

# MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

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

## PROGETTO DEFINITIVO E STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

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

Titolo:

### RELAZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE

Codice identificativo:

**AGNROM\_EP-R\_REL-OPPV**

Proponente:



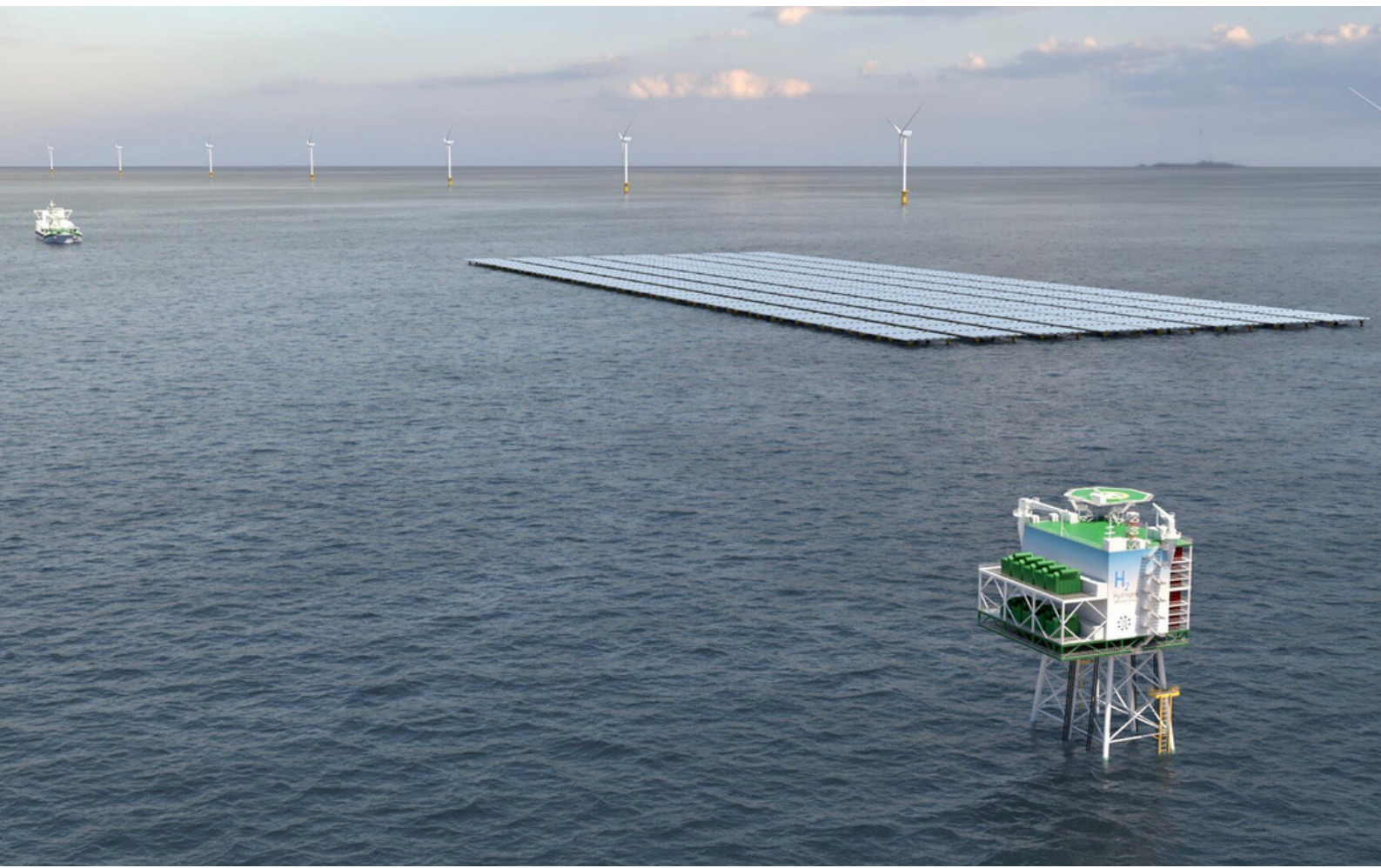
Agnes S.r.l.  
P. IVA: 02637320397



Autore del documento:



