenti ed i fattori ambientali ricettori d'impatto, che quindi potenzialmente potrebbero risultare influenzati dalla realizzazione dell'opera sono elencate nella tabella sottostante:



<b>ATMOSFERA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• qualità dell'aria</li> <li>• microclima</li> <li>• condizioni climatiche</li> </ul>
<b>IDROSFERA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• acque superficiali</li> <li>• acque profonde</li> </ul>
<b>GEOSFERA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geomorfologia</li> <li>• capacità d'uso del suolo</li> <li>• uso del suolo</li> <li>• stabilità del suolo</li> </ul>
<b>BIOSFERA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flora e vegetazione</li> <li>• ecosistemi</li> <li>• avifauna</li> <li>• chiroteri</li> <li>• altri vertebrati</li> </ul>
<b>CLIMA ACUSTICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• valutazione fondo acustico</li> <li>• valutazione previsionale di impatto acustico</li> </ul>
<b>ELETTROMAGNETISMO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• campi elettromagnetici</li> </ul>
<b>ANTROPOSFERA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• qualità del paesaggio</li> <li>• emergenze archeologiche</li> <li>• salute pubblica</li> <li>• occupazione</li> <li>• economia locale</li> </ul>

**Tabella 1** Componenti Ambientali

Nel Quadro di riferimento Ambientale del presente studio ciascuna componente verrà analizzata in relazione alla suo stato attuale ed alle modificazioni potenzialmente indotte dalla realizzazione dell'intervento.

Nell'ulteriore capitolo "Stima degli impatti e misure di mitigazione" sono stati considerati e valutati gli impatti potenzialmente significativi che l'intervento di progetto può produrre nel contesto ambientale in cui è inserito.

Tale valutazione è stata condotta secondo il seguente prospetto:

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 10/103	

- Valutazione degli impatti

Sono stati considerati gli impatti potenzialmente significativi tenendo conto di:

- portata dell'impatto
- ordine di grandezza e complessità dell'impatto
- probabilità dell'impatto
- durata, frequenza e reversibilità dell'impatto

Particolare attenzione è stata posta alla valutazione del cumulo con altri progetti



- in particolare per quanto concerne l'impatto paesaggistico e alla sottrazione di suolo per fini agricoli. Per quest'ultimo fattore è necessario l'esame con riferimento al contesto comunale in cui il progetto si inserisce.
- Per quanto attiene l'impatto paesaggistico particolare attenzione è posta nelle valutazioni. Le stesse infatti tengono conto dell'impatto nel contesto territoriale e non limitatamente all'intorno immediato del progetto. A tal fine è stata analizzata la conformazione morfologica del contesto territoriale in cui il progetto si inserisce ed in base agli esiti della stessa è stato stabilito l'areale di riferimento;

Sono state indicate le interferenze e le modifiche che il progetto opera sulle componenti ambientali, di cui al precedente paragrafo.

Gli impatti individuati sono descritti sia per la fase di cantierizzazione, sia per quella di esercizio così come per la fase di dismissione (laddove prevista).

Nello studio sono evidenziati nel dettaglio, oltre a quanto sopra indicato, i seguenti tipi di impatti e le relative misure di mitigazione e di compensazione progettuali adottate:

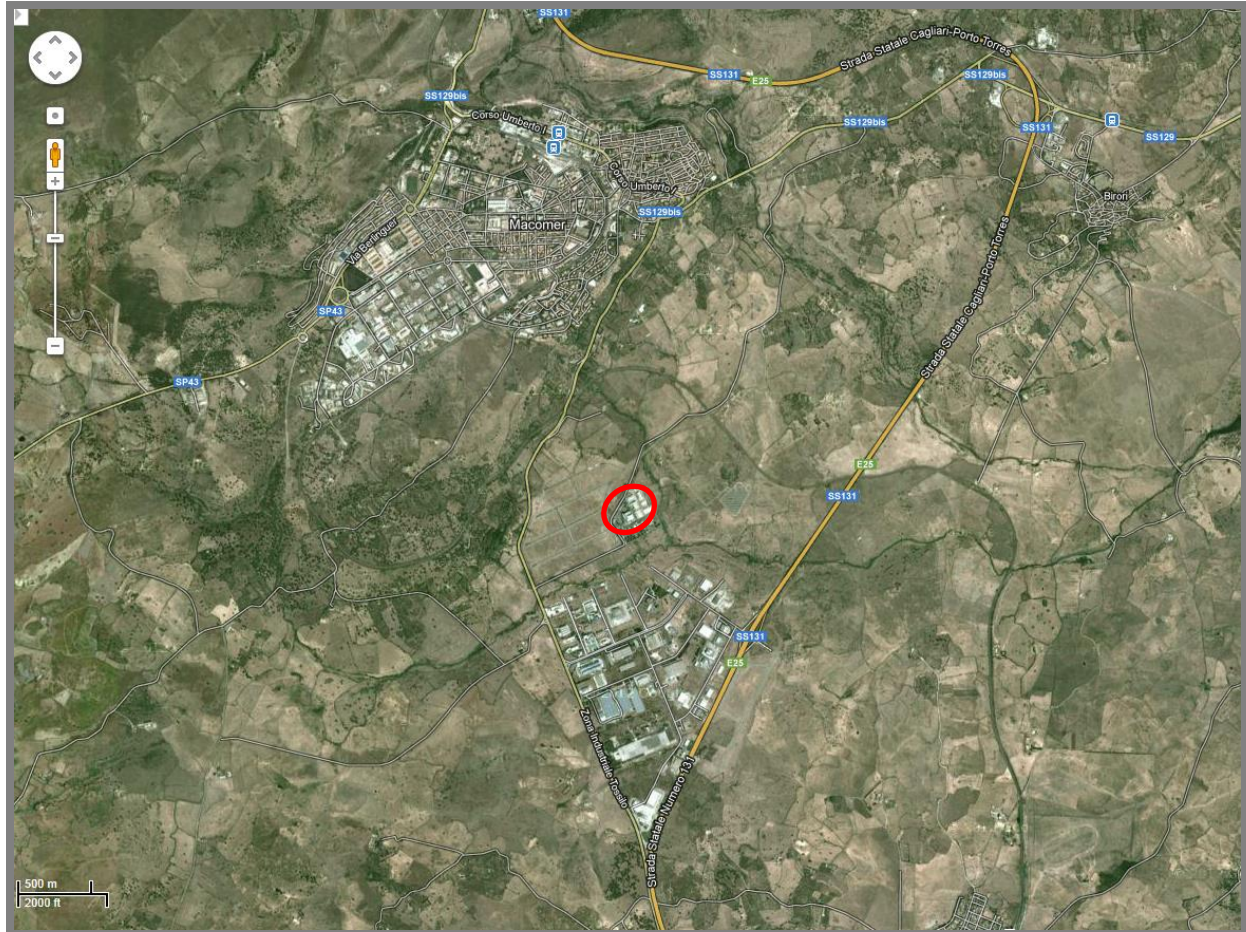
- utilizzo di risorse naturali
- rumore e vibrazioni
- polveri
  - con particolare riferimento alla gestione delle fasi di cantiere;
- impatto visivo
  - con particolare riferimento in ordine a ricettori contermini e non, valutati in relazione alla specifica conformazione morfologica del contesto territoriale in cui il progetto si inserisce;
  - Per quanto attiene i ricettori particolare attenzione è stata posta agli edifici di civile abitazione, alle emergenze rilevate nel contesto territoriale, al sistema infrastrutturale, alle visuali panoramiche e paesaggistiche;
- produzione di rifiuti
  - con particolare riferimento alle fasi di cantiere e di eventuale dismissione;
- variazione del campo termico
- traffico generato da nuova viabilità
  - Con particolare riferimento alle fasi di cantiere per quanto attiene le ripercussioni sul sistema della mobilità;
  - Con particolare riferimento al sistema di illuminazione adottato in ordine a particolari emergenze faunistiche;
  - Con particolare riferimento alla recinzione dell'area in ordine alla struttura eco sistemica del contesto ed alle specie faunistiche presenti;
- movimentazione terre
  - con particolare riferimento ad eventuali operazioni di livellamento del terreno e/o di scavo;
- impiego delle risorse idriche
  - con particolare riferimento alle operazioni di approvvigionamento idrico per le operazioni di pulizia dell'impianto, alla loro gestione ed alla eventuale previsione di recupero e riutilizzo della risorsa idrica;
- interferenze sugli ecosistemi

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 11/103	

- Con particolare riferimento alle ripercussioni su eco-connettori preferenziali (fossi, vegetazione ripariale, etc.);
  - con particolare riferimento a modifiche ed alterazioni del contesto vegetazionale in ordine ad eventuali espianati e/o immissioni di essenze;
  - con particolare riferimento alle specie presenti nel contesto territoriale;
  - con particolare riferimento a specifici obiettivi di tutela delle aree naturali protette contermini e/o in cui l'area di progetto ricade;
- Interferenze sul deflusso superficiale delle acque
    - Con particolare riferimento alle ripercussioni sul naturale sistema di deflusso delle acque in ordine a considerazioni derivanti dalla composizione dei suoli ed alla loro conformazione morfologica;
  - Rischi per la salute umana
    - Con particolare riferimento allo stato attuale dell'ambiente e della comunità potenzialmente coinvolta, alle cause significative di rischio per la salute umana e di possibili rischi eco-tossicologici, alle condizioni di esposizione delle comunità e ai gruppi di individui particolarmente sensibili
    - Con particolare riferimento ad eventuali eventi accidentali per quanto concerne la fase di esercizio dell'impianto.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL PROGETTO

Il sito è situato nella porzione meridionale del Comune di Macomer in area del consorzio Industriale di Macomer, in prossimità del confine comunale con il Comune di Borore in un contesto territoriale di tipo industriale che vede la presenza di alcune realtà produttive ancorché inserito in un'area vasta caratterizzata da un'alternanza di aree agricole non irrigate e di boschi di latifoglie.



**Figura 1:** Area vasta - Ubicazione intervento su foto satellitare

L'impianto sorge nell'area industriale Tossilo del Comune di Macomer, caratterizzata da diversi insediamenti industriali a volte dismessi, ed è compreso tra la strada statale 131 e la strada 129b.

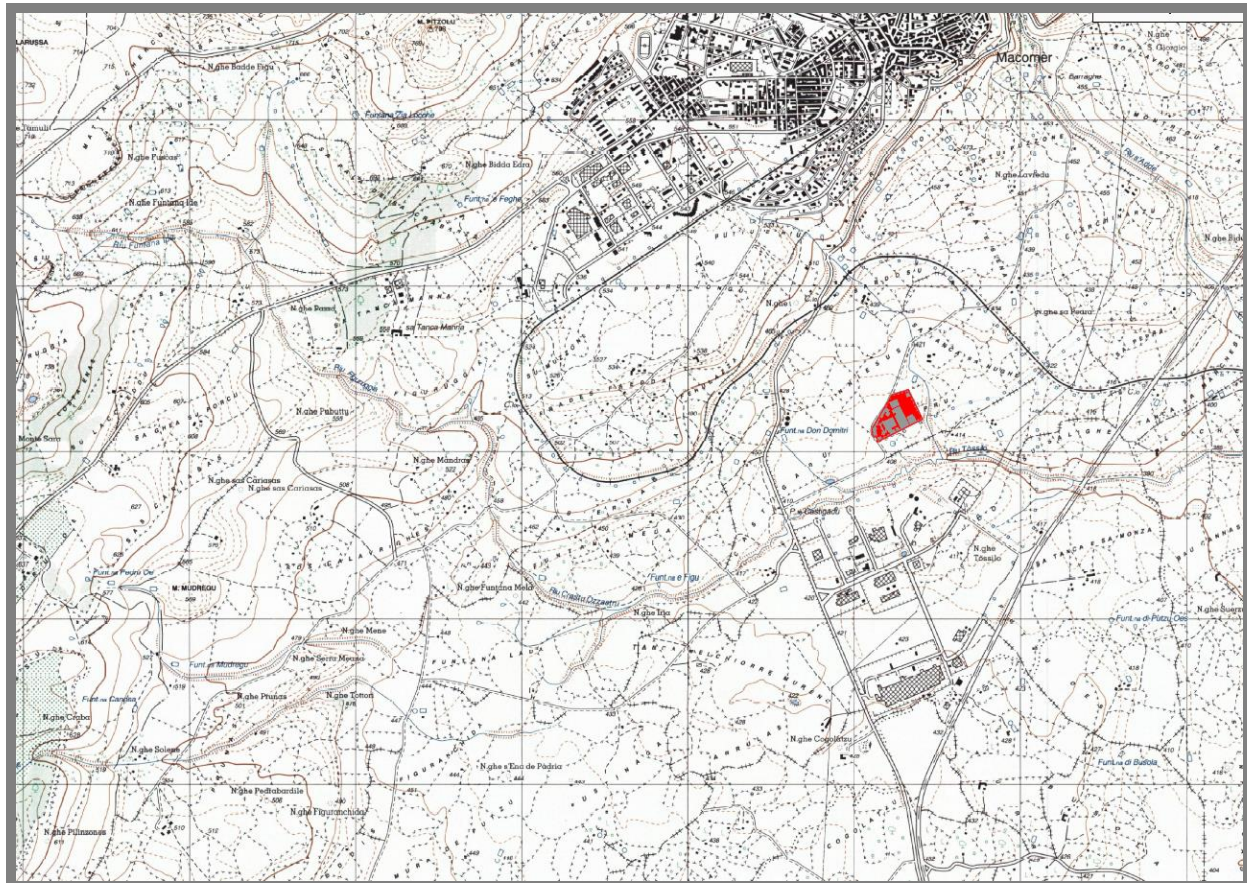
Al confine dell'Impianto sorge il depuratore Consortile dove sono scaricate e depurate le acque di processo e di pioggia del Termovalorizzatore e dell'impianto di compostaggio.

Nell'area in esame l'altimetria è relativamente poco variabile, con quote comprese tra 380 m s.l.m. e 540 m s.l.m. e degradante con regolarità da NW verso SE ; la quota dell'impianto è di circa 410 m s.l.m .

I centri abitati più prossimi all'impianto sono Macomer, con una distanza minima di 1450 m; Borore con una distanza minima di 3500 m e Birori con una distanza minima di 3770 m.

Il corso d'acqua principale che interessa l'area dell'impianto è il *Riu Murtazzoli* che scorre in direzione N.O.- S.E.

Il *Riu Murtazzoli* è alimentato da numerosi affluenti, tra cui il *Riu Tossilo* che, nei pressi di Nuraghe Urighe, riceve l'apporto del *Riu di Macomer (Riu s'Adde)*, un torrente lungo poco più di 10 km con un reticolo poco sviluppato; quest'ultimo ha una notevole importanza perché è alimentato dalle numerose ed importanti sorgenti, situate intorno al piccolo centro di Mulargia, contribuendo notevolmente alla portata del *Riu Murtazzolu*, anche nel periodo estivo.



**Figura 2:** Inquadramento territoriale su carta CTR 1:25.000  
Serie 25, F° 498 sez. III – MACOMER - Ubicazione intervento (in rosso)

L'ubicazione dell'intervento, secondo quanto indicato nel Piano Particolareggiato, è nell'area territoriale che costituisce l'*Agglomerato Nord* della zona industriale di Tossilo, totalmente compreso nell'ambito amministrativo del Comune di Macomer e, più precisamente nell'area di nuova espansione della zona industriale di Tossilo.

L'*Agglomerato Nord* risulta definito, al contorno, dai seguenti elementi territoriali:

- l'alveo del *Rio Tossilo*, che individua il limite dell'Agglomerato nord nella direttrice sud;
- il tracciato della ex S.S.131, che costituisce il limite dell'Agglomerato nella direttrice nord -ovest;
- il tracciato della S.S. 131 "*Carlo Felice*", che delimita l'Agglomerato nella direttrice sud - est;
- il tracciato della *linea ferroviaria Cagliari – Olbia*, che definisce l'Agglomerato nella direttrice est;
- sul versante nord l'*Agglomerato Nord* è delimitato da una linea ideale che congiunge l'attuale sovrappasso ferroviario con l'asse stradale della ex S.S. 131, in modo parallelo all'andamento dell'attuale strada di servizio alla centrale tecnologica, lateralmente al percorso d'alveo del *Rio Tossilo*.

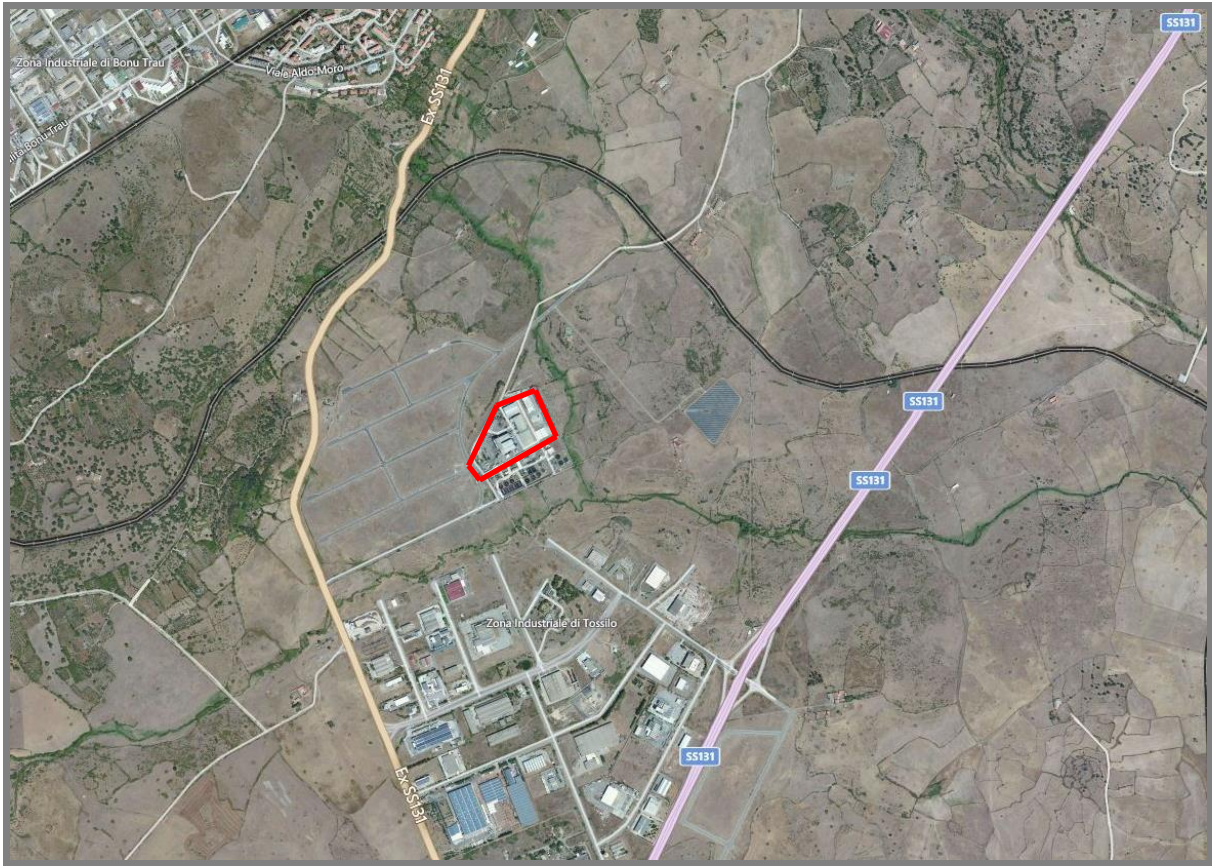




Figura 3: Ubicazione su foto satellitare dell'Agglomerato Nord della zona industriale di Tossilo con evidenziata l'area di intervento (in rosso)



	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 16/103	

Per ciascuna componente ambientale analizzata è stata perciò presa in considerazione un'area di riferimento specifica, esaustiva ai fini della descrizione dei potenziali impatti, evidenziando, ove presenti, eventuali criticità presenti allo stato attuale e/o indotte dall'intervento in progetto.

In questo contesto, peraltro, occorre rimarcare i benefici ambientali e i costi ambientali dell'intervento a livello globale in termini di riduzione delle emissioni atmosferiche nonché le positive ricadute socio-economiche a livello locale.

#### 2.1.1 Generalità sullo stabilimento esistente ed indicazioni sintetiche sull'intervento di progetto

Vengono di seguito riportate le informazioni sulle principali attività del complesso IPPC **esistente** autorizzato all'esercizio con A.I.A. Determinazione n. 1964 del 25/06/2010.

Impianto di incenerimento rifiuti (cod. IPPC 5.2);

- Capacità produttiva: due linee dimensionate cadauna per una portata di 3 t/h di sovvalli con PCI di 2500 Kcal/kg, oppure 5,2 t/h di RU tal quali.
- Produzione effettiva: 35.183,15 t/anno (dato 2005).

Il "Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti - Sezione Rifiuti Urbani" approvato dalla Regione Autonoma della Sardegna con deliberazione della Giunta Regionale N. 73/7 del 20.12.2008, tuttora vigente, nel riconfermare la centralità dell'Impianto di Termovalorizzazione di Macomer, ha richiesto di portarne la capacità termica a circa 8 t/h con un flusso termico di circa 25 Gcal/h.

Il Piano prevede il completo *revamping* dell'impianto esistente con realizzazione di nuova linea atta a portare la capacità e la funzionalità ai limiti sopra segnati (Scenario C).

Il bacino di riferimento dell'impianto di termovalorizzazione di Macomer è costituito dalle Province di Nuoro, Oristano e Ogliastra.

Il Piano prevede come ipotesi primaria forni a griglia che considera affidabili e flessibili.

L'impianto progettato riguarda una nuova linea di incenerimento finalizzata allo smaltimento e alla valorizzazione energetica dei rifiuti solidi urbani e l'organizzazione della stessa nel contesto impiantistico di Tossilo Tecoservice S.p.A.

Il progetto preliminare proposto prevede la realizzazione di una linea da 27,972 MWt nominali, in grado di assicurare un flusso termico medio di 28 MW nell'arco dell'anno, con combustione su griglia in sostituzione delle due linee esistenti a tecnologia a letto fluido; la nuova linea consentirà una produzione a pieno carico pari circa 7,061 MWe ai morsetti, al lordo degli autoconsumi.

Si prevede dunque la realizzazione della nuova linea nell'area compresa tra la recinzione prossima all'ingresso 2 e l'edificio preselezione, attualmente destinata a officina, deposito oli e autorimessa. Si prevede infine la realizzazione di alcune opere di consolidamento, nonché la esecuzione di opere di sterro per livellare il terreno ai piani previsti dal progetto e realizzare le vie di accesso alle varie aree di cantiere.

Nel caso della soluzione scelta gli interventi di realizzazione della nuova linea non hanno alcun impatto sulle due linee esistenti se non per quanto attiene alle modifiche finali del carroponete; pertanto dette due linee potranno essere mantenute in esercizio durante l'intero periodo di realizzazione della nuova linea consentendo a Tossilo di mantenere l'attuale potenzialità di smaltimento.

Inoltre quanto previsto presenta una comoda accessibilità all'area sia durante le attività di costruzione della nuova linea che durante l'esercizio futuro.

Questo determina di conseguenza limitati costi sia per la realizzazione della nuova linea che per la sua manutenzione in quanto le attività di montaggio e smontaggio delle apparecchiature possono essere realizzate facilmente e con mezzi di sollevamento poco impegnativi.

Non sarà necessario scoperchiare l'edificio per lo smantellamento delle linee esistenti che potranno essere smontate dall'interno in tempo successivo ove ritenuto necessario.

Il criterio progettuale adottato è stato quello della massima conservazione dell'esistente nel periodo di costruzione del nuovo onde non interrompere il servizio.

Il nuovo impianto deve rispettare le performance richieste ed limiti alle concentrazioni di inquinanti imposti nel documento autorizzativo: dell'AIA (Det. Prov. Nuoro n. 1964 del 25-6-2010).

Il sito denominato Tossilo, tenendo anche conto delle attività previste ancorché non ancora in atto, è suddiviso in macro-sezioni:

- a. Ricezione e preselezione;
- b. Biostabilizzazione;
- c. Incenerimento e recupero energetico;
- d. Abbattimento fumi;
- e. Scorie e Ceneri;
- f. Discarica
- g. Servizi tecnici e logistici

Il sistema, dimensionato per trattare e smaltire i rifiuti urbani provenienti dai Comuni che fan parte del sub-ambito Nuoro-Macomer è nato con gli impianti di ricezione, preselezione, biostabilizzazione, la discarica, e la prima linea d'incenerimento realizzati tra il 1990 ed il 1993 sono entrati in esercizio nel secondo semestre del 1994.

Tra gli anni 1996 e 1998 è stata realizzata la seconda linea d'incenerimento.

La capacità di trattamento e smaltimento del sistema è attualmente di circa 60 000 t/anno di cui 21 000 t/anno in termovalorizzazione.

Il presente progetto riguarda la sezione di termovalorizzazione con recupero energetico.

Viene pertanto mantenuta e riutilizzata la linea di conferimento e selezione, fatte salve le citate modifiche del carroponete e l'inserimento di portale atto ad identificare ed isolare eventuali rifiuti radioattivi.

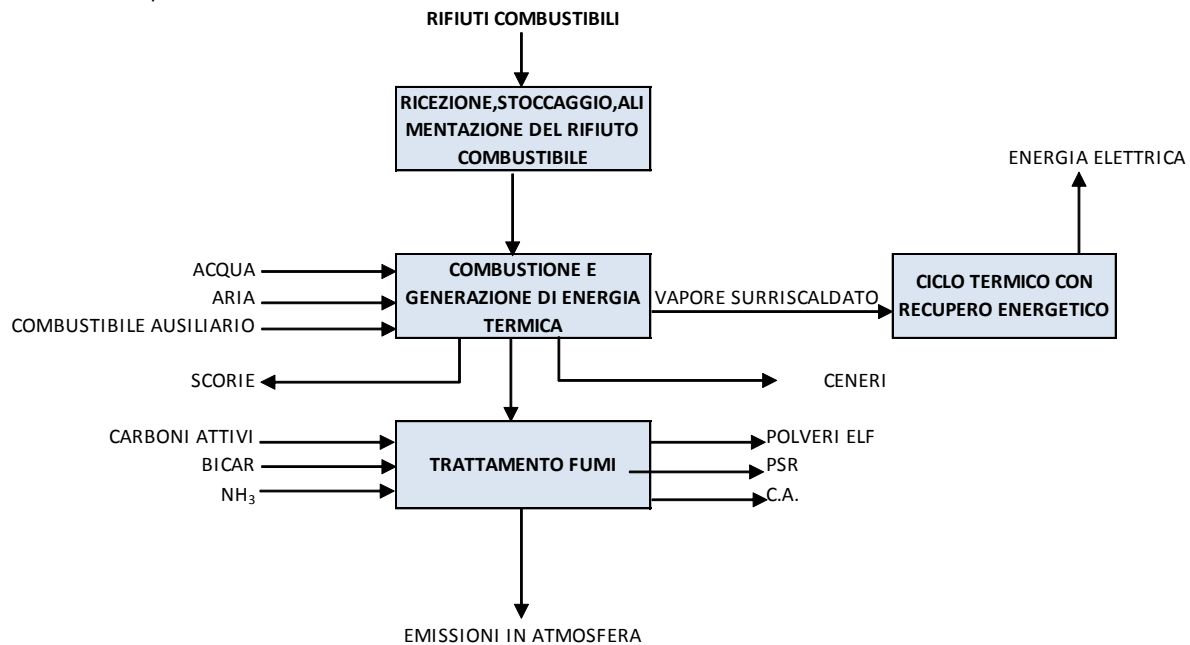


Figura 5 Schema di flusso - Impianto di termovalorizzazione rifiuti

### 3. ATMOSFERA: QUALITÀ DELL'ARIA E CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

L'analisi della componente atmosfera viene svolta al fine di pervenire ad una caratterizzazione precisa dello stato attuale o ex ante e poter stabilire eventuali modificazioni che possono avvenire in essa in seguito alla realizzazione dell'intervento, al suo esercizio ed alla dismissione al termine della sua vita operativa.

#### 3.1.1 Inquadramento climatico su area vasta

Il clima della zona in esame è classificabile come intermedio tra quello tipicamente definito come mediterraneo e quello di tipo continentale.

Questo lo si può spiegare con il fatto che essendo l'impianto ubicato sull'altopiano di Abbasanta è perciò esposto ai venti, soprattutto freddi, mentre non risente, essendo lontano dalla costa, del benefico apporto delle brezze marine.

Avremmo perciò estati calde e afose soprattutto di giorno, con inverni piuttosto freddi e secchi (ca. 25 giornate di gelo identificate tra ottobre 2009 e settembre 2010), caratterizzati da abbondanti precipitazioni anche di tipo nevoso.

Gli elementi del clima presi in considerazione sono la temperatura e le precipitazioni ed i relativi dati sono ripresi dallo studio "Analisi agrometeorologica e climatologica della Sardegna Analisi delle condizioni meteorologiche e conseguenze sul territorio regionale nel periodo ottobre 2009 - settembre 2010", prodotto da ARPA Sardegna.

Come si può notare dalla figura sottostante la piovosità cumulata dell'anno 2009-2010 è stata di ca. 800 mm di pioggia, che risulta comunque confrontabile col valore cumulato (845 mm) della media mensile calcolata tra il 1951 e il 1993.

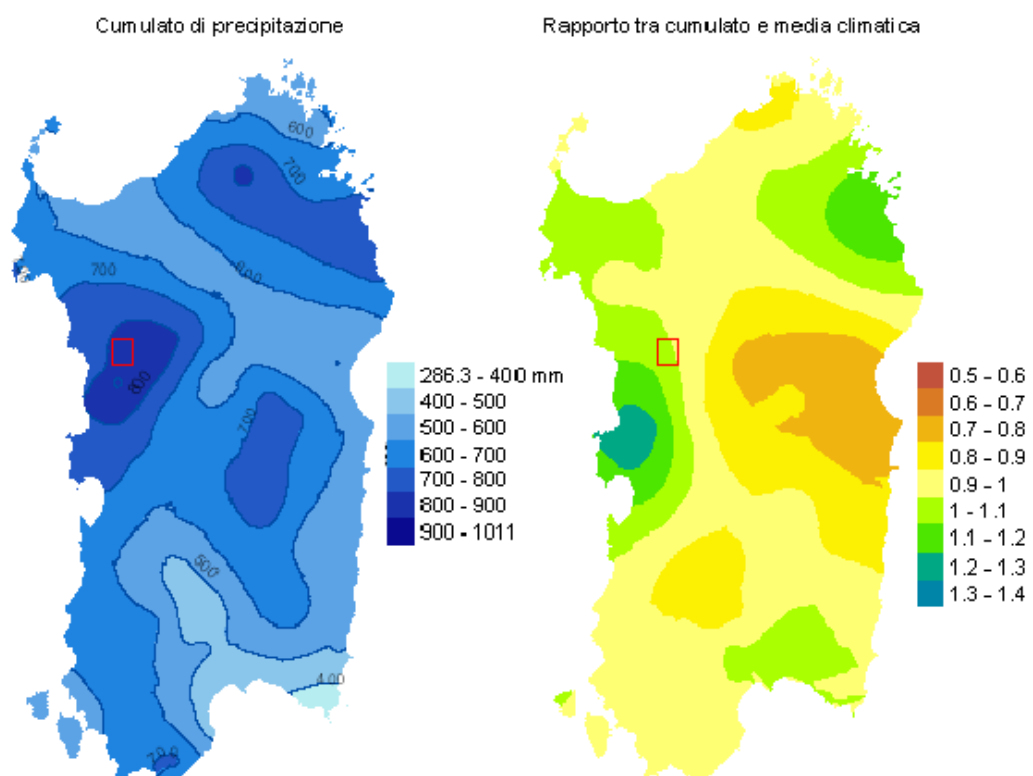


Figura 6 Cumulato di precipitazione -rapporto tra cumulato con media climatica con ubicazione intervento (quadrato rosso)

Per quanto concerne la temperatura in valore medio, nel periodo sopra indicato, quella massima raggiunge ca. i 19-20 °C, mentre quella minima gli 8-9 °C, che trova pure corrispondenza coi valori riscontrati tra il 1951 e il 1993, ossia 19,5 °C di temperatura media massima e 10 °C di temperatura media minima.

Media della temperatura massima

Media della temperatura minima

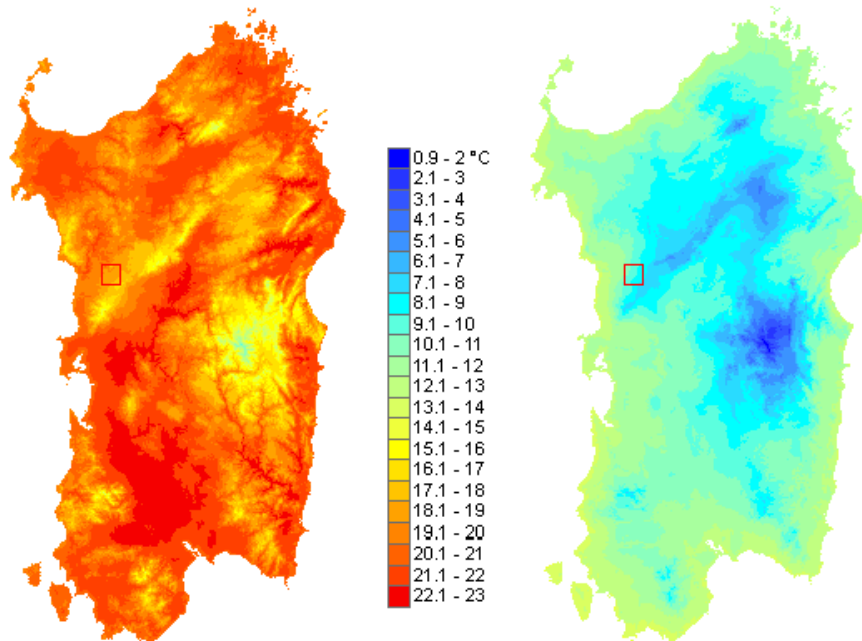


Figura 7 Media annuale delle temperature massime e minime con ubicazione intervento (quadrato rosso)

La climatologia dell'area di studio, come, d'altronde, le manifestazioni climatologiche che interessano tutti gli ambienti isolani, è condizionata da vari fattori, alcuni dei quali sono variabili nel tempo, altri risultano invece costanti.

Fattori costanti sono la posizione geografica e la particolare struttura geomorfologica e vegetazionale, che influenzano il manifestarsi degli stessi eventi su ambiti territoriali più ristretti.

Fattori variabili nel tempo sono la radiazione solare globale, la temperatura degli strati superficiali dei mari circostanti e le caratteristiche fisiche delle masse d'aria che scorrono o stazionano sull'isola.

L'area in oggetto si trova nella fascia del 41° parallelo Nord. In tale posizione, l'influenza dei venti occidentali di origine atlantica viene mitigata dalla presenza dei rilievi circostanti e viceversa si risente dell'influenza delle masse d'aria tropicali provenienti dall'Africa settentrionale, cui si aggiungono limitate incursioni di aria fredda artica.

Sono proprio gli spostamenti stagionali di queste masse d'aria e le traiettorie degli anticicloni, l'Anticiclone delle Azzorre nel periodo estivo e l'Anticiclone Siberiano nel periodo invernale, a condizionare il clima dell'isola.

Verso l'autunno e in inverno, in concomitanza con l'arrivo di masse d'aria temperata umida atlantica, richiamate dalle basse pressioni sul Mediterraneo, si creano campi di alta pressione con profilo termico stagionale tipico, caratterizzato da buona visibilità cielo limpido e temperature più basse della media annuale, alternate a periodi di piogge di varia durata legate al passaggio del fronte dell'anticiclone.

Dall'autunno alla primavera l'isola è interessata dai cicloni che si spostano attraverso la penisola iberica verso il Tirreno, seguendo la via del 40° parallelo, che è la meno frequentata delle tre grandi traiettorie cicloniche del Mediterraneo Occidentale.

Poiché le piogge sono apportate quasi esclusivamente da queste perturbazioni si spiega la scarsità di precipitazioni tipica dell'isola.

Le estati con periodi siccitosi prolungati e temperature elevate sono caratterizzate dall'Anticiclone subtropicale africano, che stazionando in maniera prolungata nel deserto del Sahara è caratterizzato da masse d'aria secche e molto calde.



L'aria tropicale, che invade il Mediterraneo, porta un regime prolungato di alta pressione che sottraggono all'isola il flusso d'aria oceanica più mite e umido.

### 3.1.2 Influenza geomorfologica sul clima

Gli elementi che caratterizzano il clima a livello locale, il microclima, sono principalmente di carattere geomorfologico, topografico e pedologico che controllano in maniera diretta la radiazione solare e in maniera indiretta l'evapotraspirazione e il regime delle brezze giornaliere.

L'area studiata si presenta con quote che vanno da 200 a circa 400 metri sul livello del mare ed è compresa in un altopiano basaltico a morfologia sub-pianeggiante o leggermente ondulata con pendenze modeste, con estesi affioramenti rocciosi e con suoli caratterizzati da una profondità molto modesta ed eccesso di scheletro.

In alcune aree risultano presenti delle forme depresse.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 20/103	

Non si hanno quindi barriere fisiche al flusso dei venti che colpiscono in maniera significativa il territorio.

Tali caratteristiche condizionano l'entità del flusso evapotraspirativo degli strati atmosferici più vicini al suolo (pochi metri) aumentandolo e incidono sull'attività fisiologica degli organismi vegetali che vi risiedono creando ambienti selezionati e modalità di sviluppo particolari.

I suoli risultano oggi ricoperti da vegetazione prativa, caratterizzata da prati artificiali, pascoli, erbai che hanno preso il posto alle formazioni boschive originarie.

Laddove la copertura dei suoli viene meno si aggravano i fenomeni erosivi di natura eolica in maniera significativa.

### 3.1.3 Radiazione solare globale

Dai dati regionali, relativi alla radiazione globale (diretta più diffusa) e alla nuvolosità media, registrati in un decennio (1961 – 1970) in diverse località, attraverso una rete di stazioni opportunamente distribuite, con quote comprese tra il livello del mare e i 1067 metri, hanno rilevato le seguenti caratteristiche:

- nei mesi tra novembre e febbraio si hanno valori medi mensili minimi nelle zone montuose e nel versante settentrionale dell'isola, mentre si hanno valori massimi nella pianura del Campidano;
- nei mesi da marzo a settembre la situazione si inverte, con valori massimi nelle località ad altitudini più elevate e nel versante settentrionale dell'isola, con minimi valori nella pianura del Campidano;
- i valori medi annuali più alti appaiono nelle località interne dell'isola ad altitudini più elevate.

La distribuzione della radiazione globale è un'indicazione certa della mitezza del clima dell'isola, che gode di un numero significativo di giornate di cielo sereno o poco nuvoloso nel corso dell'anno.

### 3.1.4 Temperatura

I valori medi annui della temperatura atmosferica diurna dell'area in esame dipendono, in assenza di masse d'aria non locali, dall'altitudine, dall'irraggiamento solare, dalla nuvolosità, dalla capacità termica del suolo e dalla vegetazione.

Le temperature più elevate si raggiungono nei mesi di luglio e agosto.

La caratteristica saliente è l'elevata temperatura invernale.

### 3.1.5 Venti

I venti hanno rilevante importanza nella caratterizzazione del clima dell'area in esame.

Essi soffiano con frequenza elevata e sono in rapporto con la circolazione generale delle grandi masse d'aria.

I valori di frequenza e direzione dei venti sono costanti nel tempo, a differenza degli altri fattori climatici.

I venti predominanti sono quelli occidentali, soprattutto del IV quadrante.

Su tutti domina, soprattutto nella stagione invernale, il Maestrale, che soffia da Nord – Ovest,

che porta masse d'aria fredde in inverno e calde d'estate, le caratteristiche delle masse d'aria hanno un effetto diretto sulle temperature e sull'evapotraspirazione.

Per un'analisi a larga scala può essere utili considerare le seguenti immagini che descrivono i valori degli indicatori di velocità del vento (medio) nell'anno 2010 e per un periodo che va dal 2004 al 2011:

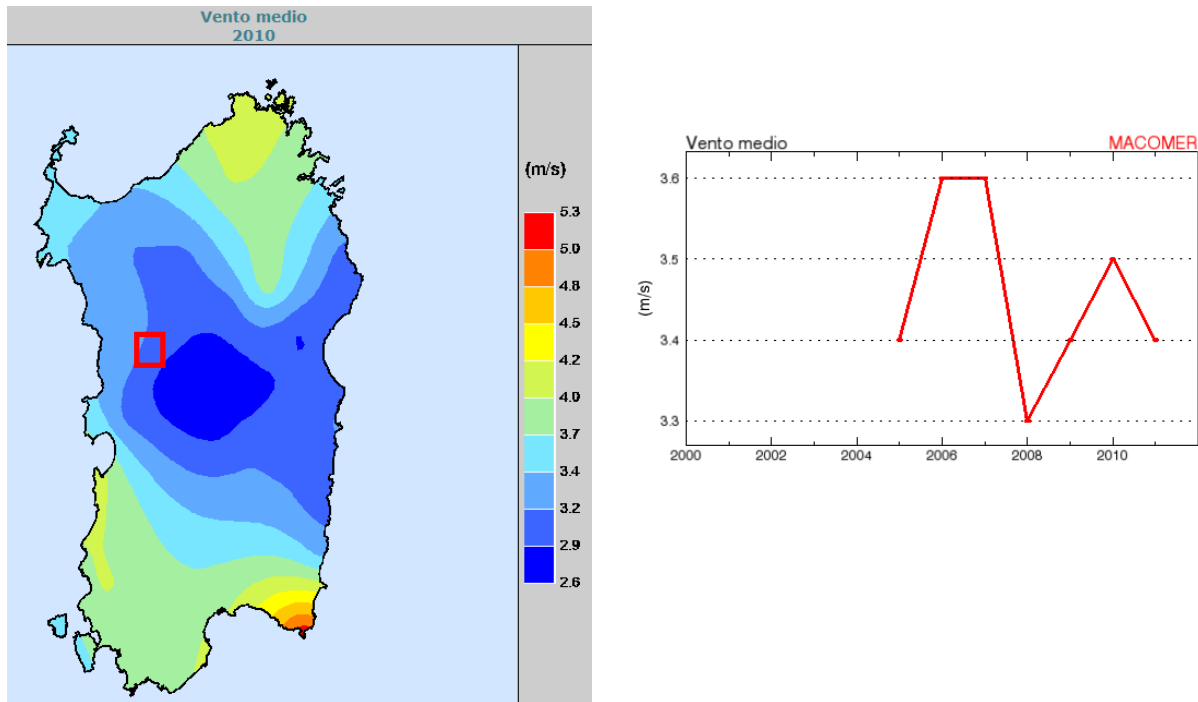


Figura 8 Analisi del vento medio per l'area in studio (quadrato rosso)

### 3.1.6 Piovosità

L'andamento delle precipitazioni è dipendente dalle basse pressioni dell'Anticiclone delle Azzorre e siberiano che tra fine autunno e l'inizio della primavera attraversano il Mediterraneo investendo l'isola.

