

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex D.Lgs 152/2006

DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA PER LA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

HUB ENERGETICO AGNES ROMAGNA 1&2 UBICATO NEL TRATTO DI MARE ANTISTANTE ALLA COSTA EMILIANO-ROMAGNOLA E NEL COMUNE DI RAVENNA

Titolo:

STUDIO SULLA PRODUCIBILITÀ DEGLI IMPIANTI EOLICI CON DATI RILEVATI IN SITO

Codice identificativo:

AGNROM_INT-R_EOLICO-PROD

Proponente:



Agnes S.r.l.

P. IVA: 02637320397

Autore del documento:



Qint'x S.r.l.

P. IVA: 01445520396



DETTAGLI DEL DOCUMENTO

Titolo documento	Studio sulla producibilità degli impianti eolici con dati rilevati in sito
Codice documento	AGNROM_INT-R_EOLICO-PROD
Titolo progetto	Hub energetico Agnes Romagna 1&2
Codice progetto	AGNROM
Data	14/11/2023
Versione	1.0
Autore/i	F. Melandri
Tipologia elaborato	Relazione
Cartella	16
Sezione	Documentazione integrativa
Formato	A4

VERSIONI

1.0	00	F. Melandri	A. Bernabini	AGNES	Emissione finale
Ver.	Rev.	Redazione	Controllo	Emissione	Commenti

FIRMA DIGITALE



Agnes S.r.l.

Via Del Fringuello 28, 48124 Ravenna (IT)

Questo documento è di proprietà Agnes S.r.l.

Qualunque riproduzione, anche parziale, è vietata senza la sua preventiva autorizzazione.

Ogni violazione sarà perseguita a termini di legge.

Sommario

1. GENERALE.....	8
1.1 ABBREVIAZIONI E DEFINIZIONI.....	8
1.2 RIFERIMENTI.....	8
2. SCOPO DEL DOCUMENTO.....	9
3. SINTESI DEI RISULTATI.....	10
4. DATI DI PROGETTO.....	12
4.1 CARATTERISTICHE DEL SITO.....	12
4.1.1 PARCO ROMAGNA 1.....	12
4.1.2 PARCO ROMAGNA 2.....	13
4.2 AEROGENERATORI.....	13
4.2.1 PREMessa SULLA SCELTA DEGLI AEROGENERATORI.....	13
4.2.2 MODELLI.....	14
4.2.3 COORDINATE AEROGENERATORI.....	14
5. SOFTWARE DI CALCOLO.....	18
6. METODOLOGIA.....	19
7. CARATTERIZZAZIONE ANEMOLOGICA DELL'AREA.....	21
7.1 DESCRIZIONE DELLA CAMPAGNA DI MISURAZIONE DEL VENTO IN SITO.....	21
7.1.1 PREAMBOLO SULLA CAMPAGNA.....	21
7.1.2 APPARECCHIATURE DI TELERILEVAMENTO UTILIZZATE.....	22
7.1.3 VELOCITÀ MEDIA DEL VENTO MISURATA.....	24
7.2 PROCEDIMENTO PER LA DETERMINAZIONE DELL'ANNO TIPICO.....	25
7.2.1 IMPUTAZIONE DEI DATI MANCANTI.....	26
7.2.2 DATI SATELLITARI A LUNGO TERMINE.....	30
7.3 CORRELAZIONE TRA I DATI MISURATI E I DATI SATELLITARI.....	32
7.3.1 METODOLOGIA.....	32
7.3.2 ROMAGNA 2.....	33
7.3.3 ROMAGNA 1.....	34
7.4 VELOCITÀ DEL VENTO A LUNGO TERMINE.....	35
7.5 ESTRAPOLAZIONE SPAZIALE DEL VENTO.....	37
7.6 TURBOLENZA.....	39
7.7 DENSITÀ MEDIA DELL'AREA.....	41
8. ANALISI DELLA PRODUZIONE ANNUA DI ENERGIA.....	43
8.1 CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA DELL'AREA.....	43
8.2 PERFORMANCE AEROGENERATORI.....	44