Qint'x S.r.l.  
P. IVA: 01445520396



## DETTAGLI DEL DOCUMENTO

<b>Titolo documento</b>	Relazione tecnica dell'impianto fotovoltaico galleggiante
<b>Codice documento</b>	AGNROM_EP-R_REL-OPV
<b>Titolo progetto</b>	Hub energetico Agnes Romagna 1&2
<b>Codice progetto</b>	AGNROM
<b>Data</b>	12/01/2023
<b>Versione</b>	1.0
<b>Autore/i</b>	F. Melandri; N. Lontani; G. L. Vaglio
<b>Tipologia elaborato</b>	Relazione (documento riservato per ragioni di segreto industriale e commerciale)
<b>Cartella</b>	VIA_2
<b>Sezione</b>	Elaborati di progetto
<b>Formato</b>	A4

## VERSIONI

1.0	00	F. Melandri; N. Lontani; G. L. Vaglio	A. Bernabini	AGNES	Emissione finale
<b>Ver.</b>	<b>Rev.</b>	<b>Redazione</b>	<b>Controllo</b>	<b>Emissione</b>	<b>Commenti</b>

## FIRME DIGITALI



**Agnes S.r.l.**

Via Del Fringuello 28, 48124 Ravenna (IT)

Questo documento è di proprietà di Agnes S.r.l.  
Qualunque riproduzione, anche parziale, è vietata senza la sua preventiva autorizzazione.  
Ogni violazione sarà perseguita a termini di legge.



## Sommario

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>7</b>
1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO.....	8
<b>2. CARATTERISTICHE DELL'AREA.....</b>	<b>9</b>
2.1 UBICAZIONE E GEOGRAFIA .....	9
2.2 CONDIZIONI METEOMARINE.....	10
2.3 GEOLOGIA, STRATIGRAFIA, MORFOLOGIA E SISMICA.....	10
<b>3. INTRODUZIONE ALLA TECNOLOGIA DI FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE IN AMBIENTI OFFSHORE .....</b>	<b>11</b>
3.1 BREVE CRONISTORIA E VANTAGGI DELLA SOLUZIONE .....	11
3.2 SVILUPPI RECENTI.....	13
3.3 PRINCIPALI ALTERNATIVE TECNOLOGICHE.....	13
3.3.1 TECNOLOGIA CON STRUTTURA GALLEGGIANTE SOPRAELEVATA.....	14
3.3.2 TECNOLOGIA A MEMBRANA GALLEGGIANTE.....	15
3.4 PRINCIPALI ALTERNATIVE DI CONFIGURAZIONE .....	17
3.4.1 CONFIGURAZIONE STAND ALONE .....	18
3.4.2 CONFIGURAZIONE INTEGRATA.....	18
<b>4. COMPATIBILITÀ DELLA SOLUZIONE NEL SITO DI PROGETTO .....</b>	<b>19</b>
4.1 LIVELLI DI RADIAZIONE SOLARE.....	19
4.2 CONDIZIONI METEOMARINE.....	19
4.3 GEOMORFOLOGIA, STRATIGRAFIA E SISMICA .....	20
4.4 INTEGRAZIONE CON IMPIANTO EOLICO .....	20
4.4.1 STAGIONALITÀ COMPLEMENTARE DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE .....	21
4.4.2 CONDIVISIONE DELLE OPERE ELETTRICHE DI CONNESSIONE .....	21
4.4.3 ECONOMIE DI SCALA IN FASE DI COSTRUZIONE E MANUTENZIONE .....	22
4.5 CONSIDERAZIONE DI CARATTERE GENERALE A LIVELLO STRATEGICO .....	22
<b>5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI PROGETTO.....</b>	<b>24</b>
5.1 DESCRIZIONE DELL'ALTERNATIVA TECNOLOGICA 1 .....	25
5.1.1 LAYOUT E GENERALITÀ .....	25
5.1.2 MATERIALI UTILIZZATI .....	27
5.1.3 SISTEMA DI ORMEGGIO.....	27
5.1.4 SISTEMA DI ANCORAGGIO .....	29
5.1.5 PANNELLI FOTOVOLTAICI.....	30
5.1.6 INVERTER .....	31
5.1.7 PIATTAFORMA TRIANGOLARE .....	32
5.1.8 CABINA DI TRASFORMAZIONE.....	35
5.1.9 GALLEGGIANTI.....	39
5.1.10 STRUTTURA ESAGONALE DA 7.7 MW .....	39
5.1.11 CONNESSIONE BT .....	41
5.1.12 MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA .....	42
5.2 DESCRIZIONE DELL'ALTERNATIVA TECNOLOGICA 2 .....	43
5.2.1 LAYOUT E GENERALITÀ .....	43