Questo periodo, in cui si verificano le precipitazioni, è caratterizzato da una fase a minore piovosità, che si verifica per lo più a gennaio (secche di gennaio).

L'andamento è comunque variabile di anno in anno; l'elemento costante è la lunga stagione siccitosa, che coincide con il periodo estivo che va da maggio a settembre.

Altri elementi che caratterizzano l'andamento delle precipitazioni nell'isola sono i notevoli scarti dalla media dei singoli totali annui, l'elevato indice di intensità e l'irregolare distribuzione stagionale.

La quantità di pioggia di un anno può superare il doppio della media o essere inferiore alla metà.

Scarti del 25% e del 30% o più sono comuni a tutte le località della Sardegna e vanno considerati come carattere locale del clima isolano.

Per quanto riguarda la distribuzione mensile e stagionale, si può osservare che le prime piogge cadono per lo più nei mesi di ottobre-novembre, spesso sotto forma di rovesci temporaleschi.

Si hanno in questo caso anomalie frequenti, in quanto talvolta la stagione piovosa anticipa ad agosto e nella prima decade di settembre, spesso seguita da un secondo periodo arido, che si protrae fino a novembre, mentre altre volte ritarda fino alla metà di novembre.

Nei mesi di novembre e dicembre la caduta delle piogge diventa più regolare e i totali mensili si elevano. Il mese più piovoso è dicembre.

Tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera si ha spesso un ritorno della piovosità, con una quantità di pioggia che è pari al 35% del totale annuo.

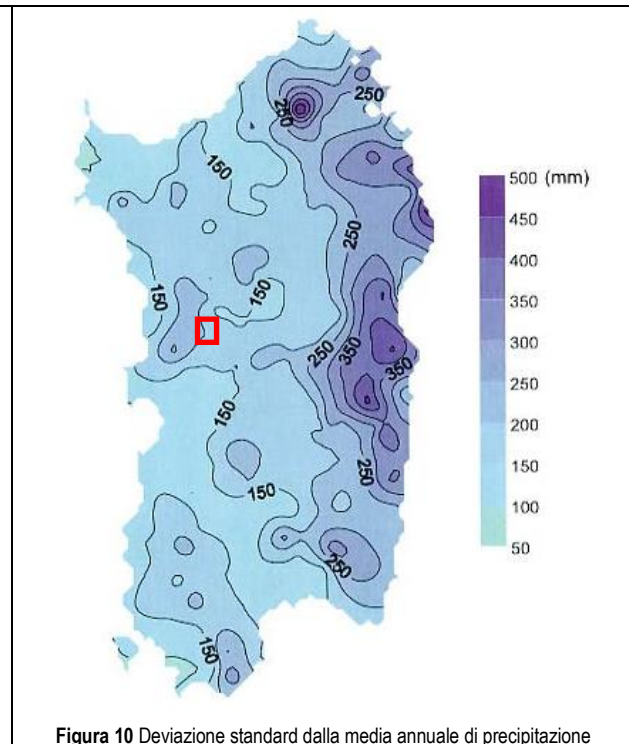
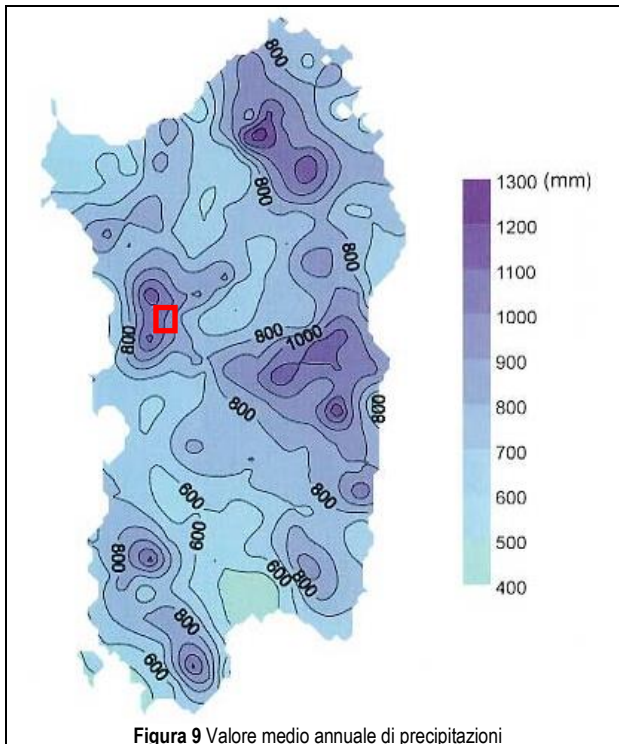
Le piogge primaverili sono spesso più regolari di quelle autunnali e apportano all'ambiente effetti benefici.

L'irregolarità aumenta assai in aprile e le annate di scarsa precipitazione si riflettono negativamente sulla produttività delle colture in asciutto e sulla vegetazione naturale.

Con il mese di maggio, mentre aumenta la temperatura media, diminuisce la quantità di precipitazioni e inizia la forte inflessione che è propria dei mesi estivi, durante i quali si ha minore piovosità.

Il mese meno piovoso risulta quello di luglio, sia come quantità di pioggia che come frequenza.

--	--



### 3.1.7 Meteorologia locale

Mese	T min	T max	Precip.	Umidità	Vento
Gennaio	4 °C	11 °C	110 mm	60 %	n.d.
Febbraio	4 °C	12 °C	100 mm	60 %	n.d.
Marzo	5 °C	14 °C	80 mm	50 %	n.d.
Aprile	7 °C	17 °C	70 mm	50 %	n.d.
Maggio	11 °C	21 °C	50 mm	45 %	n.d.
Giugno	15 °C	26 °C	30 mm	40 %	n.d.
Luglio	17 °C	30 °C	5 mm	35 %	n.d.
Agosto	18 °C	29 °C	20 mm	40 %	n.d.
Settembre	15 °C	25 °C	50 mm	45 %	n.d.
Ottobre	12 °C	21 °C	90 mm	55 %	n.d.
Novembre	8 °C	16 °C	120 mm	60 %	n.d.
Dicembre	6 °C	13 °C	120 mm	65 %	n.d.

**Figura 11** Medie mensili riferite agli anni 1951-1993, basate sui dati di 259 stazioni sparse sul territorio (Dati climatici del comune di Macomer forniti da SardegnaArpa)

Il clima della Sardegna, soprattutto per quanto riguarda la piovosità è estremamente variabile, per cui occorrono dati certi rilevati localmente e discussi all'interno di considerazioni di area vasta.

A tal fine sono state prese in considerazione le serie storiche delle precipitazioni medie annuali misurate nell'intervallo 1922-1992 e registrate nelle stazioni di Macomer e Borore, tratte dai dati disponibili rilevati dal Nuovo Studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna SISS elaborato dall'EAF per gli anni 1922-1992 (il periodo di rilevamento dei dati termometrici completi annuali per Borore parte dal 1931) e dai dati forniti dal sito internet della Direzione Generale dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico per il periodo 1993-2007.

L'esame dei dati (sintetizzati nelle tabelle 1 e 2) ci permette di trarre alcune considerazioni per caratterizzare il sito e per proporre indirizzi per uso attuale e futuro.

Il clima dell'area di riferimento nel suo complesso è di tipo mediterraneo sub-umido, con temperatura media annua di 14,6° C in entrambe le stazioni e temperatura del mese più freddo di 6,5° C, riferiti alla stazione di Borore e 7,1° C nella stazione di Macomer.

Nel periodo invernale le temperature non scendono al di sotto dello 0° C ma si mantengono al di sopra dei 7° C.

L'estate invece è caratterizzata da un periodo di circa due mesi (luglio e agosto) con temperature medie circa 24° C in entrambe le stazioni.

L'andamento delle precipitazioni è caratteristico del clima mediterraneo, con piogge concentrate prevalentemente nel periodo autunno - vernino e con stagione secca estiva, sebbene talvolta intervallata da improvvisi rovesci temporaleschi.

L'entità delle precipitazioni medie annue su una serie storica di 71 anni (1922-1992) è pari a 724,6 mm nella stazione di Borore e 870,7 mm in quella di Macomer.

Il mese più piovoso risulta per entrambe le stazioni novembre con 107,5 mm a Borore e 130,6 mm a Macomer; il mese più arido è luglio sia a Borore (4,9 mm) che a Macomer (7,2 mm).

Di seguito si riportano le serie storiche, dei dati pluviometrici dal 1922 al 1992, e termometrici dal 1930 al 2002, rilevati nella stazione di Borore e quelle rilevate nella stazione meteorologica di Macomer relativa agli anni 1922-2007 per la pluviometria e 1930-2002 per la termometria:

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Medie
pluviometria	80,3	81,3	71,6	61,6	47,8	20,0	4,9	12,3	45,5	88,8	107,5	102,9	Totale annuo 724,6
termometria	6,5	7,0	9,4	12,1	15,9	20,5	23,8	23,9	20,9	16,0	11,2	7,8	Mensile 14,6

Figura 12 Borore Medie storiche di pluviometria (1922-1992) e termometria (1930-2002) fonte: Nuovo SISS, elaborato dall'EAF; RAS Distretto Idrografico

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Medie
pluviometria	98,2	99,4	79,8	81,6	56,3	23,9	7,2	18,0	54,8	90,7	130,6	130,3	Totale annuo 870,8
termometria	7,1	7,6	9,8	12,1	16,4	20,7	24,1	24,3	20,9	16,3	11,4	8,2	Mensile e 14,6

Figura 13 Macomer Medie storiche di pluviometria (1922-2007) e termometria (1930-2002) fonte: Nuovo SISS, elaborato dall'EAF; RAS Distretto Idrografico

Il problema del clima in relazione ai fabbisogni idrici delle piante spontanee e dell'agricoltura, soprattutto nell'Italia meridionale e nelle isole, è stato oggetto di studio e discusso da diversi decenni.

Un altro aspetto trattato del clima è dato dalla sua influenza sui fenomeni di degradazione dei suoli e sui processi di desertificazione in ambiente mediterraneo.

Questi aspetti hanno una particolare importanza a tutti i livelli in quanto condizionano metodologie di utilizzazione del suolo e opere di conservazione e tutela.

Un contributo alla comprensione delle correlazioni che legano clima e risposta ambientale è dato dalla entità del periodo arido che nei nostri ambienti appare significativo.

Si considera un periodo arido di quattro mesi da Giugno a Settembre; questo periodo deve essere considerato inattivo sia dal punto di vista biologico che pedogenetico, ossia di formazione dei suoli.

Un altro aspetto caratterizzante del clima dell'isola e dell'area in esame è la variabilità climatica in rapporto all'irregolarità delle precipitazioni.

Si è quindi analizzato l'andamento del periodo arido nell'area in esame. Il periodo arido costruito sui dati medi ha infatti un valore indicativo. Ma quando servono indicazioni più puntuali occorrono dati specifici anno per anno, in quanto vi sono variazioni sostanziali da un anno all'altro, come risulta dalle tabelle.

Sulla base dei dati a disposizione sono state desunte quindi ulteriori considerazioni; l'estrema variabilità riscontrabile nelle precipitazioni registrate dalla stazione climatica SISS a Borore in due anni consecutivi (1983-1984), scelti in quanto il 1983 è stato un anno critico per le piogge (421,2 mm di pioggia); infatti a fronte di una precipitazione media di 724,6 mm, si è avuto nel 1984 un incremento di circa 1% e invece nel 1983 una decrescita di circa il 58%, a dimostrazione della estrema variabilità del regime delle piogge.

MENSILITA' PRECIPITAZIONI	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Totale medio annuo
	<b>1983</b>	3.0	83.0	51.4	12.0	7.4	13.0	2.4	16.4	45.0	5.6	97.0	85.0
<b>1984</b>	58.4	88.2	106.4	42.4	159.4	17.0	0.0	11.4	43.0	69.0	176.4	50.0	<b>821.6</b>
TEMPERATURE													
<b>1983</b>	6.2	5.6	9.6	13.3	17.9	22.8	28.2	24.1	21.4	16.1	12.3	8.0	<b>15.5</b>
<b>1984</b>	6.3	5.7	7.8	11.6	14.0	19.5	24.9	22.7	18.9	15.5	13.0	7.9	<b>14.0</b>

**Figura 14** Borore confronto tra le medie mensili della pluviometria e della termometria (1983-1984)

Si è inoltre confrontato per la stessa stazione e per gli stessi anni l'andamento termo pluviometrico da cui si deduce, che per il 1984 il periodo arido dura due mesi inizia infatti a fine giugno e finisce a fine agosto, mentre per il 1983 inizia ad aprile e finisce ad agosto, ossia con una durata di cinque mesi.

L'irregolarità nelle precipitazioni si manifesta anche nei singoli eventi, che possono essere blandi o di elevata entità e intensità. Questi ultimi si verificano soprattutto all'inizio della stagione autunnale, e in alcuni anni proprio a questi eventi sono legati gli elevati valori pluviometrici dei mesi di settembre e ottobre. Questi eventi risultano di estrema dannosità nelle aree con scarsa copertura vegetale, generando intensi processi erosivi.

Da questi dati risulta che l'attività vegetazionale è fortemente condizionata a causa della variabilità climatica. Infatti occorrerebbe colmare il deficit idrico nei mesi aridi con le irrigazioni.

Un fatto da tenere in grande considerazione sono gli eventi estremi degli apporti idrometeorici con conseguenze talvolta molto gravi per le cose e le persone.

### 3.1.8 Umidità relativa

Nell'area in esame non è disponibile la strumentazione adatta al rilevamento del dato relativo allo stato di umidità dell'aria. L'andamento della componente è di fondamentale importanza se viene messa in relazione alla vita delle piante spontanee (erbacee ed arboree), all'introduzione di specie non indigene (es. specie esotiche), alla condensazione dell'umidità notturna per l'alimentazione di piccole sorgenti e alla vita di alcune specie animali.

I valori rilevabili nell'area dovrebbero rispecchiare il naturale andamento del territorio isolano delle aree interne con valori normalmente bassi durante la giornata con incrementi durante le ore notturne.

### 3.1.9 Radiazione solare

In base alle carte della radiazione solare (globale) al suolo è possibile assegnare all'area in esame i seguenti valori:

- 60-100 W/m<sup>2</sup> nei mesi invernali da dicembre a febbraio
- 130-210 W/m<sup>2</sup> nei mesi primaverili da marzo a maggio
- 260-300 W/m<sup>2</sup> nei mesi estivi da giugno ad agosto
- 90-200 W/m<sup>2</sup> nei mesi autunnali da settembre a novembre

Tali valori rappresentano le medie mensili della radiazione solare globale sull'unità di superficie orizzontale. Essi sono stati desunti dalla distribuzione delle isolinee di radiazione solare, costruite mediante l'elaborazione dei dati di 18 stazioni distribuite su tutto il territorio sardo.

### 3.1.10 Analisi meteorologica puntuale dell'area di intervento

A supporto dello studio meteorologico si riporta di seguito uno studio specifico sull'area di intervento in cui si riporta la fornitura completa di dati meteorologici per il sito di Macomer (NU) in formato AERMOD relativamente al periodo – anno 2011.

I dati in formato AERMOD sono stati ottenuti attraverso il processore AERMET 06341 utilizzando i seguenti dati grezzi:

- Stazione meteorologica virtuale "On Site" anno 2011 rappresentata dal punto di griglia del modello matematico meteorologico WRF più prossimo al sito richiesto [40.2° N 8.8° E]. Tale punto dista circa 5 km S dalla località richiesta (vedi figura seguente)

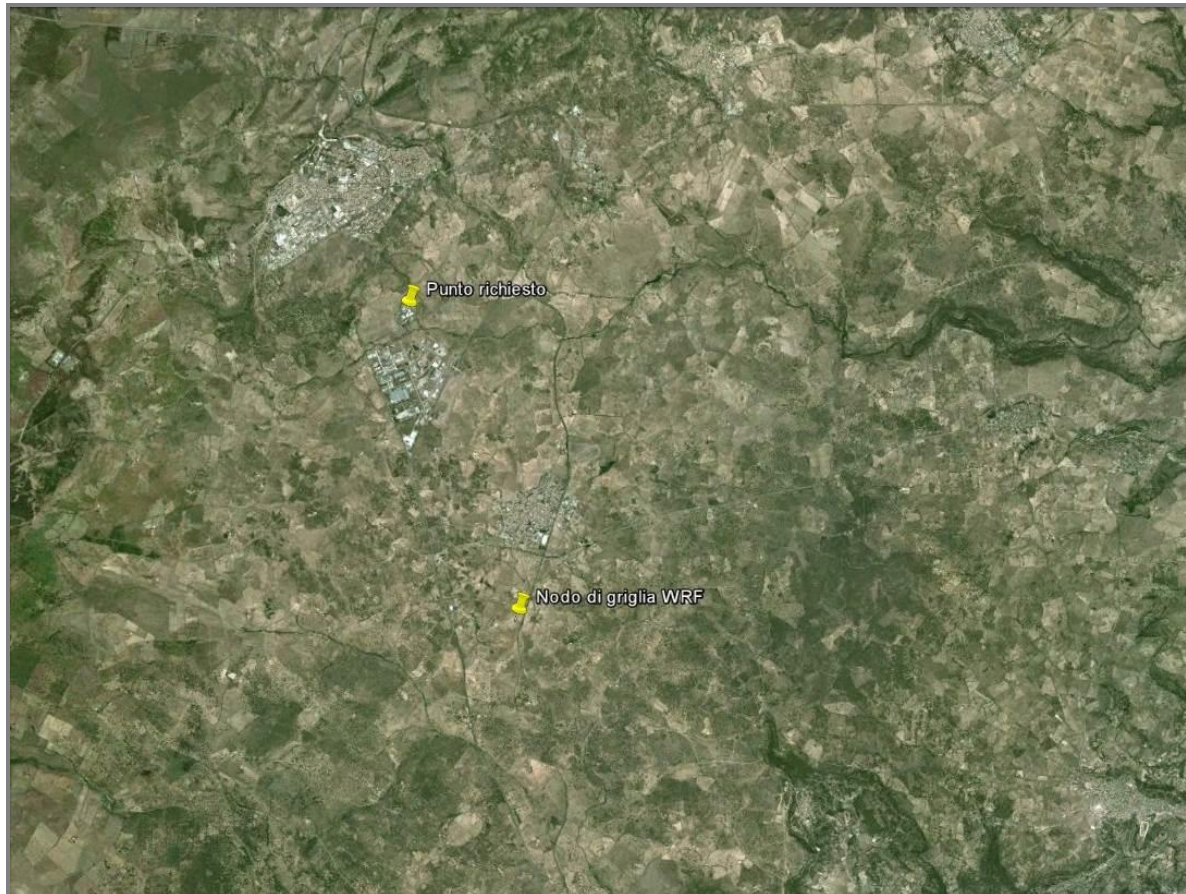


Figura 15 Punto di riferimento dei dati meteo-(Posizione della stazione utilizzata rispetto al punto Richiesto)

3.1.10.1 *Temperatura*

	Temperatura (°C)		
	Minima	Massima	Media
<b>Anno</b>	-3.39	41.87	15.09
<b>Primavera</b>	0.88	28.17	13.36
<b>Estate</b>	8.49	39.94	22.86
<b>Autunno</b>	6.00	31.29	16.63
<b>Inverno</b>	-2.67	19.16	7.30

Primavera: marzo, aprile, maggio  
Estate: giugno, luglio, agosto  
Autunno: settembre, ottobre, novembre  
Inverno: dicembre, gennaio, febbraio

<b>gennaio</b>	-3.38	18.53	6.72
<b>febbraio</b>	-3.09	19.93	6.45
<b>marzo</b>	-3.39	23.25	9.29
<b>aprile</b>	1.33	29.47	13.70
<b>maggio</b>	4.70	31.80	17.10
<b>giugno</b>	4.28	37.38	20.76
<b>luglio</b>	10.72	41.87	22.90
<b>agosto</b>	10.48	40.56	24.93
<b>settembre</b>	10.25	40.13	21.49
<b>ottobre</b>	5.44	30.06	16.03
<b>novembre</b>	2.31	23.67	12.37
<b>dicembre</b>	-1.53	19.01	8.74

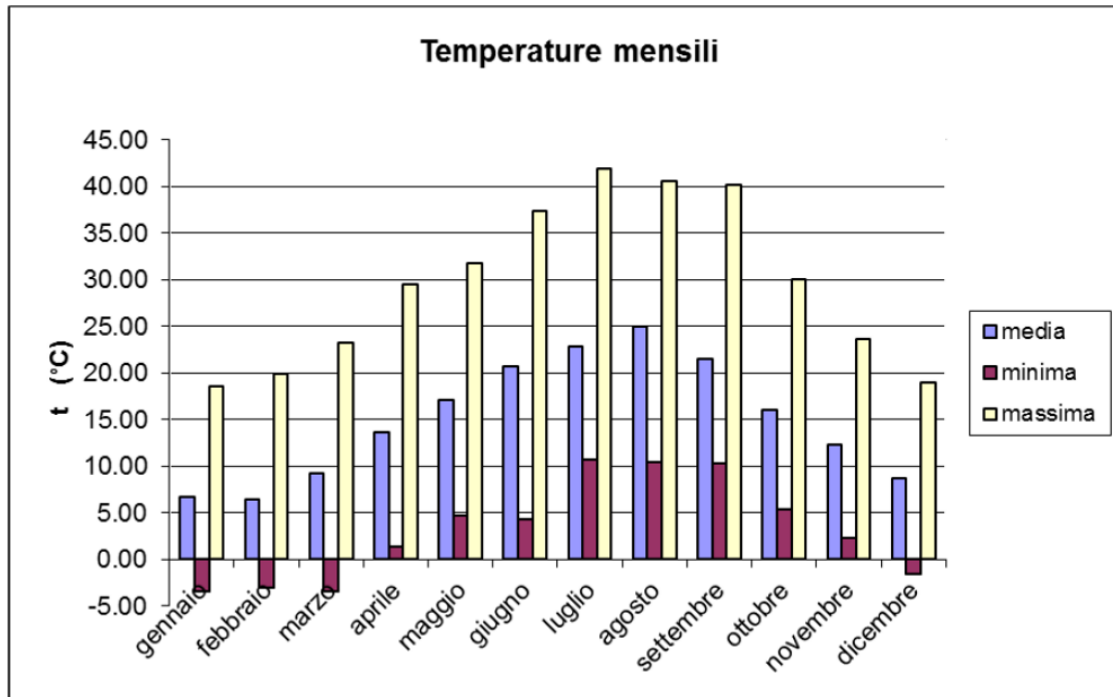


Tabella 2 Analisi statistica dei dati di superficie -temperatura

3.1.10.2 Pressione

	Pressione (mb)		
	Minima	Massima	Media
<b>Anno</b>	948.32	984.02	969.28
<b>Primavera</b>	952.11	979.95	968.96
<b>Estate</b>	961.39	973.55	968.02
<b>Autunno</b>	958.37	977.43	970.44
<b>Inverno</b>	954.53	981.47	969.63

Primavera: marzo, aprile, maggio  
Estate: giugno, luglio, agosto  
Autunno: settembre, ottobre, novembre  
Inverno: dicembre, gennaio, febbraio

<b>gennaio</b>	954.60	980.57	968.81
<b>febbraio</b>	950.47	980.68	967.91
<b>marzo</b>	956.73	984.02	969.97
<b>aprile</b>	948.32	978.82	967.36
<b>maggio</b>	951.29	977.00	969.56
<b>giugno</b>	959.38	975.04	969.04
<b>luglio</b>	960.54	972.41	966.37
<b>agosto</b>	964.26	973.20	968.66
<b>settembre</b>	961.22	975.73	969.65
<b>ottobre</b>	961.07	976.27	971.13
<b>novembre</b>	952.81	980.30	970.52
<b>dicembre</b>	958.53	983.16	972.17

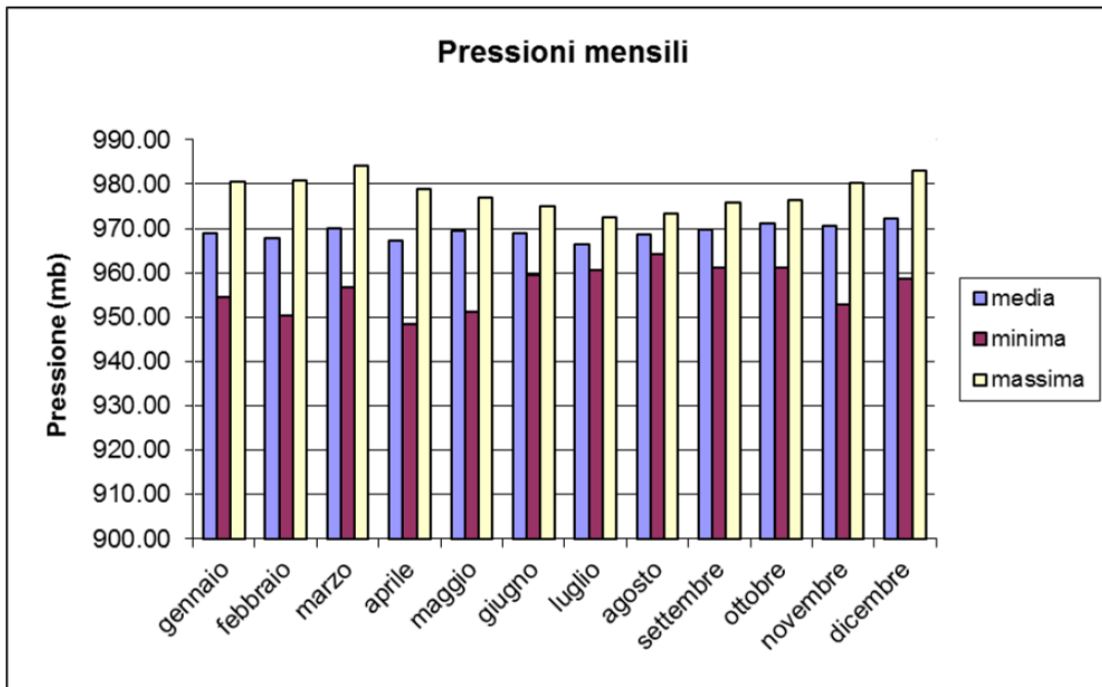


Tabella 3 Analisi statistica dei dati di superficie\_pressione

3.1.10.3 Umidità relativa

Anno	Umidità relativa (%)		
	Minima	Massima	Media
Anno	25.65	100.00	81.44
Primavera	40.95	100.00	81.04
Estate	27.92	100.00	71.74
Autunno	42.72	100.00	84.43
Inverno	49.03	100.00	88.69

Primavera: marzo, aprile, maggio  
Estate: giugno, luglio, agosto  
Autunno: settembre, ottobre, novembre  
Inverno: dicembre, gennaio, febbraio

gennaio	48.90	100.00	89.63
febbraio	39.85	100.00	85.25
marzo	43.65	100.00	85.82
aprile	39.35	100.00	79.05
maggio	39.85	100.00	78.24
giugno	31.11	100.00	76.93
luglio	25.65	100.00	71.43
agosto	26.99	100.00	66.86
settembre	30.67	100.00	79.15
ottobre	42.29	100.00	83.40
novembre	55.19	100.00	90.74
dicembre	58.33	100.00	91.20

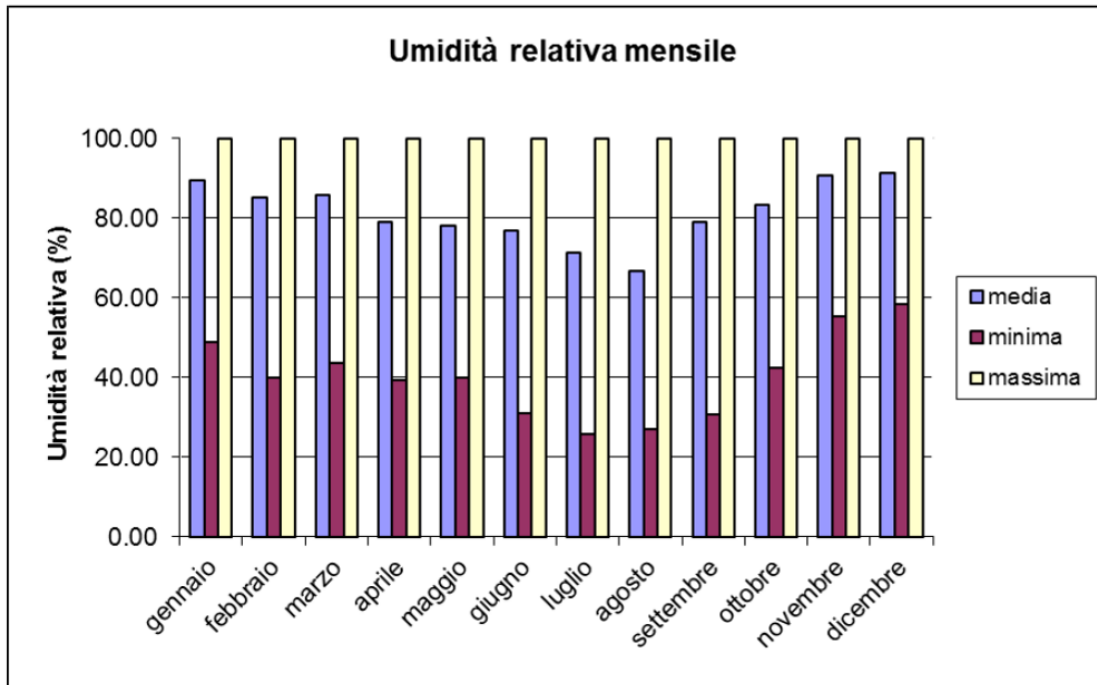


Tabella 4 Analisi statistica dei dati di superficie\_umidità

3.1.10.4 Precipitazioni

	Precipitazioni (mm)		
	Minima	Massima	Cumulata
Anno	0.00	8.62	616.46
Primavera	0.00	3.25	174.17
Estate	0.00	2.74	74.47
Autunno	0.00	6.66	194.12
Inverno	0.00	3.13	173.70

Primavera: marzo, aprile, maggio  
Estate: giugno, luglio, agosto  
Autunno: settembre, ottobre, novembre  
Inverno: dicembre, gennaio, febbraio

gennaio	0.00	2.54	40.73
febbraio	0.00	2.44	63.77
marzo	0.00	4.12	69.66
aprile	0.00	3.47	50.22
maggio	0.00	2.16	54.29
giugno	0.00	4.15	44.44
luglio	0.00	3.59	28.90
agosto	0.00	0.49	1.13
settembre	0.00	8.03	80.85
ottobre	0.00	3.33	29.81
novembre	0.00	8.62	83.46
dicembre	0.00	4.41	69.20

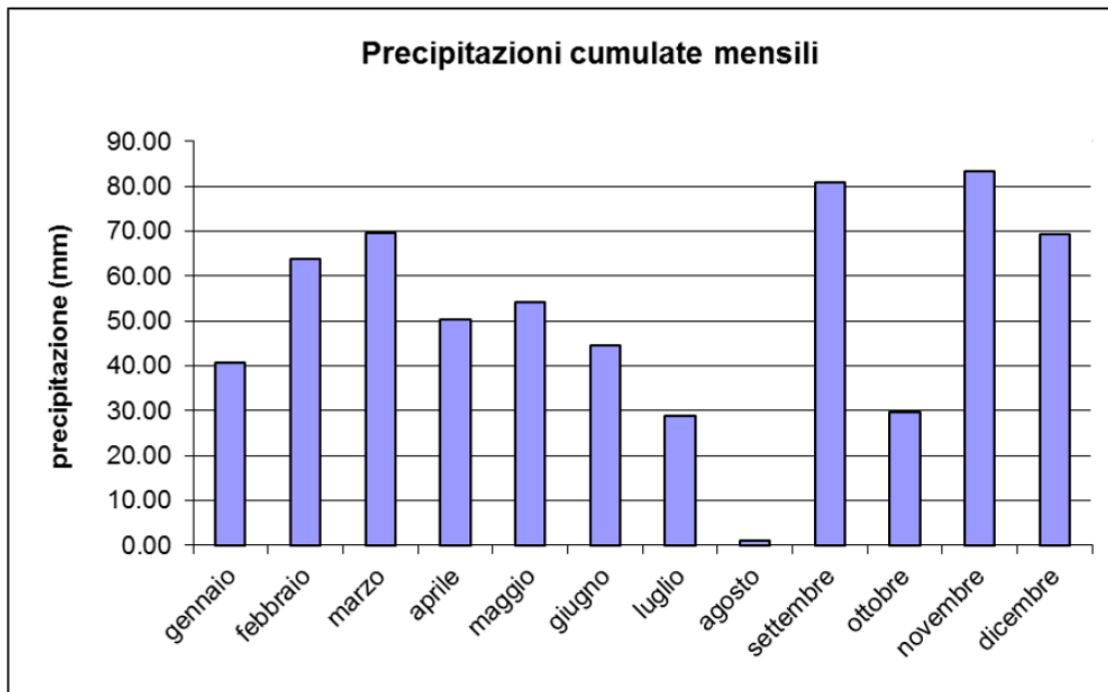


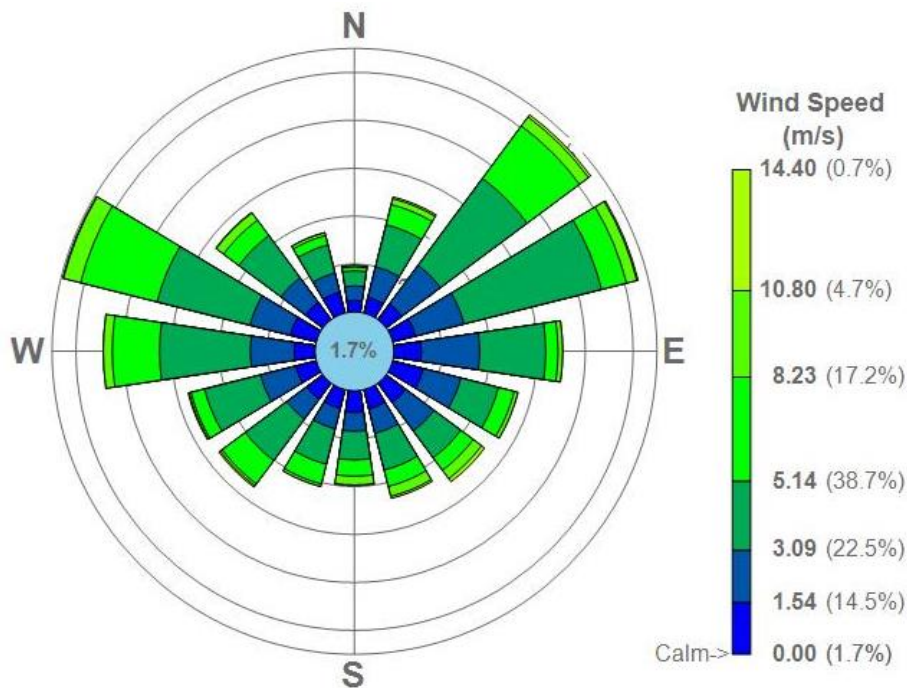
Tabella 5 Analisi statistica dei dati di superficie\_precipitazioni

3.1.10.5 Velocità e direzione del vento



**Velocità e direzione**

**Distribuzione delle frequenze per direzione di provenienza a classi di velocità**

Dir \ Spd	<= 1.54	<= 3.09	<= 5.14	<= 8.23	<= 10.80	> 10.80	Total
0.0	0.48	0.61	0.63	0.16	0.07	0.00	1.94
22.5	0.67	1.32	1.80	0.87	0.25	0.08	5.00
45.0	0.82	2.01	4.51	2.73	0.47	0.11	10.65
67.5	0.98	2.09	5.94	1.07	0.45	0.06	10.58
90.0	1.15	2.43	2.76	0.51	0.19	0.00	7.05
112.5	1.32	1.61	1.62	0.68	0.16	0.00	5.40
135.0	1.02	1.47	1.39	0.65	0.43	0.16	5.13
157.5	0.83	1.05	1.58	0.71	0.42	0.09	4.68
180.0	0.90	0.79	1.19	0.68	0.37	0.02	3.95
202.5	0.81	0.88	1.52	0.84	0.11	0.00	4.17
225.0	0.84	1.03	2.16	1.21	0.10	0.07	5.41
247.5	0.89	1.52	2.41	0.58	0.08	0.05	5.53
270.0	0.88	1.83	3.80	1.97	0.38	0.00	8.86
292.5	1.12	1.74	4.01	3.30	0.74	0.03	10.94
315.0	0.90	1.28	2.19	0.80	0.38	0.03	5.58
337.5	0.90	0.82	1.21	0.40	0.13	0.01	3.47
Total	14.53	22.47	38.71	17.18	4.73	0.72	98.33
Calms							1.67
Missing							0.00
Total							100.00



**Tabella 6** Velocità e direzione  
Distribuzione delle frequenze per direzione di provenienza a classi di velocità – Rosa dei venti

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 31/103	

### 3.1.11 Stato ex ante della componente Atmosfera

La valutazione della componente atmosfera in termini qualitativi viene condotta attraverso la disponibilità di dati di rilevazione dei parametri di riferimento per l'anno 2010, pubblicati nell'anno 2011, a cura dell'ARPA Sardegna (RAS); tali dati sono relativi ad una stazione di rilevamento per il monitoraggio della qualità dell'aria dell'area industriale di Tossilo, posta a circa 1 km a ovest dell'area studio denominata CENMA1 (vedi fig.9).

Il Piano di Caratterizzazione ed indagine condotto dall'ARPAS ha riguardato l'intero territorio regionale della Sardegna.

I siti di campionamento prescelti sono distribuiti su tutto il territorio regionale ed una particolare attenzione è stata rivolta alle aree potenzialmente più esposte all'inquinamento atmosferico quali quelle industriali e gli agglomerati urbani.

I 15 siti di campionamento prescelti sono ubicati presso alcune stazioni di monitoraggio più rappresentative, tra cui Macomer, in relazione alla presenza dell'area industriale di Tossilo.

Lo stato attuale dell'atmosfera, nel predetto lavoro, viene analizzato prendendo in considerazione i principali indicatori della qualità dell'aria, ed in particolare benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), il monossido di carbonio (CO), l'acido solfidrico o solfuro di idrogeno (H<sub>2</sub>S), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>), il particolato sospeso con dimensioni inferiori a 10 µm (PM<sub>10</sub>) e il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>).

Tali sostanze inquinanti emesse in atmosfera sono in gran parte prodotte dall'attività umana (attività industriale, centrali termoelettriche, riscaldamento domestico, trasporti) e, in misura minore, sono di origine naturale (pulviscolo, eruzioni vulcaniche, decomposizione di materiali organici, incendi).

Gli indicatori relativi all'ambiente atmosferico sono le emissioni, la cui quantificazione, distribuzione ed evoluzione temporale derivano da processi di stima, mentre la qualità dell'aria è basata su indicatori di stato.

Le sostanze emesse nell'ambiente atmosferico contribuiscono alle seguenti fenomenologie: i cambiamenti climatici, la diminuzione dell'ozono atmosferico, l'acidificazione, lo smog fotochimico e il deterioramento della qualità dell'aria.

Le sostanze lesive per l'ozono stratosferico sono CFC, CCl<sub>4</sub>, HCFC, i gas serra responsabili dei cambiamenti climatici sono CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>; le sostanze acidificanti sono SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>.

Gli indicatori relativi alla qualità dell'aria e ritenuti più significativi, anche in relazione alla normativa vigente, sono: ossidi di azoto NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, la cui fonte è rappresentata principalmente da impianti di riscaldamento civile ed industriale, da traffico autoveicolare, dalle centrali di produzione di energia e da attività derivanti da processi industriali vari, quali produzione di vetro, calce cemento, ecc. Gli ossidi di azoto contribuiscono ai fenomeni di eutrofizzazione, smog fotochimico e piogge acide.

L'ozono troposferico è di origine sia antropica sia naturale ed è un inquinante secondario, cioè non viene emesso direttamente da una o più sorgenti, ma si produce per effetto della radiazione solare in presenza di inquinanti primari quali ossidi di azoto NO<sub>x</sub> e composti organici volatili COV, prodotti in larga parte dai motori a combustione e dall'uso di solventi organici.

Il complesso di fenomeni che porta a elevate concentrazioni di ozono viene denominato "smog fotochimico", ed è un fenomeno anche transfrontaliero: è possibile infatti che, in particolari condizioni meteorologiche e di emissione, si formino inquinanti fotochimici che vengono trasportati a distanze di centinaia o migliaia di chilometri.

