



SETTEMBRE 2023

LUCE EOLICA S.R.L.

IMPIANTO EOLICO "LUCE" DA 86,4 MW

LOCALITÀ LOIE

COMUNE DI RICCIA (CB)

MA
contorna

ELABORATI TECNICI DI PROGETTO

ELABORATO R14

**DISCIPLINARE DESCRITTIVO E
PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI
TECNICI**

Progettista

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n. 1726

Coordinamento

Eleonora Lamanna

Matteo Lana

Lorenzo Griso

Codice elaborato

*2908_5111_LUCE_PFTE_R14_Rev0_DISCIPLINARE
DESCRITTIVO.docx*



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2908_5111_LUCE_PFTE_R14_Rev0_DIS CIPLINARE DESCRITTIVO.docx	09/2023	Prima emissione	G.d.L.	E.Lamanna	A.Angeloni

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Eleonora Lamanna	Coordinamento Generale, Progettazione, Studio Ambientale, Studi Specialistici	
Matteo Lana	Coordinamento Progettazione Civile	
Riccardo Festante	Coordinamento Progettazione Elettrica	
Lorenzo Griso	Coordinamento Dati Territoriali – Senior GIS Expert	
Ali Basharзад	Ingegnere Civile - Progettazione civile e viabilità	Ord. Ing. Prov. PV n. 2301
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9588
Stefano Adami	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Milano – n. A23812
Andrea Amantia	Geologo - Progettazione Civile	
Davide Lo Conte	Geologo	Ordine Geologi Umbria n.445
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Carla Marcis	Ingegnere per l’Ambiente ed il Territorio, Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 6664 – Sez. A ENTECA n. 4200
Lia Buvoli	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	



Elena Comi	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	Ord. Nazionale Biologi n. 060746 Sez. A
Andrea Mastio	Ingegnere per l’Ambiente e il Territorio – Esperto Ambientale Junior	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Francesca Casero	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Simone Demonti	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Alessia Papeti	Esperto Ambientale – Geologo - GIS Junior	
Riccardo Coronati	Geourbanista – Pianificatore junior	
Fabio Bonelli	Esperto Ambientale - Naturalista	
Davide Molinetti	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Mariana Marchioni	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Paolo Pallavicini	Ingegnere per l’Ambiente e il Territorio – Esperto Ambientale Junior	
Elide Moneta	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Roberto Camera	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	



INDICE

1. PREMESSA	6
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO	7
2. ELEMENTI PRINCIPALI PARCO EOLICO	9
2.1 AEROGENERATORE.....	9
2.1.1 Pale	9
2.1.2 Rotore.....	10
2.1.3 Navicella	11
2.1.4 Sistema di controllo	12
2.1.5 Impianto elettrico dell’aerogeneratore	12
2.2 PIAZZOLE DI MONTAGGIO	13
2.3 VIABILITÀ DI ACCESSO AL SITO	16
2.4 OPERE DI FONDAZIONE.....	20
2.4.1 FONDAZIONI PROFONDE	20
2.4.2 PLINTI DI FONDAZIONE AEROGENERATORI.....	20
2.4.3 FONDAZIONI CABINE ELETTRICHE	21
2.5 CAVI E CAVIDOTTI	21
2.6 ALTRE COMPONENTI ELETTRICHE.....	23
2.6.1 Impianto elettrico aerogeneratore	23
2.6.2 Trasformatore	23
2.6.3 Quadro 30 kV	23
2.6.4 Dispositivo di generatore BT	23
2.6.5 Sistema di ventilazione	24
2.6.6 Luci.....	24
2.6.7 Arresto d’emergenza	24
2.6.8 Disconnessione dell’energia.....	24
2.7 SOLUZIONE DI CONNESSIONE PREVISTA PER L’ IMPIANTO	24
3. SPECIFICHE TECNICHE OPERE MECCANICHE	25
4. SPECIFICHE TECNICHE OPERE DI MOVIMENTAZIONE TERRENI	26
4.1 SCAVI	26
4.1.1 Scavi generici.....	26
4.1.2 Scavi di sbancamento	27
4.1.3 Scavi di fondazione o sezione obbligata	27
4.1.4 Scavi per la messa a dimora di cavidotti elettrici	28
4.2 RILEVATI	29
4.2.1 Piano di posa	29
4.2.2 Corpo del rilevato e cassonetto stradale	29
4.2.3 Strato di finitura	30
4.2.4 Terre rinforzate	31
5. SPECIFICHE TECNICHE OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO	33
5.1 LEGANTI.....	33
5.2 GHIAIE E PIETRISCHI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	34
5.3 ACQUA.....	34



5.4	SABBIA	34
5.5	ACCIAIO PER ARMATURE	34
5.6	CASSERI	35
5.7	DISARMANTI	35
5.8	ADDITIVI	35
5.9	IMPASTI	35
5.10	FASI DI GETTO	36
5.11	RIPRESE DI GETTO	36
5.12	CAMPIONI E PROVE DI ROTTURA	36
5.13	MATURAZIONE DEL CLS	36
5.14	DISARMO E SCASSERATURA.....	36
6.	OPERE IN CARPENTERIA METALLICA.....	38
7.	NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	40

ALLEGATI

ALLEGATO 01 General Description EnVentus

ALLEGATO 02 Performance Specification V172-7.2 MW



1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di 86.4 MW, che prevede l'installazione di n. 12 aerogeneratori da 7,2 MW con relative opere di connessione da installarsi nel territorio comunale di Riccia e Gambatesa, nel territorio provinciale di Campobasso, regione Molise, e nel comune di Celenza Valfortore, nel territorio provinciale di Foggia, regione Puglia, per quanto riguarda solo le opere di connessione.

La Società Proponente è la LUCE EOLICA S.R.L., con sede legale in Largo Guido Donegani 2, 20121 Milano (MI).

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata, prevede che l'impianto eolico venga collegato in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica (SE) a 150 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 150 kV "Casalvecchio – Pietracatella", previa realizzazione di:

- un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento fra la Cabina Primaria "Cercemaggiore" e la nuova SE RTN suddetta da inserire in entra-esce alla linea RTN a 150 kV "Casalvecchio – Pietracatella";
- rimozione delle limitazioni della linea RTN 150 kV "Campobasso CP –Castelpagano" di cui al Piano di Sviluppo Terna;
- realizzazione del potenziamento/rifacimento della direttrice RTN a 150 kV "CPbCampobasso – CP Ripalimosani – CP Morrone – CP Larino – Larino" e della rimozione di eventuali elementi limitanti presso le CP interessate.

Nel suo complesso il parco di progetto sarà composto da:

- N° 12 aerogeneratori della potenza nominale di 7,2 MW ciascuno;
- dalla viabilità di servizio interna realizzata in parte ex-novo e in parte adeguando strade comunali e/o agricole esistenti;
- dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche;
- dalle opere di collegamento alla rete elettrica;
- dalla viabilità di servizio interna;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco e dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco

A tal fine il presente documento costituisce il Disciplinare tecnico descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici del progetto.

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il parco eolico in progetto si estende nella provincia di Campobasso e prevede l'installazione di n. 12 aerogeneratori nel territorio comunale di Riccia, mentre le opere di connessione sono così collocate nei territori della regione Molise e Puglia (Figura 1.1):

- Cavidotto interrato di connessione nel territorio regionale del Molise e Puglia, corrispettivamente nel comunale di Riccia e Gambatesa, provincia di Campobasso, e nel comune di Celenza Valfortore, provincia di Foggia.
- Nuova Stazione Elettrica (SE) Terna e Sottostazione Elettrica Utente (SSEU) nel comune di Celenza Valfortore (FG), nella regione Puglia.

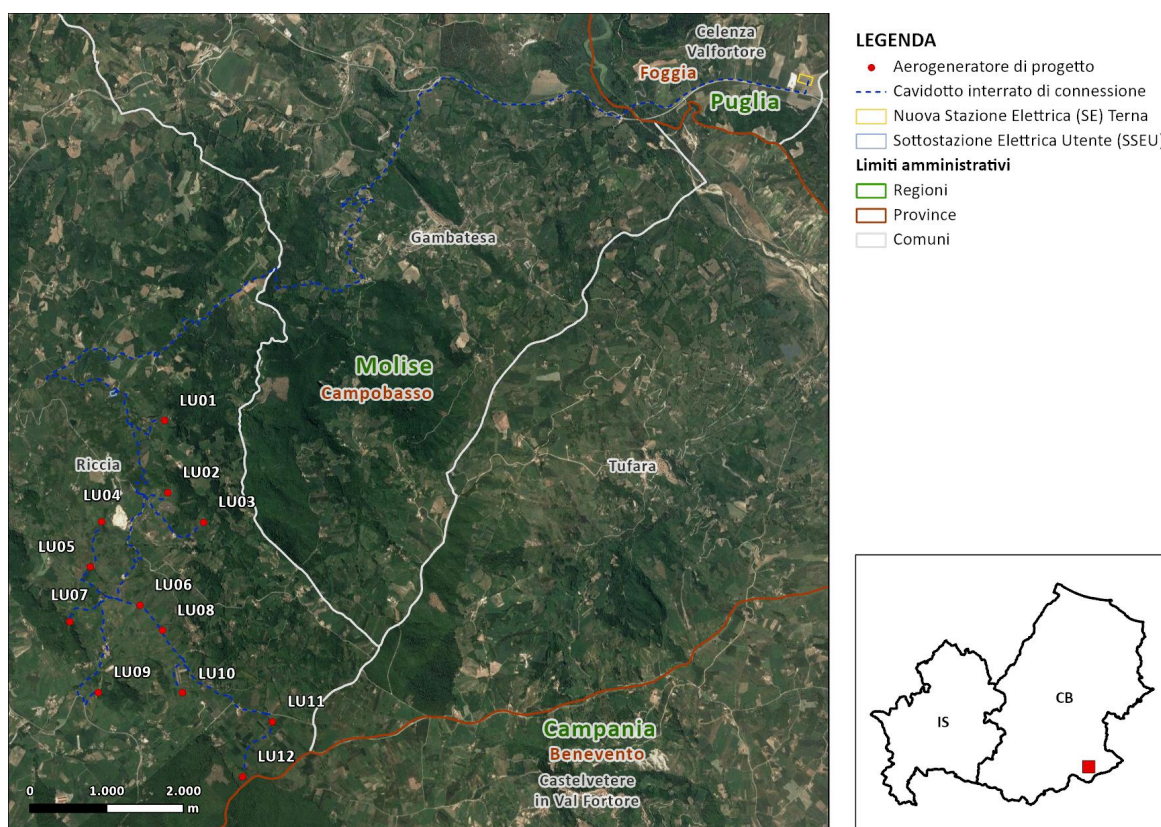


Figura 1.1: Localizzazione a scala regionale, provinciale e comunale dell'impianto proposto

Le coordinate degli aerogeneratori previsti sono riportate in Tabella 1.1.

Tabella 1.1: Coordinate aerogeneratori - WGS 1984 UTM Zone 33N (Gradi decimali)

WTG	WGS 84 – GRADI DECIMALI	
	Longitudine	Latitudine
LU01	14,87054937	41,48658799
LU02	14,87107515	41,47816262
LU03	14,87664485	41,47468811
LU04	14,86083058	41,47470342
LU05	14,85901402	41,46942836
LU06	14,86674556	41,46495774
LU07	14,85581206	41,46303121
LU08	14,87027291	41,46199642
LU09	14,86035865	41,45472014
LU10	14,87336734	41,45469074
LU11	14,88745608	41,45132452
LU12	14,88281291	41,44487422

L’accesso al sito avverrà mediante strade pubbliche esistenti a carattere nazionale e provinciale partendo dal vicino porto di Gaeta, per poi percorrere le principali strade statali del territorio fino ad arrivare all’area di progetto (Figura 1.2).