8.3	PERDITE PER EFFETTO SCIA	45
8.4	ENERGIA ANNUA PRODOTTA LORDA	46
8.5	PERDITE TECNICHE	46
8.6	INCERTEZZE	48
8.7	ENERGIA ANNUA PRODOTTA NETTA (P50, P75, P90)	49
APPENDICE A – INFORMAZIONI AEROGENERATORI		51
A.1	SCHEDA TECNICA – GOLDWIND 8000-230.....	51
A.2	SCHEDA TECNICA – DONGFANG 8000-242.....	53
A.3	SCHEDA TECNICA – AGNES 8000-260	55
APPENDICE B – CAMPAGNA DI MISURAZIONE		57
B.1	COMMISSIONING REPORT – LIDAR WLS866-0143.....	57
B.2	COMMISSIONING REPORT – LIDAR WLS866-0142.....	58
APPENDICE C – CORRELAZIONE A LUNGO TERMINE		59
C.1	DATI SATELLITARI UTILIZZATI PER LA CORRELAZIONE	59
C.2	CORRELAZIONE A LUNGO TERMINE DEI DATI DI WLS866-0142	60
C.3	CORRELAZIONE A LUNGO TERMINE DEI DATI DI WLS866-0143	61
APPENDICE D – ESTRAPOLAZIONE SPAZIALE DELLA VELOCITÀ		64
D.1	METODOLOGIA	64
D.1.1	DATI VENTO VORTEX AEROGENERATORI.....	64
D.1.2	DATI VENTO VORTEX LIDAR	66
D.1.3	CALCOLO DEI COEFFICIENTI CORRETTIVI DI VELOCITÀ.....	67
D.1.4	DETERMINAZIONE VELOCITÀ PUNTUALI.....	70
APPENDICE E – ANALISI DI PRODUZIONE		74
E.1	METODOLOGIA.....	74
E.2	PERDITE TECNICHE	74
E.2.1	PERDITE PER EFFETTO SCIA	77
E.2.2	PERFORMANCE DELLE TURBINE.....	77
E.2.3	PERDITE ELETTRICHE	77
E.2.4	DISPONIBILITÀ E DEGRADO DELLE TURBINE	77
E.3	INCERTEZZE.....	78
E.3.1	MISURAZIONI DEL VENTO.....	79
E.3.2	CORRELAZIONE A LUNGO TERMINE.....	79
E.3.3	VARIABILITÀ ANNUALE	79
E.3.4	ESTRAPOLAZIONE ORIZZONTALE	80
E.3.5	CURVA DI POTENZA	80
E.3.6	IMPATTO SITO SPECIFICO.....	81
E.3.7	EFFETTO SCIA, DISPONIBILITÀ DELLE TURBINE.....	81

E.3.8 PERDITE ELETTRICHE	81
E.3.9 SOMMARIO INCERTEZZE PER LE TURBINE IN ESAME.....	81
E.4 RISULTATI PRODUZIONE ENERGETICA	83
9. APPENDICE F – DATI SATELLITARI DI VORTEX E ATLAS.....	98

Indice delle figure

FIGURA 1: PARCHI EOLICI ROMAGNA 1 & 2.....	12
FIGURA 2: PARCHI EOLICI DI ROMAGNA 1 & 2 E I DUE LiDAR WLS866-0142 E WLS866-0143	23
FIGURA 3: PROFILO VERTICALE MONODIMENSIONALE DELLA VELOCITÀ DEL VENTO.....	26
FIGURA 4: SHEAR MATRIX ROMAGNA 2.....	28
FIGURA 5: SHEAR VERTICALE ROMAGNA 2	28
FIGURA 6: SHEAR MATRIX ROMAGNA 1.....	28
FIGURA 7: SHEAR VERTICALE ROMAGNA 1	29
FIGURA 8: POSIZIONE DEI DUE DATI VENTO SATELLITARI.....	31
FIGURA 9: SOVRAPPOSIZIONE DEGLI ANDAMENTI DEI DATI MISURATI E DATI SATELLITARI ROMAGNA 2.....	33
FIGURA 10: CONFRONTO SULLA FREQUENZA DELLA DIREZIONE DEL VENTO (SX); CONFRONTO VELOCITÀ DEL VENTO (DX) ROMAGNA 2.....	34
FIGURA 11: SOVRAPPOSIZIONE DEGLI ANDAMENTI DEI DATI MISURATI E DATI SATELLITARI ROMAGNA 1.....	34
FIGURA 12: CONFRONTO SULLA FREQUENZA DELLA DIREZIONE DEL VENTO (SX); CONFRONTO VELOCITÀ DEL VENTO (DX) ROMAGNA 1.....	35
FIGURA 13: DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA E ROSA DEI VENTI ROMAGNA 2.....	36
FIGURA 14: DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA E ROSA DEI VENTI ROMAGNA 1.....	37
FIGURA 15: MAPPA VORTEX DEI GRADIENTI DI VELOCITÀ	38
FIGURA 16: TURBOLENZA LiDAR WLS866-0142 E CURVE STANDARD IEC 61400-1	40
FIGURA 17: TURBOLENZA LiDAR WLS866-0143 E CURVE STANDARD IEC 61400-1	41
FIGURA 18: CURVE DI POTENZA E COEFFICIENTI DI SPINTA PER LE TURBINE DI PROGETTO.....	44
FIGURA 19: ISTOGRAMMA ANDAMENTO VELOCITÀ DEL VENTO ANNUALE DATI SATELLITARI	59
FIGURA 20: DISTRIBUZIONE DI WEIBULL E LA ROSA ENERGETICA DEI VENTI PER IL LiDAR WLS866-0142	61
FIGURA 21: ROSA DEI VENTI PER LA VELOCITÀ MEDIA E DELLA FREQUENZA PER IL LiDAR WLS866-0142.....	61
FIGURA 22: DISTRIBUZIONE DI WEIBULL E LA ROSA ENERGETICA DEI VENTI PER IL LiDAR WLS866-0143	62
FIGURA 23: ROSA DEI VENTI PER LA VELOCITÀ MEDIA E DELLA FREQUENZA PER IL LiDAR WLS866-0143.....	63
FIGURA 24: NUMERAZIONE AEROGENERATORI	65
FIGURA 25: IDENTIFICATIVO LiDAR.....	67
FIGURA 26: DISTANZE LiDAR RISPETTO AD AEROGENERATORI	71
FIGURA 27: ANDAMENTO DISPONIBILITÀ E DEGRADO PER LE TURBINE IN 10 ANNI.....	78
FIGURA 28: PARAMETRI ADOTTATI NEL MODELLO PER IL CALCOLO DELL'INCERTEZZA SULLA CORRELAZIONE A LUNGO TERMINE	79
FIGURA 29: DIAGRAMMA DELLE PERDITE, DELLE INCERTEZZE E LA CURVA DI PROBABILITÀ DELL'ENERGIA ANNUA PRODotta NEL PERIODO TEMPORALE DI 10 ANNI PER LA TURBINA GOLDWIND.....	87
FIGURA 30: DIAGRAMMA DELLE PERDITE, DELLE INCERTEZZE E LA CURVA DI PROBABILITÀ DELL'ENERGIA ANNUA PRODotta NEL PERIODO TEMPORALE DI 10 ANNI PER LA TURBINA DONGFANG	92