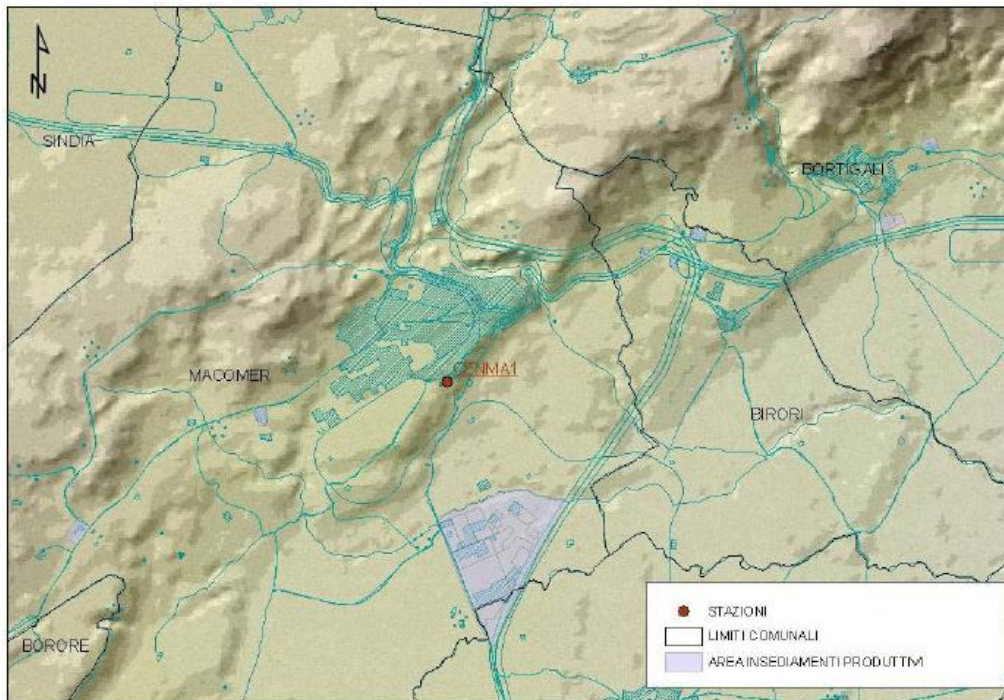
Le principali sorgenti di PM<sub>10</sub> si possono dividere in due categorie sorgenti naturali (erosione dei suoli e degli edifici da parte degli agenti meteorologici) e antropiche (principalmente traffico autoveicolare, gli impianti di riscaldamento e alcuni processi industriali). Il particolato fine è monitorato principalmente per i suoi effetti sanitari e tossicologici.

Le principali sorgenti di benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> sono gli autoveicoli alimentati a benzina (gas di scarico e vapori), i processi di combustione che usano combustibili derivati dal petrolio e l'uso di solventi contenenti benzene.

I dati considerati sono riferibili, come precedentemente indicato, alla relazione sulla qualità dell'aria nel territorio della Sardegna nell'anno 2010 relativa alla rete di monitoraggio regionale, gestita dall'ARPAS, e dalla rete del comune di Cagliari.

Sulla base degli indicatori previsti dai limiti di legge, con le relative tolleranze previste per l'anno 2010, utilizzati per il controllo dei dati di qualità dell'aria, vengono presi in esame il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), il monossido di carbonio (CO), l'acido solfidrico o solfuro di idrogeno (H<sub>2</sub>S), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), l'ozono (O<sub>3</sub>), il particolato sospeso con dimensioni inferiori a 10 µm (PM<sub>10</sub>) e il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>).

La stazione di monitoraggio presa come riferimento dell'area di studio è quella di Macomer CENMA1, posizionata a sud del centro abitato, in direzione del polo industriale di Tossilo dove è presente l'inceneritore.



**Figura 16** Posizione della stazione di misura di Macomer CENMA1

Dall'esame dei dati riportati nel rapporto si evidenzia che nell'anno 2010 si registrano 5 superamenti nella CENMA1 solo del valore bersaglio per l'ozono ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sulla massima media mobile giornaliera di otto ore da non superare più di 25 in un anno civile come media sui tre anni). Non si eccede quindi il numero massimo consentito dalla normativa.



In ottemperanza alla normativa vigente, relativa all'esecuzione di campionamenti di polveri  $\text{PM}_{10}$  per la determinazione dei tenori di Metalli, IPA, Diossine e Furani nel particolato atmosferico, è stato avviato nel 2010 un Piano di Caratterizzazione dei  $\text{PM}_{10}$ .

Il periodo di campionamento è compreso tra aprile 2010 e dicembre 2010.

Il rapporto conclusivo ha messo in luce che nei siti monitorati nel 2010, si riscontrano concentrazioni annuali di metalli, di IPA (benzo(a)pirene nella frazione  $\text{PM}_{10}$  delle polveri atmosferiche tendenti al rispetto dei valori obiettivi prescritti dalla normativa.

Inoltre le concentrazioni annuali di diossine e furani nella frazione  $\text{PM}_{10}$  delle polveri atmosferiche sono tendenti al rispetto dei valori di riferimento indicati nel documento "Air Quality Guidelines for Europe" WHO Regional Office for Europe.

In conclusione può affermarsi che nonostante nell'area vasta, a ovest dell'area studio, sia presente la zona industriale di Macomer facente capo a Tossilo, dove le emissioni dell'inceneritore e delle altre attività industriali, interferiscono sulla qualità dell'aria, nonché il passaggio della SS 131 che costituisce la più importante arteria viaria dell'isola, i parametri di riferimento rientrano nei limiti di legge.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 33/103	

#### 4. SUOLO E SOTTOSUOLO

##### 4.1.1 Uso del suolo

Lo studio degli usi prevalenti del suolo è stato condotto indagando una porzione di territorio sufficientemente ampia rispetto all'area di intervento.

Tale studio viene messo in relazione con gli ecosistemi presenti nell'area indagata. Infatti l'analisi dei rapporti, degli equilibri e delle possibili evoluzioni presenti in un determinato ambiente fisico consente di evidenziare ed analizzare i caratteri degli ecosistemi di quel territorio.

Nell'area vasta di studio si possono individuare diverse tipologie di ecosistemi, ciascuno con proprie caratteristiche e proprie funzionalità, con uno specifico livello di naturalità, che ci consente di stabilire il grado di sensibilità in relazione ad eventuali interventi antropici.

Lo stato di sensibilità dell'ecosistema indica, infatti, sinteticamente il grado di complessità, il livello di naturalità ed il rischio di degrado conseguente ad eventuali alterazioni ambientali.

La valutazione ex ante dello stato degli ecosistemi presenti nell'area indagata, nonché degli usi del suolo prevalenti, consente la corretta gestione del territorio e la tutela e la conservazione della risorsa ambiente.

Gli usi principali dei suoli sono stati descritti secondo la Carta Corine Land Cover, che a sua volta suddivide il territorio in aree ecosistemiche omogenee.

Il progetto Corine Land Cover si basa sulla copertura del suolo, in scala 1:100.000, è supportato dall'Unione Europea e, in Italia, dal Centro Interregionale di Coordinamento Documentazione per le Informazioni Territoriali.

La legenda di tale carta comprende 44 voci (tipologie dell'uso del suolo), distribuite su 5 livelli come indicato nella Tabella Corine.

Il suolo dell'area vasta esaminata ha un uso prevalentemente agricolo zootecnico, con vaste superfici a pascolo naturale, seminativi asciutti e prati artificiali, destinati all'alimentazione del bestiame, nonché aree urbane e industriali.

Nel territorio studiato le principali utilizzazioni dei suoli sono quelle di seguito descritte, con i relativi codici Corine.

Vengono riportate esclusivamente le descrizioni di ogni singola classe di uso del suolo presenti nell'area vasta di studio.

L'ambito territoriale oggetto di analisi, è rappresentativo di un vasto territorio intorno alle aree di intervento (ambito di circa 10 Km).

Sotto il profilo dell'uso del suolo, in una porzione preponderante dell'area vasta si può riconoscere la macrocategoria dei "Territori boscati ed altri ambienti seminaturali", identificata nel codice 3 del Corine Land Cover, comprendente "area a pascolo naturale" (cod.3.2.1), appartenente al livello superiore "Associazioni vegetali arbustive e/o erbacee"; costituisce circa il 20% di tutta l'area vasta considerata.

In misura minore ma pur sempre presenti si identificano le "aree a ricolonizzazione naturale (0,85%) ed artificiale (0,20%)"; aree con "vegetazione rada <5%e>40%"(0,95%); la "gariga" livello 3.2.3.2 e la macchia mediterranea 3.2.3.1 con lo 0,52% complessivi; al livello 3.1 corrispondono le zone boscate con i boschi misti di conifere e latifoglie con i sottolivelli "b. di conifere e b. latifoglie" che complessivamente occupano il 2%; al 5° livello appartengono le sugherete con un'incidenza del 2,47%.

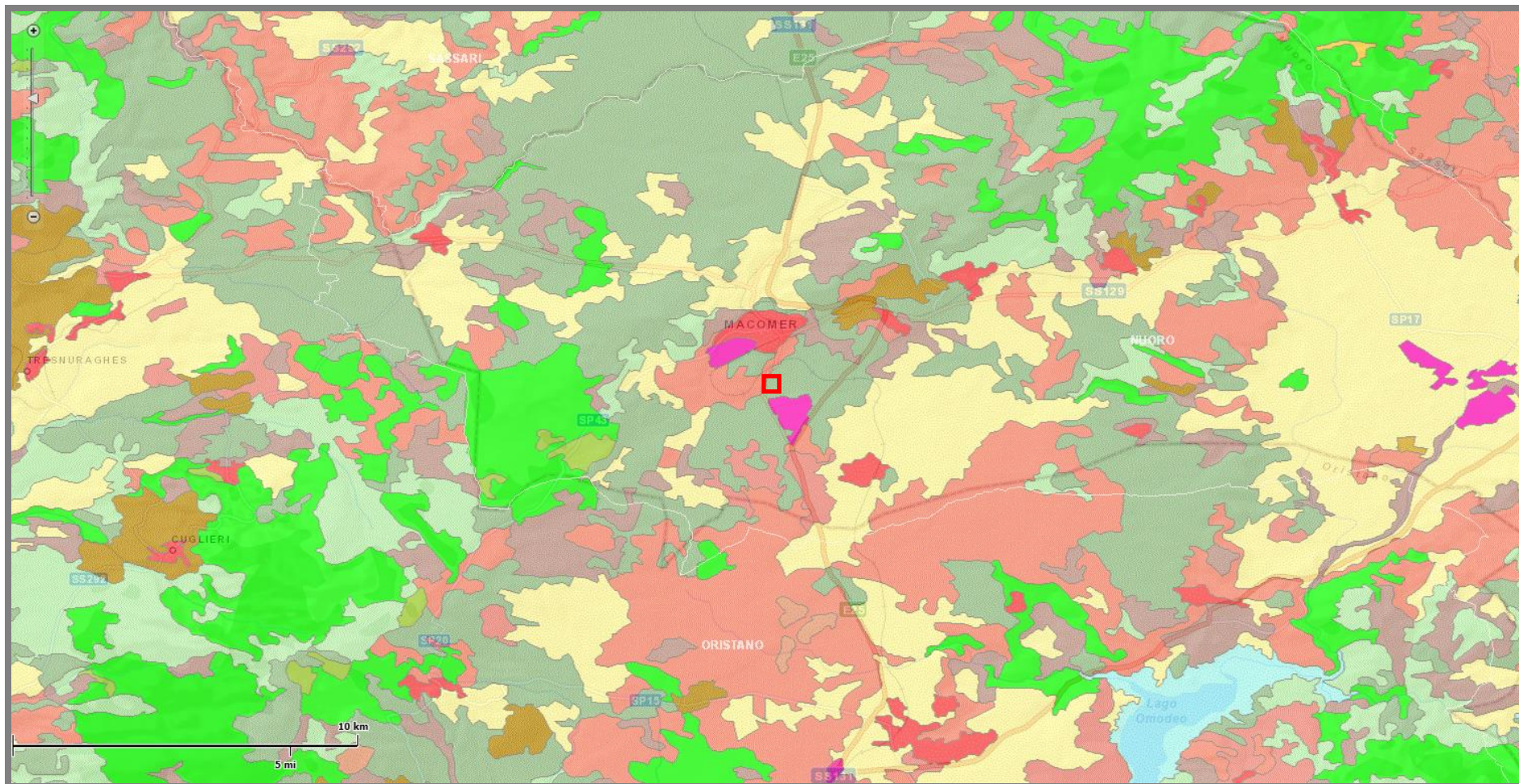











































Figura 17 Estratto di carta dell'uso del suolo (fonte sito web: [www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)) area vasta di studio ed ubicazione intervento (quadrato rosso)

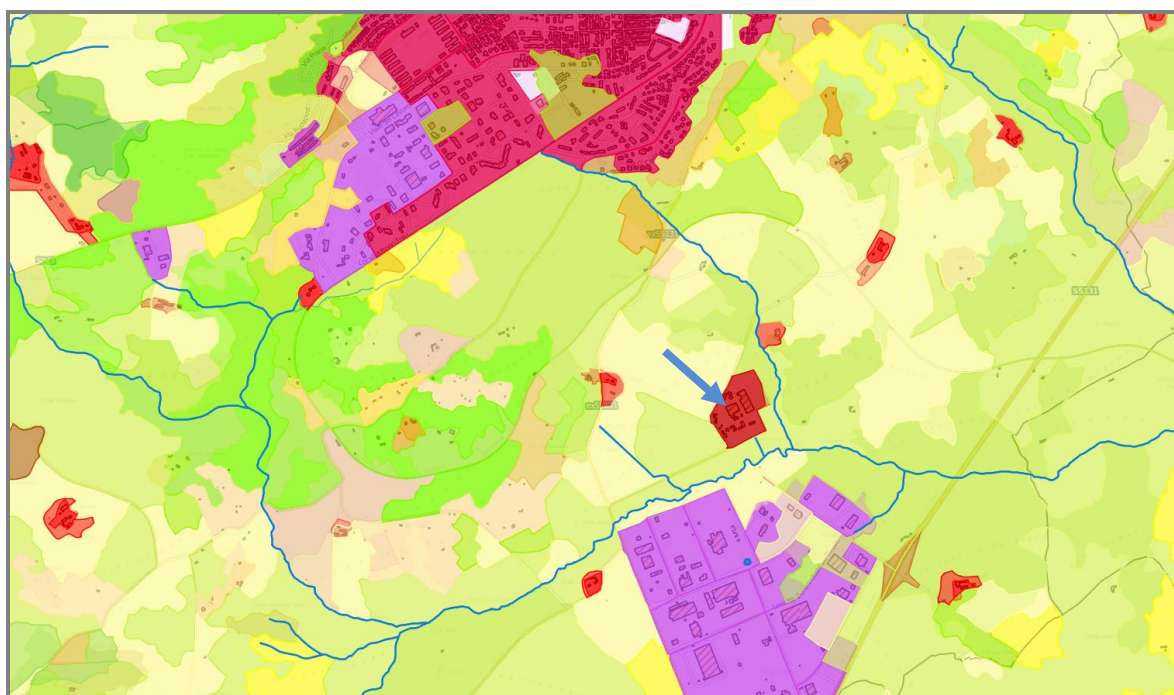
	1.1.1. Tessuto urbano continuo		2.4.3. Aree prev. occup. da colture agrarie, con spazi nat.		
	1.1.2. Tessuto urbano discontinuo		2.4.4. Aree agroforestali		
	1.2.1. Aree industriali o commerciali		3.1.1. Boschi di latifoglie		
	1.2.2. Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori		3.1.2. Boschi di conifere		
	1.2.3. Aree portuali		3.1.3. Boschi misti		
	1.2.4. Aeroporti		3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota		
	1.3.1. Aree estrattive		3.2.2. Brughiere e cespuglieti		
	1.3.2. Discariche		3.2.3. Aree a vegetazione sclerofila		
	1.3.3. Cantieri		3.2.4. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione		
	1.4.1. Aree verdi urbane		3.3.1. Spiagge, dune, sabbie		
	1.4.2. Aree sportive e ricreative		3.3.2. Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti		
	2.1.1. Seminatavi in aree non irrigue		3.3.3. Aree con vegetazione rada		
	2.1.2. Seminatavi in aree irrigue		3.3.4. Aree percorse da incendi		
	2.1.3. Risaie		3.3.5. Ghiacciai e nevi perenni		
	2.2.1. Vigneti		4.1.1. Paludi interne		
	2.2.2. Frutteti e frutti minori		4.1.2. Torbiere		
	2.2.3. Uliveti		4.2.1. Paludi salmastre		
	2.3.1. Prati stabili		4.2.2. Saline		
	2.4.1. Colture annuali associate e colture permaner		4.2.3. Zone intertidali		
	2.4.2. Sistemi colturali e particellari permanenti		5.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie		
					5.1.2. Bacini d'acqua
					5.2.1. Lagune
					5.2.2. Estuari

Legenda Estratto di carta dell'uso del suolo (fonte sito web: [www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it))

La macro-categoria 2 dei "Territori agricoli" comprende nella maggior parte i "Prati artificiali" (36,57%) livello 2.1.1.2., i "Seminativi in aree non irrigue" (14,91%), livello 2.1.1.1. le "Colture temporanee associate ad altre colture permanenti" (3,77%), livello 2.4.1.3. e le "Colture temporanee associate all'olivicultura"(2,48%), livello 2.4.1.1.; appartengono al livello 2 "Oliveti"(1,35%) e "Vigneti" questi ultimi pur presenti incidono in modo poco significativo nella caratterizzazione dell'uso del suolo (0,04%).

Infine alla macro-categoria 1 appartengono gli insediamenti residenziali compatti e radi e nucleiforme(cod. 1111,1112 e 1121) che insistono sul 3,54% e gli insediamenti industriali (1212) che occupano il 2,3% dell'intera area vasta.

Analizzando nel dettaglio l'ambito di intervento dai dati circa l'uso del suolo sono tratte dal tematismo specifico del geobrowser della Regione Autonoma della Sardegna si ripota la seguente immagine sottostante:



- impianti a servizio delle reti di distribuzione
- insediamento industriali/artig. e comm. e spazi annessi
- prati artificiali
- aree a pascolo naturale

**Figura 18** Estratto della Carta dell'uso del suolo (fonte geoportale della Regione Autonoma Sardegna) con indicato l'area di intervento (freccia blu)

Il contesto limitrofo all'area di studio presenta una tipologia di uso del suolo che, come già confermato dall'analisi del PPR, è caratterizzata da aree seminaturali a prateria.



Si sottolinea comunque che, l'ambito oggetto di intervento rientra all'interno di una area industriale e, pertanto non risulta che il progetto in esame abbia un impatto significativo sull'utilizzo del suolo attuale, anzi costituisce un insediamento in linea con le opere di urbanizzazione della nuova area industriale di Tossilo e si inserisce coerentemente con la pianificazione locale.

#### 4.1.2 Caratteristiche pedologiche

L'analisi pedologica rileva le caratteristiche dell'altopiano basaltico, la forma sub pianeggiante o leggermente ondulata, con estesi affioramenti rocciosi e con suoli caratterizzati da una profondità molto modesta ed eccesso di scheletro.

La copertura vegetale è data esclusivamente dal pascolo più o meno degradato per il sovrapascolamento, mentre manca totalmente la copertura boschiva, se non per residui lembi molto limitati in estensione o per aree di alberi da frutto.

Il bosco naturale è stata eliminato nel passato per l'ampliamento delle superfici a pascolo con erbai per l'alimentazione del bestiame o per la coltivazione di cereali.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 37/103	

Queste forme di utilizzazione hanno creato degradazione di ampie superfici, tali da rendere impossibile la rigenerazione boschiva se non in tempi geologici. L'indagine ha posto maggiormente attenzione all'uso per pascolo in quanto, in generale, tranne che per qualche tratto non sono possibili altri usi agricoli.

L'uso prevalente è infatti il pascolo, soprattutto ovino e subordinatamente bovino. Il suolo, è in generale poco profondo, con una profondità variabile da 20-30 a 50-60 cm.

Gli spessori più deboli si hanno nei displuvi, mentre le maggiori profondità si raggiungono nelle aree depresse, in quelle meno danneggiate dall'erosione.

L'uso attuale favorisce i processi erosivi. Poiché i suoli sono caratterizzati da una struttura debole, e non presentano una coltre vegetale che possa svolgere funzione protettiva, risultano molto sensibili all'erosione sia eolica che idrica.

I profili sono di tipo A-C ed A-Bw-C in funzione dello stato di conservazione e presentano una tessitura franco-sabbioso-argillosa o franca, una aggregazione poliedrica sub-angolare, fine e media, un drenaggio generalmente normale.

Sotto l'aspetto chimico presentano in generale un pH tra neutro e subacido, saturazione in basi superiore al 50%, risultano inoltre ben dotati di potassio, calcio e fosforo. La fertilità generale del suolo è quindi elevata e questo giustifica il notevole valore dei pascoli e la loro richiesta.

Possono essere classificati come Lithic, Andic e Aquandic Haploxerepts, e subordinatamente come Typic Haploxerepts, Lithic e Typic Xerorthents. Nello schema FAO rientrano nei Eutric Cambisols per le fasi più evolute e Litosol per le fasi degradate.

Le principali limitazioni d'uso sono date dallo spessore scarso, dalla rocciosità e dalla pietrosità a volte elevate.

L'analisi ambientale mostra quindi un territorio caratterizzato da suoli con un elevato livello di degrado causato dall'attività antropica, assieme a estesi affioramenti rocciosi e una forte pietrosità superficiale.

L'uso prevalente è il pascolo, effettuato in modo eccessivo e dannoso per la conservazione del suolo e della sua produttività, ormai fortemente compromessa. Dall'esame della flora si evince una maggior percentuale a copertura di specie non-pabulari rispetto alle altre specie, e ciò è dovuto al sovrapascolamento, dato che l'eccesso di compattazione in superficie impedisce la germinazione dei semi.

Gli intensi processi erosivi favoriti dall'uso irrazionale, hanno determinato un elevato stato di degrado, tale da poter parlare di desertificazione.

#### 4.1.3 Le unità di paesaggio

Per una stima della valutazione di suscettività per usi diversi nel presente studio si procede con l'individuazione delle unità di paesaggio del territorio, in funzione delle seguenti caratteristiche: litologia, forme, suoli, erosione, rischio di erosione, permeabilità,

drenaggio, copertura (vegetazione e flora), limitazioni d'uso. Di seguito si riportano le caratteristiche delle unità individuate:

##### **UNITA' A1**

Area di suoli a ridotto spessore, con tasche più profonde nelle spaccature del substrato (da 20 a 60 cm). Discreta pietrosità e rocciosità superficiale (5-15%).

Substrato dato da basalti alcalini grigi in colata lavica con intercalazione di trachibasalti e basalti debolmente alcalini, talora marcatamente porfirici per cristalli di olivina.

Morfologia da subpianeggiante a lievemente acclive.

Classificazione suoli: Lithic Haploxerepts, Andic Haploxerepts (subordinati: Typic Haploxerepts).

Pascoli con discreta produttività, anche se compattati da eccessivo carico di bestiame (necessaria regimazione).

Soggette a miglioramento pascolo, con presenza di grandi cumuli di clasti originati da spietramenti.

Limitazioni per l'uso: scarsa profondità; erosione eolica dopo le lavorazioni; ridotta erosione idrica; pietrosità e rocciosità superficiale; compattazione da carico di pascolo eccessivo.

##### **UNITA' A2**

Simile all'Unità A1, ma con segni superficiali (pozze) e profondi (screziature) di idromorfia.

Morfologia subpianeggiante con depressioni.

Classificazione suoli: Aquandic Haploxerepts, Lithic Haploxerepts (subordinati: Typic Haploxerepts).

Pascoli con buona produttività, anche se compattati da carico eccessivo (necessaria regimazione).

Soggette a miglioramento pascolo, con presenza di grandi cumuli di clasti originati da spietramenti.



Presenza di scoli superficiali da aratro, max 20 cm di profondità, per indirizzare il drenaggio superficiale.

Limitazioni per l'uso: scarsa profondità; pietrosità e rocciosità superficiale; compattazione da carico di pascolo eccessivo; bassa permeabilità, idromorfia invernale-primaverile.

##### **UNITA' B1**

Area di suoli a ridotto spessore, con tasche profonde nelle spaccature del substrato roccioso (da 20 a 60 cm).

Elevata pietrosità superficiale - condizioni naturali <70%, che si riduce a <30% dove è stato effettuato lo spietramento.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 38/103	

Presenza di grandi cumuli originati da spietramenti, anche con elementi colossali (larghezza massima sino a 2m).  
 Elevata rocciosità superficiale (<30%).  
 Substrato dato da basalti alcalini grigi in colata lavica con intercalazione di trachibasalti e basalti debolmente alcalini, talora marcatamente porfirici per cristalli di olivina.  
 Morfologia da lievemente ondulata a pianeggiante.  
 Classificazione suoli: Lithic Haploxerepts, Andic Haploxerepts, Lythic Xerorthents (subordinati: Typic Haploxerepts, Typic Xerorthents).  
 Pascoli con buona produttività, anche se compattati da carico eccessivo (necessaria regimazione) e ridotti in estensione dalla pietrosità e rocciosità superficiale.  
 Presenza di grandi cumuli originati da spietramenti, anche con elementi colossali (larghezza massima sino a 2m).  
 Limitazioni per l'uso: scarsa profondità; intensa erosione eolica; ridotta erosione idrica; pietrosità e rocciosità superficiale molto elevata; compattazione da carico di pascolo eccessivo.

#### UNITA' B2

Simile all'Unità B1, ma differente per l'uso agricolo con piante da frutto (oliveto, vigneto) o per forestazione produttiva.

#### UNITA' C

Area di rocciosità superficiale prevalente, con suoli limitati a tasche tra gli affioramenti rocciosi (da 0 a 15 cm).  
 Morfologia subpianeggiante.  
 Substrato dato da basalti alcalini grigi in colata lavica con intercalazione di trachibasalti e basalti debolmente alcalini, talora marcatamente porfirici per cristalli di olivina.  
 Classificazione: Lithic Xerorthents.  
 Uso a pascolo naturale limitato.  
 Limitazioni all'uso: suoli limitati; rocciosità superficiale; intensa erosione eolica; ridotta erosione idrica.

## 5. GEOLOGIA E GEOTECNICA

Per inquadrare in maniera completa ed esaustiva dal punto di vista geologico/geomorfológico- tettonico/idrogeologico l'area circostante l'ambito di intervento, è stata individuata un'area vasta che si estende per un raggio compreso tra 8 e 10 Km dal baricentro dell'area oggetto del presente studio. Quest'area comprende i fogli F° 498 sez. II, F° 498 sez. III, F° 515 sez. I, F° 515 sez. IV della cartografia ufficiale d'Italia IGM in scala 1:25.000.

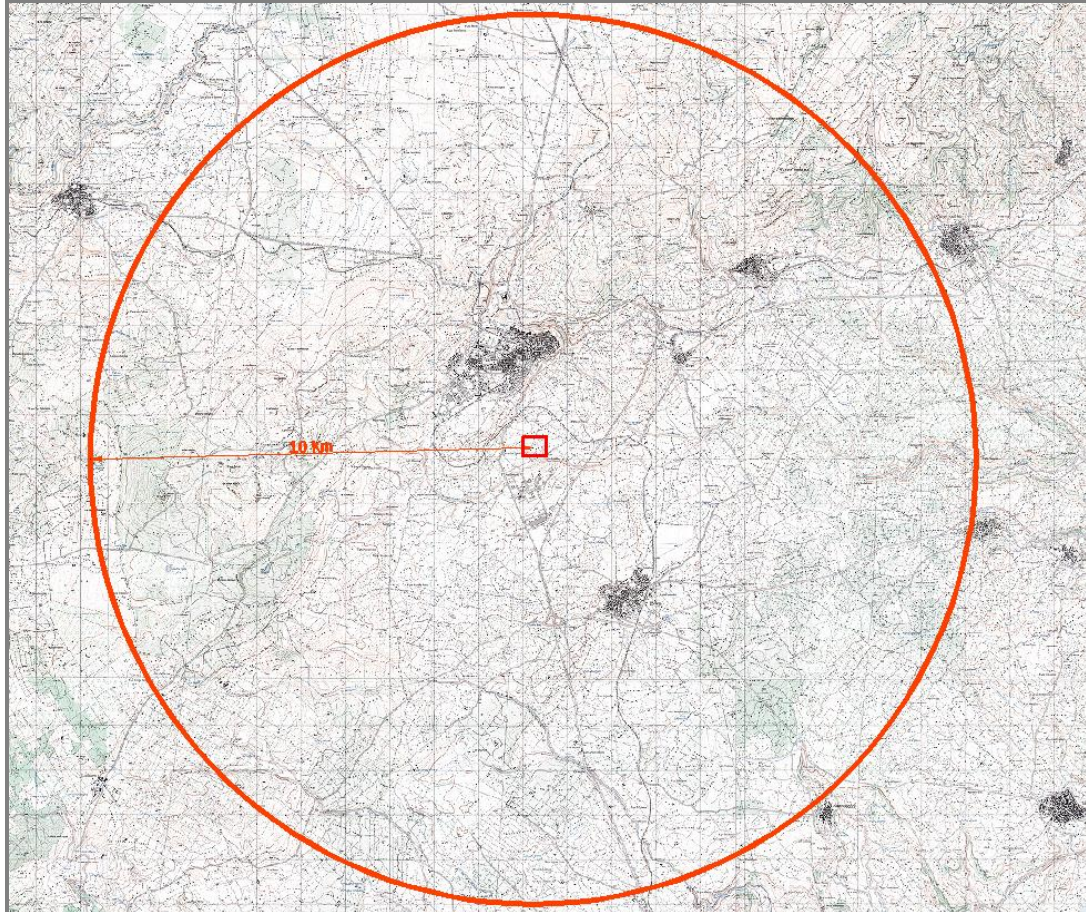


Figura 19 Areale di studio su base cartografica CTR

### 5.1.1 Inquadramento geologico regionale

Nell'area in studio sono assenti litologie di età paleozoica e mesozoica. L'intera area è infatti esclusivamente interessata da depositi di età terziaria e quaternaria.

Il rift oligo-miocenico sardo costituisce la parte più orientale del complesso sistema di fosse tettoniche che interessano nel Terziario il Mediterraneo occidentale (Cherchi e Montadert, 1982). Tale struttura è interpretata come un rift intercontinentale, con stile tettonico tipico dei margini continentali passivi. Gli eventi tettonici principali che ne determinano la formazione sono databili tra l'Oligocene superiore ed il Burdigaliano inferiore.



Esso costituisce la principale struttura tettonica della Sardegna e si estende da nord a sud dell'isola, protendendosi a sud e a nord, in mare, sia nel Golfo di Cagliari che nel Golfo dell'Asinara.

L'orientazione originaria del rift era all'incirca NE-SW, conformemente alla posizione originaria della placca sardo-corsa, adiacente alle coste della Provenza.

La rotazione antioraria di circa 40° del blocco sardo-corsa ha portato la posizione attuale del bacino tettonico in direzione all'incirca meridiana.

In conseguenza dell'evoluzione del quadro geodinamico che ha interessato l'area mediterranea occidentale a partire dall'Oligocene medio, con l'instaurarsi di una tettonica a carattere compressivo dovuta alla collisione delle placche europea ed africana, si è assistito alla formazione di domini in transpressione ed in trantensione che hanno caratteristicamente strutturato il bacino deposizionale, con attivazione di strutture trascorrenti.

L'impostazione di un piano di subduzione e la consumazione di crosta oceanica al di sotto della microplacca sardo-corsa, probabilmente secondo lo schema classico del sistema arco-fossa vulcanico, ha causato la produzione e la risalita di magmi e la messa in posto, in ambiente subaereo, di imponenti complessi vulcanici, prevalentemente a chimismo calco-alcalino.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 40/103	

Tali complessi vulcanici sono localizzati nel Logudoro e nella Planargia, sul bordo orientale della fossa tettonica del Campidano e nel Sulcis occidentale.

Nell'Aquitano inferiore, nel Burdigaliano e nel Messiniano in alcune zone della Sardegna meridionale si segnalano evidenze di tre fasi compressive (Cherchi & Montadert, 1982; Cherchi & Tremolières, 1984).

Eventi tettonici successivi hanno causato l'apertura in età Pliocenica del Graben del Campidano, una fossa tettonica orientata NW-SE e colmata con depositi per la gran parte continentali di età pliocenica e pleistocenico-olocenica.

Secondo lo schema attualmente riconosciuto, le sequenze sedimentarie che costituiscono il riempimento del rift oligo-miocenico sono distinte in sequenze pre-rift, syn-rift e post-rift.

Sono considerate pre-rift le sequenze paleogeniche-oligoceniche fino alla Formazione del Cixerri, non rappresentate nell'area d'interesse.

La distribuzione geografica dei depositi ascrivibili al Paleocene-Eocene inferiore indicano l'esistenza in questo periodo di un probabile unico ampio bacino di sedimentazione che si estendeva dal Sulcis alle Baronie, attraversando la Sardegna centrale, per cui depositi di questo intervallo temporale, relativi alla sedimentazione in bacini subsidenti, sono probabilmente presenti anche all'interno della fossa del Campidano.

Nel contesto geodinamico descritto in precedenza, con riferimento soprattutto all'instaurazione di un sistema arco vulcanico, si sviluppa in tutta la Sardegna occidentale un'intensa attività vulcanica polifasica che si estende complessivamente dai 32 ai 14 Ma (Arana et alii, 1975; Savelli, 1975; Bellon, 1976; Bellon et alii, 1977; Savelli et alii, 1979 a; Savelli et alii, 1979 b; Assorgia et alii, 1989).

I prodotti di quest'attività hanno contribuito al colmamento delle fosse in subsidenza attiva, con centri eruttivi talora allineati secondo direttrici tettoniche.

Sviluppatisi nel periodo oligo-miocenico, essa precedette la trasgressione e continuò in ambiente marino fino al Miocene medio.

Sono stati individuati i seguenti eventi (Lecca et alii, 1997):

- Sequenza vulcanica pre-aquitana (28-24 Ma), costituita da corpi vulcanici gabbro-tonalitici e duomi massivi costituiti da litologie intermedie e basalti subordinati.
- Sequenza vulcano-sedimentaria aquitano-burdigaliana (24-18 Ma), rappresentata da estesi depositi ignimbrici intercalati ad andesiti.  
I depositi piroclastici sono prevalentemente di ambiente subaereo e sembrano connessi con eruzioni fissurali lungo strutture dirette NE.  
Questo vulcanismo esplosivo ha avuto il suo massimo intorno ai 20-21 Ma.
- La successione vulcanica del Burdigaliano superiore-Langhiano (18-15 MA) è limitata al settore occidentale del rift. Potenti depositi ignimbrici sono a essa ascrivibili, sono presenti specialmente nell'area del Sulcis.

Un vulcanismo sottomarino era particolarmente attivo nel corso del Miocene inferiore; ripetuti episodi vulcanici in Marmilla hanno prodotto depositi a pillow-lavas (Maccioni, 1969 e 1974) e ialoclastiti associati a tuffi e interstratificati con sedimenti di età aquitana e burdigaliana inferiore.

Nell'area in oggetto si rileva la presenza del complesso del ciclo vulcanico Plio-Quaternario, caratterizzati da chimismo calco-alcalino a transazionale e da potenti depositi conglomeratici che testimoniano una significativa attività tettonica anche in questo periodo.

Con la deposizione della sequenza syn-rift si assiste ad una transizione da ambienti deposizionali continentali ad ambienti marini, con avvio nel corso dell'Oligocene superiore-Aquitano.



La presenza di profili morfologici in disequilibrio ad opera dei fenomeni tettonici ha determinato processi di rapida sedimentazione con formazione di depositi grossolani e caotici.

La deposizione avveniva in un primo tempo in ambiente subaereo, con colmamento dei settori morfologicamente più depressi.

Tale attività deposizionale è avvenuta in concomitanza con l'intensa attività vulcanica e, in epoca più tarda, con la sedimentazione di sequenze di ambiente marino nella Marmilla.

Alla sedimentazione syn-rift è associata una trasgressione eterocrona che ha interessato un ampio settore meridiano dell'isola. Tale trasgressione, verificatasi nel corso dell'Aquitano e nel Burdigaliano, è stata condizionata sia da fenomeni di tettonica distensiva che dalla morfologia vulcanica pre-trasgressiva (Casula et alii, 2001).

Se l'ambiente continentale è rappresentato dalla Formazione di Ussana e l'ambiente transizionale costiero è rappresentato dalla Formazione delle arenarie di Gesturi, l'ambiente marino, in epoca syn-rift è rappresentato dalle facies dei Calcari di Isili, dalla Serie marnoso-arenacea, dalla Formazione delle marne di Ales, dalla Formazione della Marmilla e dalla sequenza vulcano-sedimentaria (la formazione delle Marne di Gesturi è da considerarsi post-rift).

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 41/103	

A partire dall'Oligocene superiore (Cattiano superiore) sino al Miocene inferiore (Aquitano inferiore) nella Marmilla e localmente nell'Arborea, in continuità con i depositi sommitali della Formazione di Ussana, si deposita una formazione torbiditica (Formazione delle Marne di Ales) costituita da arenarie generalmente fini che evolvono a marne siltose bruno-scure finemente listate, molto ricche in materia organica vegetale.

In continuità stratigrafica con le marne di Ales, si trova la Formazione della Marmilla, di età compresa tra l'Aquitano inferiore e il Burdigaliano inferiore.

Questa formazione è rappresentata da facies siltoso-marnose e marnose arenacee, anche a carattere torbiditico, associate a prodotti vulcanici basici, sinsedimentari, costituiti da ialoclastiti, pillow-lavas e brecce di esplosione.

I primi sedimenti post-rift sono rappresentati solo da pochi metri di arenarie azoiche di età incerta (Burdigaliano inferiore?). Nel Burdigaliano medio la sedimentazione post-rift è caratterizzata da successioni marnoso-siltose con strutture sedimentarie tipiche di fenomeni deposizionali torbiditici.

Un'estesa trasgressione marina interessò in un primo momento le aree emerse, come l'Anglona, il Bosano, la valle del Tirso ed il Logudoro, con estensione massima nel Burdigaliano superiore (Cherchi, 1985).

La sedimentazione nel bacino è proseguita nel corso del Miocene superiore, fino al Tortoniano-Messiniano inferiore.

La sedimentazione prosegue sino a tutto il Messiniano inferiore, con la deposizione di carbonati biohermali e bioclastici ("Pietra Forte"), i quali nel settore del cagliaritano segnano la fine della sedimentazione miocenica, in correlazione con la fase tettonica compressiva del Messiniano inferiore-medio.

I fenomeni di erosione intensiva verificatisi nel corso della regressione messiniana e della successiva fase di emersione nel Pliocene medio-superiore sono responsabili della scarsa rappresentatività areale del Miocene superiore.

Durante il Pliocene inferiore si depositano, lungo i bordi del graben del Campidano in via di formazione, sedimenti marini su un substrato miocenico eroso e discordante.

Nelle aree più interne del paleo-bacino oligomiocenico, per effetto della tettonica distensiva che ringiovanisce i rilievi pre-graben campidanese e struttura ulteriormente i depositi oligo-miocenici, si ha un'intensa erosione, con la deposizione di facies, prevalentemente conglomeratiche e argilloso siltose associate a vulcanismo alcalino, che nell'area in studio è rappresentato dal complesso vulcanico dei basalti degli altopiani di Abbasanta e Campeda.

Nel Campidano meridionale è presente una potente sequenza di ambiente continentale, rappresentata dalla Formazione di Samassi, che viene ricoperta da basalti in età pleistocenica (Beccaluva, Deriu, Macciotta, Savelli, Venturelli, 1977).

La sedimentazione in ambiente continentale è proseguita durante il Quaternario, come indicato dalla potenza dei depositi alluvionali. La principale fase di sedimentazione avvenne nel corso del Pliocene medio-superiore, ma i fenomeni di subsidenza proseguono tutt'oggi nell'ambito del Golfo di Cagliari e del Golfo di Oristano.

Un evento vulcanico tardo, a chimismo alcalino, ha preso avvio a circa 5 Ma (Assorgia, Beccaluva, 1976; Bigazzi, Bonadonna, Maccioni, Pecorini, 1978), sviluppandosi prevalentemente durante il Pliocene e continuando fino al Quaternario (0,14 Ma).

Questo vulcanismo, rappresentato in prevalenza da basalti, è correlato con fenomeni tensionali nell'area del Tirreno. In Sardegna significativi espandimenti lavici sono stati oggetto di fenomeni di inversione morfologica che hanno dato origine a rilievi montuosi con sommità planari costituite da colate di lava (Giare ed Altopiani basaltici).

Le condizioni di subsidenza generalizzata proseguono nella Fossa del Campidano sino al Pleistocene inferiore, e sono accompagnate da una ulteriore ripresa della tettonica distensiva secondo le direttrici NW-SE, che interessano i depositi della Formazione di Samassi e consentono la messa in posto degli espandimenti basaltici della Marmilla, del Sinis e di Capo Frasca.

A questa strutturazione si sovrappongono ulteriori direttrici tettoniche N-S e NE-SW che interessano le ultime manifestazioni effusive basiche e parte dei sedimenti alluvionali del Campidano, riferibili al Mindel-Riss.

### 5.1.2 Inquadramento Tettonico



L'attuale assetto morfo-strutturale ad "horst", corrispondenti ai rilievi paleozoici e mesozoici, e "graben", corrispondenti alle pianure e alle piane costiere, è strettamente legato agli effetti della tettonica alpina che, già a partire dal Mesozoico, si è manifestata con varie fasi sia a carattere distensivo che compressivo.

Mentre le fasi più antiche, la mesocretacea e l'eocenica, sono evidenziate da lacune stratigrafiche e dalle discordanze angolari da esse derivate, le fasi più recenti oligomioceniche e plio-aternaria e la tettonica ad esse correlate, sono più direttamente responsabili della strutturazione complessiva attuale della regione.

La tettonica ha prodotto stati tensionali distensivi che hanno favorito la risalita di magmi lungo le faglie regionali, con la messa in posto di vulcaniti prevalentemente a composizione basaltica e chimismo alcalino.

Le fasi tettoniche del Terziario si inseriscono nel quadro più generale dell'evoluzione del Mediterraneo occidentale, legato alla collisione della placca africana ed europea.

L'inizio di questa collisione in Sardegna è stata datata e riferita al Cretaceo superiore (Cherchi e Tremolières 1984) con una direzione di compressione N60-70 (precedente alla rotazione del blocco sardo corso) che può essere ricondotta alla fase austriaca.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 42/103	

Segue nel Luteziano inferiore-medio una fase "Pirenaica" Auct. a carattere compressivo, con direzione di stress variabile tra N110 e N130 (direzione post-rotazione).

Tale fase è relativa ad un contesto paleogeografico nel quale la Sardegna è ancora solidale con il margine continentale sud-europeo.