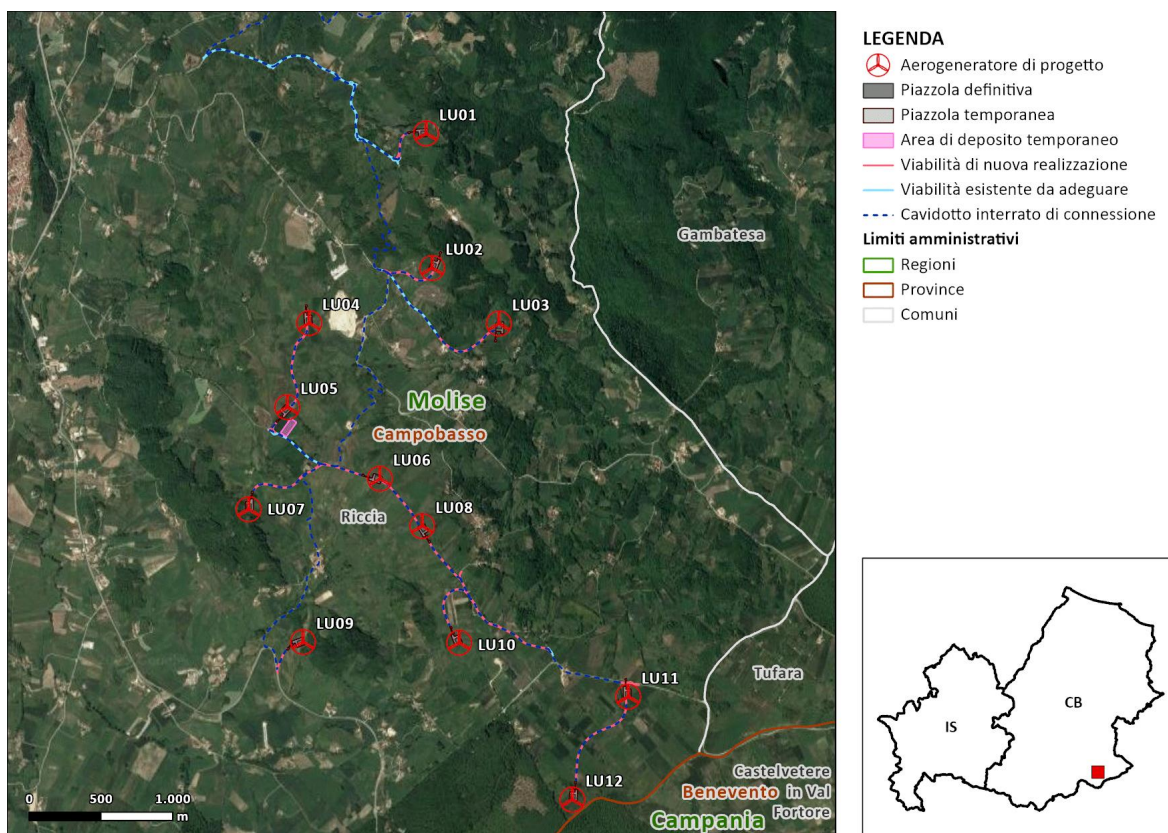


Figura 1.2 :Inquadramento della viabilità di progetto.

2. ELEMENTI PRINCIPALI PARCO EOLICO

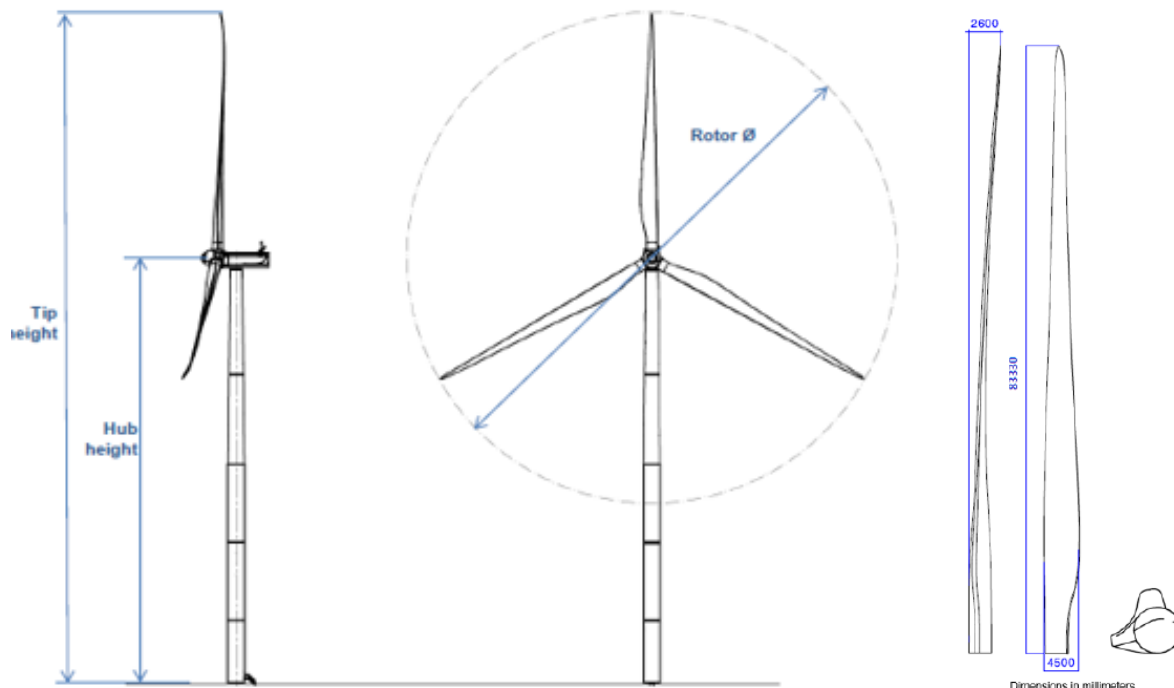
Si descrivono di seguito i principali componenti ed i rispettivi materiali costituenti gli elementi del parco eolico in progetto.

2.1 AEROGENERATORE

Il tipo di aerogeneratore previsto è ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 7,2 MW, avente le caratteristiche principali di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo pari a 172 m, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il convertitore elettronico di potenza, il trasformatore BT/30 kV e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio sezionata in 5 elementi;
- altezza del mozzo pari a 114 m;
- altezza complessiva massima fuori terra dell'aerogeneratore pari a 200 m;
- diametro massimo alla base del sostegno tubolare: 4,80 m;
- area spazzata massima: 23235 m².

Si riporta nei successivi paragrafi una breve descrizione dei vari elementi e si rimanda alla scheda tecnica generale del costruttore allegata al presente documento per una più completa analisi.



Tip height=200m; hub height=114m; rotor diameter=172m;

Figura 2.1: Struttura aerogeneratore

2.1.1 Pale

Le pale sono in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e fibra di carbonio. Le lame sono realizzate con due gusci ancorati ad una trave portante e sono collegate al mozzo per mezzo di cuscinetti che



consentono la rotazione della pala attorno al proprio. I cuscinetti sono sferici e vengono imbullonati al mozzo.

2.1.2 Rotore

Il rotore avrà una velocità di rotazione variabile. Combinato con un sistema di regolazione del passo delle pale, fornisce la migliore resa possibile adattandosi allo stesso tempo alle specifiche della rete elettrica (accoppiamento con generatore) e minimizzando le emissioni acustiche. Le pale, a profilo alare, sono ottimizzate per operare a velocità variabile e saranno protette dalle scariche atmosferiche da un sistema parafulmine integrato. L'interfaccia tra il rotore ed il sistema di trasmissione del moto è il mozzo. I cuscinetti delle pale sono imbullonati direttamente sul mozzo, che sostiene anche le flange per gli attuatori di passo e le corrispondenti unità di controllo. Il gruppo mozzo è schermato secondo il principio della gabbia di Faraday, in modo da fornire la protezione ottimale ai componenti elettronici installati al suo interno. Il mozzo sarà realizzato in ghisa fusa a forma combinata di stella e sfera, in modo tale da ottenere un flusso di carico ottimale con un peso dei componenti ridotto e con dimensioni esterne contenute.

Durante il funzionamento dei sistemi di controllo della velocità e del passo interagiscono per ottenere il rapporto ottimale tra massima resa e minimo carico. Con bassa velocità del vento e a carico parziale il generatore eolico opera a passo delle pale costante e velocità del rotore variabile, sfruttando costantemente la miglior aerodinamica possibile al fine di ottenere un'efficienza ottimale. La bassa velocità del rotore alle basse velocità mantiene bassi i livelli di emissione acustica. A potenza nominale e ad alte velocità del vento il sistema di controllo del rotore agisce sull'attuatore del passo delle pale per mantenere una generazione di potenza costante; le raffiche di vento fanno accelerare il rotore che viene gradualmente rallentato dal controllo del passo. Questo sistema di controllo permette una riduzione significativa del carico sul generatore eolico fornendo contemporaneamente alla rete energia ad alto livello di compatibilità. Le pale sono collegate al mozzo mediante cuscinetti a doppia corona di rulli a quattro contatti ed il passo è regolato autonomamente per ogni pala. Gli attuatori del passo, che ruotano con le pale, sono motori a corrente continua ed agiscono sulla dentatura interna dei cuscinetti a quattro contatti tramite un ingranaggio epicicloidale a bassa velocità. Per sincronizzare le regolazioni delle singole pale viene utilizzato un controller sincrono molto rapido e preciso. Per mantenere operativi gli attuatori del passo in caso di guasti alla rete o all'aerogeneratore ogni pala del rotore ha un proprio set di batterie che ruotano con la pala. Gli attuatori del passo, il carica batteria ed il sistema di controllo sono posizionati nel mozzo del rotore in modo da essere completamente schermati e quindi protetti in modo ottimale contro gli agenti atmosferici o i fulmini. Oltre a controllare la potenza in uscita il controllo del passo serve da sistema di sicurezza primario.

Durante la normale azione di frenaggio i bordi d'attacco delle pale vengono ruotati in direzione del vento. Il meccanismo di controllo del passo agisce in modo indipendente su ogni pala. Pertanto, nel caso in cui l'attuatore del passo dovesse venire a mancare su due pale, la terza può ancora riportare il rotore sotto controllo ad una velocità di rotazione sicura nel giro di pochi secondi. In tal modo si ha un sistema di sicurezza a tripla ridondanza. Quando l'aerogeneratore è in posizione di parcheggio, le pale del rotore vengono messe a bandiera. Ciò riduce nettamente il carico sull'aerogeneratore, e quindi sulla torre.