FIGURA 31: DIAGRAMMA DELLE PERDITE, DELLE INCERTEZZE E LA CURVA DI PROBABILITÀ DELL'ENERGIA ANNUA PRODOTTA NEL PERIODO TEMPORALE DI 10 ANNI PER LA TURBINA AGNES	97
FIGURA 32: MAPPA VORTEX A 150 M	98
FIGURA 33: MAPPA ATLAS A 150 M	99

Indice delle tabelle

TABELLA 1: SOMMARIO DEI RISULTATI.....	10
TABELLA 2: TURBINE SELEZIONATE PER LA STIMA DELL'AEP	14
TABELLA 3: COORDINATE TURBINE ROMAGNA 1	15
TABELLA 4: COORDINATE TURBINE ROMAGNA 2	16
TABELLA 5: SOMMARIO METODOLOGIA PER IL CALCOLO DELL'AEP	19
TABELLA 6: COORDINATE E ALTEZZE MISURATE PER I DUE LIDAR	23
TABELLA 7: PERIODO E ALTEZZA DI MISURAZIONE PER I DUE LIDAR	24
TABELLA 8: TIME STEP E COPERTURA PER I DUE LIDAR	24
TABELLA 9: VELOCITÀ DEL VENTO MISURATA PER I DUE LIDAR	24
TABELLA 10: ALTEZZE SCALATE PER I DUE LIDAR	29
TABELLA 11: VELOCITÀ DEL VENTO POST IMPUTAZIONE	30
TABELLA 12: PERIODO E ALTEZZA DI MISURAZIONE PER I DUE DATI VENTO SATELLITARI	31
TABELLA 13: TIME STEP, PERIODO CONSIDERATO E VELOCITÀ DEL VENTO PER I DUE DATI VENTO SATELLITARI	31
TABELLA 14: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE ROMAGNA 2	34
TABELLA 15: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE ROMAGNA 1	35
TABELLA 16: PARAMETRI DI AGGIUSTAMENTO A LUNGO TERMINE DEI DATI MISURATI.....	35
TABELLA 17: VELOCITÀ DEL VENTO MISURATO POST CORRELAZIONE A LUNGO TERMINE.....	36
TABELLA 18: CORREZIONE SPAZIALE PERCENTUALE MEDIA.....	37
TABELLA 19: RISULTATI DATI VENTO MISURATI NELL'AREA DI PROGETTO POST CORREZIONE SPAZIALE	38
TABELLA 20: CLASSE DI TURBOLENZA	41
TABELLA 21: DENSITÀ MEDIA DELL'ARIA	42
TABELLA 22: CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA DELL'AREA	43
TABELLA 23: CLASSI E VALORI RUGOSITÀ PER DIFFERENTI AREE DI PROGETTO.....	43
TABELLA 24: PARAMETRI TURBINE.....	44
TABELLA 25: PARAMETRI PER IL CALCOLO DELLE PERDITE DI SCIA	45
TABELLA 26: ENERGIA ANNUA LORDA.....	46
TABELLA 27: PERDITE TECNICHE ASSUNTE.....	47
TABELLA 28: INCERTEZZE	48
TABELLA 29: INCERTEZZE SU ARCO TEMPORALE DI 10 ANNI PER LE TURBINE IN ANALISI	49
TABELLA 30: SINTESI DELLA PRODUZIONE MEDIA NETTA DI ENERGIA PER LA TURBINA GOLDWIND	49
TABELLA 31: SINTESI DELLA PRODUZIONE MEDIA NETTA DI ENERGIA PER LA TURBINA DONGFANG.....	50
TABELLA 32: SINTESI DELLA PRODUZIONE MEDIA NETTA DI ENERGIA PER LA TURBINA AGNES.....	50
TABELLA 33: RIASSUNTO PARAMETRI PRINCIPALI TURBINA GOLDWIND	51
TABELLA 34: CURVA DI POTENZA E COEFFICIENTE DI SPINTA TURBINA GOLDWIND	51