Un'ulteriore fase a carattere compressivo, probabilmente responsabile della strutturazione iniziale del Rift Oligo-Miocenico, è attribuita ipoteticamente all'Oligocene medio, in base a studi effettuati nel 1993 in Campidano per ricerche di idrocarburi.

Tale fase si manifesta essenzialmente attraverso complessi meccanismi di trascorrenza, che individuano settori in transpressione ed in transtensione.

La direzione di stress principale avrebbe direzione circa NW-SE.

A partire dall'Oligocene medio-superiore sino all'Aquitano inferiore ha luogo una fase a carattere distensivo che determina la definitiva impostazione ed apertura del "rift sardo", caratterizzata da una direzione di stress orientata circa E-W.

Le direzioni delle faglie maggiori sono molto variabili a seconda dei settori considerati; sono rappresentate infatti le direzioni N-S, E-W, NW-SE e NE-SW.

Correlabile con l'inizio della deriva della microplacca sardo-corsa è la fase dell'Aquitano superiore, che presenta carattere compressivo.

La direzione dello stress principale è di circa N80; ad essa sarebbero legate trascorrenti destre N140-170 e trascorrenti sinistre N70-80.

La fase del Burdigaliano inferiore-medio, a carattere compressivo, marca la rotazione e la collisione della microplacca sardo-corsa con la placca Apula, con una direzione di stress principale N40-50.

E' ben rappresentata nel bacino oligo-miocenico perchè posteriore alle facies detritico-carbonatiche syn-rift. Ad essa sono rapportabili faglie trascorrenti destre con direzione circa N-S.

In alcuni casi le faglie principali potrebbero aver riattivato alcune linee di debolezza precedenti guidando la sedimentazione nel bacino in formazione e favorendo l'ulteriore strutturazione sinsedimentaria del "rift" oligomiocenico.

Nel Messiniano inferiore-medio un'ulteriore fase compressiva, in concomitanza con la ripresa delle spinte tra le placche africana ed europea, avrebbe determinato la fine della sedimentazione miocenica, connessa con la crisi di salinità del Mediterraneo, con direzione di massimo stress circa N130-140.

La fase messiniana provoca anche la riattivazione di strutture NW-SE più antiche, prevalentemente attraverso meccanismi di trascorrenza.

Infine dal Pliocene al Pleistocene, si ha un'ultima fase tettonica a carattere distensivo, connessa con i movimenti tensionali che hanno determinato l'apertura del bacino tirrenico, con conseguente sviluppo di attività vulcaniche e formazione del graben del Campidano.

Questo graben, in corrispondenza della porzione centro-meridionale, si sovrappone al rift oligo-miocenico. La fase tettonica si esplica secondo direzioni di estensione N40 a cui sono associate faglie dirette variabili da N120 a N150 e circa N-S.

Durante il Pliocene la riattivazione di linee di debolezza con direzione N 140 e N-S, determinano inoltre un ulteriore sprofondamento dell'area campidanese riprendendo, ed in parte accentuando, la geometria a semigraben del settore del "rift" considerato.

A questa ulteriore strutturazione è associato un significativo vulcanismo alcalino che dà origine sia ad edifici vulcanici legati a centri di emissione puntuali (Monte Arci, Montiferru) che ad espansioni basaltici lungo centri di emissione lineari (Giare, Altopiano di Abbasanta).

Alla distensione Pliocenica è legata la limitata trasgressione marina del Pliocene inferiore nelle estremità NW e SE del Campidano, mentre durante il Pliocene mediosuperiore e Pleistocene un'intensa sedimentazione detritica di ambiente continentale determina il colmamento del "gaben" campidanese.

L'area che ospiterà il parco eolico, non è caratterizzata da elementi tettonici di particolare rilevanza, e questo è forse dovuto all'obliterazione operata dalle colate basaltiche sulle paleo-strutture. Si rileva una serie di faglie con direzione NE SW sulle rioliti Oligo-mioceniche, che presumibilmente hanno dato origine ad allineamenti sia dei centri di emissione delle vulcaniti Plio-Quaternarie, sia di selle, che rappresentano uno dei caratteri morfo-strutturali dominanti del paesaggio.



### 5.1.3 Inquadramento Stratigrafico

In questo capitolo si descrivono le caratteristiche delle litologie che costituiscono la sequenza stratigrafica nell'area vasta intorno all'ambito di progetto. Tra parentesi in grassetto è riportata la sigla del litotipo.

## **CENOZOICO**

### **OLOCENE**

Depositi antropici (**ha**)

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 43/103	

Si tratta di depositi antropici quali ad esempio materiali di riporto e aree bonificate.  
 Manufatti antropici.  
 Depositi palustri (e5)

Si tratta di depositi fini argillosi e siltosi di colore grigio scuro, con frequenti intercalazioni sabbiose e deposizione di materia organica per la decomposizione continua di essenze palustri. Tali depositi affiorano lungo la fascia costiera del comune di Olbia.

#### Depositi alluvionali (b)

Si tratta di depositi alluvionali grossolani con limitate lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini.  
 Le strutture sono caratterizzate da livelli a stratificazione piano-parallela.  
 Lo spessore di questi sedimenti, nella maggior parte non supera i 2 m.

#### Depositi di versante (a)

Si tratta di accumuli detritici a clasti angolosi, talora parzialmente cementati derivanti dallo smantellamento dei litotipi circostanti.

#### PLIOCENE-OLOCENE

Nelle aree di Campeda, della Planargia e di Abbasanta il vulcanismo di età plioquaternaria si è manifestato con espandimenti lavici che hanno formato piccoli plateaux.

Questo vulcanismo presenta carattere fissurale, con eruzioni laviche da faglie e fratture orientate secondo direttrici regionali NE-SO e ENE-OSO, come rilevate in cartografia lungo il bordo nord dell'area vasta.

Le testate delle colate presentano frequentemente una tipica fessurazione colonnare da ritenzione termica da raffreddamento della lava, talora interrotte da litoclasti suborizzontali.

In base ad analisi chimiche e petrografiche su campioni dell'area, Beccaluva et alii (1975) è possibile suddividere le lave in tre gruppi:

#### Vulcaniti alcaline e a tendenza alcalina

Comprendono alcalibasalti e trachibasalti.

Sono caratterizzati microscopicamente da una struttura olocristallina da debolmente a decisamente porfirica a tessitura quasi sempre isotropa.

Le vulcaniti alcaline si distinguono talora macroscopicamente dalle subalcaline anche per avere una bollosità anisotropa, a grosse cavità allungate secondo la direzione del flusso lavico.

#### Vulcaniti transizionali

Comprendono basalti transizionali e basalti debolmente alcalini. Queste litologie hanno caratteristiche petrochimiche intermedie tra le vulcaniti alcaline e quelle subalcaline.

#### Vulcaniti subalcaline

Comprendono basalti subalcalini e andesiti basaltiche. Sono caratterizzate microscopicamente dalla presenza di vetro nerastro in pasta di fondo, con struttura variabile da porfirica a seriata, talora a tessitura fluidale.

Macroscopicamente si distinguono talora dalle vulcaniti alcaline per una bollosità diffusa a piccole cavità sferiche.

L'area limitrofa l'intervento è caratterizzata dalla presenza esclusiva, se si eccettuano le coperture di suoli e i depositi di versante, di litologie effusive basiche in potenti ed estesi espandimenti.

Le coperture vulcaniche anorogeniche sono rappresentate dagli espandimenti basaltici s.l. dell'altopiano di Abbasanta e di Campeda e subordinatamente del Logudoro.



In particolare si tratta di successioni di flussi lavici variabili per composizione e affinità seriale (alcalina, transizionale e subalcalina).

Pur rappresentando complessi vulcanici riconducibili ad un'unità di paesaggio piuttosto omogenea, in letteratura sono state cartografate e studiate differenti episodi magmatici classificati su base chimica e petrografica (Beccaluva et al., 1981).

I caratteri giacitureali di tali vulcaniti plio-pleistoceniche riflettono un'attività essenzialmente fissurale, legata a direttrici tettoniche con orientazione variabile da submeridiana a NE-SW, lungo le quali si allineano colate di modeste dimensioni associate a piccoli coni di scorie (Logudoro).

Di seguito si distinguono le tipologie di lave affioranti nell'area vasta :

#### Subunità di Dualchi (BPL2)

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 44/103	

Lave alcali-basaltiche fortemente porfiriche per fenocristalli di pirosseno, olivina e plagioclasio con frequenti xenoliti pirossenici che facilitano il riconoscimento in campagna.

Tale sub-unità affiora in maniera continua tra i comuni di Paulilatino, Abbasanta, Norbello, Borore e Macomer.

Tale sub unità costituisce il terreno di sedime dell'area limitrofa l'intervento. PLIOCENE sup.

#### Subunità di Funtana di Pedru Oe (**BPL3**)

Lave trachibasaltiche debolmente alcaline, porfiriche per plagioclasio, olivina e pirosseno.

Tale sub-unità affiora principalmente nel comune di Borore e Macomer dalla località Pedra in Cuccuru fino a Nuraghe Pubuttu.

Basalti debolmente alcalini e trachibasalti, a grana minuta, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Px; in estese colate. PLIOCENE SUP.

#### Subunità di Sindia (**BPL4**)

È costituita da basalti e trachibasalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di olivina e plagioclasio; frequenti i xenocristalli di quarzo che ne facilitano il riconoscimento in campagna. Affiora in maniera discontinua nei comuni di Borore e Santulussurgiu (Pedra in Cuccuru).

Nel territorio di Macomer e Sindia si rinvencono presso il Nuraghe Figuranchida, in località sa Ghea su Porcu, Matt'e Chercos e Nuraghe Iscrocca.

Trachibasalti debolmente alcalini, da olocristallini ad ipocristallini, variamente porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx, Bt, con rari xenocristalli quarzosi, localmente megacristalli di Cpx, e noduli peridotitici e gabbrici. Basalti alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx con noduli peridotitici in colate. (2,0 ± 0,1 Ma: Beccaluva et alii, 1981). PLIOCENE SUP.- PLEISTOCENE.

#### Subunità di Thiesi (**BGD1**) (BASALTI DEL LOGUDORO)

Basaniti ad analcime, porfiriche per fenocristalli di Ol e Cpx, con abbondanti noduli peridotitici; in colate. (2,3 ± 0,2 Ma; 2,1 ± 0,1 Ma: Beccaluva et alii, 1981).

Hawaiiti olocristalline, porfiriche per fenocristalli di Ol, Cpx con Anl interstiziale ed abbondanti noduli peridotitici; in colate. (1,8 ± 0,1 Ma: Beccaluva et alii, 1981). PLIOCENE SUP.

#### DEPOSITI PLIOCENICI

##### Formazione di Nuraghe Casteddu (**NCA**)

La formazione è costituita da argilliti, siltiti, arenarie arcose, conglomerati ad elementi subarrotondati di quarzo e metamorfiti, con resti vegetali; subordinate breccie eterometriche ad elementi di calcari mesozoici.

L'ambiente di deposizione è fluviodeltizio e litorale. PLIOCENE MEDIO.

#### MIOCENE

##### Formazione di Tadasuni (**TDI**)

Si tratta di conglomerati basali, a componente arenacea variabile, con faune a molluschi (Ostrea e.m., Cardium, Pecten) ed echinodermi, passante verso l'alto ad arenarie.

Sono presenti alternanze marnoso-arenacee in banchi decimetrici più o meno compatti. Abbondanti macro e microfossili. ("Serie marnoso-arenacea di Tadasuni" Auct.).

Ambiente marino di piattaforma interna. BURDIGALIANO MEDIO-SUP. - LANGHIANO

##### Arenarie di Boroneddu (**RDU**)

Si tratta di sabbie grigio-giallastre, localmente stratificate, sterili, a componente micacea abbondante, con locali intercalazioni argillose e conglomeratiche.

L'ambiente di deposizione varia da litorale a fluvio-deltizio. BURDIGALIANO SUP - PLIOCENE MEDIO-SUP.

##### Unità di Monte Santu Padre (**PDR**)



Alternanza di depositi di flusso piroclastico in facies ignimbricitica saldati, a chimismo da dacitico a riolitico, con cristalli liberi di Pl, Sa, Cpx, Bt, Mag, con struttura eutattica, talora ricchi in litici poligenici; alla base livelli piroclastici pomiceo-cineritici ed epiclastici. BURDIGALIANO

##### Litofacies dell'Unità di Monte Santu Padre (**PDRa**)

Si tratta di Piroclastiti pomiceo-cineritiche e livelli epiclastici alla base dell'unità PDR.

BURDIGALIANO

OLIGOCENE-MIOCENE : Successioni Ignimbricitiche (Miocene inf.)

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 45/103	

#### Unità di Macomer (**OER**)

L'unità di Macomer è costituita da ignimbriti lapidee con potenze dell'ordine delle decine di metri.

Mostra un l'elevato grado di saldatura e un colore bruno-rossastro.

Localmente si rinvencono livelli ossidianacei o pomicei argillificati poco saldati. I flussi piroclastici sono caratterizzati da strutture reomorfe e con marcata struttura eutattica a fiamme vitrofiriche e/o pomicee più o meno allungate.

Affiora nel Comune di Macomer nei pressi del Nuraghe Funtata Ide. (K/Ar 21,6±1,1 Ma: Lecca et alii, 1997). BURDIGALIANO

#### Litofacies dell'Unità di Macomer (**OERb**)

Trattasi di una litofacies dell'unità di Macomer, è da livelli piroclastici di flow, fall e surge, intercalati nell'unità OER. Burdigaliano.

#### Unità Di Bortigali (**BGA**)

Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, a chimismo riodacitico, con cristalli liberi di Pl, rari Sa e Am, con strutture eutattiche. (K/Ar 21,8 ± 1,1 Ma: Lecca et alii, 1997). BURDIGALIANO.

### PALEOZOICO

#### ORDOVICIANO

##### Argilloscisti Di Rio Canoni (**ACN**)

Metapeliti grigio-verdastre, metasiltiti carbonatiche fossilifere, rare intercalazioni di metacalcari e di metavulcaniti basiche. ORDOVICIANO SUP.

#### 5.1.4 Geomorfologia

L'area in studio è ubicata nell'altopiano di Abbasanta. La superficie dell'altopiano di Abbasanta, che si sviluppa ad una quota variabile tra i 300 ed i 400 m, presenta un'elevata rocciosità che ha fortemente limitato lo sviluppo dell'attività agricola.

La superficie del tavolato si presenta debolmente inclinata verso sud ed è piuttosto monotona dal punto di vista altimetrico.

Il raccordo con la sottostante pianura è contraddistinto da brusche variazioni di pendenza che determinano orli verticali, alla base dei quali giacciono ampie fasce di depositi di versante costituiti da clasti angolosi talora debolmente cementati.

Roccosità e scarsa acclività dell'altopiano favoriscono il ristagno delle acque con la conseguente formazione di aree paludose, in gran parte bonificate, per asservire il territorio all'uso prevalentemente agro-pastorale.

Alcuni toponimi, quali Sa Paule Manna e Sa Pauledda, e lo stesso Paulilato, richiamano alla memoria l'esistenza di acquitrini ormai prosciugati.

In conseguenza di quanto detto, la rete idrografica è scarsamente sviluppata e si rivela incapace di incidere profondamente il tavolato se non lungo i bordi. In talune località emergono, dall'uniformità generale del paesaggio, domi appena percettibili all'occhio, verosimilmente riconducibili ad apparati di emissione delle manifestazioni vulcaniche più recenti.

L'impronta dell'uomo sul paesaggio si rivela attraverso le opere di bonifica e nell'interminabile rete di muretti a secco che si dipana lungo l'altopiano suddividendolo in appezzamenti di terreno di varie dimensioni e forme geometriche.

Il settore a Nord-Ovest dell'area vasta, a nord e ovest dell'abitato di Macomer, si presenta con piccoli rilievi degradanti dolcemente verso W, pressoché allineati secondo una direzione NE-SW, con superfici rocciose affioranti e scarpate.

Queste ultime rappresentano generalmente il limite delle colate basaltiche.

Nell'altopiano basaltico il reticolo fluviale è di tipo sub-dendritico, con un controllo tettonico sui rami fluviali principali.

A nord dell'abitato di Macomer, una linea spartiacque divide il bacino idrografico dell'altopiano di Campeda (pendenza verso NW) da quello dell'altopiano di Abbasanta (pendenza verso SE). La rete idrografica presenta una bassa densità di drenaggio, individuandosi infatti una bassa ramificazione delle linee di impluvio, che si identificano principalmente, a nord, con il Rio Tossilo.

L'altopiano di Abbasanta-Borore, nel quale ricade l'intervento in progetto, presenta una morfologia pianeggiante, appena variata da una serie di ampie ondulazioni, separate da depressioni poco marcate.



La piana di Abbasanta-Borore rappresenta un esteso plateau di lava basaltica, formato dal ripetuto sovrapporsi, in tempi e posti diversi, di lave basiche assai fluide, provenienti principalmente da fessure.

Le piane di Abbasanta-Paulilato, di Campeda-Planu Mannu e della Planargia rappresentano gli affioramenti più estesi e continui, che circondano i settori settentrionali e orientali del complesso vulcanico del Montiferru.

In sintesi possiamo dire che:

L'area di progetto è caratterizzata da una morfologia giovane in relazione ai litotipi presenti e agli avvenimenti tettonici subiti.

I processi e le forme evidenti, sono quelli tipici delle aree vulcaniche di plateau.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 46/103	

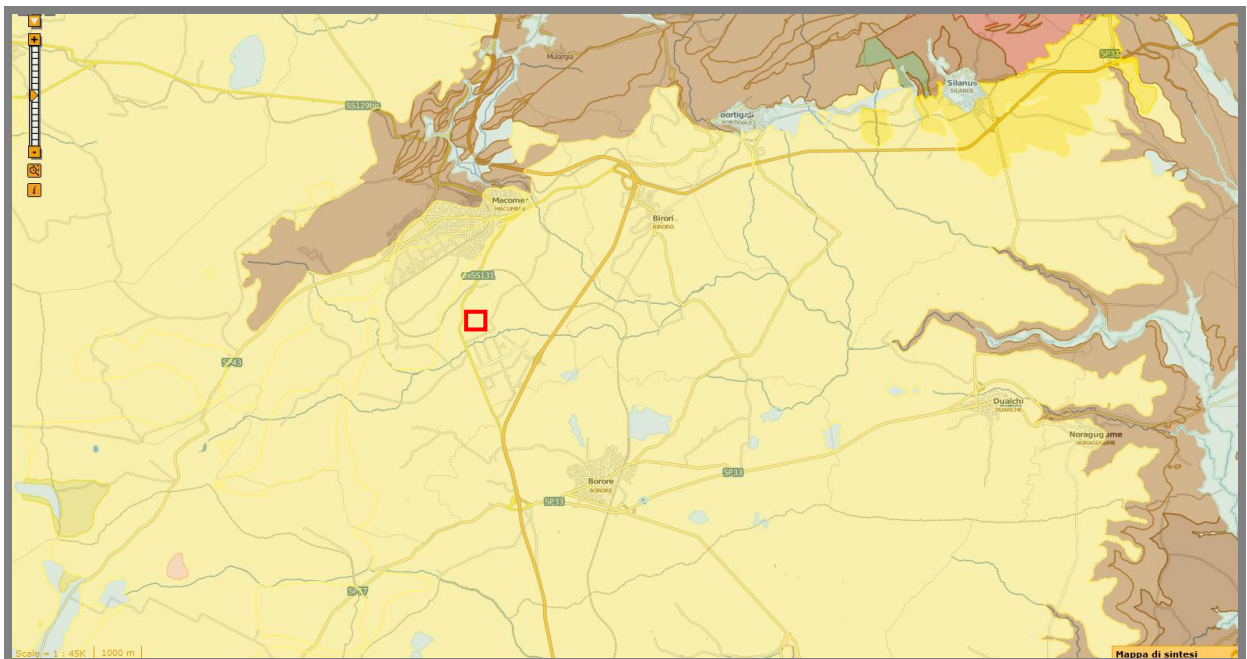
La morfologia prevalente è quella delle aree pianeggianti delle espansioni basaltiche (morfologia conservativa). Questo conferisce al sito una notevole stabilità geomorfologica, difficilmente modificabile anche per opera dell'uomo. Sebbene l'area sia sottoposta ad interventi antropici significativi (gli insediamenti pastorali che hanno determinato una diminuzione della copertura vegetale, spietramento del suolo con accelerazione dei processi di erosione), che rendono potenzialmente instabile la zona (anche a causa del regime incostante delle piogge), l'area di progetto non risulta particolarmente esposta a rischi di instabilità geomorfologica, visti anche gli interventi consistenti di "urbanizzazione e industrializzazione" del sito che lo rendono a tutti gli effetti un ambiente fortemente antropizzato.

#### 5.1.5 Inquadramento geologico e tettonico di dettaglio per l'area di progetto

L'area è situata nella SAR centrale, all'interno del plateau basaltico dell'Altopiano di Abbasanta, pur essendo un'area morfologicamente giovane, il paesaggio è caratterizzato da una morfologia tipicamente tabulare, con deboli pendenze e incisioni vallive poco marcate.

Il sito è situato nell'agro del comune di Macomer nella Z.I.R. di Tossilo, in prossimità dell'arteria stradale SS 131. Riferimenti cartografici: Carta Geologica d'Italia foglio 207; Carta d'Italia fg. 498 sezione III Macomer.

La figura sotto riportata evidenzia la mappatura geologica dell'area tratta dal tematismo specifico del geoportale della Regione Autonoma della Sardegna.



**Figura 20:** Estratto della Carta Geologica con indicazione dell'area di intervento (in rosso) fonte:Geoportale Regione Autonoma della Sardegna

Il sito prescelto si trova nell'Altopiano di Abbasanta, un importante plateau basaltico del Plio - Quaternario, che presenta una limitata variabilità geologica.



L'altopiano si trova nella parte ribassata di un importante faglia con direzione OSO ENE responsabile della formazione della vicina Catena del Marghine.

Le lave basaltiche hanno la caratteristica di essere, al momento della messa in posto, molto fluide pertanto di norma vanno a colmare paleo depressioni lasciando alla sommità una morfologia tabulare. Nel quaternario recente si sono completati i fenomeni di modellamento dei versanti, con l'accumulo dei depositi detritici.

Dai rilievi vulcano-tettonici appena sollevati si sono innescati i fenomeni di erosione, trasporto e sedimentazione. I detriti così formati si sono accumulati al piede dei versanti, hanno colmato concavità del terreno oppure si sono accumulati nei fondi valle.

In genere questi sedimenti sono classificati in relazione all'azione morfogenetica che li ha determinati, all'entità e al tipo di trasporto.

In linea di massima l'azione di accumulo nel territorio di Tossilo non è stata predominante, soprattutto in relazione al fatto che buona parte di esso è prevalentemente pianeggiante, l'accumulo ha interessato quasi esclusivamente la zona montana e pedemontana.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 47/103	

### 5.1.6 Descrizione delle litologie e degli affioramenti

Di seguito sono descritte le litologie le condizioni di giacitura, l'estensione e l'ubicazione degli affioramenti.

#### Espandimenti basaltici

Nel Pliocene medio – superiore la situazione geodinamica della Sardegna ha dato luogo alla formazione di vulcanismi basaltici.

Da un'importante frattura, attiva probabilmente anche in epoche geologiche diverse, sono fuoriusciti magmi basaltici. Il chimismo delle lave va dai basalti alcalini ai trachibasalti, la roccia lapidea si presenta, al taglio fresco, di colore grigio nerastro.

Il raffreddamento avvenuto dopo la messa in posto, ha generalmente prodotto una fratturazione verticale sub ortogonale, isolando grossi blocchi a forma di colonne più o meno regolari.

La fratturazione è ben visibile ai bordi dell'espandimento, oppure lungo le principali incisioni vallive. A volte il raffreddamento ha determinato una fatturazione diversa dando luogo a blocchi subsferoidali.

Il passaggio tra colate successive, spesso, è segnato da livelli argillosi anche molto arrossati, questi sono interpretabili o come paleosuoli o più spesso come porzioni scoriaee delle parti periferiche delle colate. Le scorie sono caratterizzate da una notevole

bollosità dovuta alla degassificazione dei magmi, essendo meno cristallizzate si alterano più facilmente.

#### Depositi del Quaternario

I sedimenti sono stati distinti sia in base all'azione morfologica che li ha generati sia alla loro costituzione litologica.

- Alluvioni:

Sono localizzate esclusivamente a letto del Rio Tossilo e dei suoi affluenti, di debole spessore sono costituite da ciottoli e sabbie mediamente lavorate.

Non sono stati individuati depositi terrazzati.

- Detrito di versante:

Il detrito di versante è presente con una certa continuità alla base e ai bordi delle colate basaltiche.

Sono costituiti da detriti prevalentemente grossolani poco o niente rimaneggiati.

- Depositi colluviali:

Con tale dizione s'intende un sedimento di transizione tra i depositi di pendio e di versanti e quelli di fondo valle, hanno spessori di norma contenuti il detrito è maggiormente rimaneggiato in conseguenza dell'azione dell'acqua.

### 5.1.7 Geomorfologia e condizioni di stabilità del sito

Nella zona in studio si riscontra una morfologia caratterizzata dalla relativa giovinezza dei litotipi e degli avvenimenti tettonici. I processi e le forme evidenti, sono quelli tipici delle aree vulcaniche di plateau.

La morfologia può essere così sintetizzata:

- a) aree pianeggianti degli espandimenti basaltici (morfologia conservativa);
- b) cornici delle arre basaltiche, sono i bordi terminali degli espandimenti basaltici (morfologia);

La gran parte del territorio è compreso nel primo tipo, caratterizzato da una notevole stabilità geomorfologica e dall'assenza di fenomeni geomorfici, difficilmente attivabili anche dopo l'intervento umano.

Nelle altre aree, non essendo le forme presenti completamente evolute, anche per la relativa giovinezza dei rilievi, emerge una situazione di stabilità che, se non attentamente considerata, può diventare delicata.



In generale si riscontra una situazione di sostanziale stabilità per quanto concerne i processi naturali, mentre sorgono alcune perplessità riguardo ai processi antropici.

Il territorio è stato sottoposto ad un imponente intervento umano, pertanto esiste un problema d'interazione tra l'attività umana e i processi naturali.

Sono diffusi soprattutto gli insediamenti pastorali che hanno determinato una diminuzione della copertura vegetale, questo fattore unito all'incostante regime delle piogge provoca un aumento del dilavamento e quindi dell'erosione del suolo.

Rilevante anche l'attività di spietramento e aratura che, in alcune condizioni, possono dar luogo a fenomeni di erosione accelerata.

L'analisi del contesto geomorfologico territoriale e dei fenomeni erosivi e d'instabilità in genere, è stata posta in essere sovrapponendo le elaborazioni cartografiche precedenti: geologia, pendenze e geomorfologia.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 48/103	

Le condizioni di stabilità e d'evoluzione delle forme sono strettamente legate alle caratteristiche geotecniche dei versanti, alla loro pendenza, esposizione e umidità.

L'insieme delle osservazioni e dei rilievi di campagna, ha condotto a classificare il territorio in tre zone distinte, nelle quali sono identificabili le condizioni d'instabilità del rilievo e dei processi evolutivi futuri, legati prevalentemente all'azione modificatrice dell'uomo.

- **ZONA NON ESPOSTA** Rischio geologico ritenuto nullo, assenza di pericolosità; nessuna prescrizione. Aree di paesaggio conservativo degli altopiani, dei versanti a debole pendenza e/o in terreni coerenti; profilo evoluto; processi geomorfici quasi assenti e difficilmente attivabili anche dopo interventi di modificazione da parte dell'uomo.
- **ZONA MEDIAMENTE ESPOSTA** Remote condizioni d'instabilità rilevabili ed eliminabili; interventi condizionati a studi specifici che definiscono limitazioni e prescrizioni. Area di paesaggio conservativo dei versanti a media pendenza in rocce poco coerenti; profilo evoluto; processi geomorfici deboli ma riattivabili in seguito ad azione modificatrice da parte dell'uomo.
- **ZONA ESPOSTA** Frequenti fenomeni d'instabilità, manifesti o latenti, non sempre chiaramente individuabili ed eliminabili; Preclusi tutti gli interventi ad eccezione di quelli tesi all'eliminazione del rischio o comunque ritenuti indispensabili, dopo attenta valutazione. Area di variazione del paesaggio; profilo poco maturo o giovane; processi geomorfici ancora attivi o facilmente riattivabili in conseguenza dell'azione dell'uomo; processi legati alle gravità e al modellamento dei versanti.

Dall'analisi della cartografia specifica risulta un quadro di sostanziale stabilità.

Su buona parte del territorio prevalgono i modelli del primo e del secondo tipo, caratterizzati da un'evoluzione del rilievo di tipo conservativo.

I processi geomorfici attivi o facilmente riattivabili in conseguenza dell'azione dell'uomo, sono limitati alle aree montane successivamente modellate dall'azione dell'acqua.

#### 5.1.8 Idrografia e Idrogeologia

La permeabilità dei basalti è assai variabile, elevata in corrispondenza delle aree più fratturate e addirittura impermeabile in relazione alla presenza di settori fortemente argillificati.

Pertanto è possibile rinvenire falde sub superficiali, come dimostrano le sorgenti vicine (Funtana Don Dimitri ed altre limitrofe) oppure falde più profonde a ciclo poliennale, insediate su litologie permeabili comprese tra episodi basaltici differenziati, in zone costituite da porzioni scoriacee.

Tra le diverse colate, se distanziate da un più lungo periodo, è possibile ritrovare, sedimenti continentali, che costituiscono un altro importante imbrifero.

Le falde superficiali possono essere raggiunte a pochi metri dalla superficie, in zone preferenziali di accumulo, con carattere stagionale oppure, non di rado, permanente.

Altre aree a comportamento tendenzialmente impermeabile e con falde superficiali, sono evidenziate da locali ristagni d'acqua in concomitanza con episodi piovosi, in particolare in regione Castigadu e Murenu.

In coincidenza con fenomeni piovosi di eccezionale intensità, si possono verificare, a partire da queste aree, fenomeni di alluvionamento condizionati da un deflusso lento a causa delle pendenze, tali fenomeni sono controllabili con una corretta pulizia dei drenaggi e dei canali, in parte sono stati eliminati con la costruzione di adeguati canali lungo la SS 131.

Nel settore l'idrografia superficiale è organizzata in reticoli.

L'asta fluviale più importante è quella del Rio Tossilo con direzione Ovest – Est.

L'impluvio drena tutte le acque superficiali della zona industriale in cui rientra l'intervento nell'Impianto di termovalorizzazione oggetto del presente studio.



Il regime del rio è quello tipicamente mediterraneo, con le portate massime concentrate nel periodo autunnale e primaverile ed un esteso periodo di magra estivo con l'annullamento della portata nel periodo di maggiore siccità.

Tale regime è parzialmente modificato dagli apporti della sorgente perenne Funtana Don Dimitri e soprattutto dall'apporto costante dei reflui urbani depurati, che cambiano il regime idrico della parte a valle del Rio Tossilo.

#### 5.1.9 Geotecnica

L'indagine geologica condotta sull'area è stata finalizzata alla verifica preliminare della presenza di disturbi tettonici o geologici tali da rendere critica la realizzazione degli interventi di progetto previsti.

La morfologia prevalente è quella delle aree pianeggianti delle espansioni basaltiche (morfologia conservativa).

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 49/103	

Questo conferisce al sito una notevole stabilità geomorfologica, difficilmente modificabile anche per opera dell'uomo. Sebbene l'area sia sottoposta ad interventi antropici significativi (gli insediamenti pastorali che hanno determinato una diminuzione della copertura vegetale, spietramento del suolo con accelerazione dei processi di erosione), che rendono potenzialmente instabile la zona (anche a causa del regime incostante delle piogge), l'area di progetto non risulta particolarmente esposta a rischi di instabilità geomorfologica, visti anche gli interventi consistenti di "urbanizzazione e industrializzazione" del sito che lo rendono a tutti gli effetti un ambiente fortemente antropizzato.

#### 5.1.10 Caratterizzazione geotecnica e geomeccanica - generalità

Il basalto è la litologia più comune presente nell'area di studio, di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche medie dei basalti sardi considerando che, in corrispondenza dell'abitato di Macomer, essi si presentano sani o poco alterati:

#### CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL BASALTO

- RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE: 1500 ÷ 3000 Kgf/cm<sup>2</sup>
  - RESISTENZA ALLA TRAZIONE: 50 ÷ 300 Kgf/cm<sup>2</sup>
  - COEFFICIENTE DI TENACITA': 15 ÷ 27
  - COEFFICIENTE DI QUALITA' (Q): 21 < Q < 32
  - MODULO DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA (modulo tangente iniziale E<sub>i</sub>):  
E<sub>i</sub> = 6 ÷ 10 \* 10<sup>5</sup> Kgf/cm<sup>2</sup>
- (quello relativo al carico di cedimento può variare tra il 50 e il 90% di E<sub>i</sub>)
- RAPPORTO DI POISSON: ν = 0,25 fino a rottura (campo elastico)

Le caratteristiche fisiche dei basalti rappresentati nell'area sono riportati di seguito:

#### CARATTERISTICHE FISICHE DEL BASALTO

- PESO SPECIFICO: 2,75 ÷ 3,10 gr/cm<sup>3</sup>
- PUNTO DI FUSIONE: 1200 ÷ 1300°C
- COEFFICIENTE DI IMBIBIZIONE: 0,1 ÷ 0,3%
- PERMEABILITA' (K): 10<sup>-4</sup> < K < 10<sup>-6</sup> cm/s (questi valori indicano una permeabilità da bassa a molto bassa)
- CONDUCIBILITA' TERMICA: 3 ÷ 7 \* 10<sup>-3</sup> cal/cm\*s\*°C

Infatti, dal punto di vista strettamente geotecnico, le differenze di età e di costituzione mineralogica delle rocce hanno valore relativo, mentre assumono importanza l'alterazione, le zone di contatto laterale, gli spessori dei suoli, la suscettibilità all'alterazione meteorica.

#### 5.1.11 Indagini geognostiche sul sito di intervento

Sono stati effettuati tre sondaggi a carotaggio continuo, in tutti è stata intercettata la litologia basaltica in particolare nei sondaggi S1 e S2 un basalto poco fratturato con RQD di 96,3% e RMR corretto di 74,3.

Mentre nel sondaggio S3 è stato intercettato un basalto più fratturato con riempimento limoargilloso nelle fratture, RQD 87,8% e RMR 50,7.

Nel sondaggio S1 è stata intercettata una falda alla prog 0,80 il cui livello è certo in quanto il foro è stato interamente svuotato.

Nei sondaggi S2 e S3 il livello tende ad assestarsi poco di più della prog. 3,00.

Non si ha la certezza che nel livello della falda non vi sia anche il contributo di perdite da rete idrica.

Le problematiche geotecniche sono essenzialmente due:

1. portanza del terreno di fondazione e cedimenti;
2. stabilità generale dell'area interazione con il manufatto.

In relazione al tipo di litologie intercettate, non sono state necessarie prove di laboratorio, infatti, i parametri c e F utili per il calcolo della portanza del terreno di fondazione saranno valutati con la classificazione RMR elaborata da Bieniawski (1989) e successivamente modificata da altri autori per renderla maggiormente applicabile in contesti differenti.

### 5.1.12 Classificazione RMR

Spesso gli ammassi rocciosi sono interessati da discontinuità in corrispondenza delle quali le caratteristiche meccaniche sono più scadenti di quelle della matrice, per questo nel complesso la resistenza al taglio dell'ammasso è regolata sia dalle caratteristiche della matrice sia dalla frequenza e geometria delle discontinuità.

Il metodo di Beniaowski si basa sul rilievo di sei parametri ad ognuno dei quali è assegnato un peso; la classificazione definisce due valori dell'indice RMR:

$$\text{RMR base} = R1+R2+R3+R4+R5$$

$$\text{RMR corretto} = R1+R2+R3+R4+R5+R6$$

Nella valutazione dell'ammasso roccioso eseguita in relazione alle condizioni di fratturazione e alterazione della roccia è stata individuata un'unica tipologia Basalto fratturato.

### SONDAGGIO S3

PARAMETRI	VALORI
R1 - resistenza a compressione uniassiale	1.000,00 Kg/cm <sup>2</sup>
R2 - R.Q.D.	87,8 %
R3 - spaziatura delle discontinuità	0,20 m
R4a - lunghezza discontinuità	1 - 3 m
R4b - apertura discontinuità	1 - 5 mm
R4c - rugosità	Liscia
R4d - riempimento	<5 mm mater. tenero
R4e - alterazione	Inalterata
R5 - condizioni idrauliche	Umido
R6 - orientamento discontinuità (fondazione)	Poco favorevole
Stress orizzontale	0 Kg/cm <sup>2</sup>
Alterabilità della massa rocciosa	Alta resistenza all'alterazione

### RISULTATO

	base	corretto
RMR	57,7	50,7
Classe	III	III
Descrizione	Discreto	Discreto
φ (°)	33,9	30,4
c (Kg/cm <sup>2</sup> )	2,94	2,59
Ed (Kg/cm <sup>2</sup> )	157.426,86	14.666,59
Q index	4,592	2,110
RSR index	55,30	50,81

### SONDAGGI S1 - S2

PARAMETRI	VALORI
R1 - resistenza a compressione uniassiale	2.500,00 Kg/cm <sup>2</sup>
R2 - R.Q.D.	96,3 %
R3 - spaziatura delle discontinuità	0,33 m
R4a - lunghezza discontinuità	1 - 3 m
R4b - apertura discontinuità	Nessuna
R4c - rugosità	Rugosa
R4d - riempimento	Nessuno
R4e - alterazione	Inalterata
R5 - condizioni idrauliche	Umido
R6 - orientamento discontinuità (fondazione)	Poco favorevole
Stress orizzontale	0 Kg/cm <sup>2</sup>
Alterabilità della massa rocciosa	Alta resistenza all'alterazione

### RISULTATO

	base	corretto
RMR	81,3	74,3
Classe	I	II
Descrizione	Ottima	Buono
$\phi$ (°)	45,6	42,1
c (Kg/cm <sup>2</sup> )	4,14	3,79
Ed (Kg/cm <sup>2</sup> )	637.526,62	494.766,35
Q index	62,803	28,853
RSR index	70,41	65,92

#### 5.1.13 Portanza del terreno di fondazione

La valutazione della portanza del terreno non può prescindere dalle dimensioni e caratteristiche geometriche delle fondazioni.

In sede preliminare pertanto vengono fatte solo delle ipotesi per individuare gli ordini di grandezza della portanza. Le fondazioni andranno ad incidere essenzialmente su tre tipologie:

1. Basalto poco fratturato (tipologia intercettata nei sondaggi S1 e S2).
2. Basalto fratturato con argilla nelle fratture (tipologia intercettata nel sondaggio S3).
3. Alterazione di basalto argilla plastica in lenti.

Il terzo tipo, se pure non intercettato dai sondaggi, è una variabile possibile nei basalti, dovrà essere oggetto di una bonifica integrale dell'argilla presente in alcuni interstizi e successiva colata di boiaccia di cemento.

In tali condizioni pertanto le caratteristiche geomeccaniche saranno assimilate al primo tipo o al secondo a seconda del risultato.

In tale sede di progettazione preliminare si ipotizza il calcolo di un plinto sul basalto del secondo tipo dimensioni 2,0 x 2,0 m caricato con 20 t.

#### CARICO LIMITE

I metodi di calcolo del carico limite portante per una fondazione superficiale sviluppati dai vari autori presuppongono un comportamento del terreno di tipo rigido-plastico con rottura di tipo generale.

Per tenere conto dei casi di rottura locale si possono seguire le indicazioni di Terzaghi (1943) riducendo angolo d'attrito e coesione o di Vesic (1943) applicando dei fattori correttivi all'equazione del carico limite.

Nella verifica del carico limite i carichi trasmessi dalla struttura al terreno devono essere uguali o minori del carico limite del terreno di fondazione.

#### Metodo di Terzaghi

Espressione del carico limite:

$$q = c N_c S_c x_c + q_0 N_q x_q + 0,5 \gamma B N_g S_g x_g$$

(Si rimanda ai testi specializzati per una trattazione più completa).

#### **Dati generali**

Località Tossilo

Descrizione Valutazione portanza su dati sondaggio S3

Data giugno 2012

#### **Geometria della fondazione**

Tipo di fondazione	rettangolare
Larghezza della fondazione B	2,00 m
Lunghezza della fondazione L	2,00 m
Altezza sovraccarico	0,00 m
Profondità del piano di posa della fondazione	1,00 m
Inclinazione del piano di posa della fondazione	0,0°
Inclinazione del piano campagna	0,0°

#### **Dati geotecnici**

strato	prof.	$\phi$	$\gamma$	$\gamma'$	c	Ed	EI	G
(m)	(m)	(°)	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )
1	100,00	30,4	3,20	3,20	2,59	10.000,00	7.325,17	2.806,79

strato	Terreno
1	Basalto fratturato con riempimenti di limo argillosi

#### Carichi - Stato limite ultimo (S.L.U)

Componente del carico lungo B	0,00 t
Componente del carico lungo L	0,00 t
Componente verticale del carico	20,00 t
Eccentricità del carico lungo B	0,00 m
Eccentricità del carico lungo L	0,00 m

#### Carichi - Stato limite di danno (S.L.D)

Componente del carico lungo B	0,00 t
Componente del carico lungo L	0,00 t
Componente verticale del carico	20,00 t
Eccentricità del carico lungo B	0,00 m
Eccentricità del carico lungo L	0,00 m

#### Calcolo del carico limite

Coefficienti parziali allo S.L.U.		
tg( $\phi$ ) (angolo d'attrito)	1,25	
C (coesione)		1,25
Cu (coesione drenata)	1,40	
Profondità della zona d'influenza	3,00 m	
Angolo d'attrito medio	30,4°	
Peso di volume medio	3,20 t/m <sup>3</sup>	
Peso di volume saturo medio	3,20 t/m <sup>3</sup>	
Coesione media	2,59 Kg/cm <sup>2</sup>	

Autore	Qlim (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carico progetto (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carico limite (Kg)
Terzaghi	-----	-----	-----
Meyerhof	82,717	<b>0,500</b>	3.308.694,022
Hansen	83,710	<b>0,500</b>	3.348.389,818
Vesic	86,969	<b>0,500</b>	3.478.764,066
EC7	84,596	<b>0,500</b>	3.383.847,356

Per avere il carico ammissibile si consiglia un coefficiente pari a 4 pertanto mediamente si ha un valore di circa 20,0 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### Metodo di Peck, Hanson e Thornburn

È un metodo empirico basato sull'R.Q.D.(indice di qualità della roccia) da applicare alle fondazioni su roccia: per un dato valore di R.Q.D. si ha una pressione ammissibile pari a

RQD	87,8 %
Carico ammissibile	16,096 Kg/cm <sup>2</sup>

Il valore è molto vicino a quello ottenuto con gli altri metodi.