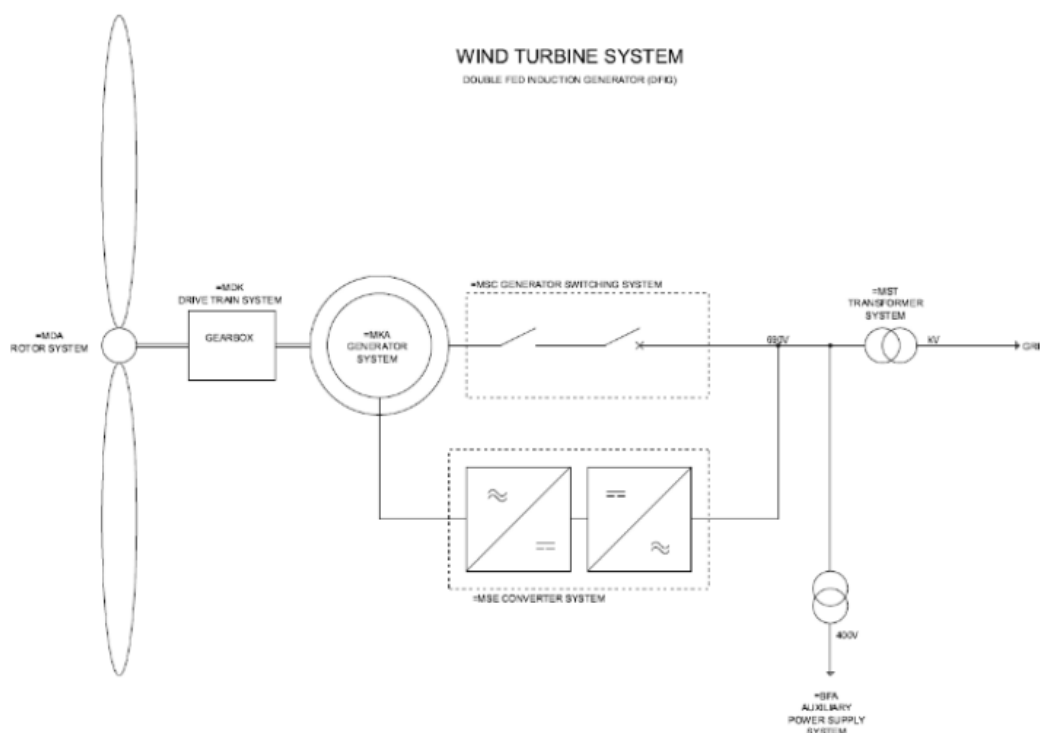


Figura 2.2: Schema di funzionamento aerogeneratore

2.1.3 Navicella

La navicella ospita al proprio interno la catena cinematica che trasmette il moto dalle pale al generatore elettrico. Una copertura in fibra di vetro protegge i componenti della macchina dagli agenti atmosferici e riduce il rumore prodotto a livelli accettabili. Sul retro della navicella è posta una porta attraverso la quale, mediante l'utilizzo di un palanco, possono essere rimossi attrezzature e componenti della navicella. L'accesso al tetto avviene attraverso un lucernario. La navicella, inoltre, è provvista di illuminazione.

All'interno della navicella sono alloggiati l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico ed i dispositivi ausiliari. All'estremità dell'albero lento, corrispondente all'estremo anteriore della navicella, è fissato il rotore costituito da un mozzo sul quale sono montate le pale, costituite in fibra di vetro rinforzata. La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata); inoltre è dotata di un sistema di controllo del passo che, in corrispondenza di alta velocità del vento, mantiene la produzione di energia al suo valore nominale indipendentemente dalla temperatura e dalla densità dell'aria; in corrispondenza invece di bassa velocità del vento, il sistema a passo variabile e quello di controllo ottimizzano la produzione di energia scegliendo la combinazione ottimale tra velocità del rotore e angolo di orientamento delle pale in modo da avere massimo rendimento. Il funzionamento dell'aerogeneratore è continuamente monitorato e controllato da un'unità a microprocessore.

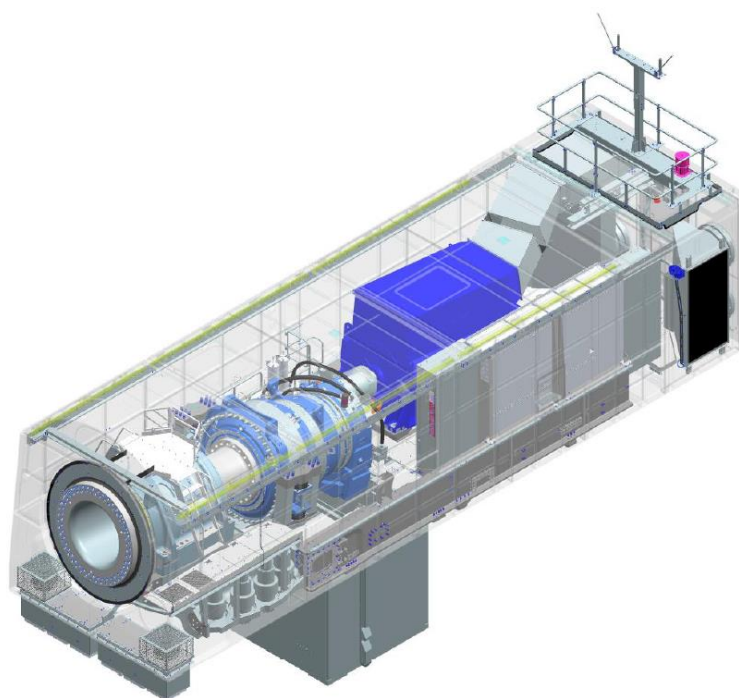


Figura 2.3 - Struttura navicella

2.1.4 Sistema di controllo

Tutto il funzionamento dell'aerogeneratore è controllato da un sistema a microprocessori che attua un'architettura multiprocessore in tempo reale. Tale sistema è collegato a un gran numero di sensori mediante cavi a fibre ottiche. In tal modo si garantisce la più alta rapidità di trasferimento del segnale e la maggior sicurezza contro le correnti vaganti o i colpi di fulmine. Il computer installato nell'impianto definisce i valori di velocità del rotore e del passo delle pale e funge quindi anche da sistema di supervisione dell'unità di controllo distribuite dell'impianto elettrico e del meccanismo di controllo del passo alloggiato nel mozzo.

La tensione di rete, la fase, la frequenza, la velocità del rotore e del generatore, varie temperature, livelli di vibrazione, la pressione dell'olio, l'usura delle pastiglie dei freni, l'avvolgimento dei cavi, nonché le condizioni meteorologiche vengono monitorate continuamente. Le funzioni più critiche e sensibili ai guasti vengono monitorate con ridondanza. In caso di emergenza si può far scattare un rapido arresto mediante un circuito cablato in emergenza, persino in assenza del computer e dell'alimentazione esterna. Tutti i dati possono essere monitorati a distanza in modo da consentirne il telecontrollo e la tele gestione di ogni singolo aerogeneratore.

2.1.5 Impianto elettrico dell'aerogeneratore

L'impianto elettrico è un componente fondamentale per un rendimento ottimale ed una fornitura alla rete di energia di prima qualità. Il generatore asincrono a doppio avvolgimento consente il funzionamento a velocità variabile con limitazione della potenza da inviare al circuito del convertitore, ed in tal modo garantisce le condizioni di maggior efficienza dell'aerogeneratore. Con vento debole la bassa velocità di inserimento va a tutto vantaggio dell'efficienza, riduce le emissioni acustiche, migliora le caratteristiche di fornitura alla rete. Il generatore a velocità variabile livella le fluttuazioni di potenza in condizioni di carico parziale ed offre un livellamento quasi totale in condizioni di potenza nominale. Ciò porta a condizioni di funzionamento più regolari dell'aerogeneratore e riduce nettamente i carichi dinamici strutturali. Le raffiche di vento sono "immagazzinate" dall'accelerazione del rotore e sono



convogliate gradatamente alla rete. La tensione e la frequenza fornite alla rete restano assolutamente costanti. Inoltre, il sistema di controllo del convertitore può venire adattato ad una grande varietà di condizioni di rete e può persino servire reti deboli. Il convertitore è controllato attraverso circuiti di elettronica di potenza da un microprocessore a modulazione di ampiezza d'impulso. La fornitura di corrente è quasi completamente priva di flicker, la gestione regolabile della potenza reattiva, la bassa distorsione, ed il minimo contenuto di armoniche definiscono una fornitura di energia eolica di alta qualità.

La bassa potenza di cortocircuito permette una migliore utilizzazione della capacità di rete disponibile e può evitare costosi interventi di potenziamento della rete. Grazie alla particolare tecnologia delle turbine previste, non sarà necessaria la realizzazione di una cabina di trasformazione BT/30 KV alla base di ogni palo in quanto questa è già alloggiata all'interno della torre d'acciaio; il trasformatore BT/30 KV con la relativa quadristica di media tensione fa parte dell'aerogeneratore ed è interamente installato all'interno dell'aerogeneratore stesso, a base torre.

Per la rete di media tensione è stato individuato un trasformatore; il gruppo sarà collegato alla rete di media tensione attraverso pozzetti di linea per mezzo di cavi posati direttamente in cavidotti interrati convenientemente segnalati.

2.2 PIAZZOLE DI MONTAGGIO

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore verrà realizzata una piazzola di montaggio al fine di consentire le manovre di scarico dei vari elementi delle torri, il loro stoccaggio in attesa della posa in opera, il posizionamento della gru principale di sollevamento e montaggio e il posizionamento della gru ausiliaria. Tenuto conto delle dimensioni del generatore, la viabilità di servizio all'impianto e le piazzole costituiscono le opere di maggiore rilevanza per l'allestimento del cantiere. Oltre all'area suddetta saranno realizzate due aree di servizio per il posizionamento delle gru ausiliarie al montaggio del braccio della gru principale.

Le piazzole di montaggio dovranno avere una superficie piana o con pendenza minima (1÷2%) di dimensioni tali da contenere tutti i mezzi e le apparecchiature garantendo ai mezzi all'interno di essa buona libertà di movimento. Per il progetto in esame, al fine di minimizzare i movimenti terra e quindi gli impatti sul territorio, si è scelto di utilizzare una piazzola per un montaggio in due fasi, denominata "Partial storage" dove verranno utilizzate due tipologie di gru e verranno stoccati i diversi componenti due tempi

Nella seguente figura si riportano degli schemi tipologici.



Figura 2.4 – esempio di piazzola in fase di costruzione

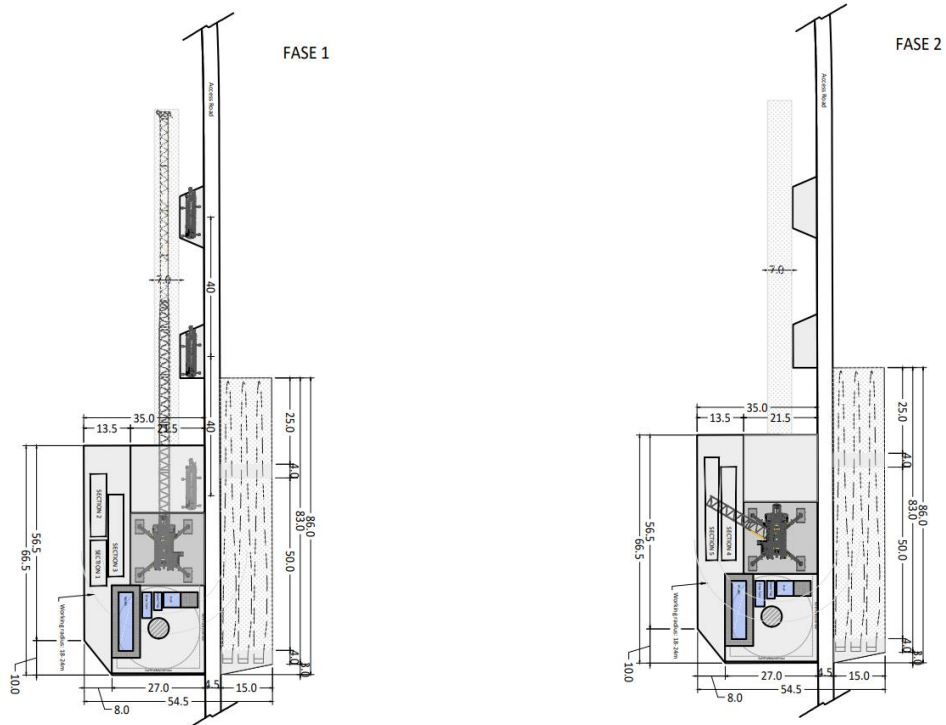


Figura 2.5 – tipologico per il sistema di montaggio

Per la realizzazione delle piazzole si procede con le seguenti fasi lavorative:

1. Scotico terreno vegetale;
2. scavo, ove necessario, per il raggiungimento della quota del piano di posa;
3. compattazione del piano di posa con relative prove per la determinazione dei parametri minimi richiesti;
4. stesa per strati e compattazione del corpo del rilevato con materiale da cava o con materiale proveniente dagli scavi se ritenuto idoneo dalla D.L.;
5. posa di uno strato di fondazione in tout venant compattato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato sp. totale 40 cm;
6. posa dello Strato di finitura in ghiaia/pietrisco stabilizzato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente vagliato sp. medio 10 cm.