TABELLA 35: RIASSUNTO PARAMETRI PRINCIPALI TURBINA DONGFANG.....	53
TABELLA 36: CURVA DI POTENZA E COEFFICIENTE DI SPINTA TURBINA DONGFANG	53
TABELLA 37: RIASSUNTO PARAMETRI PRINCIPALI TURBINA AGNES	55
TABELLA 38: CURVA DI POTENZA E COEFFICIENTE DI SPINTA TURBINA AGNES	55
TABELLA 39: MEDIA MENSILE VELOCITÀ DEL VENTO DATI SATELLITARI	59
TABELLA 40: MEDIA MENSILE DELLA DIREZIONE DEL VENTO DATI SATELLITARI	60
TABELLA 41: MEDIA MENSILE, DIREZIONE DEL VENTO E TURBOLENZA LIDAR WLS866-0142	60
TABELLA 42: MEDIA MENSILE, DIREZIONE DEL VENTO E TURBOLENZA LIDAR WLS866-0143	61
TABELLA 43: VELOCITÀ DEL VENTO PUNTUALI PER AEROGENERATORI	65
TABELLA 44: VALORI DI VELOCITÀ DEL VENTO PUNTUALI PER I LIDAR	67
TABELLA 45: COEFFICIENTI CORRETTIVI ROMAGNA 1	68
TABELLA 46: COEFFICIENTI CORRETTIVI ROMAGNA 2.....	69
TABELLA 47: PESO PONDERATO LIDAR WLS866-0142 E WLS866-0143.....	71
TABELLA 48: RISULTATI VELOCITÀ PUNTUALI	73
TABELLA 49: PERDITE TECNICHE	74
TABELLA 50: SOMMARIO DISPONIBILITÀ E DEGRADO TURBINE IN 10 ANNI	77
TABELLA 51: INCERTEZZA PERCENTUALE AL VARIARE DEL PERIODO DI ANALISI CONSIDERATO PER LA TURBINA GOLDWIND	81
TABELLA 52: INCERTEZZA PERCENTUALE AL VARIARE DEL PERIODO DI ANALISI CONSIDERATO PER LA TURBINA DONGFANG	81
TABELLA 53: INCERTEZZA PERCENTUALE AL VARIARE DEL PERIODO DI ANALISI CONSIDERATO PER LA TURBINA AGNES	82
TABELLA 54: RISULTATI AEP TURBINA GOLDWIND.....	83
TABELLA 55: RISULTATI AEP TURBINA DONGFANG.....	87
TABELLA 56: RISULTATI AEP TURBINA AGNES.....	93

1. GENERALE

1.1 Abbreviazioni e definizioni

AdSP	Autorità di Sistema Portuale
AEP	Annual Energy Production
Agnes o Proponente	Agnes S.r.l.
BESS	Battery Energy Storage System
CPRA	Capitaneria di Porto di Ravenna
CT	Commissione Tecnica PNRR-PNIEC
DNV	DNV – Energy Systems
MASE	Ministero dell’Ambiente e delle Sicurezza Energetica
OFPV	Impianto fotovoltaico galleggiante
P2Hy	Impianto di produzione, compressione, stoccaggio e distribuzione di idrogeno
Progetto	Hub Energetico Agnes Romagna 1&2
Regione ER	Regione Emilia-Romagna
Saipem	Saipem S.p.A.
VIA	Procedura di VIA ex D.Lgs 152/2006

1.2 Riferimenti

AGNROM_EP-R_REL-OWT, Relazione tecnica degli aerogeneratori