Si noti bene che questa è la condizione più gravosa, se si facesse il calcolo con i dati relativi ai sondaggi S1 e S2, corrispondenti circa ai ¾ dell'area indagata, i valori di portanza risulterebbero più elevati essendo la roccia con caratteristiche meccaniche superiori.

## CEDIMENTI

### Metodo di Terzaghi

Il cedimento S è dato da:

$$S = \sum_{i=1}^n [\Delta z_i \Delta \sigma_i / E_{d_i}]$$

in cui:

- $\Delta z$  è lo spessore dello strato i-esimo in cui si è diviso lo strato compressibile;  
 $\Delta \sigma$  è la pressione indotta dalla fondazione alla profondità z;  
 $E_d$  è il modulo in condizioni edometriche relativo allo strato i-esimo.

### Calcolo dei cedimenti

Metodo di calcolo	Terzaghi
Metodo di calcolo della pressione	Boussinesq
Pressione di calcolo (netta)	0,500 Kg/cm <sup>2</sup>
Correzione per argille tenere	no
Correzione per fondazione rigida	no
Correzione per profondità del piano di posa	no

Incremento tensione	Ced. totale (mm)
Punto coord. [m]: B= 0,00; L= 0,00	0,002
Centro area	0,022
Spigolo	0,002
Punto medio lato B	0,010
Punto medio lato L	0,010
Punto medio lato L	0,022

Il cedimento se pure teorico è trascurabile il valore più elevato è di 2 centesimi di millimetro.

**Da quanto detto nell'analisi geomorfologica del capitolo precedente, non sono presenti né in atto fenomeni d'instabilità.**

**Nella costruzione dell'opera non sono previsti scavi oltre quelli di fondazione pertanto tali condizioni di equilibrio saranno immutate.**

#### 5.1.14 Conclusioni

In via preliminare sono stati stabiliti compatibilmente con il conteso geologico i parametri indicativi per il dimensionamento delle fondazioni.

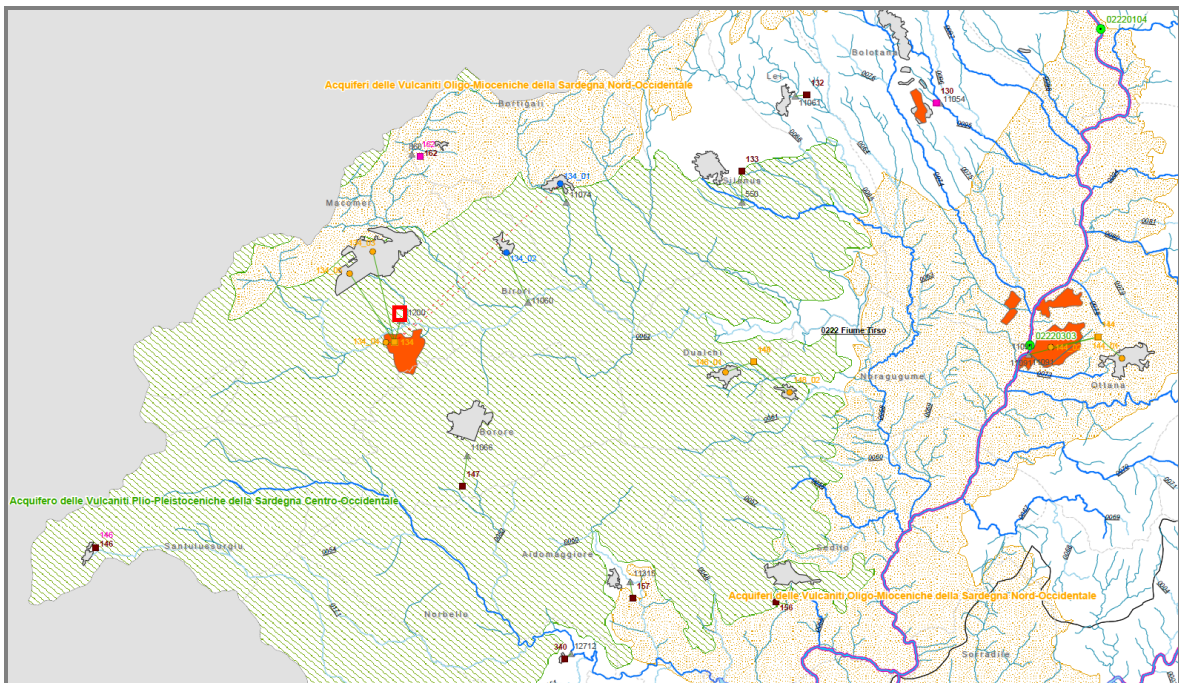
Si precisa che in fase esecutiva ed avanzata della progettazione potranno essere necessarie ulteriori indagini di dettaglio per verificare l'effettiva consistenza meccanica della roccia e il suo grado di fratturazione e in particolare per accertare la presenza di alterazioni del basalto.

Inoltre, in considerazione della particolare natura del terreno di fondazione dove porzioni di alterazione possono presentarsi con frequenza non preventivabile, e che tale presenza può sfuggire anche in sede di indagine, si consiglia la verifica del piano di posa delle fondazioni anche in fase di esecuzione dei lavori.

## 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico l'area è inquadrata nell'Acquifero delle Vulcaniti Plio- Pleistoceniche della Sardegna Centro-Occidentale.

Il Complesso acquifero delle vulcaniti Plio-Pleistoceniche della Sardegna Centro Occidentale, ha un'estensione di circa 1100 km<sup>2</sup> ed è costituito da un vasto complesso basaltico compreso fra il mare, l'altopiano di Abbasanta-Borore e il Campidano di Oristano. La copertura lavica basanitico-basaltico-trachifonolitica, declina verso il Campidano e verso il mare suddividendosi in diverse colate sovrapposte che si intercalano a depositi alluvionali pedemontani prevalentemente ciottolosi e con abbondante matrice argillosa.

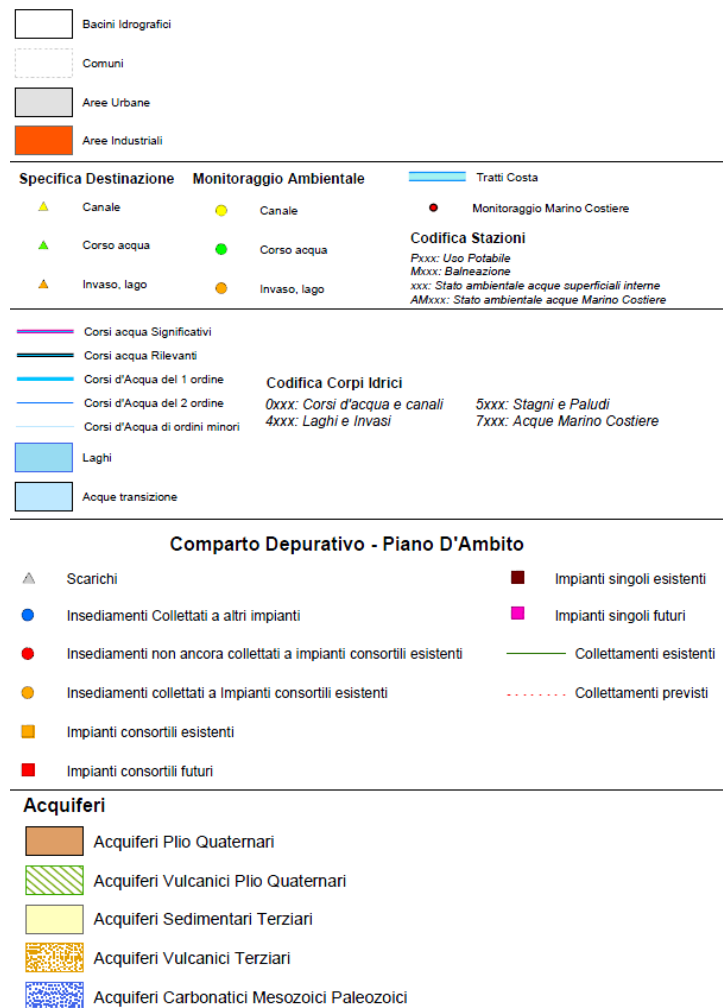


**Figura 21** Complesso acquifero delle vulcaniti Plio-Pleistoceniche della Sardegna centro-Occidentale (tratteggio verde) con indicata l'area di intervento (quadrato rosso) - segue legenda esplicativa

Va specificato che dal P.A.I. (piano di assetto idrogeologico), si evince che il sub-bacino di Macomer e, quindi la zona Industriale in Località Tossilo, **non è inclusa in alcun tipo fra le aree a rischio idraulico né a rischio frana**, si è studiato, con particolare attenzione,

Nel caso in cui si verificassero eventi meteorici eccezionali, l'unico evento di reale rischio idrogeologico che potrebbe interessare l'impianto, e quello di una piena eccezionale del Riu Tossilo.

In seguito al paragrafo 6.1.5, si riporterà uno specifico studio idrogeologico eseguito dal Dott. Ing. Demontis sugli effetti di una possibile piena eccezionale del corso d'acqua sopra detto.





L'evoluzione del complesso vulcanico è stata determinata dall'intersezione di tre sistemi di faglie regionali con direzione NNW-SSE (Graben del Campidano), NE-SW e ENE-WSW (Catena del Marghine) e N-S (fossa Sarda) che lo delimitano strutturalmente (Bottero et. Al. 2002) e si è articolata in due fasi principali:

- Vulcanismo oligo-miocenico connesso alla collisione tra placche litosferiche conseguente alla rotazione del blocco sardo-corso, caratterizzato da lave a chimismo riolitico-andesitico che attualmente costituiscono il nucleo dell'edificio vulcanico e la base del complesso acquifero pliocenico.
- Vulcanismo pliocenico, con la messa in posto di lave basaltiche a carattere alcalino che costituiscono il sito in esame.

Il complesso acquifero delle vulcaniti plio-pleistoceniche della Sardegna occidentale è costituito da basaniti ad analcime, trachiti fonolitiche, fonoliti, basalti e basalti alcalini in espandimenti lavici disposti a raggiera a partire dal nucleo centrale dell'edificio vulcanico. Lo spessore tende ad aumentare con la distanza dall'area centrale dell'edificio vulcanico raggiungendo valori massimi di circa 300 metri.

La serie idrogeologica dell'acquifero delle vulcaniti Plio-Pleistoceniche della Sardegna Centro-Occidentale comprende tre unità principali (denominate con le sigle A, B, C) divisibili in sottounità, di seguito si riportano tutte e tre le unità per completezza d'informazione:

**A. Unità delle Basaniti.** Rappresenta la prima manifestazione del vulcanismo di carattere alcalino dell'area; la roccia si presenta compatta, più o meno bollosa, di colore grigio-rossastro, con dei grossi inclusi di biotite e pirosseno che raggiungono

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 56/103	

talvolta una dimensione di 2 cm; in stato di alterazione, questi litotipi appaiono teneri, con una colorazione tendente al rosso.

Questa unità poggia direttamente sulle ignimbriti e andesiti oligo-mioceniche, ma talvolta alla base si possono trovare dei livelli conglomeratici costituiti da ciottoli appartenenti sempre alle serie trachitoidi e andesitoidi oligo-mioceniche.

Questo livello conglomeratico non è presente nella zona più centrale del Montiferru che pare non essere interessata dalla trasgressione marina medio-miocenica, la quale sembra quindi essere limitata lungo la fascia costiera (Bottero et al., 2002).

**B. Unità delle Vulcaniti trachitico-fonolitiche.** Costituiscono il nucleo del Montiferru e possono raggiungere una potenza di oltre 300 m, in affioramento sono presenti nelle aree più rilevate dell'edificio vulcanico e nel settore sud-occidentale fino alla costa.

Nelle vulcaniti più compatte è rilevabile un sistema di fratturazione verticale dovuto al raffreddamento della massa fusa; a questo sistema di fratture verticali se ne associa un ulteriore orizzontale.

Questa unità può essere suddivisa in due sottounità:

- Sottounità delle tefriti fonolitiche e fonoliti tefritiche. Mostrano un colore di fondo grigio chiaro. Affiorano lungo il percorso del rio Santa Caterina, dall'intersezione del Rio Mammine con il Rio Bialosso per circa un chilometro verso valle.
- Sottounità delle trachiti fonolitiche. Queste vulcaniti assumono diverse tonalità di grigio, sono molto dure, compatte e con fratturazione scheggiata o concoide. Possono essere anche di colore biancastro per alterazione. La morfologia degli ammassi trachitico-fonolitici è strutturata talvolta in colate; ma più frequentemente essi si costituiscono in duomi.

**C. Unità dei Basalti.** Questa unità è costituita da colate basaltiche che caratterizzano le fasi terminali dell'attività vulcanica del Montiferru. Queste vulcaniti sono molto compatte o bollose e scoriacee, talvolta possono assumere una colorazione rossastra dovuta ad alterazione. Queste colate raggiungono il loro spessore massimo ai piedi del Montiferru, nei pressi di Bonarcardo, Seneghe, Nabolia, Milis, Santulussurgiu e San Leonardo (Pala, 2001).

La base dell'acquifero è generalmente costituita dalle vulcaniti riolitico-andesitiche terziarie pressoché impermeabili che costituiscono il nucleo dell'edificio vulcanico; nell'altopiano della Campeda le ignimbriti terziarie alla base delle colate basaltiche risultano invece acquifere. Nei settori periferici del complesso vulcanico (Abbasanta, Ghilarza Cuglieri) le colate basaltiche sono sovrapposte alla serie sedimentaria miocenica costituita da marne, sabbie, arenarie e calcari acquiferi.

All'interno della successione basaltica si osserva l'alternanza di livelli compatti e livelli scoriacei o fratturati, questi ultimi presenti frequentemente anche a profondità superiori a 100 m (es. pozzo Bonacardo 196489). Sono inoltre frequenti le intercalazioni di livelli argillosi in genere con spessori inferiori a 5 m. Nell'area di Bauladu, al limite con la piana del Campidano, la parte superiore delle vulcaniti risulta intercalata con le alluvioni quaternarie.

I pozzi, individuano più livelli acquiferi sovrapposti; generalmente i primi 70- 80 m risultano insaturi, mentre i livelli più produttivi sono presenti tra 100 e 190 m di profondità. I livelli saturi hanno spessori generalmente inferiori a 10 m, in alcuni casi sono presenti livelli saturi con spessore fino a 40-50 m.



#### 6.1.1 Idrogeologia dell'area in studio

Nell'area interessata dalla messa in opera del parco eolico, facente parte del settore orientale del complesso acquifero (Pianoro di Abbasanta-Borore), i basalti sono a contatto per faglia con le trachiti oligo-mioceniche della catena del Marghine nei pressi di Macomer, lo spessore nell'area più prossima al contatto è inferiore ai 25 m (pozzo Macomer 042); a profondità maggiori viene rinvenuta una successione argillosa fino a circa 45 m e successivamente arenarie fino a 60 m, attribuibili alla successione arenacea prebasaltica di età miocenica. Più a Ovest (pozzo Macomer 046) i basalti sembrano poggiare direttamente sulle ignimbriti oligo-mioceniche del Marghine, rinvenute a una profondità di 51 m.

Verso Sud lo spessore delle colate basaltiche aumenta e raggiunge i valori massimi nel settore meridionale di Macomer e nell'area di Borore dove i pozzi si estendono in alcuni casi fino a 160 m da p.c. non raggiungendone la base.

La successione basaltica presenta un'alternanza di livelli compatti e livelli scoriacei, bollosi o fratturati; sono inoltre frequenti intercalazioni di livelli argillosi con spessore fino a 4-5 m, originati dall'alterazione dei basalti stessi.

I livelli acquiferi più produttivi sono rinvenuti in particolare nella fascia tra 30 e 80 m. Nel settore settentrionale dell'acquifero, (comuni di Suni, Sindia e Semestene) lo spessore dei basalti risulta superiore a 100 m con alternanza di livelli compatti e livelli notevolmente fratturati in particolare nella porzione più superficiale dove si osserva frequentemente una fessurazione di tipo colonnare.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 57/103	

Sono presenti frequenti intercalazioni di livelli argillosi e conglomeratici. Nell'altopiano della Campeda (comuni di Bonorva e Macomer) lo spessore dei basalti ("bancata basaltica di Campeda") varia tra 45 e 60 m; alla base sono presenti ignimbriti e calcari oligomiocenici. La falda viene rilevata in genere tra 20 e 50 m di profondità. I pozzi presenti nell'area captano in prevalenza gli acquiferi profondi presenti nelle vulcaniti terziarie, tuttavia durante i lavori per le gallerie ferroviarie è stata incontrata una notevole quantità di acqua sotterranea all'interno dei basalti, che allo stato attuale resta scarsamente utilizzata.

#### 6.1.2 Caratteri idraulici

Viene di seguito descritto il grado di permeabilità di ciascuna unità idrogeologica sulla base delle informazioni contenute nello studio di Bottero, Carboni e Pala (2002).

Le basaniti (unità A) sono da considerarsi praticamente impermeabili; nelle aree in cui affiorano, il deflusso superficiale è veloce e la presenza di sorgenti è legata al contatto con le colate basaltiche sovrastanti.

Il complesso delle trachiti fonolitiche (unità B) è dotato di un'elevata permeabilità: sono rocce molto dure e compatte, la cui alta permeabilità è dovuta alla presenza di fessure beanti, verticali e orizzontali, legate al raffreddamento.

L'unità dei basalti (unità C), è dotata di una permeabilità da media ad alta.

Tale permeabilità è dovuta fondamentalmente a fattori strutturali: infatti la circolazione d'acqua avviene sia attraverso fratture verticali legate sempre al raffreddamento, sia all'interno di piani di discontinuità (scorie di letto e di tetto) determinati dalla sovrapposizione di colate successive.

Le aree a permeabilità maggiore sono localizzate in particolare nelle aree più elevate del complesso vulcanico; prove di pompaggio eseguite nell'area di S.Leonardo hanno dato valori di trasmissività di  $1.4 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s (Pala, 2001).

Le colate basaltiche del pianoro di Abbasanta-Borore e dell'altopiano della Campeda sono invece caratterizzate da un grado di permeabilità medio-basso.

#### 6.1.3 Circolazione idrica sotterranea

Il deflusso delle acque sotterranee avviene prevalentemente in direzione radiale a partire dai settori a quota più elevata dell'edificio vulcanico, che corrispondono alle aree di alimentazione dell'acquifero, verso i settori a quota inferiore.

Parte delle acque piovane possono infiltrarsi nel complesso andesitico-ignimbritico anche tramite le fratture più o meno ancora parzialmente beanti da cui sono fuoriuscite dette vulcaniti, e penetrare in profondità fino ad acquisire una certa termalità.

L'infiltrazione e la circolazione idrica è localizzata in un'estesa rete di discontinuità costituita da fessure beanti, verticali e orizzontali, legate al raffreddamento, che danno origine a numerose sorgenti.

La circolazione idrica avviene oltre che attraverso questi sistemi di fratture, anche all'interno di piani di discontinuità (scorie di letto e di tetto) determinati dalla sovrapposizione di colate successive.

Si ipotizza inoltre la presenza di conche, vallecicole ed altre forme vallive sepolte sotto le piroclastiti e le lave, tuttora in grado di drenare le acque di infiltrazione.

La circolazione idrica sotterranea può essere schematicamente suddivisa come segue:



1. Falda freatica superficiale, con acque in massima parte "discendenti", contenute per lo più nei basalti e subordinatamente nelle trachifonoliti del complesso del Montiferro.
2. Falde "intermedie", contenute nelle colate basaltiche o basanitiche con intercalazioni di depositi alluvionali, con acque in gran parte suscettibili di una buona capacità di risalienza a seconda dello spessore delle colate stesse e della profondità raggiunta.
3. Falde profonde, con acque termali salienti, provenienti dal basamento ignimbritico-andesitico, possibilmente risalenti lungo le faglie a gradinata che delimitano il complesso ed anche attraverso le diaclasi e fratture sepolte sotto la serie sedimentaria miocenica.

Sul versante orientale e settentrionale del massiccio, sono presenti aree a permeabilità elevata che possono contenere corpi acquiferi di una certa consistenza che alimentano le grandi sorgenti di Bau Pirastu, S.Antioco, Santu Miale, Bau Nou, Siete Fuentes di S. Leonardo, S'Ena Ruia, Bobolica.

Nell'area dell'altopiano della Campeda la circolazione idrica risulta più limitata a causa della presenza di colate basaltiche più compatte caratterizzate da permeabilità medio-bassa (Caboi et al. 1992).

#### 6.1.4 Stato ex ante della componente acque sotterranee

Dal punto di vista idrogeologico l'area è inquadrata, come precedentemente specificato, nell'Acquifero delle Vulcaniti Plio-Pleistoceniche della Sardegna Centro- Occidentale; per stabilire lo stato ex ante operam della componente si è fatto riferimento ai dati pubblicati dal Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione delle siccità - Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Regione Autonoma Sardegna, che ai sensi del D.Lgs. 152/06 deve attuare "appositi programmi di rilevamento dei dati utili a descrivere le caratteristiche del bacino

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 58/103	

idrografico e a valutare l'impatto antropico esercitato sul medesimo....." (art. 118) e deve elaborare ed attuare "i programmi per la conoscenza e la verifica dello stato qualitativo e quantitativo delle acque superficiali e sotterranee all'interno di ciascun bacino idrografico" (art. 120), a tal fine ha avviato un'apposita linea di attività che, mediante aggiornamento ed elaborazione dei dati derivanti da azioni pregresse della Regione e da dati bibliografici, ha consentito di raggiungere i risultati, richiesti dalla Dir. 2000/60/CE (Direttiva quadro sulle acque) e cioè:

- Caratterizzazione (art. 5. e all. 2);
- Analisi dell'impatto delle attività umane (art. 5. e all. 2);
- Obiettivi ambientali (art. 4);
- Monitoraggio dello stato chimico e quantitativo (art. 8).

La metodologia seguita nello studio ha portato alla individuazione di 114 corpi idrici sotterranei nel distretto idrografico della Sardegna.

Per ciascun complesso idrogeologico (C.I) vengono elencati gli acquiferi individuati (Acq) e i relativi corpi idrici (CIS), l'unione dei suddetti identificativi dà origine al codice univoco per ciascun corpo idrico (ID CIS).

I corpi idrici coincidono con l'acquifero o costituiscono una parte di esso.

L'area vasta in esame ricade nel corpo idrico sotterraneo contrassegnato con il n.°1912 denominato Vulcaniti plio-pleistoceniche del Tirso la cui estensione è pari a 398,7 Km<sup>2</sup>.

Di ciascun corpo idrico viene individuata la Vulnerabilità intrinseca o naturale –intesa come la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita, 1987).

La conoscenza della vulnerabilità concorre all'analisi del rischio derivante dalle pressioni rilevate su ciascun corpo idrico sotterraneo.

L'acquifero all'interno del quale ricade l'area vasta esaminata denominato Vulcaniti plio-pleistoceniche del Tirso presenta vulnerabilità intrinseca A (alta).

Lo studio presentato, esamina successivamente le pressioni esercitate dalle attività umane sui corpi idrici sotterranei al fine della caratterizzazione e del rischio del non raggiungimento degli obiettivi fissati, identificando quindi le pressioni "potenziali" che agiscono sul corpo idrico sotterraneo e a quelle "significative" che a causa della loro intensità e diffusione possono indurre un impatto, tenendo conto delle caratteristiche idrogeologiche e della vulnerabilità del corpo idrico sotterraneo.

L'analisi ha considerato le pressioni diffuse e puntuali. In particolare per quanto riguarda le pressioni sullo stato qualitativo sono state considerate:

- pressioni diffuse: P. agricole, calcolate come % di superficie di ciascun corpo idrico interessata da usi agricoli del territorio; P. zootecniche, calcolate come carichi annui di azoto di origine zootecnica per unità di superficie del corpo idrico sotterraneo; P. industriali calcolate come % di superficie di ciascun corpo idrico interessata da aree industriali, commerciali e reti di comunicazione desunte dalla carta dell'uso del suolo; P. urbane , % di superficie di ciascun corpo idrico interessata da aree urbanizzate desunte dalla carta dell'uso del suolo; P. minerarie: numero siti minerari e di cava per unità di superficie del corpo idrico; % di area del corpo idrico interessate da aree minerarie e di cava;
- pressioni puntuali: Scarichi sul suolo, volumi scaricati per unità di superficie del corpo idrico sotterraneo (scarichi autorizzati sul suolo e i volumi derivanti da agglomerati o porzioni di agglomerati non serviti da impianti di depurazione e pertanto serviti da impianti individuali di trattamento che hanno come recapito il suolo (es. fosse Imhoff); Siti inquinati: siti nazionali di bonifica; numero di siti inquinati per unità di superficie del corpo idrico sotterraneo; % di superficie del corpo idrico interessata da siti inquinati.ù

Per ciascuna tipologia di pressione sono state assegnate quattro classi di intensità (non rilevante, bassa, media, elevata).

Tale valutazione di intensità "potenziale" viene incrociata, mediante una matrice di valutazione, con il dato relativo alla vulnerabilità intrinseca dell'acquifero per assegnare la pressione individuata alle classi di "rilevante" o "non rilevante".

Le pressioni di tipo quantitativo esercitate dall'attività umana sui corpi idrici sotterranei si esplicano principalmente attraverso: prelievi di acque sotterranee da pozzi; emungimenti della falda finalizzati a deprimere la piezometrica (es. eduzioni minerarie); prelievi o sbarramenti sui corpi idrici superficiali che possono influire sulla ricarica degli acquiferi.

Gli impatti di tali pressioni possono essere: abbassamento della superficie piezometrica; prosciugamento o diminuzione della portata di sorgenti; possibile intrusione salina negli acquiferi costieri; possibile intrusione da altri acquiferi contigui di scarsa qualità; diminuzione dell'apporto di acque sotterranee agli ecosistemi acquatici superficiali o agli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dalle acque sotterranee sotto il profilo del fabbisogno idrico.

cod CIS	Denominazione corpo idrico sotterraneo	Trend piezometrici negativi	Intrusione salina (da PTA + Mis 1.7)	Intrusione salina o sovrastruttamento da fonti bibliografiche	pozzi uso acquedotti da NPRGA	Dighe su corsi d'acqua che alimentano il CIS	Stima densità relativa di pozzi	Pressioni quantitative rilevanti
1912	Vulcaniti plio-pleistoceniche del Tirso	si	no	nd	1	-----	medio	si

Figura 22 Sintesi delle pressioni e impatti sullo stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei

COD_CIS	Denominazione	Pressioni significative
1912	Vulcaniti plio pleistoceniche del Tirso	Zootecniche Agricole Quantitative

Figura 23 Sintesi Pressioni significative individuate in ciascun corpo idrico

#### 6.1.5 Valutazione dello stato chimico e quantitativo dei corpi idrici sotterranei

I valori di fondo di un determinato elemento, ione o sostanza nelle acque sotterranee dipende da un numero elevato di processi e fattori quali la litologia dell'acquifero, i tempi di residenza delle acque, i processi di interazione acqua-roccia, i processi biologici, etc. Pertanto ciascun corpo idrico può avere caratteristiche peculiari e queste possono variare lungo linee di flusso o in funzione della differenti profondità, come nel caso di acquiferi multistrato. Pertanto generalmente è possibile definire un range di valori per un determinato parametro in ciascun tipo di acquifero. Sulla base dei test utilizzati nella classificazione dello stato chimico, quantitativo e complessivo, nel rispetto delle indicazioni contenute nelle norme di riferimento, l'acquifero in esame riporta lo stato di seguito schematizzato in tabella:

CIS	Denominazione corpo idrico sotterraneo	Stato CHIMICO	Livello di confidenza	Stato QUANTITATIVO	Livello di confidenza	Stato COMPLESSIVO	Livello di confidenza
1912	Vulcaniti plio pleistoceniche	buono	medio	buono	basso	buono	basso

Figura 24 Sintesi stato dell'acquifero

Al giudizio sullo stato chimico e quantitativo è stato associato un livello di confidenza che può assumere i valori BASSO, MEDIO o ALTO.

Tale livello di confidenza riflette il grado di "sicurezza" con il quale il giudizio viene attribuito, in relazione alla disponibilità e alla qualità dei dati.

#### 6.1.6 Valutazione del rischio di non raggiungimento degli obiettivi per i corpi idrici sotterranei



Il rischio del non raggiungimento del buono stato al 2015 è stato valutato in accordo con quanto previsto dal D.Lgs 30/2009 e facendo riferimento alle Linee Guida della Dir. 2000/60/CE. In particolare è stato effettuato il riesame dell'impatto delle attività antropiche sulle acque sotterranee, previsto dall'allegato 1, parte B4, del D.Lgs 30/2009, attribuendo ciascun corpo idrico sotterraneo alle categorie "a rischio" o "non a rischio". Tale attribuzione è stata effettuata incrociando i risultati dell'analisi delle pressioni con le informazioni desunte dai monitoraggi disponibili ( stato chimico e quantitativo).

Il risultato di tale analisi riporta, per il corpo idrico in esame, l'attribuzione di classe "non a rischio".

Obiettivi ambientali per i corpi idrici sotterranei Gli "obiettivi ambientali", previsti dalla normativa stabiliscono che gli Stati membri... "proteggono, migliorano e ripristinano i corpi idrici sotterranei, e assicurano un equilibrio tra l'estrazione e il ravvenamento delle acque sotterranee al fine di conseguire un buono stato delle acque sotterranee entro il 2015".

Nello stabilire gli obiettivi per i corpi idrici sotterranei della Sardegna sono stati adottati i seguenti criteri:

- obiettivo di Buono per il 2015 per i corpi idrici non a rischio;
- obiettivo di Buono al 2015 per i corpi idrici a rischio che attualmente si trovano in uno stato Buono;
- per gli altri corpi idrici a rischio si applicano le esenzioni previste quali l'estensione del termine (2021 o 2027) o la fissazione di obiettivi meno rigorosi, in funzione della estensione e intensità delle alterazioni riscontrate, della valutazione circa la fattibilità tecnica-economica e dei tempi presunti per l'attuazione delle misure necessarie a raggiungere l'obiettivo, delle ripercussioni sulle attività umane.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 60/103	

Sono stati definiti gli obiettivi ambientali per ciascun corpo idrico sulla base delle caratteristiche individuate. Per l'acquifero esaminato, poiché lo stato chimico, quantitativo e generale sono definiti Buono allo stato attuale, l'obiettivo al 2015 è la permanenza di tale stato.

Per controllare lo stato quali-quantitativo dei corpi idrici sono state realizzate due specifiche reti di monitoraggio di tipo quantitativo e chimico con funzione di sorveglianza (ogni 6 anni), al fine di integrare e validare l'analisi di rischio del non raggiungimento degli obiettivi per tutti i corpi idrici o gruppi di corpi idrici; valutare le tendenze a lungo termine delle condizioni naturali e delle concentrazioni di inquinanti derivanti dall'attività antropica; indirizzare il monitoraggio operativo (non inferiore a un campionamento all'anno), in concomitanza con l'analisi delle pressioni e degli impatti; una rete per il monitoraggio operativo al fine di stabilire lo stato di qualità dei corpi idrici o gruppi di corpi idrici classificati come a rischio di non raggiungere gli obiettivi e stabilire se esistono significative e durature tendenze ascendenti nella concentrazione degli inquinanti. La frequenza del monitoraggio quantitativo deve essere sufficiente a stimare lo stato dello stesso, tenuto conto delle variazioni del ravvenamento a breve e lungo termine (in funzione delle caratteristiche del corpo idrico, della loro variabilità annuale e delle peculiarità dei siti di monitoraggio).

Nel caso specifico dell'acquifero in oggetto facente parte dei corpi idrici non a rischio (sono stati individuati 215 siti di monitoraggio in tutto il territorio isolano) si effettuerà il solo monitoraggio di sorveglianza (9 siti individuati per l'acquifero in esame).

#### 6.1.7 Inquadramento idrogeologico e idrogeologico con riferimento al PAI regionale

La permeabilità dei substrati basaltici è variabile, ossia può risultare elevata in corrispondenza delle aree più fratturate, mentre può essere impermeabile in presenza di settori ricchi di lenti argillose.

In quest'ultimo caso è possibile rinvenire falde sub superficiali, come dimostrano le sorgenti vicine (Funtana Don Dimitri per esempio) oppure falde più profonde a ciclo poliennale, insediate su litologie permeabili comprese tra strati basaltici differenziati.

Tra le diverse colate, se distanziate da un più lungo periodo, è possibile ritrovare, sedimenti continentali, che costituiscono un altro importante imbrifero.

Le falde superficiali possono essere ubicate a pochi metri dalla superficie, in zone di accumulo, con carattere stagionale oppure permanente.

Altre aree a comportamento tendenzialmente impermeabile e con falde superficiali, sono evidenziate da locali ristagni d'acqua in concomitanza con episodi piovosi, in particolare in regione Castigadu e Murenu. In coincidenza con fenomeni piovosi di eccezionale intensità, si possono verificare, a partire da queste aree, fenomeni di alluvionamento condizionati da un deflusso lento a causa delle pendenze, tali fenomeni sono controllabili con una corretta pulizia dei drenaggi e dei canali, in parte sono stati eliminati con la costruzione di adeguati canali lungo la SS 131.

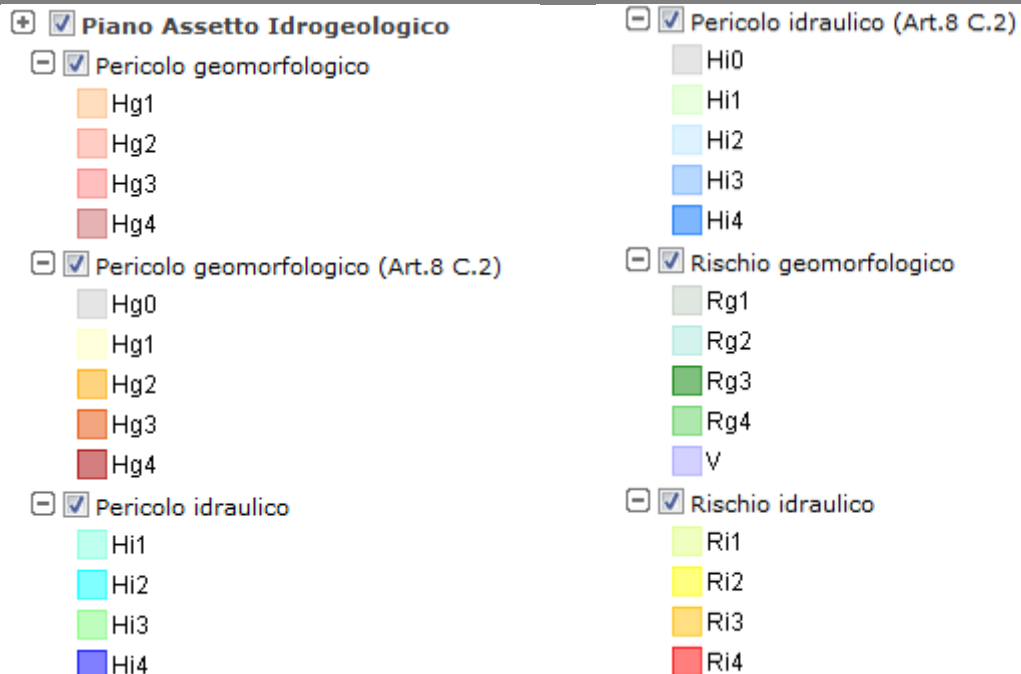
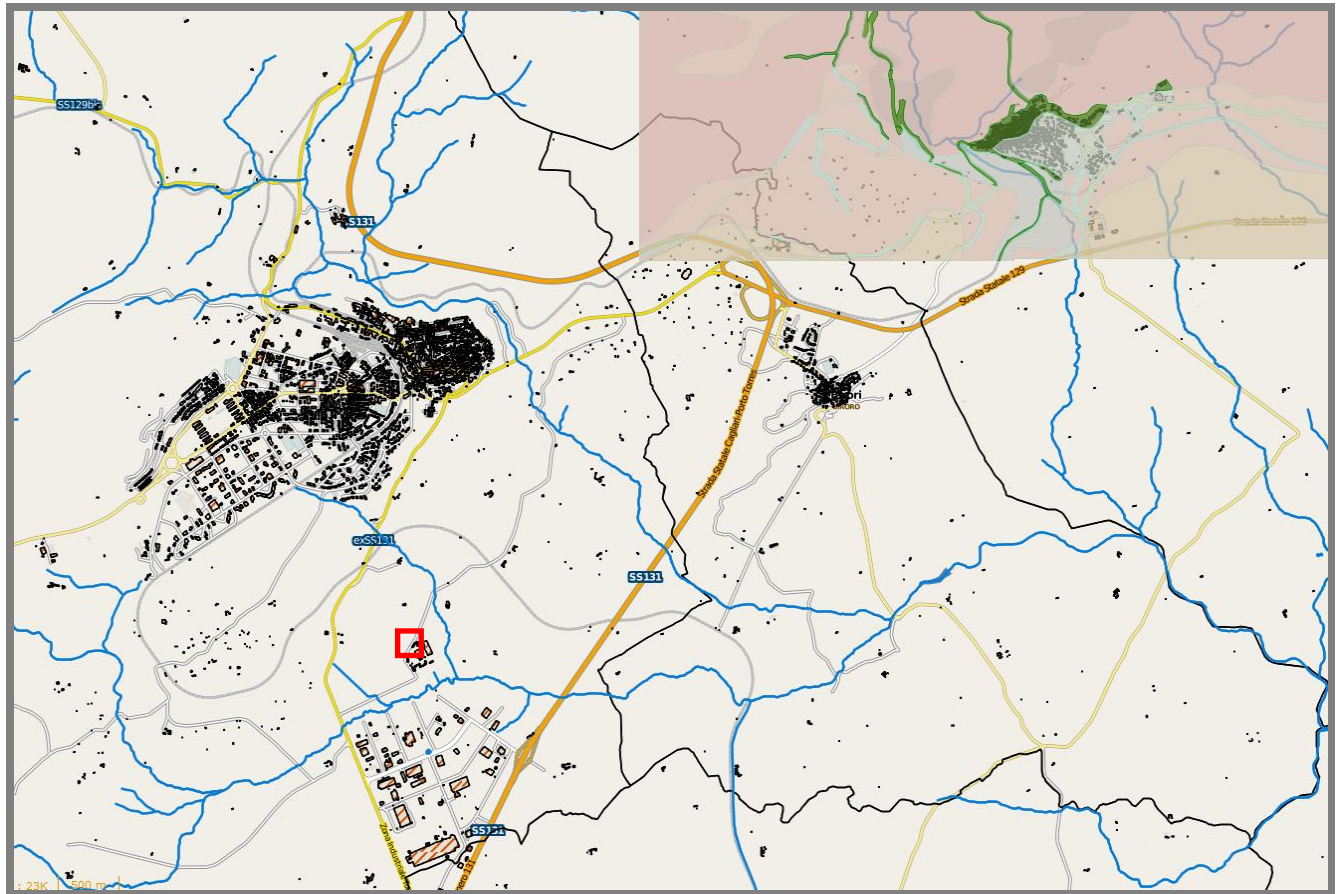
Nel settore l'idrografia superficiale è organizzata in reticoli. L'asta fluviale più importante è quella del Rio Tossilo con direzione Ovest – Est.

L'impluvio drena tutte le acque superficiali della zona industriale che interessa l'area di progetto.

Il regime del rio è quello tipicamente mediterraneo, con le portate massime concentrate nel periodo autunnale e primaverile ed un esteso periodo di magra estivo con l'annullamento della portata nel periodo di maggiore siccità.



Tale regime è parzialmente modificato dagli apporti della sorgente perenne Funtana Don Dimitri e soprattutto dall'apporto costante dei reflui urbani depurati, che cambiano il regime idrico della parte a valle del Rio Tossilo.

Dal punto di vista del Piano di Assetto idrogeologico (PAI), aggiornato con Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del 21703/2008, la zona di Macomer appartiene ai sub-bacini nr. 2 Tirso e nr.3 Coghinas-Mannu-Temo; nello specifico l'area di intervento oggetto del presente studio è ricompresa nel sub-bacino nr. 2 Tirso e dalla consultazione del Piano non risultano indicazioni circa il rischio di esondazione e franamento (vedi immagine seguente):



**Figura 25** Estratto dalla cartografia del PAI reperibile sul Geoportale della Regione Autonoma Sardegna – Ubicazione area di intervento (quadrato rosso)

L'unico evento di reale rischio idrogeologico che potrebbe interessare l'area di progetto è una piena eccezionale del Riu Tossilo, compensata tuttavia dalla "Fascia di rispetto del Riu Tossilo" (150 m), senza pertanto mai interessare le aree destinate ad insediamenti produttivi, servizi o di viabilità.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 62/103	

Partendo dal presupposto che dal PAI si evince che il sub-bacino di Macomer e quindi la zona Industriale in Località Tossilo, non è inclusa in alcun tipo fra le aree a rischio idraulico né a rischio frana, si è studiato, con particolare attenzione, l'unico evento di reale rischio idrogeologico che potrebbe interessare l'impianto, e cioè gli effetti di una piena eccezionale del Rio Tossilo.