Si riporta di seguito una sezione tipo delle piazzole.

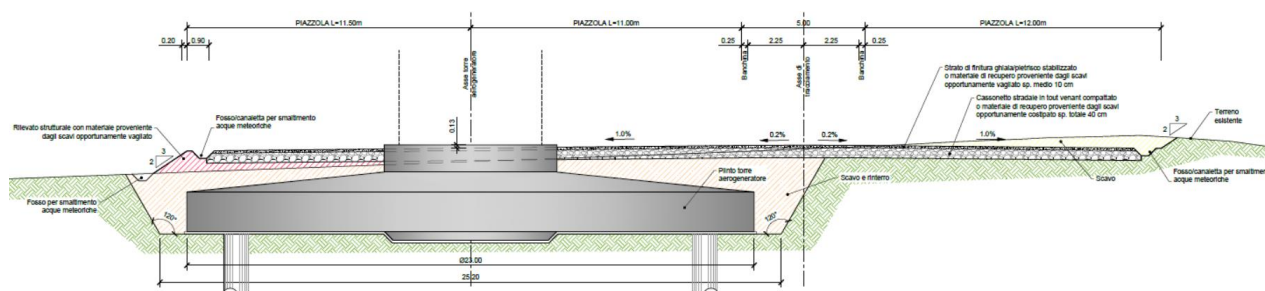


Figura 2.6 – Sezione tipo piazzole

Come si evince dalle figure dei tipologici sopra riportate non tutte le aree della piazzola necessitano delle stesse caratteristiche in termini di portanza ma variano come segue:

- Area destinata al posizionamento della gru principale = 3 kg/cmq;
- Area per lo stoccaggio degli elementi = 2 kg/cmq;
- Punti di appoggio dei cavalletti per lo stoccaggio delle pale = 2 kg/cmq;
- Le rimanenti aree devono avere semplicemente una superficie più o meno piana e libera da ostacoli.

Gli spazi per il montaggio della gru principale non richiedono interventi sul terreno dovendo essere semplicemente garantita la libertà spaziale lungo il braccio della gru (lungo tutta la sua estensione non dovranno esserci alberi o ingombri più alti di 1,5-1,8m). Dovranno essere assicurati uno o due punti intermedi di appoggio solo qualora l'orografia del terreno non ne presenti già di idonei. Le aree richieste per le gru ausiliarie di supporto alle operazioni di montaggio del braccio della gru principale non richiedono interventi particolari sul terreno, dovranno semplicemente presentare una modesta pendenza ed essere libere da ostacoli per permettere lo stazionamento della gru e il posizionamento degli stabilizzatori.

Alla fine della fase di cantiere l'area piana delle piazzole sarà parzialmente rinverdita lasciando un'area con pavimentazione di dimensioni circa pari a 47 m x 31.5 m per un totale di 1500 mq, per consentire la manutenzione degli aerogeneratori stessi.

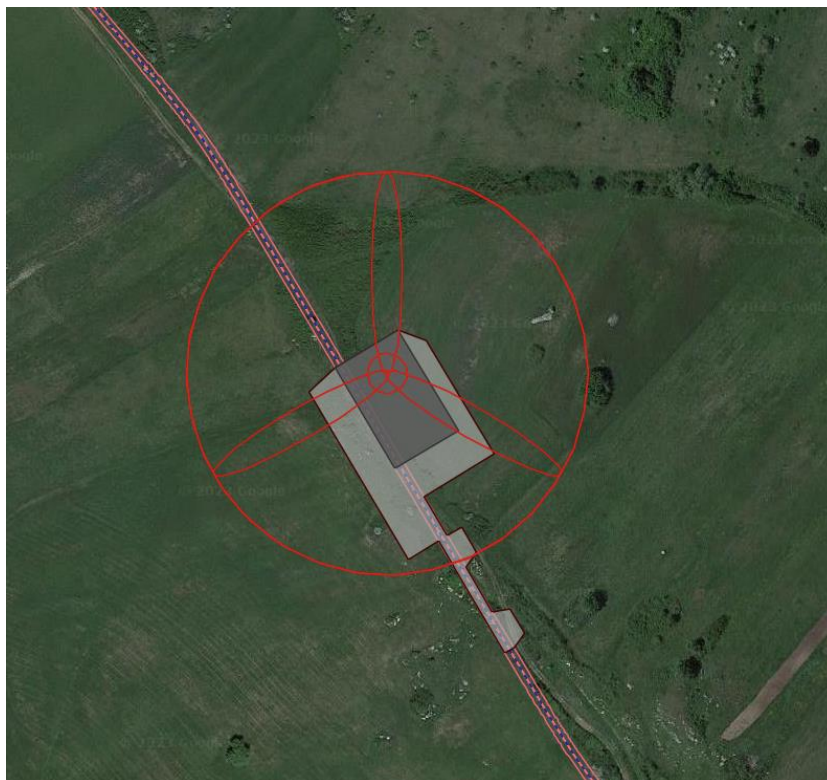


Figura 2.7 – schema piazzole (grigi=aree temporanee di cantiere; grigio scuro=area fase di esercizio)

In fase di progettazione esecutiva tutte le ipotesi sopra enunciate dovranno essere verificate ed eventualmente aggiornate e/o integrate in funzione delle specifiche turbine da installare e dei mezzi che si utilizzeranno per trasporti e montaggi, che potrebbero avere sensibili variazioni dimensionali dei mezzi d'opera e degli spazi di manovra.

2.3 VIABILITÀ DI ACCESSO AL SITO

La viabilità interna campo per accedere alle varie piazzole sarà realizzata con strade esistenti e nuove piste che consentiranno di raggiungere agevolmente tutte le postazioni in cui verranno collocati gli aerogeneratori.

Per l'accessibilità al sito è stato condotto da ditta specializzata un Road Survey il cui report si allega alla documentazione di progetto. Rimandando per i dettagli al citato documento di seguito si riporta una descrizione di sintesi. In via preliminare si può ipotizzare che l'accesso al sito avvenga partendo dal vicino porto di Gaeta, imboccando la SR213 per poi prendere, dopo circa 5,5 km, la S7. Dopo ulteriori circa 5 km il percorso prevede di passare sulla SR630 fino all'incrocio con la SS7 dove si prende direzione Cassino. Dopo una trentina di chilometri giunti a Cassino si imbecca la SR6 per circa 11 km, svoltando poi a sinistra sulla SS6 in direzione Venafro e Isernia. Si prosegue per circa 18 km, durante i quali il nome della strada cambia in SS85, fino all'incrocio con la SS85var. Si prende direzione nord sulla SS85 fino all'uscita verso la SS17 in direzione Campobasso, dopo circa 17 km si giunge a Isernia. Dopo ulteriori circa 32 km si abbandona la SS17 in corrispondenza dell'incrocio con la SS87, e si prosegue verso nord in direzione Campobasso. In questo punto il trasporto eccezionale dovrà effettuare un tratto a senso contrario attraverso la rampa di ingresso. Si continua sulla SS17/SS710 per circa 17 km, uscendo in direzione SS645 a Campobasso. Da qui si segue la SS645 per circa 21,8 km fino all'incrocio con la SS212 che si imbecca in direzione Riccia. Dopo circa 9,5 km si svolta a destra sulla zona di transizione proposta a sud di Riccia.

Questa ipotesi dovrà essere rianalizzata da ditta specializzata in trasporti speciali prima dell’esecuzione dei lavori alla luce degli effettivi ingombri delle apparecchiature che dovranno essere trasportate e per la verifica di eventuali modifiche avvenute sul percorso.

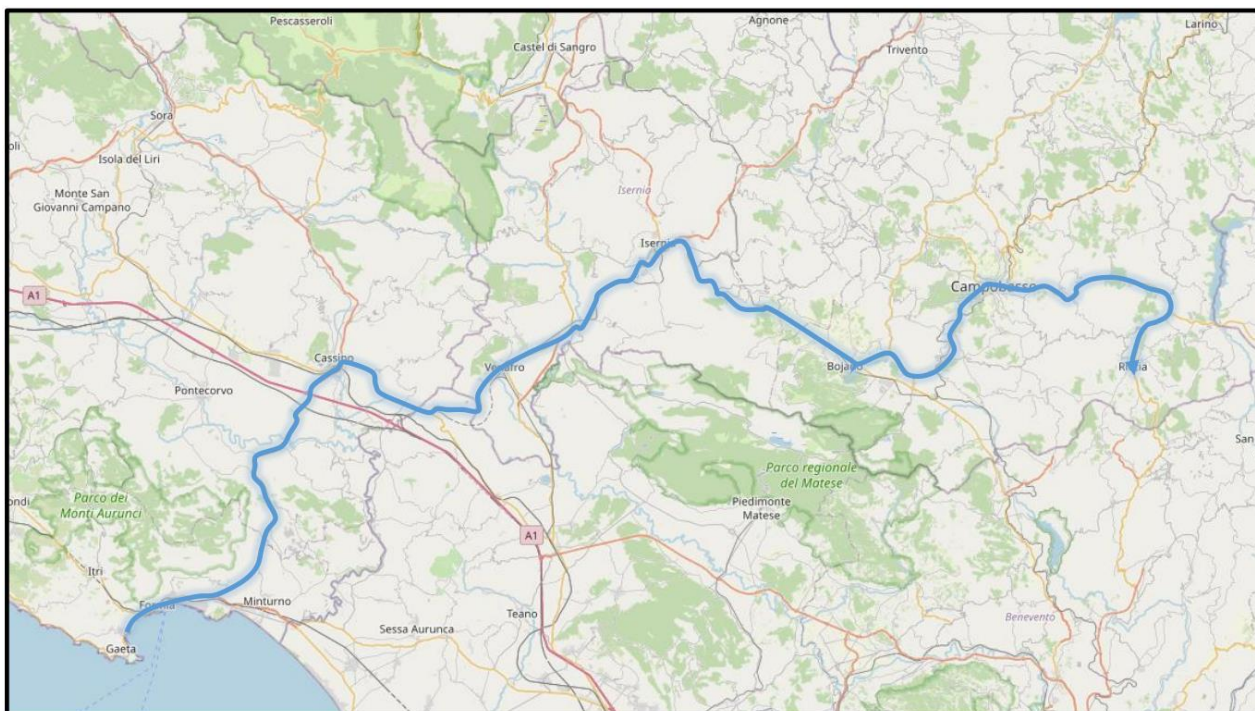


Figura 2.8: ipotesi di viabilità di accesso al sito (linea azzurra)

Al campo eolico si accede attraverso la viabilità esistente (strade Statali, Provinciali, Comunali e/o Vicinali), mentre l’accesso alle singole pale avviene mediante piste di nuova realizzazione e/o su tracciati agricoli esistenti.

Come descritto nel precedente paragrafo, l’ingresso al parco può essere individuato dopo circa 9,5 km lasciata la SS645 all’incrocio con la SS212 in direzione Riccia.