5.2.2	MATERIALI UTILIZZATI .....	46
5.2.3	SISTEMI DI ORMEGGIO.....	47
5.2.4	SISTEMI DI ANCORAGGIO .....	48
5.2.5	PANNELLI FOTOVOLTAICI.....	49
5.2.6	INVERTER .....	50
5.2.7	PIATTAFORMA CIRCOLARE .....	50
5.2.8	CABINA DI TRASFORMAZIONE.....	52
5.2.9	GALLEGGIANTI.....	53
5.2.10	CLUSTER DA 6.6 MW.....	53
5.2.1	CONNESSIONE BT .....	54
5.2.2	MISURE DI PROTEZIONE E SICUREZZA .....	55
5.3	ALTERNATIVA DI UBICAZIONE .....	56
5.3.1	ALTERNATIVA TECNOLOGICA 1.....	58
5.3.2	ALTERNATIVA TECNOLOGICA 2.....	58
5.4	CAVI DI INTERCONNESSIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE .....	59
5.4.1	CAVI DINAMICI .....	59
5.4.2	POSSIBILI CONFIGURAZIONI DI INTERCONNESSIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE .....	61
5.4.3	COMPONENTI AUSILIARI CONFIGURAZIONE A LAZY-S.....	63
5.4.4	DIMENSIONAMENTO CAVI PER L'ALTERNATIVA TECNOLOGICA 1 .....	68
5.4.5	DIMENSIONAMENTO CAVI PER L'ALTERNATIVA TECNOLOGICA 2 .....	70
<b>6.</b>	<b>PRODUCIBILITÀ DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE .....</b>	<b>73</b>
6.1	RISULTATI DELLA SIMULAZIONE CON PVSYSY E RIEPILOGO DEI RISULTATI.....	73
6.1.1	PRODUZIONE LORDA DI ENERGIA .....	73
6.1.2	PERDITE DI TRASMISSIONE E TRASFORMAZIONE .....	75
6.1.3	PRODUZIONE NETTA DI ENERGIA.....	75
<b>7.</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA FASE DI COSTRUZIONE.....</b>	<b>77</b>
7.1	ALTERNATIVA TECNOLOGICA 1 .....	77
7.1.1	COSTRUZIONE E ASSEMBLAGGIO .....	78
7.1.2	TRASPORTO AL SITO DI INSTALLAZIONE.....	80
7.1.3	METODO DI INSTALLAZIONE E ANCORAGGIO.....	85
7.2	ALTERNATIVA TECNOLOGICA 2 .....	86
7.2.1	COSTRUZIONE E ASSEMBLAGGIO .....	86
7.2.2	TRASPORTO AL SITO DI INSTALLAZIONE.....	88
<b>8.</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA FASE DI ESERCIZIO E MANUTENZIONE .....</b>	<b>91</b>
8.1.1	ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MANUTENZIONE.....	91
8.2	ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA PER LA VARIANTE PROGETTUALE AT2 .....	93
8.3	ACCESSIBILITÀ AGLI IMPIANTI .....	93
8.3.1	ALTERNATIVA TECNOLOGICA 1 .....	93
8.3.2	ALTERNATIVA TECNOLOGICA 2 .....	94
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>96</b>