Del quale studio, eseguito dal Dott. Ing. G. Demontis, è stato riportato il testo seguente:

*“Scopo del presente studio è pertanto la valutazione degli effetti che una piena eccezionale (e con tempo di ritorno non inferiore ai 200 anni) potrebbe avere sulle aree limitrofe all'alveo del rio Tossilo, nel tratto interessato dall'ampliamento.*

*Si dovrà quindi accertare la estensione delle aree che corrono il rischio di rimanere allagate a seguito della piena di cui sopra, e verificare inoltre se parte delle aree impegnate dalle infrastrutture o dagli insediamenti industriali possa subire danni per effetto di eventi meteorici straordinari e, in tal caso, prevedere le opportune opere a difesa.*

*Si dovrà a tal fine procedere dapprima al calcolo delle portate di piena ragionevolmente prevedibili e verificare poi con quale battente d'acqua esse transitano nel tratto del rio compreso all'interno dell'agglomerato industriale, estendendo la ricerca a due – tre sezioni caratteristiche.*

*Pertanto sarà anzitutto necessario valutare quali sono le precipitazioni che possono mettere in crisi il bacino idrografico sotteso dalla sezione considerata, tenendo in opportuno conto le seguenti considerazioni di carattere generale.*

*Le piogge di lunga durata hanno di norma anche debole intensità, e non sono pertanto in grado di creare dei gravi problemi di piena, in quanto esse inizialmente vengono in buona parte ritenute dalla imbibizione dello strato di terreno vegetale e, nella fase successiva, smaltite dal rio senza esondazioni di rilievo al di fuori dell'alveo naturale.*

*Al contrario, le piogge di breve durata sono invece quelle che hanno in genere maggiori intensità.*

*Bisogna però rilevare che, in considerazione della discreta estensione dei bacini imbriferi sottesi delle sezioni in esame, le precipitazioni di brevissima durata e forte intensità non sono neanche esse in grado di creare problemi, in quanto, alla fine della pioggia, la parte più lontana del bacino non avrà ancora fatto sentire il suo apporto e viceversa, quando questo contributo idrico giungerà alla sezione in esame, la parte più vicina avrà già finito di dare il proprio apporto di piena.*

*Le precipitazioni che riescono a mettere in crisi il bacino sono quindi quelle di intensità medio-alta e di durata pari, o leggermente superiore al tempo che le particelle d'acqua cadute sulla parte idraulicamente più lontana del bacino impiegano ad arrivare alla sezione del corso d'acqua in esame.*

*Tale intervallo di tempo è anche noto come Tempo di corrivazione del bacino ( $T_c$ ), e rappresenta una caratteristica del bacino e di ciascuna sezione del corso d'acqua in esame.*

*Tra le varie formule proposte nella letteratura tecnica per il calcolo del Tempo di corrivazione, quella che di norma viene ritenuta più adatta per i bacini sardi e quindi quella più frequentemente utilizzata per casi simili è la seconda formula del Ventura, che ha espressione:*

$$T_c = 24 * 0,0053 * (S/i)^{1/2} \quad \text{con } T_c \text{ espresso in ore, e dove:}$$



$S$  = Superficie del bacino espressa in Km<sup>2</sup>.

$$i = \text{pendenza ragguagliata del bacino, con } (i)^{1/2} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}{L_1 / (i_1)^{1/2} + L_2 / (i_2)^{1/2} + \dots + L_n / (i_n)^{1/2}}$$

Resta a questo punto da stabilire la intensità critica di pioggia che cade nel bacino idrografico sotteso dalla sezione del corso d'acqua in esame, durante il tempo  $T_c$  considerato e che, come si vedrà meglio nel seguito, nel nostro caso è dell'ordine di poche ore.

Si farà ricorso a tal fine alle Curve di possibilità pluviometrica per le piogge di durata inferiore alle 24 ore in Sardegna, ricavate da Cao – Pazzaglia – Puddu per i piccoli bacini e valide, per quanto detto, per le piogge di breve durata e forte intensità.

Poiché il rio Tossilo è ubicato a pochi chilometri dalla stazione pluviometrica di Campeda, appare logico utilizzare per i nostri calcoli la curva pluviometrica relativa a tale stazione (1° tipo pluviometrico), la cui espressione, secondo la ultima revisione, vale:

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 63/103	

$$h = h_1 * t^{(0,305041 - 0,017147 u)},$$

dove:

$h$  = altezza della pioggia critica relativa al generico tempo  $t$  (ore), espressa in mm.;

$u$  = frattile relativo alla probabilità di non ritorno assegnata;

$h_1$  = altezza in mm della pioggia relativa alla durata di 1 ora, avente espressione:

$$\log h_1 = 1,273178 + 0,179732 * u$$

Per le piene normali, aventi ad esempio tempo di non ritorno di 30 anni, che corrisponde ad una probabilità di non accadimento dell'evento del 96,66%, si avrà:

$$u = 1,828,$$

da cui:

$$h_1 = 39,969 \text{ mm.}$$

e pertanto:

$$h = 39,969 * t^{0,2737}$$

Viceversa, per il tempo di ritorno di 1 volta ogni 200 anni richiesto dal servizio S.I.V.E.A, corrispondente ad una probabilità del 99,50%, si avrà:

$$u = 2,576,$$

da cui:

$$h = 54,471 * t^{0,2609}$$

Da ultimo si è calcolata anche la piena avente tempo di ritorno di 500 anni, corrispondente ad una probabilità del 99,90%, per la quale si avrà:

$$u = 2,878,$$

da cui:

$$h = 61,723 * t^{0,2557}$$

Conosciuta l'altezza della pioggia critica caduta nel nostro bacino, sarà a questo punto possibile determinare le portate di piena che defluiscono nella sezione dell'alveo fluviale in conseguenza delle precipitazioni dianzi determinate.

Per il calcolo di tali portate di piena verrà utilizzata la formula del metodo cinematico, avente espressione:

$$Q = \frac{C_d * h * S * 1.000 \text{ (mc/sec)}}{3.600 * T_c}$$

dove:

$h$  = altezza di pioggia come dianzi determinata, espressa in mm.;

$S$  = superficie del bacino in Km<sup>2</sup>,

$T_c$  = tempo espresso in ore;

$C_d$  = coefficiente di deflusso, in questo caso prudenzialmente posto pari a  $C_d = 1$ .

In altri termini, a vantaggio della sicurezza, col porre  $C_d = 1$  non si terrà conto del fatto che in realtà le prime piogge non contribuiscono alle portate di piena, in quanto vengono trattenute dal terreno per riempire i piccoli invasi e per saturare il suolo, e si è quindi supposto che tutta l'acqua che cade entro il bacino defluisca, da subito, nella sezione dell'alveo considerata.

Si pone a questo punto il problema di stabilire l'effetto che la piena così determinata avrà sulla sezione considerata, ovvero di stabilire con quale tirante d'acqua tale portata riesce a defluire nella sezione idraulica in esame.

Sarà a tal fine necessario procedere al calcolo della curva delle portate per le sezioni considerate, mediante la formula di Chezy:

$$V = (R * i)^{1/2} * \chi$$

$$\text{e quindi: } A * (R * i)^{1/2} * \chi$$

Con  $\chi$  dato dall'espressione di Kutter:

$$\chi = \frac{100 * (R)^{1/2}}{m * (R)^{1/2}}$$

dove:

$V$  = Velocità media (m/sec);

$Q$  = Portata media (mc/sec);

$R = (A / C)$  Raggio idraulico (m.);

$A$  = Area della sezione liquida (mq);

$C$  = Contorno bagnato (m);

$i$  = Pendenza media dell'alveo nella sezione considerata;

$m$  = Coefficiente di scabrezza che, per corsi d'acqua naturali ed alveo in terra, vale  $m = 1,75$ .

Sulla base di quanto sopra esposto, si è poi proceduto all'applicazione di tali procedure a tre sezioni significative dell'asta del rio interessata dall'ampliamento dell'agglomerato ed ubicate:

- la prima (sezione A) all'inizio dell'agglomerato, in corrispondenza del ponte esistente sulla ex. S.S. 131, che delimita ad Ovest l'intera zona industriale;
- la seconda (sezione B) sita in un punto intermedio dell'asta di fiume considerata, e più esattamente a circa 100 ml. dalla recinzione dell'esistente impianto di depurazione e di trattamento R.U., in corrispondenza di un tratto del Rio caratterizzato da bassa pendenza longitudinale e quindi dove risulta più problematico il deflusso delle eventuali portate di piena;
- la terza (sezione C) alla fine della tratta interessata dall'ampliamento (nel punto cioè avente bacino imbrifero maggiore e quindi portata di piena massima), in corrispondenza dell'incrocio del rio con la nuova S.S. 131, la quale delimita a Sud ed ad Est il nuovo agglomerato.

Dallo sviluppo dei calcoli di sopra descritti, e riportati nel dettaglio sia nelle tabelle che negli schemi grafici di seguito allegati, emerge che, in tutte le sezioni fluviali esaminate, le portate di piena considerate, ivi comprese quelle derivanti da eventi meteorici eccezionali, defluiscono tutte nelle aree comprese entro la fascia che già il Piano appositamente individua quale "Fascia di rispetto del Rio Tossilo", senza che esse vadano mai ad interessare le aree destinate ad insediamenti produttivi, servizi o viabilità, sia dell'agglomerato esistente che dell'ampliamento proposto, le quali non corrono pertanto alcun rischio di rimanere allagate o subire danni per effetto delle piene di cui detto.

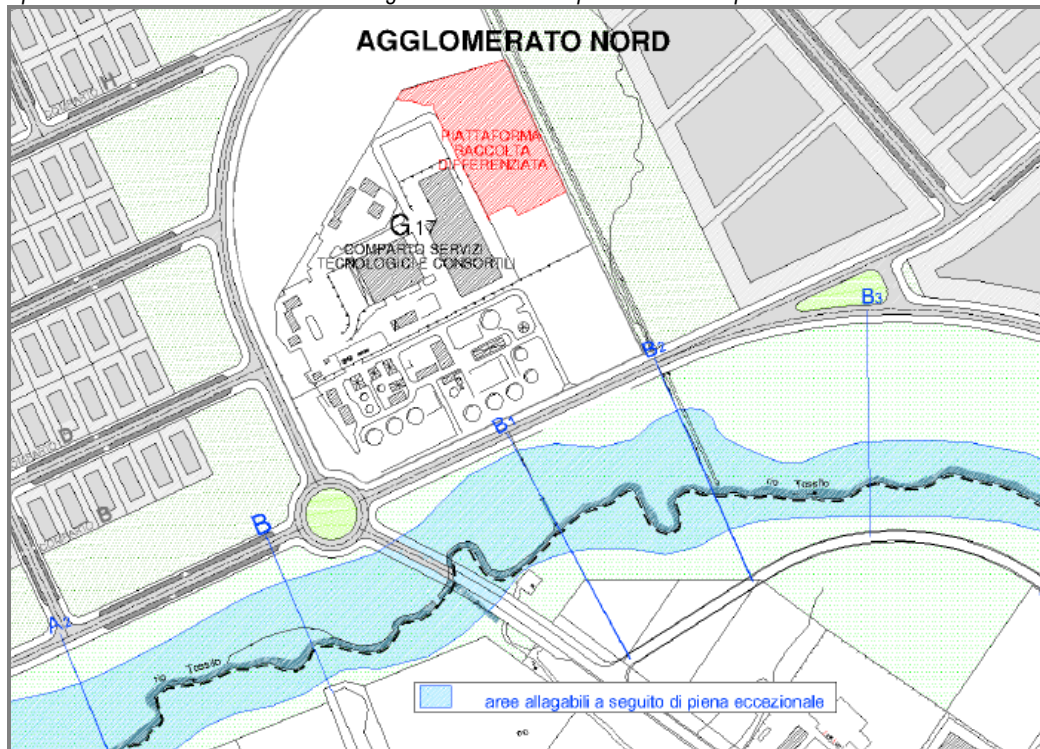




Figura 26 Planimetria aree allagabili a seguito di piena eccezionale del Rio Tossilo

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 65/103	

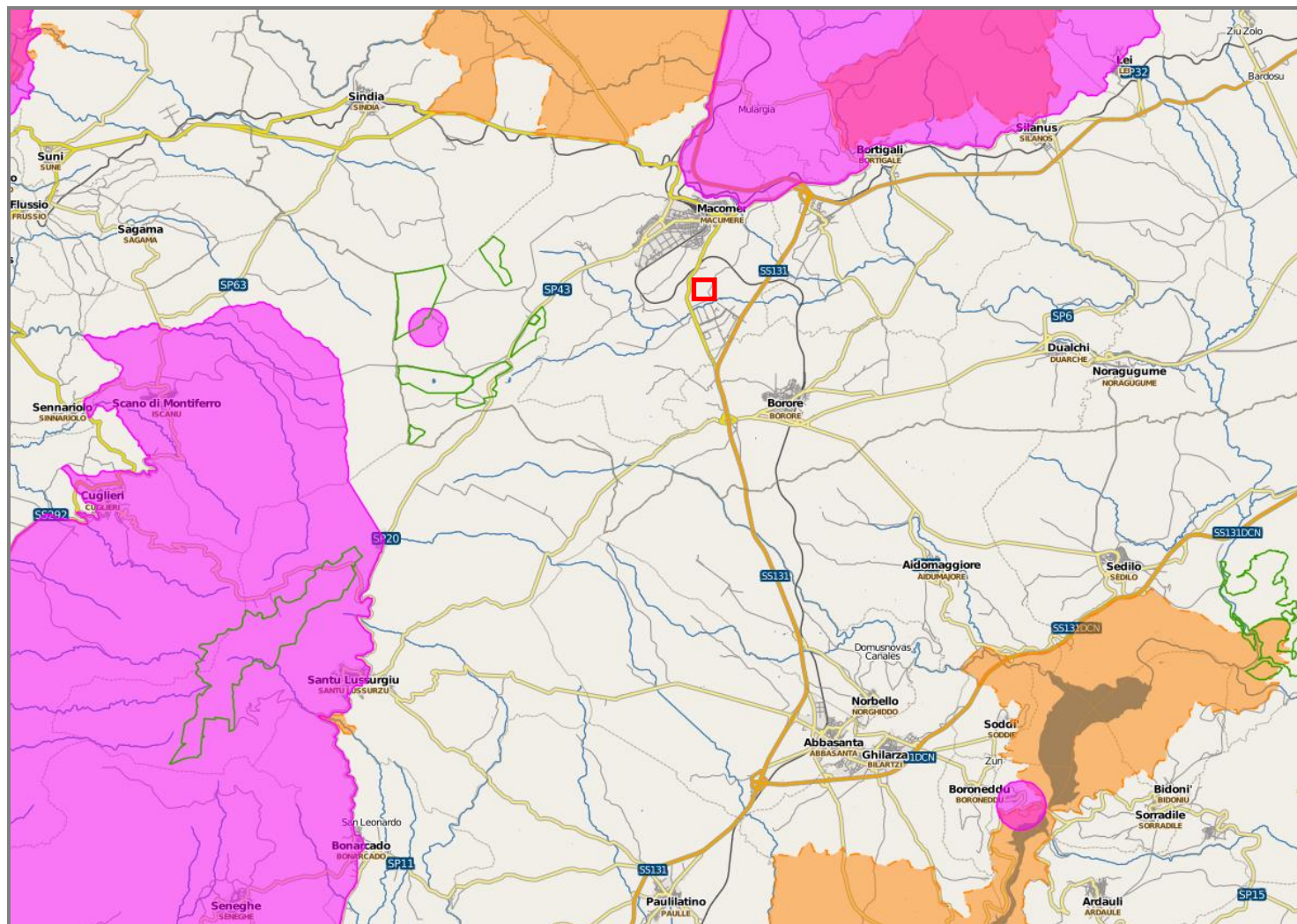
## 7.AMBIENTE NATURALE

Analizzando l'area di progetto localmente, questa risulta inserita all'interno di una nuova area industriale di recente realizzazione; pertanto non risultano aspetti faunistici e relativi alla flora di particolare rilievo da tutelare.

L'area di progetto non risulta altresì inserita all'interno di corridoi ecologici ed inoltre non si trova all'interno di aree protette Regionali (L.R. 7 giugno 1989, n. 31) o Nazionali (L.N. 6 dicembre 1991, n. 394) e, nemmeno in aree finitime alle stesse, allo stesso modo non è assoggettata a vincoli comunitari in base alla Direttiva Habitat 92/43/CEE (Area SIC), né Direttiva Uccelli 79/409/CEE (ZPS).



Le aree SIC più vicine sono quelle denominate Stagno di Molentargius e territori limitrofi (4 km a SO), Riu S. Barzolu (7 km a N), Monte dei Sette Fratelli e Sarrabus (8,5 km a E), Bruncu de su Monte Moru- Geremeas (Mari Pintau) e Costa di Cagliari (da 13,5 km a SE). Le aree ZPS più prossime si trovano a SO, e sono lo Stagno di Molentargius e lo Stagno di Cagliari.

Per una completezza di analisi occorre valutare dal punto di vista ambientale floro-faunistico anche l'area vasta associata al sito di intervento; tale studio verrà affrontato nei prossimi capitoli 7.1 e 7.2



- Aree gestione speciale ente foreste
- Oasi permanenti di protezione faunistica
- Sistema regionale parchi, riserve e monum naturali
- SIC
- ZPS

Figura 27 Carta delle Aree di interesse naturalistico con ubicazione intervento (quadrato rosso)

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 67/103	

### 7.1.1 Flora e vegetazione

La flora di un sito o di un territorio è l'insieme delle specie vegetali che occupano una determinata area. Esse si associano in comunità vegetali che risultano in equilibrio tra loro e con i fattori ambientali (temperatura, umidità, esposizione, suolo, altitudine, ecc.).

La vegetazione è il complesso delle piante che si trovano in un dato territorio, determinandone la "fisionomia".

In questo senso la flora corrisponde ad un puro elenco di individui di un dato territorio, la vegetazione indica come tali individui la costituiscono, quale sia il loro portamento, il loro numero, come si aggregano e così via.

Si parla di "vegetazione reale" per indicare le presenze effettive e di "vegetazione potenziale" per indicare la vegetazione che sarebbe presente nei vari stadi dell'evoluzione naturale (climax) senza la presenza di perturbazioni esterne che la allontanano dallo stato di equilibrio, in altre parole quella fitocenosi che appare in equilibrio con l'ambiente.

Nell'area di studio si è rilevato che la vegetazione climatofila era caratterizzata da cenosi forestali di latifoglie decidue e semidecidue (bosco di roverella), impostate su suoli derivanti dal disfacimento di vulcaniti plio-pleistoceniche con spiccate caratteristiche andiche.

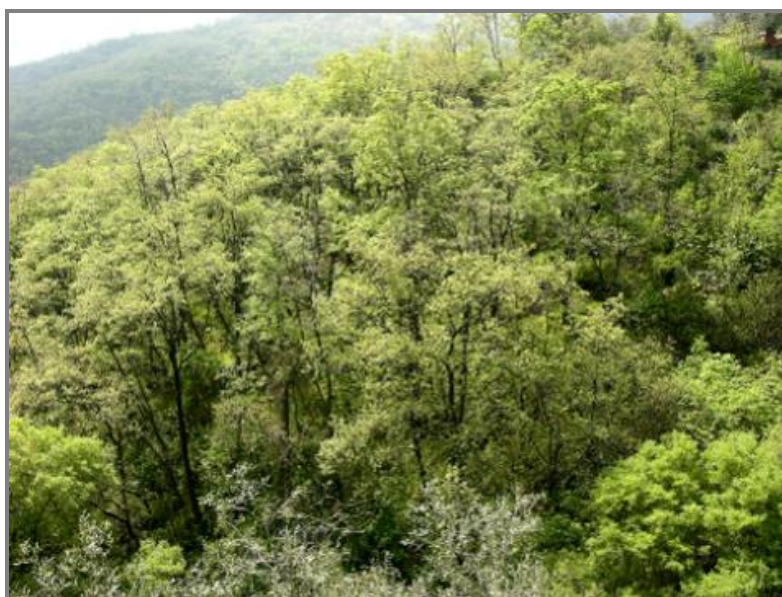
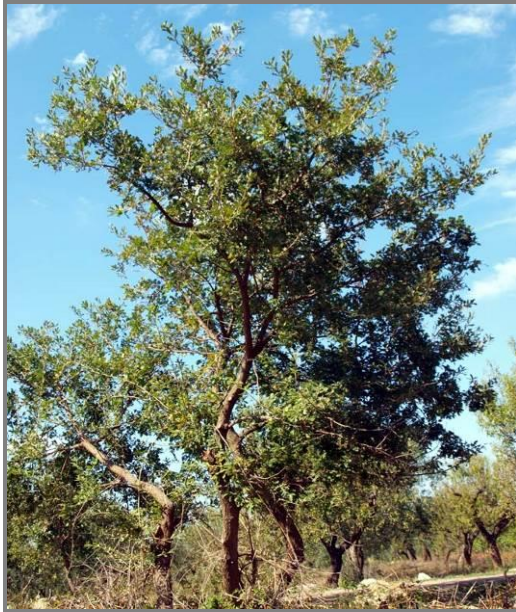


Figura 28 Tipico bosco di Roverella

Lembi di queste formazioni forestali si sono rinvenute in limitate e marginali porzioni del territorio, caratterizzato da un fitoclima inquadabile nel piano mesomediterraneo superiore e inferiore.

Lo strato erbaceo è caratterizzato prevalentemente da emicriptofite scapose o cespitose, accompagnate da geofite bulbose.

Nei querceti dell'area sono presenti *Quercus ichnusae* Mossa, *Quercus dalechampii* Ten, *Ornithogalum pyrenaicum* L. assenti nelle aree confinanti.



Quercus dalechampii Ten



Ornithogalum pyrenaicum L.

La diagnosi vegetazionale si è potuta espletare per il ripetuto rinvenimento lungo i muretti e nelle siepi delle specie di corteggio e accompagnamento della formazione, nonché dai rari elementi arborei rimasti e i rarissimi angoli seminaturali.

Dai rilevamenti di campo risultano accompagnare la formazione frequentemente le seguenti specie:

*Hedera helix* L. subsp. *helix*, *Luzula forsteri* DC, *Viola alba* Besser subsp. *dehnhardtii* (Ten.) W. Becker, *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv., *Clematis vitalba* L., *Rubia peregrina* L, *Carex distachya* Desf., *Rubus* gr. *ulmifolius* Schott, *Crataegus monogyna* Jack, *Pteridium aquilinum* Kuhn, *Clinopodium vulgare* L. subsp. *arundanum* (Boiss.) Nyman, *Ranunculus bulbosus* L. ssp. *aleae* (Willk.) Rouy et Fouc., *Prunus spinosa* L., *Cistus salvifolius* L., *Asparagus acutifolius* L., *Pyrus spinosa* Forssk., *Rosa sempervirens* L. Sono formazioni di caducifoglie climatofile edafo-mesofile riferibili all'associazione *Ornithogalo pyrenaici-Quercetum ichnusae* G. Bacchetta, E. Biondi, E. Farris, R. Filigheddu & L. Mossa (vedi tabella seguente).



*Hedera helix* L. subsp. *helix*



*Luzula forsteri* DC



*Viola alba*



L'inquadramento bioclimatico di questa formazione è: Mediterraneo pluvistagionale oceanico, in condizioni termotipiche e ombrotipiche comprese tra il mesomediterraneo inferiore-subumido inferiore ed il mesomediterraneo superiore-umido inferiore, mostrando un optimum bioclimatico di tipo mesomediterraneo superiore-subumido superiore.

I mantelli di tali boschi, quando integri, sono prevalentemente da attribuire all'alleanza: *Pruno-Rubion*.

Gli arbusteti che derivano dalla degradazione di queste formazioni sono inquadrabili nella classe: *Cytisetea scopario-striati*.

Lungo gli orli erano presenti formazioni erbacee inquadrabili nell'ordine: *Geraneo purpurei-Cardaminetalia hirsutae*, oggi completamente alterate e degradate di cui si rilevano a stento gli elementi diagnostici.

Quindi tutte queste formazioni sono oramai ascrivibili solo nella vegetazione potenziale.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 69/103	

Il territorio attualmente è particolarmente degradato, per le pregresse e continue attività di esbosco e incendio con trasformazioni a fini meramente antropici quali i pascoli.

La perdita del manto boschivo e arbustivo, accompagnato dal pascolamento ha favorito l'instaurarsi delle comunità di cenosi erbacee appartenenti alle classi:

*Poetea bulbosae*, *Molino-Arrhenatheretea*, *Molino-Arrhenatheretea*, *Stellarietea mediae*, *Tuberarietea guttatae*.

Nella classe *Poetea bulbosae*, sono incluse le principali associazioni erbacee che caratterizzano il pascolo ovino, tra queste è ampiamente estesa l'associazione *Trifolium nigrescentis-Poetum bulbosae*.

Fortemente caratterizzata dalla presenza della *Poa bulbosa* L. (*Fienarola bulbosa*), *Trifolium nigrescens* Viv. subsp. *Nigrescens*.

La classe: *Molino-Arrhenatheretea*, con praterie mesofile, su suoli neutri o poco acidi non troppo secchi in estate. Caratterizzati da specie quali: *Cynosurus cri status* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., *Trifolium pratense* L., *Rumex acetosa* L., ecc.

La classe: *Tuberarietea guttatae*, prati di ambienti substepici, specie caratteristica: *Stipa capensis*, *Brachypodium retusum*, *Brachypodium distachyum* (L.).

La classe: *Stellarietea mediae*, vegetazione nitrifilo-ruderale e infestante, bordi stradali asciutti.

Specie caratteristiche: *Stellaria media*, *Chenopodium album* L., *Senecio vulgare* L., *Solanum nigrum* L., ecc.

Le attività di bonifica e drenaggio per il miglioramento dei pascoli hanno determinato la totale scomparsa delle formazioni anfibe tipiche dei paules.

Sul fondo delle depressioni permangono rarissimi elementi indiziali: *Ranunculus aquatilis* L., *Eryngium corniculatum*, *Crypsis alopecuroides*.

#### 7.1.2 Stato ex ante della componente

In ogni angolo del territorio esaminato, tutte le formazioni naturali o seminaturali, sono costantemente sottoposte a forte sfruttamento e pressioni antropiche.

Il territorio attualmente è particolarmente degradato, per le pregresse e continue attività di esbosco e incendio con trasformazioni a pascolo.

L'elevato carico ovino e bovino, le attività di spietramento meccanico, le irrazionali bonifiche, la coltivazione e semina di specie alloctone a scapito delle spontanee stanno determinando un'alterazione irreversibile della componente floristica autoctona. L'esposizione alla ventosità, l'elevata pietrosità e lo sfruttamento per il pascolamento, impediscono la colonizzazione di specie arboree ed arbustive.

Le modificazioni determinate da questa impropria gestione del territorio è già ampiamente diagnosticabile in vaste zone che presentano ampi affioramenti rocciosi ed evidenti modificazioni della componente floristica con quasi assenza della componente endemica, netta diminuzione delle specie pabulari pregiate, particolarmente presenti nelle associazioni della classe *Poetea bulbosae*, e forte aumento delle specie blande, nitrofile e sinantropiche di scarso o nullo interesse pabulare.

Si rileva, infatti, una forte espansione su vaste superfici e con elevati indici di copertura di: *Asphodelus microcarpus*, *Carlina corymbosa* L., *Daphne gnidium* L., tutte le componenti dei *Stellarietea mediae* costituiti da associazioni di specie scarsamente o nulla pabulari, tipiche di suoli poveri e aridi.



*Asphodelus microcarpus*



Daphne gnidium



Carlina corymbosa

Pertanto l'area in esame, pur presentando un forte degrado sia nell'ambito dei suoli che in quello delle specie nobili del pascolo, è pur possibile un ripristino del cotico con opportuni interventi sia agronomici che di regimazione del pascolo. La cospicua diffusione di ferula ed asfodelo sono il segno evidente del degrado dei suoli.

#### 7.1.3 Fauna

I dati faunistici utilizzati si basano sulla bibliografia specifica su testimonianze locali e su sopralluoghi in situ.

#### 7.1.4 Checklist dei Vertebrati

Dalle "Checklist" dei Vertebrati che attualmente (2002-11) si riproducono nell'area di studio, emerge l'importanza internazionale dell'area vasta (92 kmq) per alcune specie nidificanti con uno status di conservazione insoddisfacente a livello comunitario e regionale, tra le quali Astore sardo, Gallina prataiola, Occhione e Calandra, tutte inserite nell'Allegato I della Direttiva "Uccelli selvatici".



Astore Sardo



Gallina Prataiola



Occhione



Calandra

**Figura 29** Uccelli nidificanti

Il Nibbio reale e la Gallina prataiola risultano minacciate anche a livello mondiale, ambedue classificate NT – near threatened, (IUCN, 2011).

Tra i mammiferi presenti sono minacciati a livello mondiale: Rinolofo di Mehely, Vespertilio di Capaccini (ambedue vulnerable – VU), Vespertilio maghrebino e Miniottero (ambedue NT – near threatened).

Nell'area piccola di studio (7 kmq) le specie con uno status di conservazione insoddisfacente a livello regionale o comunitario comprendono tra le altre: Gheppio, Pernice sarda, Quaglia, Occhione, Tortora selvatica, Cuculo, Barbagianni, Assiolo, Civetta, Upupa, Calandra, Tottavilla, Allodola, Rondine, Calandro, Pigliamosche, Averla piccola, Averla capirosa, Fanello e Strillozzo.

Soltanto le seguenti 6 specie figurano nell'Allegato I della Direttiva "Uccelli selvatici": Pernice sarda, Occhione, Calandra, Tottavilla, Calandro, Magnanina, e Averla piccola.



Pernice sarda



Magagnina

Le specie degli anfibi e dei rettili d'interesse comunitario ai sensi della Direttiva "Habitat" e le forme endemiche non dovrebbero subire impatti rilevanti dalla costruzione e dal funzionamento della nuova linea di termovalorizzazione dell'impianto di Macomer/Tossilo.

Le specie presenti nell'area vasta di studio appartengono alle seguenti unità tassonomiche: Podicipedidae, Anatidae, Accipitridae, Falconidae, Otidae, Strigiformes, Charadriiformes e Passeriformes.

I gruppi più a rischio sono evidenziati in grassetto nella tabella seguente:

Gruppo di specie	Spostamenti (dislocation) a causa di disturbo	Barriere al movimento	Collisione	Perdita e/o danneggiamento di habitat
<i>Podicipedidae</i>	x			
<i>Anatidae</i>	x	x	x	x
<i>Accipitridae, Falconidae</i>	x		x	
<i>Otidae</i>	x	x	x	x
<i>Charadriiformes</i>	x	x		
<i>Strigiformes</i>			x	
<i>Gruiformes</i>	x	x	x	
<i>Passeriformes</i>			x	

Figura 30 Gruppi di specie d'uccelli particolarmente sensibili a impianti eolici (dislocazione, effetto barriera, collisione, perdita di habitat) sulla base di analisi bibliografica di BirdLife International (da Langston & Pullan, 2003, modificato) e presenti nell'area piccola di studio



Ai fini della valutazione d'impatto potenziale dell'impianto eolico sulla fauna, si considerano i Vertebrata (Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia) che si riproducono nell'area piccola (7 km<sup>2</sup>) o la frequentano regolarmente.

L'impatto del programma del progetto oggetto del presente studio sulla fauna, viene trattato in relazione alla possibile entità, separatamente per l'avifauna, i chiroterri e gli altri vertebrati, e si distingue tra impatto in fase di costruzione, in fase di esercizio e in fase di dismissione e ripristino.

#### 7.1.5 Valutazione delle Risorse faunistiche

La valutazione dell'impatto sugli uccelli monitorati nell'area piccola di studio (7 km<sup>2</sup>) è preceduta da una sintetica descrizione dello status legale e dello status di conservazione dell'avifauna presente nell'area piccola di studio.

Lo studio prende poi in considerazione per le 3 fasi (costruzione, esercizio e dismissione – se pertinenti) il rischio della perdita di habitat, il rischio di spostamenti (dislocation) a causa di disturbo e l'effetto barriera al movimento dell'avifauna.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 72/103	

Si illustrano lo status legale regionale e comunitario delle 118 specie regolarmente osservate durante l'ultimo decennio nell'area piccola di studio, di cui 58 sono nidificanti (nidificazione possibile, probabile o certa).

Delle 58 specie nidificanti, 9 (15,5%) sono cacciabili, 45 (77,6%) risultano protette e 4 (6,9%) particolarmente protette. Lo status legale in Sardegna di tutte le 118 specie nidificanti e ospiti è il seguente:

- 16 specie sono cacciabili (13,6% del totale di 118),
- 73 specie risultano protette (61,9% del totale di 118),
- 29 specie godono della particolare protezione legale della normativa regionale (L.R.23/1998). Per le 11 specie contrassegnate con un asterisco (\*), la Regione adotta provvedimenti prioritari atti ad istituire un regime di rigorosa tutela dei loro habitat.

29 specie (24,6% del totale di 118) risultano particolarmente protette a livello regionale:	
*Nitticora *Garzetta Airone bianco maggiore Cicogna bianca Falco pecchiaiolo Nibbio bruno *Nibbio reale *Grifone Falco di palude Albanella reale *Albanella minore *Astore sardo Sparviere Poiana Gheppio	Smeriglio Lodolaio *Falco della regina Pellegrino *Gallina prataiola *Occhione Piviere dorato Piro piro boschereccio Martin pescatore *Gabbiano comune *Ghiandaia marina Calandra Spioncello Culbianco.

La tutela legale a livello comunitario (UE) fa essenzialmente riferimento alle specie elencate nell'Allegato I della Direttiva "Uccelli selvatici" (79/409/CEE).

Delle 58 specie nidificanti 8 (13,8%) sono inserite nell'Allegato I della Direttiva "Uccelli selvatici" e godono quindi della particolare protezione della normativa comunitaria:	
Pernice sarda, Succiacapre, Tottavilla, Calandro,	Calandra, Magnanina sarda, Occhione, Calandrella.

Lo status legale a livello comunitario delle 118 specie nidificanti (in caratteri normali) e ospiti (in corsivo), monitorate nell'area piccola di studio, interessa 29 specie (24,6% del totale) che figurano nell'Allegato I della "Direttiva". Per le altre specie, si rimanda alla Checklist e alla Direttiva 79/409/CEE e successive modificazioni. Le specie "prioritarie" ai sensi della "Direttiva" sono precedute da un asterisco (*). 8 specie (27,6%) nidificano nell'area piccola di studio e le rimanenti 21 sono ospiti (72,4%):	
Nitticora Garzetta Airone bianco maggiore Cicogna bianca Falco pecchiaiolo Nibbio bruno Nibbio reale Grifone Falco di palude Albanella reale Albanella minore *Astore sardo Smeriglio *Falco della regina	Pernice sarda *Gallina prataiola Occhione Piviere dorato Piro piro boschereccio Succiacapre Martin pescatore Ghiandaia marina Calandra Calandrella Tottavilla Calandro Magnanina sarda Magnanina

Pellegrino	Averla piccola.
------------	-----------------

Lo status di conservazione a livello regionale fa riferimento a Schenk (2003 aggiornato al 2009) e quello comunitario all'Allegato I della Direttiva "Uccelli selvatici" e a BirdLife International (2004), trattando sia le 58 specie nidificanti che le 118 complessive (nidificanti e ospiti).

**Lo status di conservazione regionale delle 58 specie nidificanti è il seguente:**

1 specie (1,7%) è vulnerabile (VU) a livello regionale
--

Averla capriosa;

9 specie (15,5%) risultano quasi minacciate (NT) a livello regionale:
---

Quaglia,  
 Occhione,  
 Tortora selvatica,  
 Barbagianni,  
 Gruccione,  
 Upupa,  
 Calandra,  
 Calandrella,  
 Sterpazzola di Sardegna;

1 specie (1,7%) è stata classificata con carenza di informazioni (DD) a livello regionale:
--

Succiacapre

47 specie (81,0%) risultano non minacciate (LC) in Sardegna
---

Complessivamente le specie nidificanti con uno status di conservazione insoddisfacente a livello regionale (VU; NT) sono 10 (17,2% del totale di 58).

**Lo status di conservazione a livello regionale (schenk, 2009) di tutte le 118 specie osservate nell'area piccola di studio è il seguente:**

Nota: Le specie minacciate a livello mondiale (IUCN, 2011) sono precedute da un asterisco \* e quelle elencate nell'Allegato

I della Direttiva "Uccelli selvatici" vengono presentate in **grassetto** (normale o corsivo).

Specie estinte (EX) – 1 specie (0,8%)
---------------------------------------

Nibbio bruno (solo popolazione nidificante)

Specie in pericolo critico (CR) - 2 specie (1,7%)
---



\*Nibbio reale  
 Grifone

Specie vulnerabili (VU) – 5 specie (4,2%)
---

Albanella minore  
 \*Astore sardo  
 \*Gallina prataiola  
 Gabbiano comune  
 Averla capriosa

Specie quasi minacciate (NT) – 17 specie (14,4%)
--

Nitticora  
 Garzetta  
 Falco di palude  
 Falco della regina  
 Pellegrino  
 Quaglia  
 Occhione  
 Tortora selvatica

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 74/103	

Barbagianni  
 Gruccione  
 \*Ghiandaia marina  
 Upupa  
 Calandra  
 Calandrella  
 Cutrettola  
 Sterpazzola di Sardegna  
 Averla piccola

Specie con carenza di informazioni (DD) – 5 specie (4,2%)

Marzaiola – DD  
 Lodolaio – DD  
 Gufo comune – DD  
 Succiacapre – DD  
 Martin pescatore – DD;  
 Gufo comune – DD  
 Succiacapre – DD  
 Martin pescatore – DD;



Specie non valutate (NE) – 28 specie (23,7%)

Airone bianco maggiore – NE  
 Airone cenerino – NE  
 Cicogna bianca – NE  
 Alzavola – NE  
 Falco pecchiaiolo – NE  
 Albanella reale – NE  
 Falco cuculo – NE  
 Smeriglio – NE  
 Piviere dorato – NE  
 Pavoncella – NE  
 Beccaccino – NE  
 Beccaccia – NE  
 Piro piro culbianco – NE  
 Piro piro boschereccio – NE  
 Pispola – NE  
 Ballerina bianca – NE  
 Passera scopaiola – NE  
 Codiroso spazzacamino – NE  
 Codiroso – NE  
 Stiaccino – NE  
 Tordo bottaccio – NE  
 Sterpazzola – NE  
 Lui piccolo – NE  
 Lui grosso – NE  
 Balia nera – NE  
 Rigogolo – NE  
 Storno – NE  
 Lucarino – NE.

Le rimanenti 60 specie (50,8% del totale di 118) non sono attualmente minacciate in Sardegna (LC).

**Lo status di conservazione a livello comunitario (Birdlife International 2004) di tutte le 118 specie osservate nell'area piccola di studio è il seguente:**

Le specie dell'Allegato I della Direttiva "Uccelli selvatici" vengono evidenziate in **grassetto** (normale: specie nidificanti; corsivo: specie ospiti):

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 75/103	

Specie endangered – 1 specie (0,8%)

Falco cuculo

Specie vulnerable – 7 specie (5,9%)

Marzaiola

Pavoncella

Tortora selvatica

**Occhione**

**Ghiandia marina**

**Calandrella**

**\*Gallina prataiola**

Specie declining – 22 specie (18,6%)

Gheppio

Cuculo

Civetta

Allodola

Rondine

Balestruccio

Culbianco

Pigliamosche

Fanello

Strillozzo

Beccaccino

Pispola

Stiaccino

Lui grosso

Sorno

Barabagianni

Upupa

Cutrettola

Averla capirossa

**Nibbio reale**

**Albanella reale**

**Falco della regina.**

Specie depleted – 17 specie (14,4%)

Assiolo

Passero solitario

Beccaccia

Codirosso

Gruccione

**Pernice sarda**

**Averla piccola**

**Succiacapre**

**Martin pescatore**

**Tottavilla**

**Calandro**

**Magnanina**

**Cicogna bianca**

**Smeriglio**

**Piviere dorato**

**Piro piro boschereccio**

**Calandra.**

Le rimanenti 71 specie (60,2%) sono state classificate secure e quindi risultano non minacciate a livello comunitario.

In base all'attuale livello conoscitivo, questo bilancio mette in evidenza una discreta importanza conservazionistica dell'area piccola di studio per l'avifauna nidificante. Sottolinea inoltre che le specie nidificanti con uno status di conservazione insoddisfacente in Sardegna incidono con una percentuale di molto inferiore rispetto alla situazione comunitaria: 17,2% (10 specie) nell'Isola contro il 46,6% (27 specie) nell'Unione Europea. Tale differenza è verosimilmente attribuibile ad almeno tre fattori differenti: uno status di conservazione delle specie nidificanti in Sardegna notevolmente migliore rispetto all'area vasta dell'Unione Europea; un livello conoscitivo dell'abbondanza e della distribuzione delle specie presenti nell'Isola più aggiornato in confronto ai dati elaborati da BirdLife International (2004) per l'Unione Europea e la discreta diversità di habitat nell'area piccola di studio (presenza di ambienti boschivi e di ambienti urbani, per esempio) che fa salire la ricchezza di specie nidificanti.

#### 7.1.6 Chiroterti

La Tabella seguente mostra i parametri relativi alle 14 specie di chiroterti potenzialmente presenti nell'area di studio (Mucedda 2008): status legale, status di conservazione (AR e UE).

Specie <sup>4</sup>	Status legale <sup>5</sup>			Status di conservazione <sup>6</sup>	
	spc	sp	spp	SAR	UE
<b>Rinolofa maggiore</b>			1	NT	All. II-NT
<b>Rinolofa minore</b>			1	VU	All. II-NT
<b>Rinolofa di Mehely</b>			1	VU	All. II-VU
<b>Vespertilio di Capaccini</b>			1	VU	All. II-VU
Vespertilio di Daubenton			1	DD	All. II-LC
<b>Vespertilio smarginato</b>			1	VU	All. II-LC
Vespertilio mustacchino			1	DD	All. IV-LC
Vespertilio maghrebino			1	NE	All. IV-NE
Pipistrello albolimbato			1	LC	All. IV-LC
Pipistrello nano			1	LC	All. IV-LC
Pipistrello di Savi			1	DD	All. IV-LC
<b>Miniottero</b>			1	NT	All. II-NT
Serotino comune			1	DD	All. IV-LC
<b>Molosso di Cestoni</b>			1	NT	All. IV-LC
<b>Totali</b>	-	-	<b>14</b>		

Figura 31 Specie di chiroterti presenti nell'area di studio

**4** Specie potenzialmente presenti nell'area vasta secondo Mucedda (2008); le specie con uno status di conservazione insoddisfacente sono evidenziate in grassetto (SAR, UE).