Da questo punto si può ipotizzare inizi la viabilità interna che sfruttando principalmente le seguenti strade permette il collegamento delle piste di nuova realizzazione previste per ciascuna piazzola:

- S.P.34
- S.S.103
- S.P.107
- S.P.212

Le strade sopra menzionate si presentano asfaltate e in gran parte adatte al passaggio dei mezzi speciali mentre per quanto riguarda i tracciati agricoli con fondo sterrato dovranno essere adeguati aumentandone la sezione carrabile.

Nella seguente figura si riporta uno schema della viabilità interna evidenziando i tratti sterrati da quelli con fondo in asfalto.

Alla luce di quanto sopra descritto, non si prevedono particolari interventi sulle strade esistenti se non locali accorgimenti di adeguamento della sagoma o di eliminazione di ostacoli (i.e. cartelli segnaletici) per permettere le manovre dei mezzi particolarmente ingombranti. Si evidenzia come nella zona siano presenti altri parchi eolici di recente realizzazione che hanno sfruttato la medesima viabilità in esame.

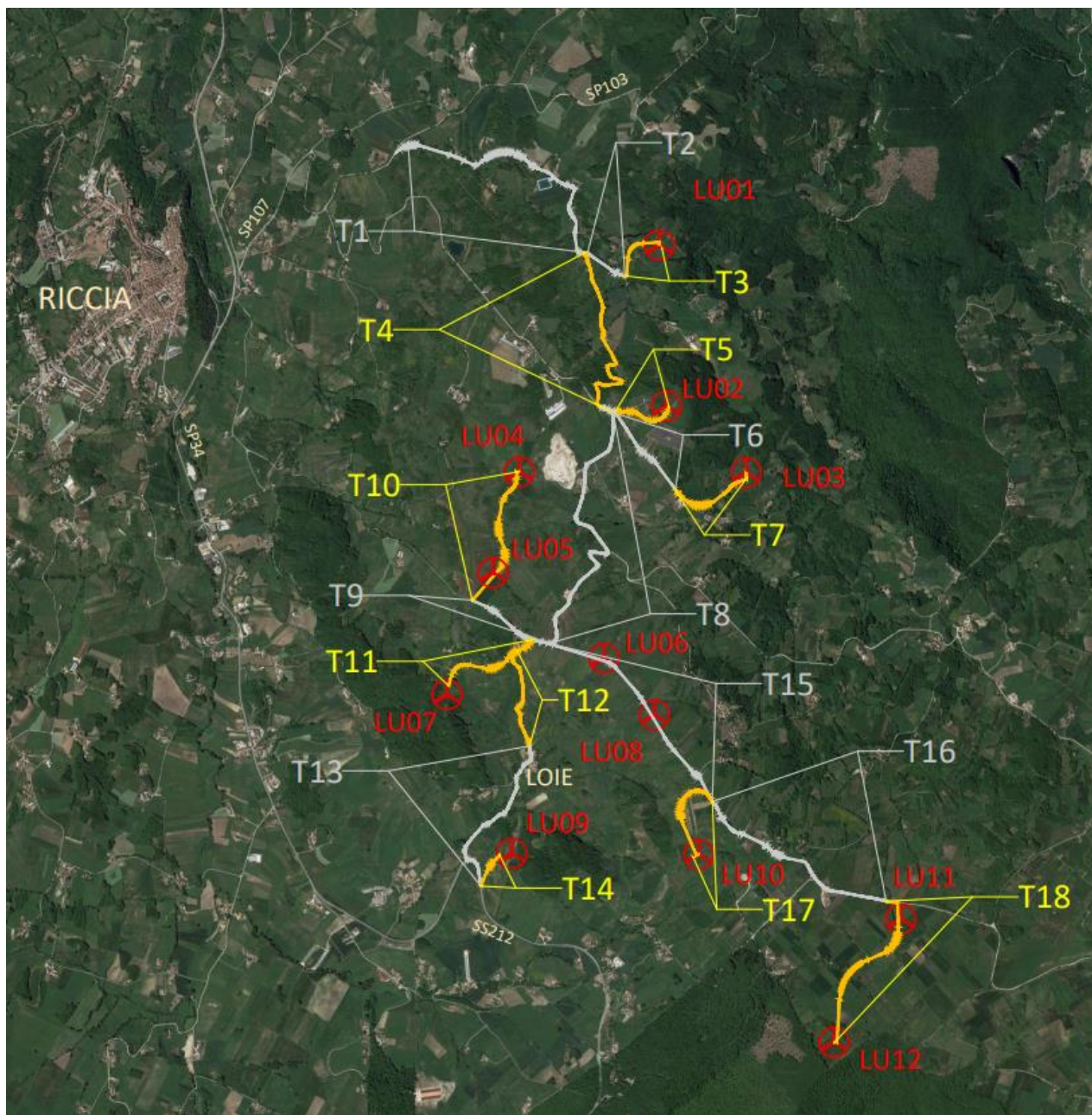


Figura 2.9: viabilità interna al sito (arancio=strade sterrate/piste; grigio=strade asfaltate) N.B. i tratti T4 e T12 in sterrato verranno interessati solo dalla posa del cavidotto.

Negli elaborati grafici allegati e redatti per ciascun aerogeneratore, sono illustrati i percorsi per il raggiungimento degli aerogeneratori, sia in fase di realizzazione sia in fase di esercizio. Come illustrato nelle planimetrie di progetto, saranno anche realizzati opportuni allargamenti degli incroci stradali per consentire la corretta manovra dei trasporti eccezionali.

Detti allargamenti saranno rimossi o ridotti, successivamente alla fase di cantiere, costituendo delle aree di “occupazione temporanea” necessarie appunto solo nella fase realizzativa. Per il tracciamento delle piste di accesso ci si è attenuti alle specifiche tecniche tipiche di produttori di turbine che impongono raggi di curvatura, raccordi altimetrici e pendenze.

Le strade esistenti verranno adeguate in alcuni tratti per rispettare i raggi di curvatura e l’ingombro trasversale dei mezzi di trasporto dei componenti dell’aerogeneratore. Tali adeguamenti consisteranno quindi essenzialmente in raccordi agli incroci di strade e ampliamenti della sede stradale nei tratti di



minore larghezza, per la cui esecuzione sarà richiesta l'asportazione, lateralmente alle strade, dello strato superficiale di terreno vegetale e la sua sostituzione con uno strato di misto granulare stabilizzato. La sezione stradale avrà larghezza carrabile di 4,50 m, dette dimensioni sono necessarie per consentire il passaggio dei mezzi di trasporto delle componenti dell'aerogeneratore eolico.

Il corpo stradale sarà realizzato secondo le seguenti modalità:

7. Scotico terreno vegetale.
8. Scavo, ove necessario, per il raggiungimento della quota del piano di posa.
9. Compattazione del piano di posa con relative prove per la determinazione dei parametri minimi richiesti.
10. Ove necessario, stesa per strati e compattazione del corpo del rilevato con materiale da cava o con materiale proveniente dagli scavi se ritenuto idoneo dalla D.L.
11. Posa del Cassonetto stradale in tout venant compattato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente costipato per uno spessore totale di 40 cm.
12. Posa dello Strato di finitura in ghiaia/pietrisco stabilizzato o materiale di recupero proveniente dagli scavi opportunamente vagliato (sp. medio 10 cm).

Si riporta di seguito una sezione tipo delle piste di accesso sopra descritte.

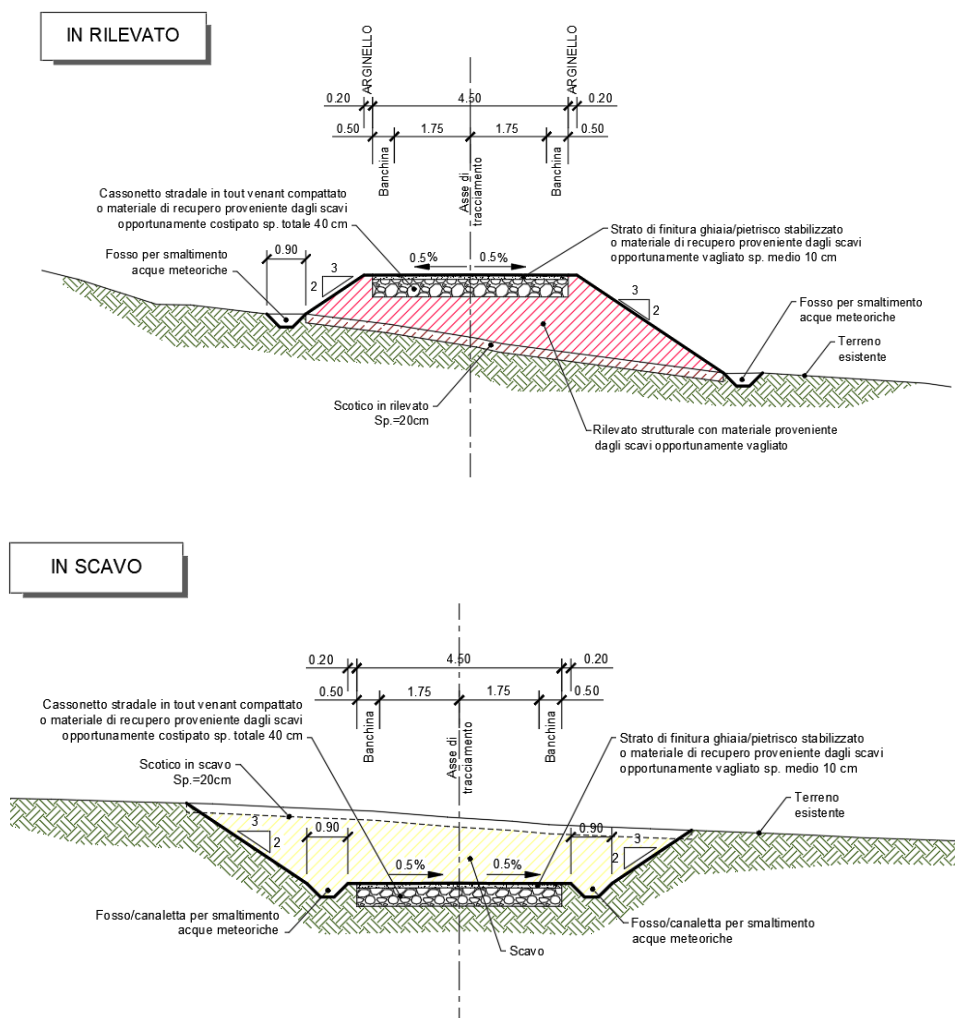


Figura 2.10 – Sezione tipo piste di accesso

Per la viabilità esistente (strade regionali, provinciali, comunali e poderali), ove fosse necessario ripristinare il pacchetto stradale per garantire la portanza minima o allargare la sezione stradale per adeguarla a quella di progetto, si eseguiranno le modalità costruttive in precedenza previste.

2.4 OPERE DI FONDAZIONE

2.4.1 FONDAZIONI PROFONDE

In questa fase progettuale è stato previsto che le fondazioni delle torri siano costituite da plinti in c.a. (si veda paragrafo successivo) poggianti su N.12 pali di diametro pari a 1000 mm e lunghezza pari a 20 m. I pali saranno di tipo trivellato e realizzati in c.a. con classe di resistenza C25/30. In fase di progettazione esecutiva, in seguito ad una campagna geotecnica dettagliata, numero e geometria dei pali potranno subire variazioni in un'ottica di ottimizzazione del progetto.