## Indice delle figure

FIGURA 1: INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A MARE DI ROMAGNA 1 & 2 .....	10
FIGURA 2: VANTAGGI E SFIDE DEL FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE IN ACQUE MARINE (WORLD BANK, 2018) .....	12
FIGURA 3: ESEMPI DI FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE PER AMBIENTI OFFSHORE CON STRUTTURE SOPRAELEVATE: DESIGN DI MOSS-MARITIME (A DESTRA), SINN POWER (A SINISTRA) E SOLAR DUCK (IN BASSO) .....	14
FIGURA 4: TECNOLOGIA A MEMBRANA GALLEGGIANTE BREVETTATA DALLA SOCIETÀ OCEAN SUN .....	17
FIGURA 5: CONFIGURAZIONE INTEGRATA (A SINISTRA, IMMAGINE DI SOLAR DUCK) E STAND ALONE (A DESTRA, RENDERING DI AGNES) .....	18
FIGURA 6: COMPARAZIONE DELLA PRODUZIONE TRA IMPIANTO FOTOVOLTAICO ED EOLICO DELL'HUB .....	21
FIGURA 7: PIATTAFORMA TRIANGOLARE CHE COMPONE LA STRUTTURA ESAGONALE (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	25
FIGURA 8: LAYOUT DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE – AT1 .....	26
FIGURA 9: SISTEMA DI ORMEGGIO E ANCORAGGIO (THI THU EM VO, 2021) .....	28
FIGURA 10: COLLEGAMENTO CATENA-ORMEGGIO/ CATENA-STRUTTURA .....	28
FIGURA 11: CIMA DI ORMEGGIO IN POLIESTERE (BEXCO) .....	29
FIGURA 12: A SINISTRA CATENE PER SISTEMI OFFSHORE, A DESTRA IL GRILLO AD OMEGA CON PERNI A VITE .....	29
FIGURA 13: A SINISTRA UN ESEMPIO DI ANCORA DI GRAVITÀ E A DESTRA UN ESEMPIO DI ANCORA DA TRASCINAMENTO (HI-SEA, MARINE ANCHOR) .....	29
FIGURA 14: DIMENSIONI E PESO DI ANCORAGGIO FLIPPER DELTA .....	30
FIGURA 15: PANNELLO FOTOVOLTAICO BIFACCIALE .....	31
FIGURA 16: LAYOUT DI UNA SINGOLA PIATTAFORMA TRIANGOLARE (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	33
FIGURA 17: TELAIO DELLA PIATTAFORMA TRIANGOLARE .....	33
FIGURA 18: PIATTAFORME TRIANGOLARI COLLEGATE IN SERIE (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	34
FIGURA 19: ACCOPPIAMENTI A MOLLE IN VISTA LATERALE (A), VISTA FRONTALE (B), VISTA DALL'ALTO (C) (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	34
FIGURA 20: ESEMPIO SCALA DI APPRODO ALLA PIATTAFORMA (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	35
FIGURA 21: PIATTAFORMA CON CABINA DI TRASFORMAZIONE VISTA FRONTALE .....	36
FIGURA 22: PIATTAFORMA CON CABINA DI TRASFORMAZIONE VISTA DALL'ALTO .....	37
FIGURA 23: CONTAINER MARITTIMO 40 PIEDI HIGH .....	37
FIGURA 24: ESEMPIO DI GIS (SIEMENS) .....	38
FIGURA 25: ESEMPIO DI TRASFORMATORE (SIEMENS) .....	38
FIGURA 26: TIPICO DI UNA STRUTTURA GALLEGGIANTE (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	39
FIGURA 27: VISTA IN PIANTA DI UNA SINGOLA STRUTTURA ESAGONALE DA 7.7 MWp (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	40
FIGURA 28: SCHEMA UNIFILARE ELETTRICO PER UNA STRUTTURA ESAGONALE .....	41
FIGURA 29: ESEMPIO DI CONNESSIONE BT .....	42
FIGURA 30: PIATTAFORMA CIRCOLARE CHE COMPONE IL CLUSTER (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	43
FIGURA 31: IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE – ALTERNATIVA TECNOLOGICA 2 .....	44
FIGURA 32: VISTA IN PIANTA DEL CLUSTER, CON UBICAZIONE DELLA CABINA DI TRASFORMAZIONE AL CENTRO (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	45
FIGURA 33: COMPOSIZIONE DELLA PIATTAFORMA CIRCOLARE DI OCEAN SUN (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	46
FIGURA 34: PIASTRA D'ORMEGGIO .....	47
FIGURA 35: SISTEMA DI ORMEGGIO E ANCORAGGIO (ACQUACOLTURA) .....	48
FIGURA 36: ANCORA FLIPPER DELTA (HI-SEA, MARINE ANCHOR); ANCORA PLOUGH (ANCHORS); ANCORA LWT (HI-SEA) .....	48
FIGURA 37: BLOCCO IN CALCESTRUZZO (MARINETEC) .....	49
FIGURA 38: PANNELLI FOTOVOLTAICI BREVETTATI DA OCEAN SUN (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	49
FIGURA 39: LAYOUT E COMPONENTI DELLA PIATTAFORMA CIRCOLARE DA 0,64MW (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	51
FIGURA 40: ESEMPIO DI CONNESSIONE CON UN TUBO FLOTTANTE IN PE100 (SUNGROW) .....	52
FIGURA 41: CABINA DI TRASFORMAZIONE (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	52
FIGURA 42: FRAME SISTEMI ACQUACOLTURA .....	53
FIGURA 43: STAFFE PER CONNESSIONE TUBI .....	53
FIGURA 44: RENDERING DI UN CLUSTER DA 6.6 MW COMPOSTO DA 10 PIATTAFORME CIRCOLARI (IMMAGINE PRODOTTA DA OCEAN SUN PER AGNES) .....	54
FIGURA 45: SCHEMA UNIFILARE ELETTRICO DI UN CLUSTER .....	55