**5** Status legale ai sensi della L.R. n. 237/1998: spc = specie cacciabile; sp = specie protetta; spp = specie particolarmente protetta.

**6** Status di conservazione: SAR = Sardegna; UE = Unione Europea; LC = Specie non minacciata; NE = Specie non valutata; DD = Specie con carenza di informazioni; NT = Specie quasi minacciata; VU = Specie vulnerabile; EN = Specie minacciata; All. II e IV della Direttiva "Habitat" (92/43/CE).

Tutte le specie di pipistrelli godono della particolare protezione della normativa regionale (L.R. n. 23/1998) per le quali la Regione adotta provvedimenti prioritari atti ad istituire un regime di rigorosa tutela dei loro habitat.

Quattro specie (28,6%) risultano **vulnerabile** a livello regionale (Rinolofa minore, Rinolofa di Mehely, Vespertilio di Capaccini, Vespertilio smarginato), 3 (21,4%) sono **quasi minacciate** (NT): Rinolofa maggiore, Miniottero, Molosso dei Cestoni; per 4 (28,6%) le informazioni disponibili sono **carenti** (DD): Vespertilio di Daubenton, Vespertilio mustacchino, Vespertilio di Savi, Serotino comune; una specie (7,1%) non è stata valutata: Vespertilio maghrebino, e le rimanenti 2 specie (14,3%) non sono minacciate (LC): Pipistrello albolimbato, Pipistrello nano.

A livello comunitario 7 specie (46,7%) figurano nell'Allegato II della Direttiva "Habitat" che comprende le specie animali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione: Rinolofa

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 77/103	

maggiore, Rinolofo minore, Rinolofo di Mehely, Vespertilio di Capaccini, Vespertilio di Daubenton, Vespertilio smarginato, Miniottero.

Le rimanenti 7 (50,0%) figurano nell'Allegato IV della Direttiva "Habitat" che elenca le specie animali di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa.

#### 7.1.7 Altri vertebrati

Le specie di Vertebrati (uccelli e chiroteri esclusi) che si riproducono nell'area piccola di studio (7 km<sup>2</sup>) sono 33 (3 anfibi, 15 rettili, e 15 mammiferi non volanti).

In base alla normativa venatoria regionale 4 specie (12,1% del totale di 33) sono **cacciabili** (con limiti di tempo e di carniere): Lepre sarda, Coniglio selvatico, Volpe; 15 (45,5%) sono **protette**, 9 (27,3%) sono **particolarmente protette**, tra cui la Testuggine d'acqua (riproduzione probabile), per la quale la Regione prevede delle misure prioritarie per la tutela del suo habitat e 4 specie (12,1%) non godono di nessuna tutela.

Lo status di conservazione a livello regionale è il seguente: 21 specie (63,6% del totale di 33) non sono minacciate (LC); 3 (9,1%) sono specie con carenza di informazioni (DD); 7 specie (21,2%) risultano quasi minacciate (NT); una sola specie (3,0%), la Testuggine d'acqua, è stata classificata vulnerabile (VU) nel contesto regionale; un'altra specie (3,0%), la Biscia dal collare, è in pericolo (EN).

A livello comunitario 5 specie (15,2%) figurano nell'Allegato II della Direttiva "Habitat" (Discoglossio sardo, Testuggine d'acqua, Testuggine comune, Testuggine greca, Testuggine marginata) e 9 specie (27,3%) nell'Allegato IV.

Sempre a livello comunitario, applicando i criteri dell'IUCN (2001), i Vertebrata presenti nell'area piccola di studio sono stati classificati nel modo seguente (Temple & Terry, 2007; Cox & Temple, 2009; Temple & Cox 2009): 2 specie (6,1%) risultano vulnerabili (VU): Testuggine d'acqua e Testuggine greca; 5 specie (15,2%) sono quasi minacciate (NT): Testuggine comune, Tarantolino, Coniglio selvatico, Quercino sardo e Gatto selvatico; una specie (3,0%) è stata classificata con carenza di informazioni (DD): Crocidura sarda.

Le rimanenti 25 specie (75,8%) non sono minacciate (LC).

#### 7.1.8 Lista preliminare degli Uccelli (Aves)

Nell'ambito dello studio specialistico è stato stilato un elenco di seguito riportato, che va inteso come bozza per una futura Checklist di tutte le specie di uccelli sinora osservate con certezza nell'area vasta di studio (territorio di Macomer e Borore), aggiornato alla situazione di dicembre 2011.

A causa della preliminarità di questa "Lista" non vengono riportate categorie tassonomiche superiori.

#### **LISTA DEGLI UCCELLI (AVES), 1992 – 2011**

- |  |
|--|
| <p>1 Tuffetto - <i>Tachybaptus ruficollis</i>: R certa; M/O reg (ago/set-apr).<br/> * 2 Cormorano - <i>Phalacrocorax carbo</i>: M/O reg (ott-mar/apr).<br/> * 3 Nitticora - <i>Nycticorax nycticorax</i>: M/O reg (mar/apr) .<br/> * 4 Garzetta - <i>Egretta garzetta</i>: M/O reg.<br/> * 5 Airone bianco maggiore - <i>Egretta alba</i>: M/O irreg.<br/> * 6 Airone cenerino - <i>Ardea cinerea</i>: M/O reg.<br/> * 7 Cicogna bianca - <i>Ciconia ciconia</i>: M/O irreg.<br/> * 8 Alzavola – <i>Anas crecca</i>: M/O reg.<br/> 9 Germano reale - <i>Anas platyrhynchos</i>: R certa; M/O reg (gen-dic).<br/> * 10 Marzaiola - <i>Anas querquedula</i>: M/O reg (feb-apr).<br/> * 11 Falco pecchiaiolo - <i>Pernis apivorus</i>: M/O reg (set).<br/> 12 Nibbio bruno - <i>Milvus migrans</i>: M/O reg.<br/> * 13 Nibbio reale - <i>Milvus milvus</i>: R prob; M/O irreg.<br/> * 14 Grifone - <i>Gyps fulvus</i>: M/O irreg.<br/> * 15 Falco di palude - <i>Circus aeruginosus</i>: M/O reg.<br/> * 16 Albanella reale - <i>Circus cyaneus</i>: M/O reg (mar/apr; ott-feb).<br/> * 17 Albanella minore - <i>Circus pygargus</i>: M/O irreg (apr).<br/> 18 Astore sardo - <i>Accipiter gentilis</i>: R prob; M/O reg.<br/> 19 Sparviere - <i>Accipiter nisus</i>: R certa; M/O reg (set-apr).<br/> 20 Poiana - <i>Buteo buteo</i>: R certa; M/O reg (ott-mar).<br/> * 21 Aquila minore - <i>Hieraaetus pennatus</i>: Accidentale.<br/> * 22 Falco pescatore - <i>Pandion haliaetus</i>: Accidentale.<br/> 23 Gheppio – <i>Falco tinnunculus</i>: R certa (apr-lug); M/O reg (gen-dic).<br/> * 24 Falco cuculo: <i>Falco vespertinus</i>: M/O reg. (apr/mag).<br/> * 25 Smeriglio - <i>Falco columbarius</i>: M/O reg (ott-mar).<br/> 26 Lodolaio - <i>Falco subbuteo</i>: R prob; M/O reg (mag; set).</p> |
|--|

- \* 27 Falco della regina - *Falco eleonorae*: M/O reg (giu/lug)
- \* 28 Sacro - Falco cherrug: Accidentale.
- \* 29 Pellegrino - Falco peregrinus: M/O (gen-dic).
- 30 Pernice sarda - *Alectoris barbara*: R certa
- 31 Quaglia - *Coturnix coturnix*: R certa (feb-set); M/O reg (alcuni svernano).
- 32 Porciglione - *Rallus aquaticus*: R prob (apr-lug); M/O reg.
- \* 33 Voltolino - Porzana porzana: Accidentale.
- 34 Gallinella d'acqua - *Gallinula chloropus*: R certa; M/O reg (gen-dic).
- 35 Folaga - *Fulica atra*: R certa (apr-ago); M/O reg (gen-dic).
- \* 36 Gru - *Grus grus*: Accidentale.
- 37 Gallina prataiola - *Tetrax tetrax*: R certa; M/O reg.
- 38 Occhione - *Burhinus oedicephalus*: R certa (apr-lug); M/O reg.
- \* 39 Corriere piccolo - *Charadrius dubius*: M/O irreg.
- \* 40 Piviere dorato - *Pluvialis apricaria*: M/O reg (ott/nov-mar).
- \* 41 Pavoncella - *Vanellus vanellus*: M/O reg (ott-mar).
- \* 42 Combattente - *Philomachus pugnax*: M/O irreg.
- \* 43 Frullino - *Lymnocyrtus minimus*: M/O irreg.
- \* 44 Beccacino - *Gallinago gallinago*: M/O reg (lug/ago-mag).
- \* 45 Beccaccia - *Scolopax rusticola*: M/O reg (ott-mar).
- \* 46 Piro piro culbianco - *Tringa ochropus*: M/O reg (giu/mag).
- \* 47 Piro piro boschereccio - *Tringa glareola*: M/O reg (apr/mag).
- \* 48 Piro piro piccolo - *Actitis hypoleucos*: M/O reg (lug/ago).
- \* 49 Gabbiano comune - *Larus ridibundus*: M/O reg.
- \* 50 Zafferano - *Larus fuscus*: Accidentale.
- \* 51 Gabbiano reale - *Larus cachinnans*: M/O reg (gen-dic).
- 52 Piccione selvatico - *Columba livia*: R certa (gen-dic); M/O reg.
- 53 Colombaccio - *Columba palumbus*: R certa (apr-lug); M/O reg (ott/feb).
- 54 Tortora dal collare orientale - *Streptopelia decaocto*: R certa; M/O reg (gen-dic).
- 55 Tortora selvatica - *Streptopelia turtur*: R certa. (mar-set); M/O reg
- 56 Cuculo - *Cuculus canorus*: R prob (apr-ago); M/O reg.
- 57 Barbagianni - *Tyto alba*: R certa (gen-dic).
- 58 Assiolo - *Otus scops*: R certa (mar-lug); M/O reg (feb-nov; anche svernante).
- 59 Civetta - *Athene noctua*: R certa (apr-lug).
- 60 Gufo comune - *Asio otus*: R prob; M/O reg (ott-mar).
- 61 Succiacapre - *Caprimulgus europaeus*: R prob (mar/apr-ott); M/O reg.
- 62 Rondone - *Apus apus*: R certa (mar-ago); M/O reg.
- 63 Rondone pallido - *Apus pallidus*: R certa (aprile-nov); M/O reg.
- \* 64 Rondone maggiore - *Apus melba*: M/O reg (mar-mag; ago-ott).
- \* 65 Martin pescatore - *Alcedo atthis*: M/O reg (lug-apr.).
- 66 Gruccione - *Merops apiaster*: R certa (apr-set); M/O reg.
- \* 67 Ghiandaia marina - *Coracias garrulus*: M/O reg (apr; lug/ago).
- 68 Upupa - *Upupa epops*: R certa (mar-ago); M/O reg (anche svernante).
- \* 69 Torcicollo - *Jynx torquilla*: M/O irreg (mar/apr).
- 70 Picchio rosso maggiore - *Picoides major*: R certa.
- 71 Calandra - *Melanocorypha calandra*: R certa (mar-lug); M/O reg (anche svernante).
- 72 Calandrella - *Calandrella brachydactyla*: R certa (mar-ago); M/O reg;
- 73 Tottavilla - *Lullula arborea*: R certa (feb-lug); M/O reg?.
- 74 Allodola - *Alauda arvensis*: R certa (apr-lug/ago); M/O reg (anche svernante)
- \* 75 Topino - *Riparia riparia*: M/O irreg (mar/apr).
- 76 Rondine montana - *Ptyonoprogne rupestris*: R certa; M/O reg?.
- 77 Rondine - *Hirundo rustica*: R certa (mar-ott); M/O reg
- 78 Balestruccio - *Delichon urbica*: R certa (mar-ott); M/O reg.
- 79 Calandro - *Anthus campestris*: R - reg (apr-set); M/O reg.
- \* 80 Prispolone - *Anthus trivialis*: M/O irreg (apr).
- \* 81 Pispola - *Anthus pratensis*: M/O reg (ott-apr).
- \* 82 Spioncello - *Anthus spinoletta*: M/O reg (ott-apr).

- \* **83 Cutrettola - Motacilla flava: M/O reg (mar-mag).**  
 84 Ballerina gialla - Motacilla cinerea: R certa (apr-lug); M/O reg (setmar).  
 \* 85 Ballerina bianca - Motacilla alba: M/O reg (ott-mar/apr).  
 86 Scricciolo - Troglodytes troglodytes: R certa (apr-lug); M/O reg?.  
 \* 87 Passera scopaiola - Prunella modularis: M/O reg (ott-apr).  
 \* 88 Sordone - Prunella collaris: Accidentale.  
 89 Pettiroso - Erithacus rubecula: R certa (apr-lug); M/O reg ott-mar).  
 90 Usignolo - Luscinia megarhynchos: R certa (mar/apr-agosto); M/O reg.  
 \* 91 Codirosso spazzacamino - Phoenicurus ochuros: M/O reg (ottmar/apr).  
 \* 92 Codirosso - Phoenicurus phoenicurus: M/O reg (ago-ott; apr/mag);  
 \* 93 Stiaccino - Saxicola rubetra: M/O reg (apr/mag).  
 94 Saltimpalo - Saxicola torquata: R certa (feb-lug); M/O reg (gen-dic).  
 \* 95 Culbianco - Oenanthe oenanthe: M/O reg (ago-ott; mar-mag).  
 96 Passero solitario - Monticola solitarius: R certa (mag-ago); M/O reg?.  
 \* 97 Merlo dal collare - Turdus torquatus: Accidentale.  
 98 Merlo - Turdus merula: R certa (mar-lug); M/O reg (ott-mar).  
 \* 99 Cesena - Turdus pilaris: Accidentale.  
 \* 100 Tordo bottaccio - Turdus philomelos: M/O reg (ott- apr).  
 \* 101 Tordo sassello - Turdus iliacus: M/O irreg? (nov-feb).  
 \* 102 Tordela - Turdus viscivorus: M/O irreg?  
 103 Usignolo di fiume - Cettia cetti: R certa (apr-lug); M/O reg?.  
 104 Beccamoschino - Cisticola juncidis: R certa (apr-lug); M/O reg (anche svernante).  
**105 Magnanina sarda - Sylvia sarda: R prob; M/O reg?**  
**106 Magnanina - Sylvia undata: R certa; M/O reg?.**  
**107 Sterpazzola di Sardegna - Sylvia conspicillata: R certa (mar-set); M/O reg(svernante?).**  
 108 Sterpazzolina - Sylvia cantillans: R certa (mar/apr-ago/set); M/O reg.  
 109 Occhiocotto - Sylvia melanocephala: R certa (mar-ago); M/O reg.  
 \* 110 Sterpazzola - Sylvia communis: M/O reg (ago/set; apr/mag).  
 \* 111 Beccafico - Sylvia borin: M/O irreg (ago-ott; apr/mag).  
 112 Capinera - Sylvia atricapilla: R certa (apr-lug); M/O reg (gen-dic).  
 \* 113 Lui verde - Phylloscopus sibilatrix: M/O irreg? (apr/mag).  
 \* 114 Lui piccolo - Phylloscopus collybita: M/O reg (ott-mar).  
 \* 115 Lui grosso - Phylloscopus trochilus: M/O reg (mar-mag).  
 \* 116 Regolo - Regulus regulus: M/O reg (ott-mar).  
 117 Fiorrancino - Regulus ignicapillus: R certa (apr-lug); M/O reg.  
 118 Pigliamosche - Muscicapa striata: R certa (apr-set/ott); M/O reg.  
 \* 119 Balia nera - Ficedula hypoleuca: M/O reg (apr/mag).  
 \* 120 Cincia mora - Parus ater: M/O reg  
 121 Cinciarella - Parus caeruleus: R certa (apr-lug); M/O reg?  
 122 Cinciallegra - Parus major: R certa (apr-lug); M/O reg?.  
 \* 123 Pendolino - Remiz pendulinus: M/O reg? (ott-mar).  
 \* 124 Rigogolo - Oriolus oriolus: M/O reg (apr/mag).  
**125 Averla piccola - Lanius collurio: R certa (mag-ago); M/O reg.**  
**126 Averla capirossa - Lanius senator: R certa (mar/apr-set); M/O reg .**  
 127 Ghiandaia - Garrulus glandarius: R certa; M/O reg (gen-dic).  
 128 Taccola - Corvus monedula: R certa (apr-giu/lug); M/O reg.  
 129 Cornacchia grigia - Corvus corone: R certa (mar/apr-lug); M/O reg.  
 130 Corvo imperiale - Corvus corax: R certa (apr-giu); M/O reg.  
 \* 131 Storno - Sturnus vulgaris: M/O reg (set-apr).  
 132 Storno nero - Sturnus unicolor: R certa (apr-lug); M/O reg.  
 133 Passera sarda - Passer hispaniolensis: R certa (apr-ago); M/O reg.  
 134 Passera mattugia - Passer montanus: R certa (apr-ago); M/O reg.  
 135 Passera lagia - Petronia petronia: R certa; M/O reg?  
 136 Fringuello - Fringilla coelebs: R certa (apr-lug); M/O reg (ott-mar).  
 \* 137 Peppola - Fringilla montifringilla: Accidentale.  
 138 Verzellino - Serinus serinus: R certa (mar-lug); M/O reg.  
 \* 139 Venturone corso - Serinus citrinella: M/O reg (nov-gen)  
 140 Verdona - Carduelis chloris: R certa (apr-lug); M/O reg.  
 141 Cardellino - Carduelis carduelis: R certa (apr-ago); M/O reg.

\* 142 Lucarino - *Carduelis spinus*: M/O reg (nov-mar).  
 143 Fanello - *Carduelis cannabina*: R certa (apr-lug); M/O reg.  
 144 Frosone - *Coccothraustes coccothraustes*: R prob; M/O reg?  
 145 Zigolo nero - *Emberiza cirius*: R certa (apr-lug); M/O reg?  
 \* 146 Migliarino di palude - *Emberiza schoeniclus*: M/O irreg (ott/novmar).  
 147 Strillozzo - *Miliaria calandra*: R certa (mar-lug); M/O reg (anche svernante).

R - = specie nidificante, 1992-2011;

\*M/O = specie esclusivamente migratrice e ospite riscontrabile nell'area di studio, 1992-2011;

Accidentale = specie accidentale osservata tra il 1992 e il 2011 una sola volta;

certa = regolare (1992-2011);

prob = probabile (1992-2011);

poss = possibile (1992-2011);

reg = regolare;

irreg = irregolare (1992-2011: meno di 5 osservazioni).

specie nidificanti caratteri normali

specie ospiti in caratteri corsivi.

in **grassetto** specie con uno status di conservazione insoddisfacente a livello regionale (SAR) e comunitario (UE)-

#### 7.1.9 Ecosistemi e Habitat

Gli habitat di interesse faunistico presenti nell'area vasta di studio fanno parte di ecosistemi funzionali (sensu Odum, 1969) e di essi viene valutato il loro grado di rappresentatività.

Gli habitat più rappresentativi nell'area vasta sono i pascoli (Pa), gli ambienti urbani (U), gli ambienti boschivi (Bo), la macchia mediterranea (Ma), fiumi, ruscelli e torrenti (Fiu), gli ambienti industriali (Ind) e gli insediamenti sparsi (Isp).

La diversità di habitat dell'area vasta di studio è stata valutata provvisoriamente "media" (6,6 punti).

Gli habitat più rappresentativi dell'area piccola sono le praterie e i pascoli (Pa) e gli insediamenti sparsi (Isp).

La diversità di habitat dell'area piccola di studio è stata valutata provvisoriamente "medio bassa" (3,0 punti).



Si riportano la ripartizione degli habitat della Carta della Natura Regionale riferiti all'area vasta di studio:

CODICE	NOME e CLASSE	ha	%
32.11	Matorral di querce sempreverdi	13,72	0,15
32.18	Matorral di alloro	14,99	0,16
32.3	Garighe e macchie mesomediterranee silicicole	101,93	1,11
34.81	Prati mediterranei subnitrofilo .....	5821,49	63,28
38.1	Prati concimati e pascolati .....	265,38	2,88
41.72	Querceti a roverella con <i>Q. pubescens</i> subsp. ...	85,83	0,93
41.732	Querceti a querce caducifoglie con <i>Q. pubescens</i> ...	28,80	0,31
44.12	Saliceti collinari planiziali e mediterraneo montani	39,01	0,42
44.81	Gallerie a tamerice e oleandri	3,98	0,04
45.1	Formazione a olivastro e carrubo	12,66	0,14
45.21	Sugherete tirreniche	223,52	2,43
62.11	Rupi mediterranee	28,04	0,30
84.6	Pascolo alberato in Sardegna ( <i>Dehesa</i> )	994,00	10,80
82.3	Colture di tipo estensivo e sistemi agricoli .....	421,61	4,58
83.11	Oliveti	459,38	4,99
83.31	Piantagioni di conifere	30,75	0,33
83.322	Piantagioni di eucalipti	7,78	0,08
86.1	Città, centri abitati	462,52	5,03
86.3	Siti industriali attivi	182,03	1,98
86.41	Cave	2,61	0,03
<b>TOTALI</b>		<b>9.200,00</b>	<b>100,00</b>

**Figura 32** Ripartizione degli habitat della Carta della Natura regionale (Sardegna) nell'area vasta di studio Borore - Macomer\_Borore (Nuoro)

L'ecosistema è l'unità funzionale di base in ecologia, esso include la componente biotica e l'ambiente abiotico, le cui proprietà si influenzano reciprocamente e comunque entrambi sono necessari per mantenere la vita sulla terra.

In altre parole un ecosistema può essere definito come un sistema aperto in cui sia la materia che l'energia vengono scambiate con l'ambiente circostante (Odum).

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 81/103	

La classificazione degli ecosistemi proposta da Odum (1969) distingue, sulla base dell'autosufficienza energetica, tra ecosistemi di conservazione (protective environment - mature systems) il cui funzionamento dipende esclusivamente dall'energia solare e può essere definito totalmente "autosufficiente"; ecosistemi di compromesso (multiple use systems), caratterizzati da una produzione agro-forestale estensiva con un minimo di input di energia suppletiva e con una significativa funzione di compensazione ecologica; ecosistemi produttivi (groth systems) caratterizzati da una produzione agro-forestale intensiva con un notevole uso di fertilizzanti, acqua, pesticidi e lavoro che le rende dipendenti dall'input di energia suppletiva per ottenere le produzioni quantitative desiderate; ecosistemi urbani-industriali (non vital systems) che dipendono per il loro funzionamento anche dall'importazione di energia esterna (fossile, idroelettrica, rinnovabile, nucleare) e di beni e di servizi provenienti dagli ecosistemi di produzione intensiva ed estensiva.

Gli habitat degli ambienti urbani (Macomer e Borore), degli insediamenti sparsi, delle strutture tecnologiche (ponti, elettrodotti ecc.) e degli ambienti industriali ricadono in questa tipologia.

Questi ecosistemi funzionali sono tra loro collegati dal sistema dei trasporti comprendente la viabilità primaria e secondaria che dal punto di vista strutturale sono assimilabili dagli ecosistemi urbani ed industriali.

Le modificazioni e trasformazioni ambientali dell'area di studio hanno creato un mosaico ecosistemico in un'area di dimensione relativamente modesta che esprime, anche grazie ad essi, una notevole diversità biologica.

Le tipologie dell'Uso del Suolo (CORINE), presenti nell'area di studio, ricadono nelle ultime tre categorie degli ecosistemi funzionali proposti da Odum (l.c.), in quanto i sistemi naturali (mature systems) sono di fatto assenti.

#### 7.1.10 Ecosistemi area vasta

La ripartizione relativa delle 3 tipologie di ecosistemi funzionali dell'area vasta di studio evidenzia che l'83,0% dei 9.200 ha dell'area vasta di studio è costituito da ecosistemi di compromesso; la parte rimanente (17,0%) ricade negli ecosistemi di produzione agroforestale intensiva e nella tipologia degli ecosistemi urbani ed industriali.

Tali valori esprimono un elevato indice di biodiversità degli habitat e, di conseguenza, una notevole ricchezza di specie faunistiche, alla quale contribuiscono anche gli habitat urbani ed industriali (Macomer, Birori, Zona industriale di Tossilo).

#### 7.1.11 Ecosistemi area piccola

Nell'area piccola di studio in base alla ripartizione relativa delle 3 tipologie di ecosistemi funzionali si evidenzia la dominanza degli ecosistemi di compromesso con il 93,2%, ancora più evidente rispetto all'area vasta (83,0%).

La parte rimanente (6,8%) ricade negli ecosistemi di produzione agro-forestale intensiva e nella tipologia degli ecosistemi urbani ed industriali.

Di conseguenza, la ricchezza di specie faunistiche è significativamente più bassa in confronto con quella dell'area vasta.

Inoltre si può concludere che la zona interessata dall'intervento in oggetto, essendo fortemente antropomorfizzata (contesto industriale), riduce praticamente a zero la presenza di specie protette.

## 8. PAESAGGIO

Considerando la zona specifica di intervento ad una scala locale si può affermare che nelle vicinanze non è presente, come riscontrabile dalla documentazione grafica, nessun centro abitato ma soltanto capannoni industriali, agricoli e artigianali; infatti il contesto paesaggistico in cui l'impianto andrà a inserirsi, è il tipico paesaggio agricolo industrializzato.

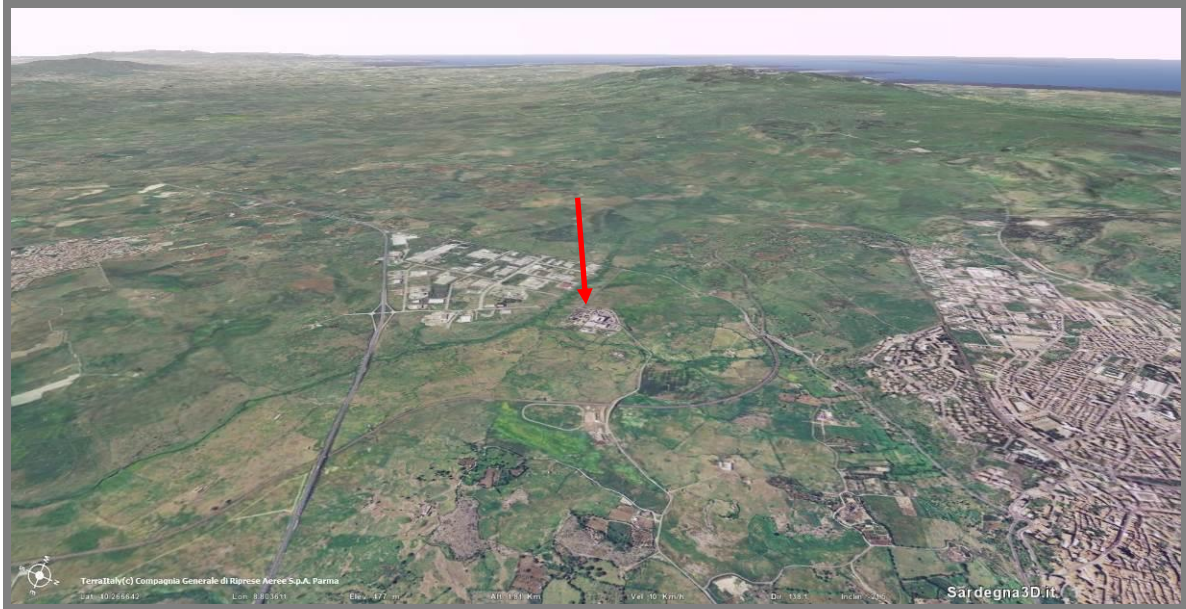


Figura 33 Immagine in volo dell'area vasta di studio con al centro l'ambito di intervento (indicato con freccia rossa)

Il paesaggio quale risultante di tutti i processi (sia antropici che naturali) è un mosaico complesso di ecosistemi che deve essere studiato attraverso l'interpretazione delle aggregazioni di tali ecosistemi.

Ne consegue che rispetto agli studi tradizionali sul paesaggio percepito, rivolti a evidenziare principalmente gli aspetti culturali ed estetici, conferendo al paesaggio un valore prettamente antropico oggi va invece letto in un'ottica ecologica che tiene conto dello studio delle caratteristiche di distribuzione e forma degli ecosistemi naturali e antropici presenti al fine di comprenderne strutture, processi e significati.

In tal modo è possibile capire quali attività antropiche e quali attività naturali siano di reciproco interesse, quali compatibili, e quali incompatibili con l'esistenza degli habitat presenti, per poi individuare trasformazioni in sintonia con le possibilità evolutive del sistema considerato, in un'ottica di sostenibilità ambientale.

Più ci si avvicina al limite sostenibile, più aumentano le probabilità che gli equilibri territoriali si spezzino e il prezzo del riequilibrio e del recupero delle risorse ambientali perse, ammesso che sia possibile, diventa onerosissimo sia in termini economici che di tempo.

Considerando quindi il paesaggio come sistema di ecosistemi naturali ed antropici interagenti, basandosi sul principio cioè che "gli elementi naturali mantengono in equilibrio gli ecosistemi antropici e alcune attività umane contribuiscono alla stabilità e alla sopravvivenza di popolazioni e di ecosistemi naturali", funzioni antropiche e naturali non vanno quindi contrapposte, ma bilanciate ed insieme devono tendere all'equilibrio.



Il paesaggio va quindi interpretato in funzione degli elementi caratterizzanti e che si ritengono propri della situazione ambientale esaminata.

Nella presente analisi relativa al territorio – ambiente considerato, sono state individuate delle unità di paesaggio.

Le unità si accomunano per la giacitura prevalentemente pianeggiante, per gli usi costituiti in prevalenza da specie erbacee foraggere in forme più o meno evolute, da pietrosità diffusa accompagnata, da rocciosità affiorante e forti limitazioni d'uso.

Il paesaggio attuale risulta fortemente modificato rispetto all'originario, e ha perso le caratteristiche di naturalità, a causa degli usi agricoli per le attività di allevamento ovino, industriale, infrastrutturale e per l'urbanizzazione.

Sicuramente le cause nel tempo che hanno concorso in maggior misura a modificare il territorio, sono stati gli incendi e il pascolo non regimato, che hanno portato al diradamento della copertura vegetale forestale ed arbustiva con esposizione dei suoli ai fenomeni di erosione e all'innescio dei processi degenerativi che causano la desertificazione, modificando soprattutto il paesaggio agrario.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 83/103	

Le forme sono per lo più pianeggianti e ondulate con pendenze modeste.

In alcune aree risultano presenti delle forme depresse, impermeabili.

Il paesaggio che si osserva costituisce un ecosomaico nel quale si evidenziano diverse unità ecosistemiche caratterizzate da una matrice agricola nella quale rientrano le unità di paesaggio caratterizzate da un uso prevalente a pascolo, pratopascolo, prati artificiali ed erbai autunno vernini; le macchie, chiaramente distinguibili dal resto del paesaggio, sono rappresentate da oliveti e vigneti e dai boschi di sughera e roverella e macchia mediterranea; costituiscono una porzione molto limitata nel contesto considerato; tuttavia soprattutto la macchia mediterranea e i boschi sono ecologicamente importanti, per il mantenimento della biodiversità; i filari vegetali che si trovano nelle fasce di perimetrazione delle tanche e fanno da contorno ai muretti a secco possono rappresentare importanti corridoi ecologici.

All'interno dell'ecosomaico si inseriscono gli insediamenti urbani di Borore e Macomer e l'area industriale di Tossilo, nonché la rete stradale SS131.

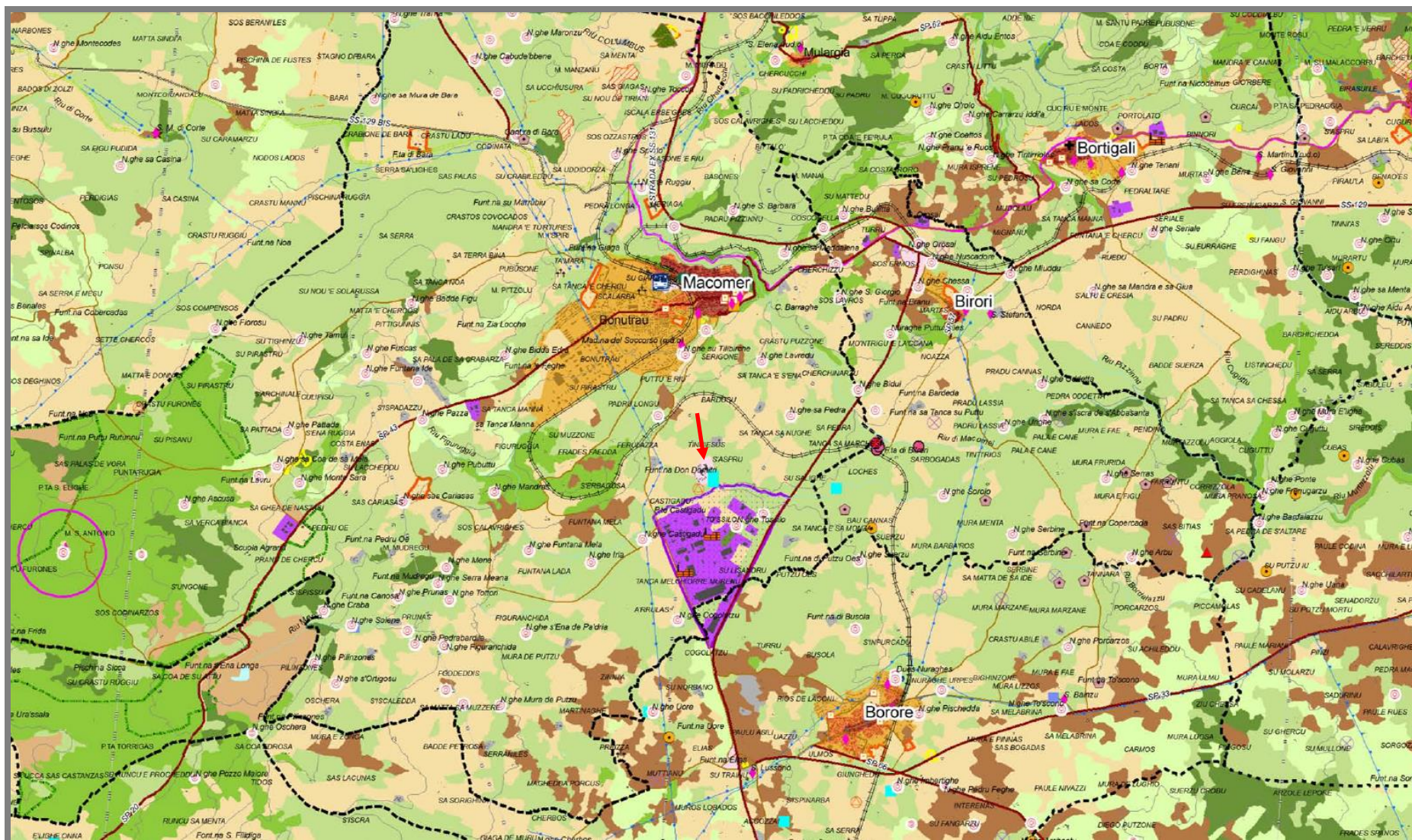


Figura 34 Estratto dalla Tavola del territorio non costiero del PPR -1:50.000 con l'indicazione dei diversi assetti territoriali (vedi legenda alla pagina seguente) e l'area di intervento (freccia rossa)

**ASSETTO AMBIENTALE**

**BENI PAESAGGISTICI AMBIENTALI EX ART. 143 D.LV. N°42/04**

- Fascia costiera
- Sistemi a baie e promontori, falde e scorie erosivi
- Campi dunali e sistemi di spiaggia
- Aree rocciose di cresta ed aree a quota superiore ai 900 m s.l.m.
- Grotte, cavene
- Zone umide e fasce di rispetto
- Laghi naturali e invasi artificiali
- Monumenti naturali iscritti l.r.31/89
- Fiumi, torrenti e relative sponde per una fascia di 150 m
- Aree di ulteriore interesse naturalistico
- Biotopi di rilevante interesse naturalistico
- Aree di notevole interesse faunistico
- Aree di notevole interesse botanico e fitogeografico
- Alberi monumentali

**BENI PAESAGGISTICI AMBIENTALI EX ART.142 D.LV. N°42/04**

- Parchi e aree protette nazionali (l.n. 394/91)
- Fasce di rispetto di 300 m dai laghi
- Boschi e foreste (Art. 2 comma 6 D.LV. 227/01)
- Aree gravate da usi civili

**COMPONENTI DI PAESAGGIO CON VALENZA AMBIENTALE**

**AREE NATURALI E SUBNATURALI**

- Macchia, dune e aree umide
- Aree con vegetazione rada > 5% e < 40%; bacini naturali; aree dunali; formazioni di ripa non arboree; macchia mediterranea; letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m; pareti rocciose e falde; paludi interne; paludi salmastre; fiumi, torrenti e fossi; lagune, laghi e stagni costieri e produzione idrica naturale; estuari e delta.
- Boschi
- Boschi misti di conifere e latifoglie; boschi di latifoglie.

**AREE SEMINATURALI**

- Praterie e spiagge
- Prati stabili; aree a pascolo naturale; cespuglieti e arbusteti; garighe; aree a ricolonizzazione naturale; spiagge di ampiezza superiore a 25 m; aree marine a produzione ricca naturale.
- Boschi
- Sugheraie; castagneti da frutto.

**AREE AD UTILIZZAZIONE AGRO-FORESTALE**

- Colture arboree specializzate
- Vigneti; Frutteti e fruti-miscelati; oliveti; colture temporanee associate all'olivo; colture temporanee associate al vigneto; colture temporanee associate ad altre colture permanenti.
- Impianti boschivi artificiali
- Boschi di conifere; Poppel, salicci, eucalipti; altri impianti arborei da legno; arboricoltura con essenze forestali di conifere; aree a ricolonizzazione artificiale.
- Colture erbacee specializzate
- Conifere; aree a ricolonizzazione artificiale
- In terra; sistemi colturali e partecipiari complessi; aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti; aree agroforestali.