2.4.2 PLINTI DI FONDAZIONE AEROGENERATORI

Le fondazioni delle torri saranno costituite da un plinto a base circolare del diametro di 23 m, con altezza massima di circa 3.86 m (3,50 m + 0,36 m nella parte centrale), posato ad una profondità massima di



3,37 m circa dal piano campagna finito e sporgente circa 13 cm dal piano finito. Il plinto di fondazione è composto, al netto dell'approfondimento centrale di posa dell'Anchor Cage e del magrone di fondazione, da una parte inferiore cilindrica ($h = 1,80$ m), una intermedia troncoconica ($h = 0,80$ m), ed una superiore cilindrica di altezza 1,10 m (sopralzo o colletto) che sporge dal piano campagna di circa 13 cm. Il sistema di connessione torre-fondazione è costituito da un doppio anello di tirafondi ad alta resistenza collegati inferiormente con una flangia circolare ed annegati nel calcestruzzo della fondazione e superiormente collegati a quella del primo concio della torre. Il colletto terminale alto 1,10 m permetterà oltre che di garantire la sporgenza da terra di 13 cm, anche di mantenere il grosso della fondazione interrato di 1 m sotto il piano di campagna.

Le dimensioni sopra riportate potranno subire variazioni in fase di progettazione esecutiva, fermo restando le dimensioni di massima del sistema fondazionale.

2.4.3 FONDAZIONI CABINE ELETTRICHE

Le cabine elettriche potranno essere di tipo prefabbricato o gettato in opera e dovranno essere fornite di vasca di fondazione anch'essa di tipo prefabbricato in c.a.v. o gettata in opera. Le strutture dovranno essere realizzate in rispondenza alle specifiche di Costruzione dell'ente gestore della rete ed alle Norme Tecniche di Costruzione vigenti. Le vasche dovranno essere realizzate in monoblocco in modo da creare una vasca stagna sottostante tutto il locale. Appositi connettori in acciaio inox, annegati nel calcestruzzo, permettono il collegamento interno-esterno alla rete di terra. Nel caso di elementi prefabbricati le vasche saranno poggiate su platee in c.a. gettate in opera dello spessore minimo di 20 cm.

2.5 CAVI E CAVIDOTTI

L'energia prodotta dai singoli aerogeneratori del parco eolico verrà innalzata al livello di tensione 30 kV e convogliata verso la Sottostazione Utente dove subirà un primo innalzamento di tensione (30/150 kV) ed in fine verso la SE Terna dove sarà immessa nella RTN.

I collegamenti tra il parco eolico e la SSEU e tra la cabina utente e la RTN avverranno tramite linee elettriche interrate esercite a 30 kV nel primo caso e a 150 kV nel secondo. Le linee saranno ubicate sfruttando per quanto possibile la rete stradale esistente ovvero lungo la rete viaria da adeguare/realizzare ex novo nell'ambito del presente progetto.

Entrambe le reti elettriche (MT e AT) saranno realizzate con posa completamente interrata allo scopo di ridurre l'impatto della stessa sull'ambiente, assicurando il massimo dell'affidabilità e della economia di esercizio.

Il tracciato planimetrico della rete, lo schema unifilare dove sono evidenziate la lunghezza e la sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e la modalità e le caratteristiche di posa interrata sono mostrate nelle tavole del progetto allegate; per le specifiche tecniche dei materiali e delle apparecchiature elettriche si rimanda all'allegato 1 - Fascicolo tecnico della relazione elettrica di progetto.

Per il collegamento degli aerogeneratori si prevede la realizzazione di linee a 30 kV del tipo "entra-esce" mentre per il collegamento tra SSEU e la Stazione TERNA verrà realizzata una linea in Alta Tensione a 150 kV.

Lo scavo ospiterà, da 1 a 4 terne di cavi unipolari in formazione tripolare di tipo adatto per posa direttamente interrata, 1 tubo dal diametro di 80 mm per la rete di controllo degli aerogeneratori e, per i tratti di cavidotto in MT, una corda di rame nudo di sezione 70 mm^2 .

La corda di rame nuda succitata percorrerà l'intera lunghezza dei cavidotti e si collegherà all'anello della rete di terra di ciascun aerogeneratore presente nel parco.

Salvo particolari impedimenti, lo scavo del cavidotto verrà realizzato ad una delle estremità della sede stradale.

Di seguito si riassumono le principali fasi esecutive valide sia per i tratti in MT che in AT:

- Apertura dello scavo a sezione obbligata (per cavi MT: profondità minima di 0,90 m e massima 1,55 m una larghezza variabile tra 0,85 m e 1,24 m; per cavi AT: profondità di 1,90 m e una larghezza di circa 0,85 m);
- Stesura di un primo strato di sabbia (circa 10 cm);
- Posa in opera dei vari cavi alle diverse quote di progetto e ultimazione ricoprimento con sabbia vagliata;
- Stesura di un secondo strato di sabbia fino a ricoprire di circa 10 cm i cavi;
- Posa di una protezione meccanica supplementare realizzata con gettata di magrone o elementi prefabbricati (circa 5 cm);
- Rinterro parziale con materiale proveniente dagli scavi con inframezzati nastri segnalatori;
- Posa del pacchetto di rifinitura in funzione della tipologia della superficie (se richiesto).

Per maggiori e più precise informazioni si rimanda alle relazioni e agli elaborati grafici dedicati alla connessione.

Infine, lungo il suo percorso il cavidotto può incontrare diverse interferenze di varia natura (corsi d’acqua, sottoservizi, etc.) per la descrizione dettagliata delle quali si rimanda all’apposito elaborato “2908_5111_LUCE_PFTE_R19_T01_Rev0_PLAN INTERFERENZE”.

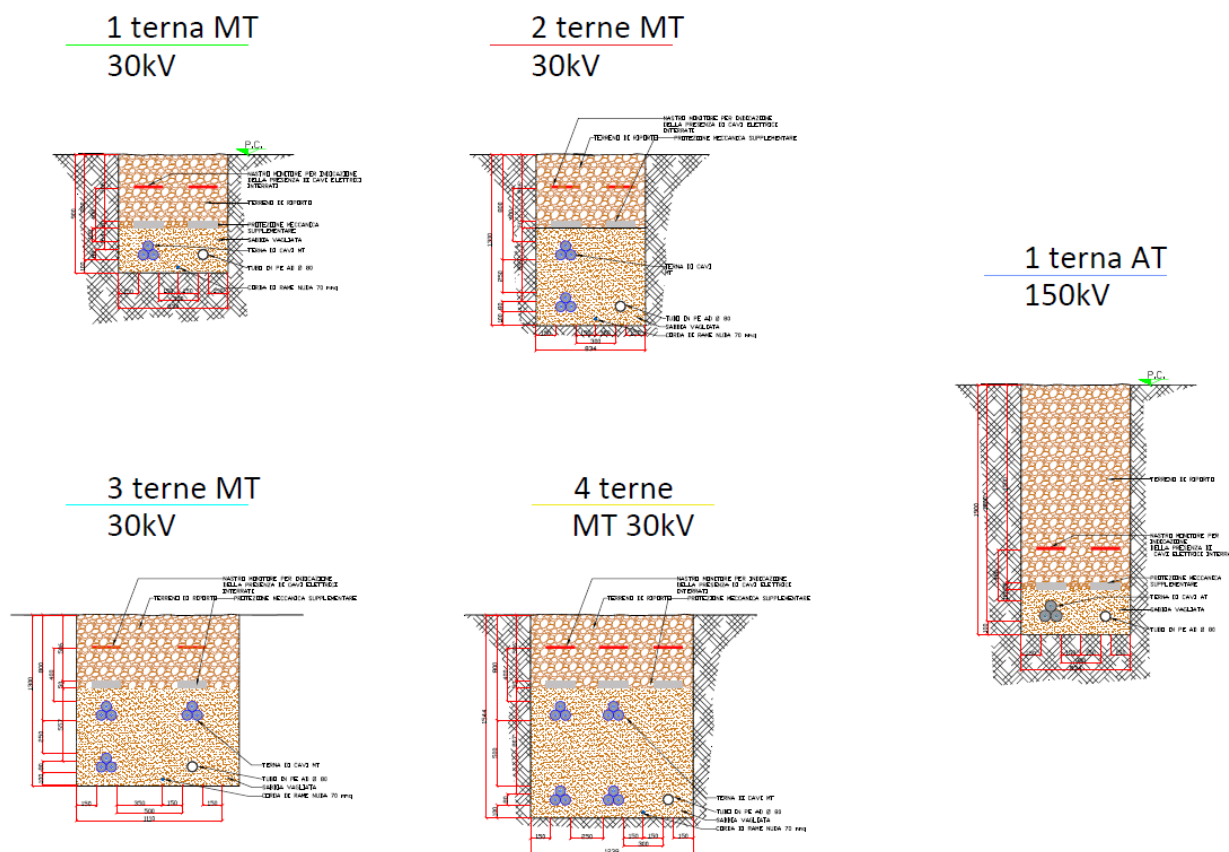


Figura 2.11 – Sezioni tipo posa cavidotti

Come riportato nello schema unifilare, la distribuzione elettrica prevede la realizzazione di una cabina a livello di tensione 30 kV denominate cabina utente nella SSEU. Da queste si dirameranno un totale di



n.4 rami di alimentazione verso le singole WTG collegate in configurazione entra-esce a formare 4 cluster.

Si rimanda alle tavole di dettaglio per un'ulteriore comprensione ed inquadramento planimetrico delle aree d'impianto.

I cluster nel quale è elettricamente suddiviso l'intero impianto saranno connessi ad una cabina utente a 30 kV site in posizione baricentrica rispetto all'intera area di impianto tramite linee interrate costituite da cavi in alluminio tipo ARE4H5E 18/30 kV.

Le linee saranno direttamente interrate oppure posate entro cavidotto.

2.6 ALTRE COMPONENTI ELETTRICHE

2.6.1 Impianto elettrico aerogeneratore

Le specifiche tecniche di cui all'ALLEGATO 1 del presente documento contengono le caratteristiche necessarie al dimensionamento dell'impianto all'interno dell'aerogeneratore comprensivo di:

- a) Dati tecnici sistema di conversione (trasformatore);
- b) Dati tecnici del quadro MT;
- c) Scomparto arrivo/partenza cavi MT di collegamento aerogeneratori;
- d) Dati tecnici del dispositivo di generatore in BT;
- e) Sistema di ventilazione.

L'energia prodotta dai singoli aerogeneratori del parco eolico verrà trasportata in sottostazione elettrica utente e infine immessa nella RTN tramite stallo in SE Terna.

Ciascun aerogeneratore sarà dotato di un generatore e relativo convertitore. Inoltre, sarà equipaggiato con un trasformatore elevatore oltre a tutti gli organi di protezione ed interruzione atti a proteggere la macchina e la linea elettrica in partenza dalla stessa.

2.6.2 Trasformatore

All'interno del generatore eolico, la tensione BT in arrivo dalla macchina verrà elevata in MT tramite un trasformatore elevatore dedicato.

Il trasformatore utilizzato è del tipo in resina del tipo trifase. In caso di guasto del trasformatore questo può essere facilmente smontato e riparato all'interno della torre.

2.6.3 Quadro 30 kV

Per ogni aerogeneratore si prevede l'installazione di un Quadro 30 kV a bordo macchina per la connessione elettrica alla linea di raccolta interna al parco eolico, nella configurazione a singolo o doppio ingresso, secondo quanto previsto nello schema elettrico unifilare di progetto. Ogni aerogeneratore è dotato di uno o più quadri per l'arrivo/partenza di una o più linee di connessione secondo lo schema elettrico unifilare al fine di minimizzare la lunghezza della linea 30 kV e di migliorare la continuità di servizio. Il quadro 30 kV sarà dotato dei necessari scomparti arrivo/partenza cavi.

2.6.4 Dispositivo di generatore BT

Per dispositivo di generatore si intende quel dispositivo in grado di escludere ciascun gruppo di generazione ed è posto solitamente a monte del generatore asincrono. Tale dispositivo rientra tra i dispositivi riconosciuti come "metal enclosed" in accordo alle norme di riferimento dei costruttori: DIN EN 60439.