FIGURA 46: POSIZIONE INVERTER (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	56
FIGURA 47: SCHEMA CONNESSIONE NELL'ALTERNATIVA DI UBICAZIONE (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	57
FIGURA 48: FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE ABBINATO ALL'EOLICO OFFSHORE (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	57
FIGURA 49: ALTERNATIVA DI UBICAZIONE SOLAR DUCK .....	58
FIGURA 50: ALTERNATIVA DI UBICAZIONE OCEAN SUN .....	59
FIGURA 51: STRATIGRAFIA CAVO DINAMICO .....	60
FIGURA 52: COLLEGAMENTO LAZY-S CON TRINCEA MARINA .....	62
FIGURA 53: COLLEGAMENTO LAZY-S CON POSA SU FONDALE CON PROTEZIONE MEDIANTE MASSI NATURALI .....	62
FIGURA 54: COLLEGAMENTO W-SHAPED .....	62
FIGURA 55: COMPONENTI AUSILIARI SISTEMA LAZY-S .....	64
FIGURA 56: SCATOLA DI GIUNZIONE ELETTRICA PER SISTEMI OFFSHORE (NEXANS) .....	64
FIGURA 57: SCATOLA DI GIUNZIONE OTTICA (CORPORATION) .....	65
FIGURA 58: PULL-IN HEAD (OCEANEERING) .....	65
FIGURA 59: HANG OFF (TEKMAR) .....	66
FIGURA 60: CONNETTORE BEND STIFFENER (SINISTRA); BEND STIFFENER (DESTRA) (FIRSTSUBSEA) .....	66
FIGURA 61: MODULI DI GALLEGGIAMENTO (ENERGY) .....	67
FIGURA 62: SISTEMA HOLD-BACK (SUBSEA) .....	67
FIGURA 63: LIMITATORE DI CURVA (BEND RESTRICTOR) (EXSTO) .....	68
FIGURA 64: GUSCI IN GHISA (GROUP) .....	68
FIGURA 67: NUMERAZIONE STRUTTURE ESAGONALI .....	69
FIGURA 68: NUMERAZIONE CLUSTER .....	71
FIGURA 69: REPORT DEI RISULTATI DI CALCOLO DEL SOFTWARE PVSYST .....	74
FIGURA 70: VISTA DA SATELLITE DELL'AREA PORTUALE DI RAVENNA DESTINABILE PER LA FASE DI COSTRUZIONE DELL'0FPV .....	77
FIGURA 71: AREA SAN VITALE PER L'ASSEMBLAGGIO DELLE PIATTAFORME TRIANGOLARI .....	79
FIGURA 72: IPOTESI DI STOCCAGGIO DI GALLEGGIANTI .....	80
FIGURA 73: TRASPORTO IN ACQUA DELLA PIATTAFORMA TRIANGOLARE .....	81
FIGURA 74: TRASPORTO PIATTAFORMA TRIANGOLARE TRAMITE RIMORCHIATORI (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	81
FIGURA 75: TRAGITTO PERCORSO DAI RIMORCHIATORI PER L'INSTALLAZIONE DELLE PIATTAFORME (CIRCA 41KM) .....	82
FIGURA 76: FOTO DI UN RIMORCHIATORE NEL PORTO DI RAVENNA .....	82
FIGURA 77: RENDERING DELLE PIATTAFORME IN PROGETTO RIMORCHiate .....	83
FIGURA 78: SEZIONI DI PASSAGGIO CRITICHE DEL PORTO DI RAVENNA .....	83
FIGURA 79: L'IMMAGINE DI SINISTRA RAPPRESENTA IL PUNTO (A), A DESTRA (B) .....	84
FIGURA 80: L'IMMAGINE DI SINISTRA RAPPRESENTA IL PUNTO (C), A DESTRA (D) .....	84
FIGURA 81: L'IMMAGINE DI SINISTRA RAPPRESENTA IL PUNTO (E), A DESTRA (F) .....	84
FIGURA 82: L'IMMAGINE RAPPRESENTA IL PUNTO (G) .....	85
FIGURA 83: CIME PERMANENTI (BIANCHE), CIME TEMPORANEE (VERDI) E ÀNCORE PREINSTALLATE .....	85
FIGURA 84: ISTALLAZIONE SISTEMI DI ANCORAGGIO NEL SITO (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	86
FIGURA 85: FASE DI COSTRUZIONE DEL TELAIO (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	86
FIGURA 86: ASSEMBLAGGIO DELLA STRUTTURA E FISSAGGIO DELLA MEMBRANA (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	87
FIGURA 87: INSTALLAZIONE DEI MODULI (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	87
FIGURA 88: GUIDA KEDER PER FISSAGGIO PANNELLI .....	88
FIGURA 89: TRASPORTO DELLA PIATTAFORMA A MEMBRANA (IMMAGINE DI OCEAN SUN) .....	88
FIGURA 90: RENDERING DELLE PIATTAFORME CIRCOLARI IN PROGETTO DURANTE IL TRASPORTO .....	89
FIGURA 91: SEZIONI DI PASSAGGIO CRITICHE DEL PORTO DI RAVENNA .....	89
FIGURA 92: L'IMMAGINE DI SINISTRA RAPPRESENTA IL PUNTO (A), A DESTRA (B) .....	90
FIGURA 93: L'IMMAGINE DI SINISTRA RAPPRESENTA IL PUNTO (C), A DESTRA (D) .....	90
FIGURA 94: L'IMMAGINE DI SINISTRA RAPPRESENTA IL PUNTO (E), A DESTRA (F) .....	90
FIGURA 95: L'IMMAGINE RAPPRESENTA IL PUNTO (G) .....	90
FIGURA 96: MANUTENZIONE PANNELLI SOLARI TRAMITE ROBOT (IMMAGINE DI SOLAR DUCK) .....	92