**AREE DI INTERESSE NATURALISTICO ISTITUZIONALMENTE TUTELATE**

- Siti di interesse comunitario
- Zone di protezione speciale
- Sistema regionale dei parchi, delle riserve e dei monumenti naturali l.r.31/89
- Oasi permanenti di protezione faunistica
- Aree gestite specialie ente forestale
- Parco geomorfologico d.m. ambiente 25/01

**AREE DI RECUPERO AMBIENTALE**

**ANAGRAFE SITI INQUINATI D.LV. 22/97 E D.M. 47/199**

- Siti inquinati
- Aree di rispetto
- Siti amianto
- Aree minerarie dismesse

**AREE MINERARIE DISMESSE (1° E 2° CATEGORIA)**

- Discariche
- Scorie

**ASSETTO STORICO CULTURALE**

**BENI PAESAGGISTICI EX ART. 143 D.LV. N°42/04**

**AREE, EDIFICI E MANUFATTI DI SPECIFICO INTERESSE STORICO - CULTURALE**

**LUOGHI DI CULTO DAL PREISTORICO ALL'ALTO MEDIOEVO**

- Circolo megalitico
- Menhir
- Tophet
- Fonte-pozzo
- Tempio

**AREE FUNERARIE DAL PREISTORICO ALL'ALTO MEDIOEVO**

- Albe coperte
- Domus de janas
- Loggia funeraria
- Dolmen
- Grotta
- Necropoli
- Tombe
- Cimitero
- Tomba dei giganti
- Ballo
- Sepoltura
- Area Archeologica

**INSEDIAMENTI ARCHEOLOGICI DAL PREURAGICO ALL'ETA' MODERNA, COMPREDENTI SIA INSEDIAMENTI TIPO VILLAGGIO, SIA INSEDIAMENTI DI TIPO URBANO, SIA INSEDIAMENTI RURALI**

- Abitato
- Casa
- Deposito
- Anteitavro
- Cisterna
- Inseadimento
- Capanne
- Complesso
- Nuraghe
- Rinvenimenti
- Ruderi
- Presenza preuragica
- Terme
- Villaggio
- Grotte riparo

**ARCHITETTURE RELIGIOSE MEDIEVALI, MODERNE E CONTEMPORANEE**

- Chiesa
- Santuario
- Convento
- Cripta
- Abbazia
- Cattedrale
- Oratorio
- Cappella
- Santuario

**ARCHITETTURE MILITARI STORICHE SINO ALLA II GUERRA MONDIALE**

- Castello fortificazioni
- Castello
- Torre
- Torre costiera

**AREE CARATTERIZZATE DA INSEDIAMENTI STORICI**

- CENTRI DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE
- INSEDIAMENTO SPARSO: MEDAUS, FURRIADROXUS, BODDEUS, CULLES, STAZZI
- Medau, Furiadroxu, etezzo, boddeu, culle

**BENI IDENTITARI**

**ELEMENTI INDIVIDUI STORICO-ARTISTICI DAL PREISTORICO AL CONTEMPORANEO, COMPREDENTI RAPPRESENTAZIONI ICONICHE O ANONICHE DI CARATTERE RELIGIOSO, POLITICO, MILITARE**

- Fontana
- Portale
- Pozzo
- Scalinata
- Serbatoio
- Statua
- Retto
- Forno
- Struttura

**ARCHEOLOGIE INDUSTRIALI E AREE ESTRATTIVE, ARCHITETTURE E AREE PRODUTTIVE STORICHE**

- Tombara
- Mulino
- Qualchiera

**ARCHITETTURE SPECIALISTICHE E CIVILI STORICHE**

- Caserma forestale
- Collage
- Edificio
- Albergo
- Villa
- Palazzo
- Casa
- Fabbricato
- Scuola
- Dogana
- Monte granatico
- Municipio

**RETI ED ELEMENTI CONNETTIVI**

**RETE INFRASTRUTTURALE STORICA**

- Fano
- Porto storico
- Acquedotto
- Ponte
- Strada
- Stazione

**AREE DI INSEDIAMENTO PRODUTTIVO DI INTERESSE STORICO**

- Aree dell'organizzazione mineraria
- Aree della bonifica
- Aree delle saline

**VINCOLI**

- Archeologico
- Vincoli ex l. 1487/39
- Architettonica

**ASSETTO INSEDIATIVO**

**EDIFICATO URBANO**

- CENTRI DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE
- ESPANSIONI FINO AGLI ANNI 50
- ESPANSIONI RECENTI
- EDIFICATO URBANO DIFFUSO

**EDIFICATO IN ZONA AGRICOLA**

- INSEDIAMENTO STORICO SPARSO (Medau, Furiadroxu, Stazzo)
- NUCLEI, CASE SPARSE E INSEDIAMENTI SPECIALIZZATI

**INSEDIAMENTI TURISTICI**

- INSEDIAMENTI TURISTICI

**INSEDIAMENTI PRODUTTIVI**

**INSEDIAMENTI PRODUTTIVI A CARATTERE INDUSTRIALE, ARTIGIANALE E COMMERCIALE**

- Grandi aree industriali
- Inseadimenti produttivi minori
- Grande distribuzione commerciale

**AREE ESTRATTIVE: CAVE E MINIERE**

- Aree estrattive di seconda categoria (cave)
- Aree estrattive di prima categoria (miniere)

**AREE SPECIALI**

- AREE SPECIALI (GRANDI ATTREZZATURE DI SERVIZIO PUBBLICO PER ISTRUZIONE, SANITA', RICERCA E SPORT)

**SISTEMA DELLE INFRASTRUTTURE**

**AREE DELLE INFRASTRUTTURE**

**NODI DEI TRASPORTI**

- Aeroporto principale
- Aeroporto secondario
- Aeroporto militare
- Porto industriale
- Terminal industriale
- Porto commerciale
- Porto commerciale/turistico
- Porto turistico
- Stazione ferroviaria

**RETE DELLA VIABILITA'**

- Strada di impianto
- Strada a specifica valenza paesaggistica e panoramica
- Strada di fruizione turistica
- Strada di impianto - a specifica valenza paesaggistica e panoramica
- Strada di impianto - a specifica valenza paesaggistica e panoramica - di fruizione turistica
- Rete stradale generale
- Strada in costruzione
- Ferrovie di impianto
- Ferrovie a specifica valenza paesaggistica e panoramica

**CICLO DEI RIFIUTI**

- Discarica rifiuti
- Impianto di trattamento e/o incenerimento rifiuti

**CICLO DELLE ACQUE**

- Depuratori
- Condotta idrica

**CICLO DELL'ENERGIA ELETTRICA**

- Centrale elettrica
- Linea elettrica

**CAMPI EOLICI**

- Impianti eolici in realizzazione
- Impianti eolici realizzati
- Aree interessate da impianti eolici

Nell'area considerata sono stati identificati i seguenti tipi di paesaggio:

1. *Paesaggio degli insediamenti urbani ed industriali - aree antropizzate*

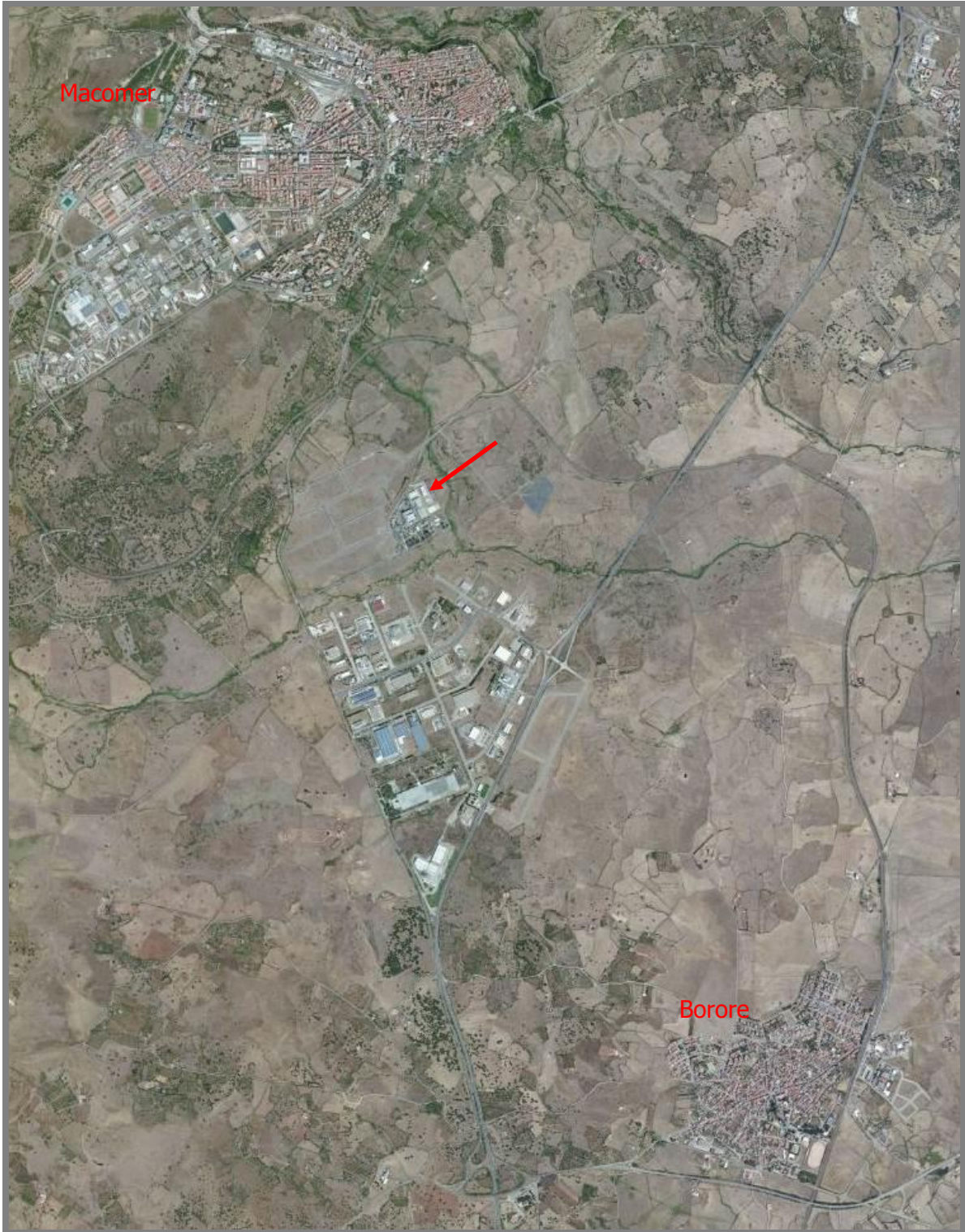




Figura 35 Immagine satellitare del Paesaggio degli insediamenti industriali e- aree antropizzate: si distingue l'area industriale di Tossilo con l'ambito oggetto di intervento (freccia rossa), compresa tra i nuclei abitati di Macomer a nord e Borore a sud.

L'area piccola di riferimento, si sviluppa tra l'insediamento abitativo di Borore e l'area industriale di Tossilo.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 87/103	

Esso risulta prevalentemente caratterizzata da residenze uni o bifamiliari che si accorpano intorno al centro storico del paese.



L'agglomerato urbano si trova inserito in un contesto rurale caratterizzato da pascoli interrotti da distese di muretti a secco è costellato di numerosi monumenti archeologici quali nuraghi, tombe di giganti, domus de janas, dolmen e menhir.



**Figura 36** Agglomerato urbano di Borore-Limite tra urbano e rurale



**Figura 37** Agglomerato urbano di Borore-Muretti a secco e resti archeologici in vicinanza delle abitazioni

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 88/103	



**Figura 38** Tipico sistema di insediamento sparso nel territorio tra Borore e Macomer

Altri insediamenti antropici presenti sono rappresentati da ovili distribuiti in modo disomogeneo sull'altipiano e che spesso si integrano con i numerosi resti archeologici (usati talvolta per il ricovero del bestiame o come recinti) sparsi sul territorio.

L'agglomerato industriale di Tossilo, che fa parte della Z.I.R di Macomer presenta uno sviluppo di ha 526,4, costituisce un importante piattaforma di conferimento rifiuti della provincia di Nuoro.





**Figura 39** Vista panoramica verso l'agglomerato industriale di Tossilo (a sinistra è visibile il termovalorizzatore oggetto di intervento).

## **2. Paesaggio delle aree seminaturali a macchia mediterranea e a bosco**

Tale paesaggio comprende le aree classificate nel PPR e inserite nella Carta Natura come aree seminaturali a valenza ambientale, comprendendo in tale definizione "un'utilizzazione agro silvo pastorale estensiva con un minimo apporto di energia suppletiva per garantire e mantenere il loro funzionamento".

In tale classificazione si includono boschi naturali, leccete, quercete, sugherete e boschi misti, ginepreti, pascoli arborati, macchie, garighe, ecc.; il PPR pone tutta una serie di divieti atti a tutelarle.

Tuttavia quello che oggi appare è la totale scomparsa della copertura boschiva e macchia, determinata da una intensa attività antropica, che ha creato in questi ambienti un forte degrado, necessitando di un forte impiego di energia ausiliaria

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 89/103	

e massicci interventi di recupero a causa dei processi di desertificazione già innescati, che all'interno dell'area piccola appaiono irreversibili.



**Figura 40** Lembo di macchia in prossimità del nucleo abitato di Macomer con specie tipiche del luogo (sughere, querce)

L'eccesso di pascolamento, gli incendi e il taglio totale delle specie arboree tipiche, a prevalenza di roverella (*Quercus pubescens*), sono stati gli aspetti che hanno caratterizzato la gestione del territorio dell'area piccola.

Nell'area vasta il paesaggio delle aree seminaturali si presenta invece a tratti con fitte coperture di bosco misto con prevalenza di specie quercine (roverella e *Quercus suber*).

Tuttavia anche in queste ultime, a causa della continua pulizia del sottobosco, l'eccesso di carico di bestiame, l'incendio e talvolta le arature, impediscono di fatto qualsiasi forma di ricostituzione.

Il destino di queste coperture va verso la scomparsa totale in quanto, alla scomparsa della foresta e della macchia segue una forte erosione idrica ed eolica dei suoli, con conseguenti affioramenti del substrato roccioso.

Per questi motivi sarebbe opportuno pianificare ed attuare una riduzione dell'intensità di pascolamento per consentire, nel tempo, una ripresa o rigenerazione della foresta mista, tipica di queste aree.

### **3. *Paesaggio agricolo – pastorale***

Il paesaggio rurale è diffuso un pò ovunque sia nell'area vasta che in quella piccola, in relazione alla vocazionalità del territorio di cui si è già accennato.

Il particolare regime termo-pluviometrico caratterizzato da estrema variabilità giustifica la diffusione di pascoli e di prati artificiali asciutti e di specie arboree aridoresistenti, quali olivo e vite.

Purtroppo, l'intensa opera di disboscamento legata alla fame di terra del passato e al fabbisogno del legno per vari utilizzi, ha determinato l'ampliamento delle terre coltivabili attraverso il dissodamento e le opere di sistemazioni idrauliche al fine di aumentare la disponibilità alimentare.



**Figura 41** La pianura tra Macomer e Borore con esempio del diradamento boscoso sulle colline a vantaggio delle zone dedicate al pascolo e dei lembi di territorio coltivati ad olivo



Tali opere, non sempre adeguate, hanno creato nel tempo intensi fenomeni di degrado delle superfici a pascolo con innesco di fenomeni di desertificazione. Le coltivazioni arboree, principalmente vigneti ed oliveti costituiscono piccoli tasselli dei mosaici agricoli in relazione alle limitate dimensioni delle unità colturali.

Anche l'olivicoltura è presente e il prodotto è destinato perlopiù al consumo familiare.

La viticoltura occupa invece una porzione marginale dell'area considerata e non risulta elemento di caratterizzazione del paesaggio percepibile.

#### 8.1.1 Stato del paesaggio e del patrimonio storico/culturale

Il territorio del Marghine presenta la più alta concentrazione di emergenze archeologiche di epoca prenuragica e nuragica di tutta l'Isola, spiegabile per un verso, con il fatto che gran parte di questo territorio è stato oggetto di sistematiche e approfondite indagini topografiche, dall'altra per la sua rilevante posizione strategica fra altopiani e pianure e la sua geomorfologia con modesti rilievi, brevi vallate, vie naturali, ricchezza di acque e terreni adatti al pascolamento e ad una agricoltura di tipo preistorico.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIOLO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 91/103	

La frequentazione umana del Marghine sembra risalire al Neolitico Antico.

Per l'età prenuragica sono attestati i **circoli megalitici** di Ortachis-Bolotana, probabili monumenti funerari del Neolitico recente per i quali si attende tuttavia lo scavo scientifico per una più sicura attribuzione cronologica e culturale.

Agli stessi tempi ed in parte all'Età del Rame sono da riferire le **domus de janas** individuate a Sa Toa, Funtana Lada, Monte Surdu, Orolo, S'Ulivariu, etc.

Si tratta per lo più di ipogei di modeste dimensioni, isolati o in coppia, in gran parte monocellulari o a due celle, privi di elementi architettonici di rilievo.

Anche le **tombe dolmeniche** ripropongono monumenti di tipo elementare, ad indicare una frequenza del territorio ancora sporadica ed una economia debole, legata soprattutto ad una pastorizia transumante.

A partire dal I Bronzo (1800-1500) anche questa regione partecipa del fervore culturale che investirà la Sardegna fino alla conquista cartaginese (fine del VI sec.) e romana (238 a.C). Si contano, infatti, ben 135 nuraghi, ma poche tombe di giganti, appena 11, mentre ancora non sono stati individuati i monumenti di culto tipici dell'età nuragica (Fonti, pozzi sacri o tempietti "a megaron").

Alla fase più antica della civiltà nuragica sono da ascrivere i **protonuraghi** o nuraghi a corridoio di Carrarzu Iddia, Coattos, Berre, S. Martino di Bortigali e Gazza, Figu, Cannas, S. Caterina e Perca'e Pazza di Bolotana: fra questi, di particolare interesse il complesso di Carrarzu Iddia.

I nuraghi di questa area sono spesso costruiti a ridosso di roccioni naturali, emergenti su pianori, sugli altipiani, sulla cima di rilievi o sul declivio di colline, comunque sempre in posizioni strategica e naturalmente difesa. Agli spuntori rocciosi essi si adattano, ora inglobandone le emergenze, ora colmandone i vuoti. Ne derivano planimetrie spesso irregolari, determinate dalla conformazione del terreno, tra le quali si individuano forme caratteristiche dei protonuraghi o nuraghi a corridoio.

All'interno delle torri più classiche, laddove la distruzione non è totale, si individuano gli elementi strutturali tipici del **nuraghe a tholos** per lo più in pessimo stato di conservazione.

Di particolare rilevanza architettonica sono i nuraghi complessi di Orolo e Tintirriolos di Bortigali, S. Barbara di Macomer e Orolo di Silanus che conservano ancora integre le camere sovrapposte del piano terra e del primo piano.

Meno numerose e soprattutto mal conservate le tombe dei giganti.

L'età romana è segnalata da stele funerarie cinerari rinvenute nell'area di S. Maria Saucchu fin dai tempi del Lamarmora, da tombe e da materiali vari venuti alla luce in tutta la regione.



Una torre del bastione quadrilobato del nuraghe S. Barbara venne adibito in epoca punico-romana a sacello, mentre di grande interesse l'iscrizione latina incisa sull'architrave del nuraghe Aidu Entos di Bortigali.

Riferendoci esclusivamente all'area di gravitazione del parco intorno agli abitati di Borore e Macomer, sono stati rinvenuti, documentati e cartografiati numerosi monumenti archeologici.

L'individuazione dei siti di interesse culturale (quali complessi nuragici, singoli nuraghi, tombe dei giganti, betili, ipogei, torri, montegranatici) è avvenuta attraverso l'esame di diverse fonti, tra le quali: Moravetti – *"Ricerche archeologiche nel Marghine-Planargia"* – Delfino Editore e A. Taramelli – *Carte archeologiche della Sardegna*.

Numerosi sono i resti di nuraghi, tombe dei giganti ecc rinvenuti dal Taramelli e altri studiosi che oggi tuttavia appaiono in stato di notevole rovina, ricoperti da vegetazione o da cumuli di pietrame, frutto di spietramento dei terreni.

Di alcuni di essi, come documentato dalle immagini fotografiche, si rinvengono oggi solo resti dovuti a crolli e ricoperti di vegetazione con impiego degli elementi litoidi nei muretti di recinzione delle proprietà o come elementi costitutivi di ricoveri animali.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 92/103	

Dalla successiva carta di dettaglio proposta si possono evidenziare due emergenze archeologiche presenti nella fascia circostante il rio Tossilo (punti celesti nella figura sottostante), che risulta anche definito come parco archeologico naturalistico del rio Tossilo.

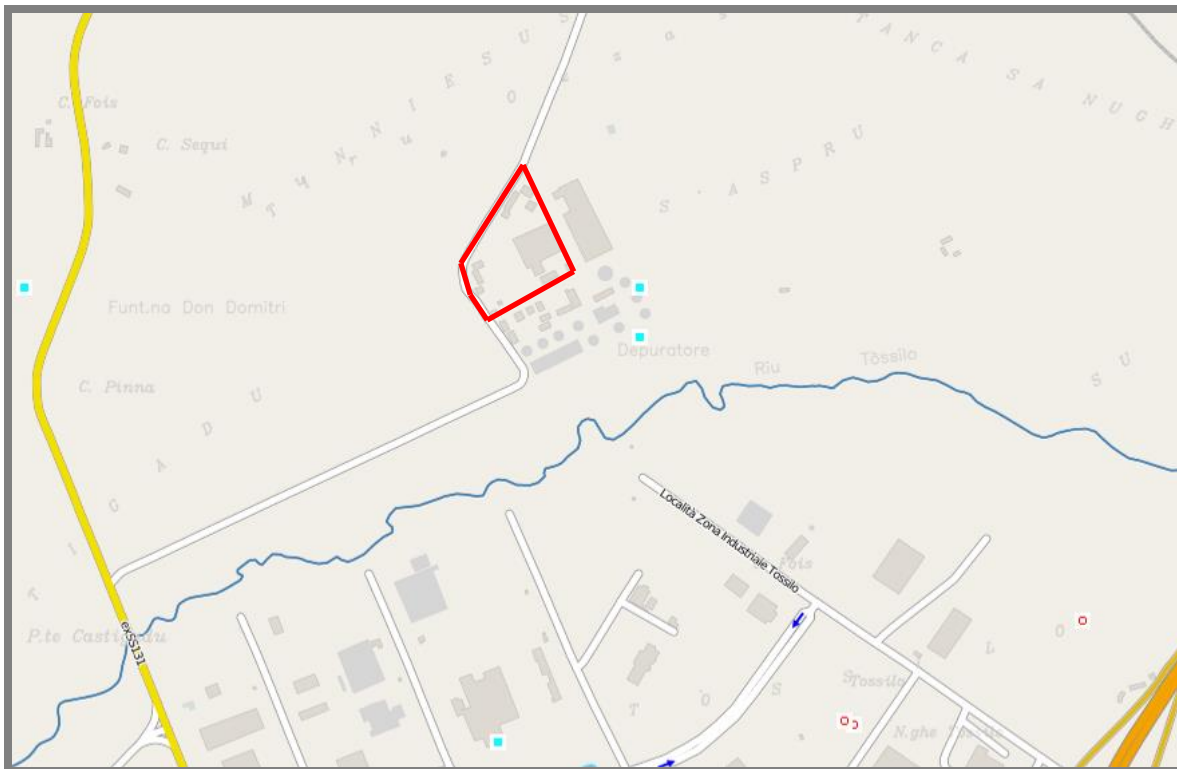


Figura 42 Estratto dalla cartografia del geoportale della R.A.S. con indicazione delle emergenze archeologiche e dell'area di intervento (linea rossa)

Le aree archeologiche identificate (anche se non annoverate dalla pianificazione di settore) sono la **Tomba dei giganti Castigadu-S'altare** e il **Nuraghe Coculos** Patrimonio architettonico ed archeologico rispettivamente a 400 m e 600 – 700 m in linea d'aria dall'area di progetto, come indicato nella tavola di Zonizzazione Nord del P.P che nella tav.b del PUC "Emergenze-Archeologiche" del Comune di Macomer.

Tali strutture sono allo stato di abbandono e comunque il progetto in parola risulta inserito in una area industriale già "consolidata" ,posta a debita distanza da queste emergenze; per cui non risultano elementi di vincolo visivo - paesaggistico significativi, non essendo oltre tutto inventariati nel PPR ai sensi del *D.Lgs. 42 del 2004*.



Inoltre l'impianto è situato a debita distanza dal Centro Storico di Macomer, non compromettendone perciò la visuale ed il paesaggio.

#### 8.1.2 Stato del sistema insediativo, delle condizioni socio-economiche e dei beni ambientali

Nelle vicinanze non è presente, come riscontrabile dalla documentazione grafica, nessun centro abitato ma soltanto capannoni industriali, agricoli e artigianali; infatti il contesto paesaggistico in cui l'impianto andrà a inserirsi, è il tipico paesaggio agricolo industrializzato

L'area in cui sorgerà l'impianto ha destinazione urbanistica industriale ed è nettamente separata dalle aree ad intensa attività umana o residenziale presenti nel comune di Macomer come testimonia il PUC.

Da quanto detto appare evidente che nelle zone immediatamente limitrofe al lotto di Tossilo, di nostro interesse, non risiedono stabilmente persone e si può considerare nulla la popolazione.

	<p align="center"><b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b></p>	<p>REV. 0</p>	
<p align="center">S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale</p>		<p>PAG. 93/103</p>	

*8.1.3 Documentazione fotografica area di intervento*

*8.1.3.1 Scatti fotografici ad ampia scala relativi alla relazione territorio/Impianto*



**Figura 43** Vista panoramica verso l'Impianto da Macomer



**Figura 44** Vista panoramica verso l'Impianto da Macomer



Figura 45 Vista panoramica verso l'Impianto dalla viabilità ex S.S.131



Figura 46 Vista panoramica verso l'Impianto dalla viabilità ex S.S.131



Figura 47 Vista dell'Impianto esistente con lo sfondo l'abitato di Macomer

8.1.4 Scatti fotografici di dettaglio relativi all'Impianto esistente

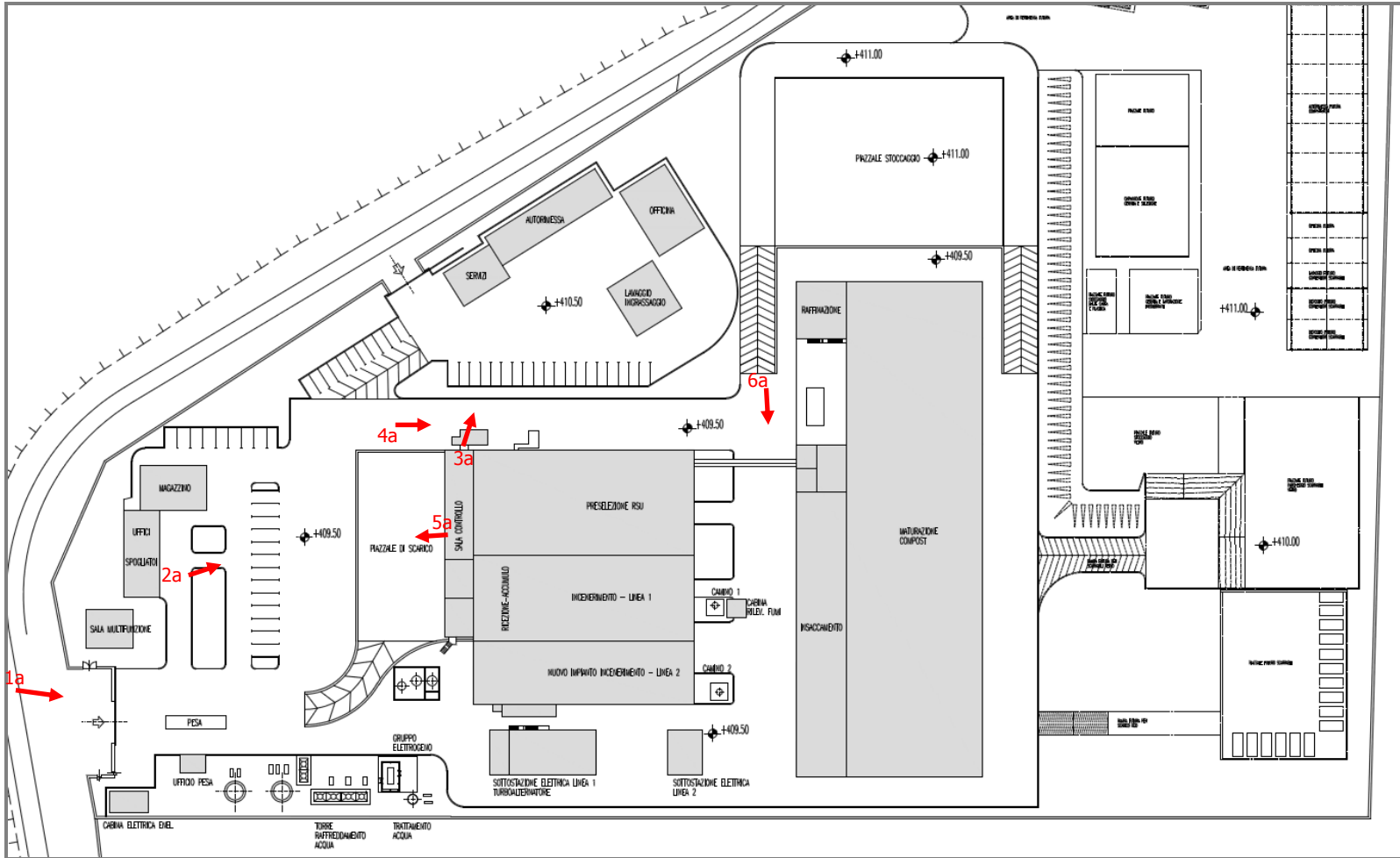


Figura 48 Planimetria di riferimento per gli scatti fotografici di dettaglio



Figura 49 Foto 1a Area di ingresso all'impianto esistente



Figura 50 Foto 2a Area di ingresso Parcheggio ed edificio Fossa



Figura 51 Foto 3a Vista dall'alto con da sinistra, gli edifici: servizi, autorimessa e officina e piazzale antistante





Figura 52 Foto 4a Vista dalla viabilità interna - lato sinistro Edificio Fossa



Figura 53 Foto 5a Vista dall'alto della sala controllo verso gli edifici ospitanti (da destra): magazzino, uffici e spogliatoi, sala multifunzionale. Sono presenti ampia area parcheggio e sistemazioni a verde.



Figura 54 Foto 6a Vista dalla viabilità interna con a destra l'Edificio preselezione RSU ed il blocco della Linea di incenerimento con i camini.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 100/103	

## 9. RUMORE

La Legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26/10/1995 definisce l'inquinamento acustico come *"l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo e alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi"*.

In definitiva, pertanto, sussiste una situazione di inquinamento acustico ambientale nei casi in cui non siano rispettati i livelli sonori ammissibili definiti dalle norme di legge applicabili in relazione alla classe di destinazione d'uso di appartenenza dell'area in cui ricade la sorgente e il ricettore.

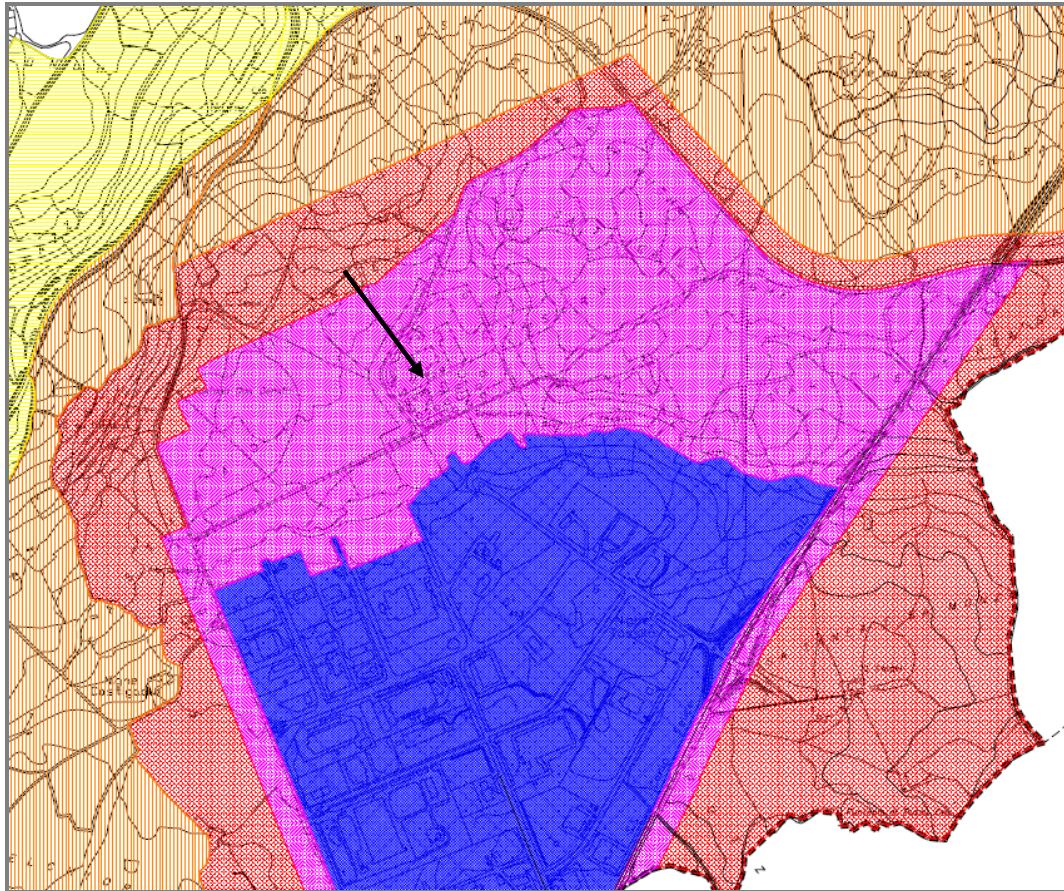
Relativamente al clima acustico dell'area oggetto di indagine sono stati rilevati i seguenti aspetti: l'area oggetto degli interventi non è caratterizzata dalla presenza e frequentazione assidua di persone che possa dare luogo a rumore di origine antropica; sono praticate la pastorizia, l'allevamento, l'agricoltura e la caccia; in certe porzioni di territorio comunale, si rileva un non trascurabile rumore da avifauna; la principale fonte di rumorosità è rappresentata dalla presenza della SS 131, i cui effetti si fanno sentire sino a qualche centinaio di metri dal centro della carreggiata stradale, a 4 corsie, con velocità media di percorrenza pari a circa 90 – 100 km/h, pur con un limite massimo di velocità compreso fra 80 km/h e 90 km/h; la strada provinciale 33, soprattutto nel tratto di accesso al Comune di Borore, è caratterizzato da una non trascurabile presenza di veicoli, circolanti nei due sensi di marcia, fonte di una certa rumorosità soprattutto nel periodo di riferimento diurno; la viabilità all'interno dell'area di intervento è fonte di una scarsa e irrilevante rumorosità, ancorché di giorno si registrino, talora, elevate velocità di percorrenza delle strade, soprattutto nei tratti rettilinei, che è causa di rumorosità di fondo di valore non sempre trascurabile all'interno dell'area oggetto di indagine; la strada ferrata non è fonte di rumori data la bassa frequenza di passaggio dei convogli ferroviari; la presenza dell'area industriale di Macomer non dà luogo a modificazioni sostanziali del clima acustico generale.

Il Comune di Borore e di Macomer sono dotati del Piano di Classificazione Acustica del territorio comunale che prevede, all'esterno del centro abitato, diverse classi di destinazione d'uso.

Il Piano Comunale di Zonizzazione Acustica del Comune di Macomer redatto ai sensi della L.R. 447/1995 e s.m.i., recentemente approvato, classifica l'area dell'impianto in classe V (aree prevalentemente industriali), con i seguenti limiti:

CLASSE	DESCRIZIONE	VALORI LIMITE ASSOLUTI DI IMMISSIONE Leq in dB(A)		VALORI LIMITE DI QUALITÀ Leq in dB(A)	
		Diurno Ore 6-22	Notturmo Ore 2-6	Diurno Ore 6-22	Notturmo Ore 2-6
Classe V	AREE PREVALENTEMENTE INDUSTRIALI: aree interessate da insediamenti industriali con scarsità di abitazioni	70	60	65	55

Tabella 7 Classificazione acustica per l'area di intervento



CLASSI D.P.C.M. 14 NOVEMBRE 1997

Valori limite assoluti di immissione, Leq in dB(A)

	Limiti diurni (06:00-22:00)	Limiti notturni (22:00-06:00)
CLASSE I - Aree particolarmente protette	50	40
CLASSE II - Aree prevalentemente residenziali	55	45
CLASSE III - Aree di tipo misto	60	50
CLASSE IV - Aree di intensa attività umana	65	55
CLASSE V - Aree prevalentemente industriali	70	60
CLASSE VI - Aree esclusivamente industriali	70	70

Valori limite di emissione, Leq in dB(A)



	Limiti diurni (06:00-22:00)	Limiti notturni (22:00-06:00)
CLASSE I - Aree particolarmente protette	45	35
CLASSE II - Aree prevalentemente residenziali	50	40
CLASSE III - Aree di tipo misto	55	45
CLASSE IV - Aree di intensa attività umana	60	50
CLASSE V - Aree prevalentemente industriali	65	55
CLASSE VI - Aree esclusivamente industriali	65	65

**Tabella 8** Classificazione acustica per l'area di intervento inquadramento cartografico

Le condizioni operative dell'impianto di progetto permetteranno di rispettare ampiamente tali limiti; inoltre, l'ambito geografico in cui si colloca l'impianto è di tipo pianeggiante e la propagazione del rumore è limitata dall'isolamento dell'area dotata di alberatura perimetrale esterna, in modo da schermare l'azione di disturbo.

Il rumore generato dal traffico in entrata e in uscita dall'impianto è da ritenersi irrilevante vista la quantità dei mezzi in transito.

I potenziali bersagli del rumore saranno edifici realizzati all'interno delle aziende agricole al fine di ospitare pastori e loro familiari o guardiani; civili abitazioni in corso di costruzione in agro; civili abitazioni isolate ubicate nelle zone di espansione o periferiche del centro abitato di Borore; aree destinate allo svolgimento di attività ludico - ricreative - culturali, prime fra tutte le aree interessate dalla presenza di nuraghe.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 102/103	

## 10. SALUTE PUBBLICA

La componente ambientale "salute pubblica" viene presa in considerazione per verificare, attraverso l'analisi ex - ante, i rischi che l'opera in progetto ed il suo esercizio possono determinare a carico della salute dei non addetti, a causa di modificazioni rispetto alla situazione iniziale.

L'analisi viene svolta attraverso l'identificazione, nel sito in esame, di quei fattori che possano determinare un rischio significativo per la salute umana.

In ragione delle peculiarità dell'area, caratterizzata da attività agropastorali a carattere prevalentemente estensivo, nonché da attività industriali, per la presenza dell'agglomerato di Tossilo e da strade caratterizzate da traffico veicolare intenso, si è ritenuto di dover analizzare le componenti di influenza della salute pubblica relative all'inquinamento da sostanza chimiche (atmosferico), all'inquinamento acustico ed alla mobilità.

### 10.1.1 Inquinamento Atmosferico

La qualità dell'aria di un ambiente, in relazione all'abitabilità da parte dell'uomo, si definisce in relazione ai seguenti parametri:

- concentrazioni di CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Ozono, particolati, fumo nero;
- emissioni di CO, SO<sub>2</sub>, NOX, particolato, metalli pesanti.

Per la zona in esame come riportato precedentemente sono disponibili i dati relativi alla stazione ARPAS di Macomer; in relazione ai dati disponibili sulla qualità dell'aria che sulle emissioni in atmosfera in ragione del fatto che l'area piccola interessata dal progetto di espansione è interessata dall'insediamento industriale di Tossilo e per la presenza di vie di circolazione con traffico intenso, si sono verificati i valori dei parametri indicati che rientrano nei limiti di legge.

Alla luce di quanto esposto si può sinteticamente concludere che, nel territorio in esame l'ambiente atmosferico può considerarsi non inquinato.

### 10.1.2 Inquinamento acustico

L'analisi dell'agente fisico "rumore" ha lo scopo di definire lo stato fonometrico attuale o ex ante dell'area interessata dall'intervento, per poter stabilire eventuali modificazioni che possono verificarsi in seguito alla realizzazione dell'opera, al suo esercizio ed alla sua dismissione e poter definire, quindi, gli impatti generati dal rumore sulla componente "salute pubblica".

Essendo i livelli di rumore residuo nell'area sono piuttosto bassi e rientrano nei parametri prescritti.

### 10.1.3 Mobilità



La mobilità viene valutata in relazione a:

parco veicolare esistente (autovetture circolanti/100 abitanti);

- utilizzo dei mezzi pubblici;
- estensione delle aree chiuse al traffico.

Non si dispone di dati relativamente a tali indicatori, tuttavia, considerando le caratteristiche del territorio esaminato e in base alle considerazioni già esposte, si può affermare che, essendo l'area attraversata da assi viari quali la SS 131 (Cagliari, Sassari) Carlo Felice, la trasversale sarda SS 129 (Macomer -Nuoro) , la SS 129 bis (Macomer – Bosa) e la SP 33 Borore – Ottana, l'intensità di traffico da autovetture private e mezzi pubblici è significativa.

Tuttavia, in base alle considerazioni in merito alla componente acustica e all'inquinamento atmosferico si ritiene che nel complesso il traffico esistente non sia tale da creare situazioni di criticità per la componente "salute pubblica", in considerazione anche del piano di monitoraggio regionale sulla qualità dell'aria che tiene sottocontrollo la qualità della componente.

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	REV. 0	
	S.I.A. - Quadro di riferimento ambientale	PAG. 103/103	

## 11. CAMPI ELETTROMAGNETICI

La presenza crescente sul territorio nazionale di sorgenti di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, dovuta anche all'incremento tecnologico, ha reso di maggiore attualità la problematica dell'esposizione alle radiazioni non ionizzanti.

La problematica, comunemente definita "inquinamento elettromagnetico" tratta le radiazioni non ionizzanti comprese nell'intervallo di frequenza 0-300 GHz.

Le sorgenti di campo elettromagnetico si dividono in due categorie principali:

- sorgenti di campi a bassa frequenza (< 300 Hz), o campi ELF (Extremely Low Frequency), dovuti essenzialmente ai sistemi di produzione, distribuzione e utilizzo dell'energia elettrica (linee elettriche, cabine di trasformazione, elettrodomestici, ecc.), che in Italia presenta una frequenza industriale costante pari a 50 Hz;
- sorgenti di campi ad alta frequenza (100 kHz -300 GHz), o campi RF (Radiofrequency) dovuti agli impianti per radiotelecomunicazioni (radio, tv, telefoni cellulari, radar).

Per determinare, sul territorio nazionale, i campi elettromagnetici, l'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici ha preso in esame 4 indicatori (Annuario dei dati ambientali 2008):

- "densità degli impianti e siti per radiotelecomunicazioni e potenza complessiva sul territorio nazionale", classificabili come indicatori di causa primari, che rappresentano le principali sorgenti di pressione sull'ambiente per i campi elettromagnetici;
- "sviluppo in chilometri delle linee elettriche, divise per tensione, in rapporto alla superficie territoriale";
- "superamenti dei valori di riferimento normativo per campi elettromagnetici, limiti e stato di attuazione dei risanamenti", classificabili come indicatori di stato/risposta, che quantificano rispettivamente l'attività delle autorità di controllo (ARPA/APPA) e la risposta degli organismi competenti alle situazioni di "non conformità" alla normativa vigente riscontrate sul territorio;
- "numero di pareri preventivi e di intervalli di controllo su sorgenti di campi RF";

Gli indicatori selezionati forniscono un buon quadro conoscitivo della situazione nazionale relativa ai campi elettromagnetici, sia per la problematica relativa agli ELF sia per quella legata alle RF.

La scelta degli indicatori nasce da un compromesso tra esigenze informative e disponibilità dei dati, che devono rispondere a criteri di reperibilità, affidabilità e semplicità di lettura.

Non disponendo di dati puntuali relativamente all'area in esame, ci si è avvalsi di quelli elaborati da APAT su dati ENEL Terna, ENEL Distribuzione, DEVAL S.p.A., Osservatorio NIR, ISTAT.

In Sardegna sono presenti:

- 51.712 km di linee elettriche a tensione < a 40 kV;
- 2.247 km a tensione compresa tra 40 e 150 kV;
- 777 km a tensione pari a 220 kV;
- 301 km a tensione pari a 380 kV.

Sulla rete a tensione maggiore di 40 kV non risulta, dai dati del Ministero dell'Ambiente, alcun superamento dei limiti di campo elettrico e magnetico fissati dal DPCM 23/04/92.

È importante ricordare, per quanto concerne gli elettrodotti, che il D.P.C.M. del 23 aprile 1992 fissa i limiti di esposizione per la popolazione a campi elettromagnetici prodotti dalla frequenza di 50 Hz pari a 5 kV/m per il campo elettrico e 0,1 mT per il campo magnetico nel caso di esposizione continua e 10 kV/m e 1 mT rispettivamente nel caso di esposizione limitata a poche ore (1mT=0,001T).

Stabilisce inoltre le distanze di rispetto dagli elettrodotti e dalle cabine di trasformazione in funzione della tensione di esercizio.

Le strutture in questione devono essere poste ad una distanza uguale o superiore a 10 metri per linee a 132 kV, a 18 metri per linee a 220 kV e a 28 metri per linee a 380 kV.

Con riferimento alle considerazioni esposte precedentemente, che evidenziano uno stato della "qualità" dell'ambiente all'interno dei limiti di legge in vigore, si può affermare pertanto che nell'area piccola attorno all'ambito di intervento, allo stato attuale, non si ha inquinamento elettromagnetico né per l'uomo né per la fauna.