---

FIGURA 97: ACCESSO DIRETTO ALLA PIATTAFORMA A MEMBRANA (IMMAGINE DI OCEAN SUN).....	93
FIGURA 98: ACCESSO TIPICO PER STRUTTURE OFFSHORE TRAMITE CTV.....	94
FIGURA 99: ACCESSO ALLA TECNOLOGIA FLESSIBILE (IMMAGINE DI OCEAN SUN).....	95
FIGURA 100: PASSERELLE GALLEGGIANTI (TOFORD).....	95

## Indice delle tabelle

TABELLA 1: NOMENCLATURA UTILIZZATA PER LA DESCRIZIONE DELLE ALTERNATIVE TECNOLOGICHE.....	24
TABELLA 2: PARAMETRI PRINCIPALI IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE – AT1.....	26
TABELLA 3: COMPONENTI E MATERIALI PRINCIPALI IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE.....	27
TABELLA 4: ESEMPIO INVERTER DA 200 kW DELLA HUAWEI.....	31
TABELLA 5: CARATTERISTICHE CONTAINER.....	35
TABELLA 6: PARAMETRI PRINCIPALI IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE – AT2.....	44
TABELLA 7: COMPONENTI E MATERIALI PRINCIPALI IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE.....	46
TABELLA 8: COMPOSIZIONE CAVI DINAMICI.....	60
TABELLA 9: DIMENSIONAMENTO CAVI DINAMICI SOLAR.....	69
TABELLA 10: CARATTERISTICHE CAVO DINAMICO.....	70
TABELLA 11: DIMENSIONAMENTO CAVI DINAMICI.....	71
TABELLA 12: PERDITE ASSUNTE PER IL CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ.....	75
TABELLA 13: PRODUZIONE NETTA DI ENERGIA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE AL PRIMO ANNO DI ESERCIZIO.....	76



---

***La consultazione di questo elaborato è riservata ai soli enti autorizzati.***