2.6.5 Sistema di ventilazione

All'interno della torre sono evidenziabili 3 piattaforme posizionate a quote diverse in funzione delle apparecchiature montate e connesse tra loro da un sistema di ventilazione forzato; sono riconoscibili:

- Piattaforma “bassa” (posizionamento trasformatore)
- Piattaforma “intermedia” (quadri media tensione)
- Piattaforma “alta” (sistema di conversione)

La parete della torre in corrispondenza della piattaforma intermedia presenta una cavità per l'areazione del sistema di ventilazione proveniente dal vano trasformatore. Quest'ultimo è dotato di 3 “fan coil” in corrispondenza delle tre colonne che vengono azionati da un sistema di controllo per la dissipazione del calore, mediante misurazione della differenza di temperatura tra la camera del trasformatore e gli avvolgimenti dotati di 3 termosonde PT100. Per quanto riguarda il sistema di conversione, è previsto all'interno del convertitore un sistema di estrazione e ventilazione dell'aria che viene azionato in relazione allo stato di funzionamento del dispositivo.

2.6.6 Luci

La turbina è equipaggiata con luci nella torre, nella navicella, nella stanza del trasformatore ed il mozzo. C'è una luce d'emergenza in caso di mancanza di corrente elettrica.

2.6.7 Arresto d'emergenza

Sono presenti pulsanti per l'arresto d'emergenza nella navicella, nel mozzo e alla base della torre.

2.6.8 Disconnessione dell'energia

La turbina è equipaggiata con interruttori per consentire la disconnessione da tutte le fonti di energia in caso d'ispezione o manutenzione. Gli interruttori sono marcati con segnali e sono collocati nella navicella e alla base della torre.

2.7 SOLUZIONE DI CONNESSIONE PREVISTA PER L' IMPIANTO

Il parco in esame, costituito da N° 12 aerogeneratori, sarà collegato alla rete elettrica nazionale. La connessione sarà garantita da un cavidotto interrato a 150 kV che si allaccerà alla nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN indicata.

La soluzione ipotizzata per la connessione prevede che l'impianto eolico sia collegato in antenna a partire dal punto di allaccio disponibile all'interno dell'ampliamento della Stazione Elettrica (SE) Terna di futura realizzazione.

Il sistema di connessione previsto in progetto, riguardante il collegamento degli aerogeneratori alla SE, comprende quindi la realizzazione delle seguenti opere:

- Cavidotto 150 kV, che collegherà lo stallo della sottostazione utente con il punto di allaccio disponibile SE Terna;
- Cavidotto MT, composto da 4 linee che collegheranno la cabina utente e i cluster del parco eolico;
- Rete di monitoraggio in fibra ottica per il controllo della rete elettrica e dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.



3. SPECIFICHE TECNICHE OPERE MECCANICHE

In questa fase progettuale la scelta del produttore delle turbine non è stata ancora effettuata, per gli aerogeneratori vengo riportate solamente le caratteristiche geometriche:

- Diametro = 172m
- Altezza hub al mozzo = 114m
- Altezza massima = 200m

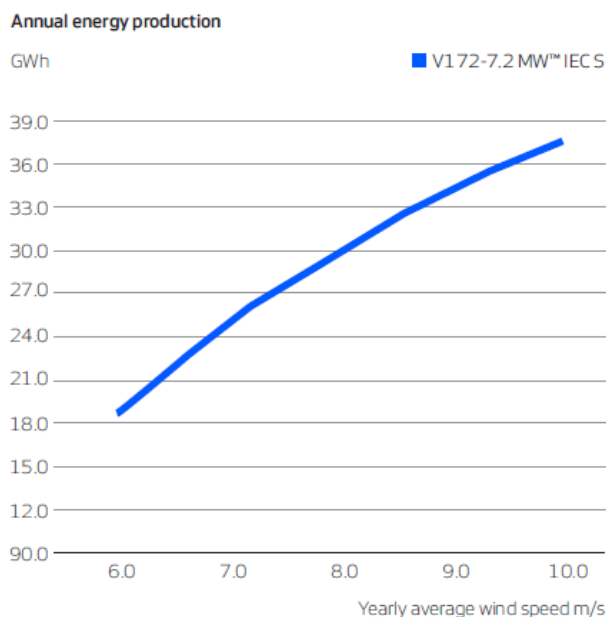
E le caratteristiche elettriche e di producibilità:

- Potenza massima 7,2 MW

A titolo esemplificativo, di seguito si riporta un estratto delle caratteristiche tecniche delle turbine tipo V172-7,2 MW™ sviluppate dalla Vestas Wind Systems A/S, che rispetterebbero le indicazioni progettuali fornite. In allegato si riporta il documento completo.

Power regulation	Pitch regulated with variable speed
Operating data	
Standard rated power	7,200kW
Cut-in wind speed	3m/s
Cut-out wind speed*	25m/s
Wind class	IEC S
Standard operating temperature range from	-20°C to +45°C
<small>* High Wind Operation available as standard</small>	
Sound power	
Maximum	106.9dB(A)*
<small>* Sound Optimised Modes available dependent on site and country</small>	
Rotor	
Rotor diameter	172m
Swept area	23,235m ²
Aerodynamic brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders
Electrical	
Frequency	50/60Hz
Converter	full scale
Gearbox	
Type	two planetary stages
Tower	
Hub heights*	114m (IEC S)** 150m (IEC S)** 164m (DIBt) 166m (IEC S) 175m (DIBt) 199m (DIBt)
<small>*Site specific towers available on request **Preliminary</small>	

Turbine options	
- 6.5 MW Operational Mode	
- 6.8 MW Operational Mode	
- Oil Debris Monitoring System	
- High Temperature CoolerTop	
- Service Personnel Lift	
- Low Temperature Operation to -30°C	
- Vestas Ice Detection™	
- Vestas Anti-Icing System™	
- Vestas Shadow Flicker Control System	
- Aviation Lights	
- Aviation Markings	
- Fire Suppression System	
- Vestas Bat Protection System	
- Lightning Detection System	
Sustainability	
Carbon Footprint	6.4g CO ₂ e/kWh
Return on energy break-even	6.9 months
Lifetime return on energy	34 times
Recyclability rate	86.6%
<small>Configuration: 166m hub height, Vavg=7.4m/s, k=2.48. Depending on site-specific conditions. Metrics are based on an internal streamlined assessment. An externally reviewed Life Cycle Assessment will be made available on vestas.com once finalised.</small>	





4. SPECIFICHE TECNICHE OPERE DI MOVIMENTAZIONE TERRENI

4.1 SCAVI

Gli scavi interessanti l'opera in progetto si dividono in:

4.1.1 Scavi generici

Gli scavi generici, da eseguirsi a mano o con mezzi meccanici, dovranno corrispondere ai disegni di progetto e alle particolari prescrizioni impartite all'atto esecutivo della D.L.. Le superfici di scavo verticali, orizzontali od inclinate, dovranno essere accuratamente spianate, con intervento di mano d'opera manuale, sia per le rifiniture che per l'esecuzione delle parti di scavo ove tale intervento sia necessario. Gli scavi saranno eseguiti su terreno di qualsiasi natura e consistenza, anche bagnato o in presenza di acqua, ove occorra saranno preceduti da sgomberi superficiali, dall'abbattimento e dallo sgombero di alberi, arbusti e dalla estirpazione di radici e ceppaie, nonché dalla demolizione di residui di manufatti presenti in superficie o rinvenuti nel terreno, senza che all'Impresa competano particolari compensi oltre quelli stabiliti nei prezzi di elenco per gli scavi.

Qualora, nella esecuzione degli scavi o in attesa della esecuzione delle opere previste entro gli scavi stessi, per la natura del terreno, per il genere di lavoro e per qualsiasi altro motivo, si rendesse necessario puntellare, sbatacchiare od armare le pareti degli scavi, l'Impresa vi dovrà provvedere di propria iniziativa e a sue spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti, per garantire l'incolumità degli addetti ai lavori e per evitare danni alle proprietà confinanti e alle persone. L'Impresa provvederà allo scopo secondo norme e necessità, impiegando i mezzi più idonei e nel modo che riterrà migliore essendo qui espressamente stabilito che l'Impresa sarà ritenuta in ogni caso unica responsabile di eventuali danni alle persone e alle cose e di tutte le conseguenze di ogni genere che derivassero dalla mancanza, dalla insufficienza o dalla poca solidità delle opere provvisorie adottate, dagli attrezzi adoperati e dalla poca diligenza nel sorvegliare gli operai, nonché alla inosservanza delle disposizioni vigenti in materia sui lavori pubblici e sulla polizia stradale. L'Impresa inoltre resta obbligata a provvedere a sua cura e spese alla manutenzione degli scavi, allo sgombero dei materiali franati o comunque caduti negli stessi e al conseguente ripristino delle sezioni e ciò indipendentemente dal tempo trascorso fra l'apertura degli scavi e il loro rinterro.

Con il provvedere dei lavori l'Impresa potrà recuperare i legnami costituenti le armature; quelli, però, che a giudizio della D.L. non potranno essere tolti senza che ciò costituisca alcun titolo per la richiesta di speciali compensi. Nell'esecuzione di tutti gli scavi l'Impresa dovrà provvedere di propria iniziativa e a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate e non si riversino negli scavi e a tale scopo provvederà a togliere ogni impedimento al regolare deflusso delle acque superficiali ricorrendo anche, ove necessario, all'apertura di fossi di guardia e di canali fagatori. Inoltre, tanto durante le operazioni di scavo, quanta durante l'esecuzione dei lavori all'interno degli scavi stessi, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, ad assicurare il regolare ed immediato smaltimento delle acque di infiltrazione che eventualmente scaturissero dal fondo e dalle pareti dello scavo, procedendo, ove possibile da valle verso monte, in modo da favorire lo scolo naturale, ovvero ricorrendo all'esaurimento ed agghiacciamento delle acque con i mezzi più opportuni, nel numero e delle portate sufficienti a mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo. Di ogni onere relativo e quindi del relativo compenso è stato tenuto conto nella formazione dei prezzi di elenco per gli scavi. Saranno considerati scavi subacquei, e come tali valutati e compensati secondo la relativa voce di elenco tutti gli scavi eseguiti in presenza di acqua di falda, limitatamente alla sola parte eseguita al di sotto della quota alla quale si stabilizzano le acque stesse. Le materie provenienti dagli scavi in genere, se non utilizzabili o non ritenute idonee, a giudizio insindacabile della D.L., per l'esecuzione di tombamenti, rinterri o per la formazione di rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere allontanate dal cantiere e portate a rifiuto a cura e spese dell'Impresa, alle pubbliche discariche ovvero su aree da procurarsi a cura e spese dell'Impresa.



Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate in tempo differito per tombamenti, rinterri o per la formazione di rilevati, esse saranno eventualmente depositate in prossimità degli scavi o all'interno del cantiere, in luogo adatto, accettato dalla D.L. ed in modo tale da non ostacolare lo svolgimento dei lavori, anche di altre Imprese, per poi essere riprese a tempo opportuno. In nessun caso le materie depositate dovranno riuscire di danno alle proprietà pubbliche o private confinanti, provocare frane, ostacolare il libero deflusso delle acque superficiali od intralciare il traffico delle strade pubbliche o private. La D.L. si riserva di fare allontanare immediatamente a spese dell'Impresa le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni. Qualora l'Impresa, per proprio esclusivo comodo od interesse, ivi compresa la necessità di disporre di spazio libero all'interno del cantiere, decida di portate a rifiuto materie che potrebbero essere riutilizzate, dovrà successivamente provvedere a rifornirsi di materie altrettanto idonee, senza che ciò costituisca alcun titolo per la richiesta di speciali compensi oltre al pagamento degli scavi con i relativi prezzi di elenco. Durante l'esecuzione degli scavi che interferiscono con canalizzazioni esistenti, l'Impresa, senza diritto a particolari compensi, dovrà adottare tutte le precauzioni e le disposizioni necessarie a garantire la perfetta funzionalità ed efficienza delle canalizzazioni, secondo le richieste delle Amministrazioni interessate. Analogamente, durante l'esecuzione degli scavi lungo le strade di ogni genere e categoria e per tutto il tempo in cui questi restano aperti, l'Impresa dovrà provvedere, di propria iniziativa e a sue spese, ad adottare ogni disposizione e precauzione necessaria per garantire la libertà e la sicurezza dei transito dei pedoni, degli animali e dei veicoli, restando in ogni caso unica responsabile di eventuali danni alle persone e alle case e di tutte le conseguenze di ogni genere che derivassero dalla mancanza o dalla insufficienza delle precauzioni adottate.

4.1.2 Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento si intenderanno gli scavi per il livellamento o la sistemazione del terreno, per tagli di terrapieni, per la formazione di piani di appoggio di platee di fondazione, vespai e rampe incassate, per l'apertura della sede stradale, compresi cassonetto e banchine laterali, per la formazione di vasche, per l'impianto di opere d'arte, se ricadenti al di sopra del piano orizzontale passante per punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti da almeno un lato e per l'apertura o l'approfondimento di canali e fossi di sezione non inferiore a due metri quadrati. In generale saranno comunque considerati scavi di sbancamento tutti i tagli a larga sezione che, pur non rientrando nelle precedenti casistiche e definizioni, siano sufficientemente ampi da consentire l'accesso con rampa ai mezzi meccanici di scavo, nonché a quelli di caricamento e trasporto di materie. La profondità e la configurazione degli scavi dovranno corrispondere esattamente ai disegni di progetto e alle particolari prescrizioni impartite all'atto esecutivo dalla D.L..

Sia in fase di esecuzione che a lavori ultimati e fino a collaudo l'Impresa dovrà curare la perfetta sagomatura e spianatura del fondo e dalle scarpate e la perfetta profilatura dei cigli, provvedendo a proprie spese ai tagli, alle riprese e alle sistemazioni delle scarpate e delle banchine ed agli espurghi che si rendessero necessari. Per far luogo all'eventuale rivestimento dei fossi e dei canali, l'Impresa dovrà curare a proprie spese che, sia durante le operazioni di scavo che durante il getto dei rivestimenti, gli scavi siano mantenuti all'asciutto e liberi da vegetazione di qualsiasi natura e dimensione l'uso di eventuali idonei diserbanti chimici dovrà essere autorizzato dalla D.L. ed in quanta effettuato per comodità dell'Impresa sarà a suo totale carico.

4.1.3 Scavi di fondazione o sezione obbligata

Per scavi di fondazione si intenderanno gli scavi incassati e a sezione obbligata necessari per far luogo a fondazioni, fognature, canalizzazioni, ecc., per l'apertura o l'approfondimento di fossi, canali, cunette di sezione inferiore a due metri quadrati, ed in generate tutti gli scavi chiusi da pareti, di norma verticali, effettuati al di sotto del piano di sbancamento o, in mancanza, al di sotto del piano orizzontale



convenzionale corrispondente alla quota più depressa del terreno naturale entro il perimetro dello scavo. Tale piano sarà determinato, a giudizio della D.L., o per l'intera area dello scavo, o per parti in cui questa può essere suddivisa, a seconda sia delle accidentalità del terreno sia delle quote dei piani finiti di fondazione. Qualunque sia la natura e la qualità del terreno interessato, gli scavi verranno spinti alla profondità ritenuta necessaria ed ordinata dalla D.L. all'atto della loro esecuzione. I piani di fondazione dovranno essere accuratamente spianati, generalmente orizzontati o disposti a gradoni o con leggera contro pendenza, secondo le disposizioni della D.L.. È vietato all'Impresa, pena la demolizione, di proseguire coi getti dei vari manufatti di fondazione senza l'esplicita accettazione previa verifica da parte della D.L. dei piani delle fondazioni. Nel caso l'Impresa lo ritenesse di sua convenienza, gli scavi potranno essere eseguiti anche con pareti a scarpa, o a sezione più larga, ma in tale caso non sarà pagato il maggiore scavo eseguito di conseguenza. L'Impresa, anzi, dovrà successivamente provvedere, a sua cura e spese, al riempimento e al costipamento, con le stesse materie scavate, dei vani rimasti intorno e sopra alle opere murarie, sino al piano del terreno naturale primitivo ed al ripristino, con gli stessi oneri, delle maggiori quantità di pavimentazione divelte, ove lo scavo dovesse interessare strade pavimentate. Nel caso che, a giudizio della D.L., le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e di fondazione, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

4.1.4 Scavi per la messa a dimora di cavidotti elettrici

L'esecuzione degli scavi per la posa dei cavi elettrici dovrà rispettare l'andamento piano-altimetrico riportato sugli elaborati di progetto o quello eventualmente modificato in fase esecutiva dalla D.L.. Le quote di fondo scavo dovranno corrispondere a quelle prescritte: esse dovranno comunque consentire un'altezza di ricoprimento sulla generatrice superiore dei cavi non inferiore a 65 cm per cavi MT e 165 cm per cavi AT; alla D.L. è riservata peraltro la facoltà insindacabile di disporre - all'atto esecutivo - qualsiasi variante, con aumento o diminuzione delle profondità predette senza che l'Impresa possa trarne motivo per avanzare richiesta di compensi speciali o di prezzi diversi da quelli riportati in elenco. Il fondo degli scavi aperti per la posa in opera dei cavi dovrà essere livellato e non saranno ammesse rugosità superiori ai 3 cm dal piano delle livellette indicate nel profilo longitudinale. Le pareti degli scavi non dovranno presentare blocchi sporgenti o massi pericolanti. Per tutto il tempo in cui le sezioni dovranno rimanere aperte, saranno ad esclusivo carico dell'Impresa tutti gli oneri per eventuali armature, esaurimenti di acqua, sgombero del materiale e la perfetta manutenzione dello scavo, indipendentemente dal tempo trascorso dall'apertura dello stesso e dagli eventi meteorici verificatesi, ancorché eccezionali. L'avanzamento degli scavi dovrà essere adeguato all'effettivo avanzamento della posa in opera dei cavi. Le eventuali discontinuità nel ritmo della posa in opera non potranno in alcun caso dare titolo all'Impresa per richiedere compensi di sorta oltre quelli previsti nel presente Disciplinare o per variare l'avanzamento del proprio lavoro in maniera non adeguata a quella della fornitura dei cavi.

La chiusura degli scavi verrà effettuata con il materiale provenienti dagli scavi, se ritenuto idoneo dalla D.L. Il rinterro dovrà essere iniziato adoperando per il primo strato, fino ad un'altezza di ricoprimento di circa 10 cm sulla generatrice superiore dei cavi, con sabbia vagliata e priva di impurità. Il rinterro sarà effettuato in strati con l'onere dell'adeguata posa dei cavi. Il riempimento successivo sarà eseguito fino a superare il piano di campagna con un colmo di altezza sufficiente a compensare gli assestamenti che potranno aversi successivamente. L'Impresa resta sempre unica responsabile dei danni e delle avarie comunque prodotti ai cavi in dipendenza del modo con cui si esegue il rinterro. Nel caso che i materiali provenienti dagli scavi non fossero approvati dalla D.L. per il rinterro, l'Impresa dovrà sostituirli, in tutto o in parte con materiale approvato dalla D.L. e provenienti da cave di prestito a qualsiasi distanza. Qualora per tutta la durata dei lavori di posa cavi non fosse possibile stoccare il materiale scavato a bordo trincea, questo dovrà essere momentaneamente allontanato e stoccato in apposite aree individuate senza che perciò possa competere all'Impresa altro compenso all'infuori dei prezzi stabiliti in elenco.



4.2 RILEVATI

4.2.1 Piano di posa

Il piano di posa dei rilevati dovrà essere adeguatamente preparato, previo abbattimento di alberi, taglio siepi e cespugli, estirpazione di radici e infine scotico del terreno vegetale per tutta la superficie e per le dimensioni di progetto o modificate dalla D.L.. In presenza di terreni torbosi si dovrà provvedere alla sostituzione del terreno in sito con altro di tipo granulare, per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico, secondo le disposizioni della D.L. L'Impresa dovrà garantire il corretto smaltimento delle acque dagli scavi.

Il terreno vegetale dovrà essere stoccato in aree idonee per poi essere riutilizzato per gli strati di finitura dei rilevati.

Il terreno proveniente dagli scavi, se di natura non idonea al riutilizzo (si veda punti successivi) dovrà essere smaltito e trasportato a discarica a spese dell'Impresa.

Lo strato finale di posa del rilevato (sottofondo) dovrà avere un modulo di deformazione "Md" ≥ 15 MPa nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa. Nel caso questa condizione non fosse raggiungibile si dovrà procedere alla sostituzione di circa 30 cm di terreno naturale con altro appartenente ai gruppi A1 e A3 (CNR UNI 10006), costipato fino a raggiungere il 90% della densità massima relativa alla prova AASHTO Modificata.

Nel caso i rilevati risultino su pendii con pendenza trasversale superiore al 15% la costruzione del rilevato dovrà essere preceduta, oltre che dalle operazioni di cui sopra, anche da una gradonatura del pendio, da eseguirsi in contro pendenza e secondo le disposizioni impartite dalla D.L..

Infine, sul terreno naturale costituente il piano di posa, dovrà essere posto in opera un telo di geotessile (tessuto non tessuto) sovrapposto ai bordi per circa cm 50. Il tessuto non tessuto dovrà essere di poliestere a filo continuo secondo le caratteristiche di cui all'articolo apposito del presente Disciplinare con grammatura compresa tra 300 e 400 g/mq e con resistenza a punzonatura ≥ 3 kN, resistenza a trazione 21 kN in senso longitudinale con allungamento tra il 30 ed il 70%.

4.2.2 Corpo del rilevato e cassonetto stradale

I rilevati dovranno essere costituiti da terre idonee, accuratamente scelte, escludendo terre contenenti radici, erbe e materie organiche. Le terre dovranno essere caratterizzate secondo le norme CNR - UNI 10006 - 63 art. 7. "Costruzione dei rilevati" Di norma per la costruzione dei rilevati dovranno essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4 e A2-5 e A3. Ad esclusivo giudizio della D.L., potrà essere ammesso anche l'impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7, A4, A5, A6, purché l'Impresa, a sua cura e spesa, provveda alle necessarie manipolazioni ed integrazioni per ottenere, secondo le disposizioni della D.L. medesima, le caratteristiche geomeccaniche minime richieste. In ogni caso sono assolutamente da escludere le terre appartenenti al gruppo A7. Agli ultimi due strati dei rilevati, adiacenti allo strato di finitura (cassonetto stradale sp. 20+20 cm) dovranno essere riservate le terre migliori disponibili. In ogni caso dovranno essere costituiti da terre a granulometria continua, non soggette a ritiro, preferibilmente appartenenti ai gruppi A1 e A3.

La stesa del materiale per la formazione del rilevato dovrà essere eseguita in strati regolari di spessore proporzionale alla natura del materiale stesso e allo spessore, tipo e peso dei mezzi costipanti utilizzati, secondo le disposizioni impartite dalla D.L., ma in ogni caso non superiore a cm 50 e con pendenza trasversale non inferiore al 2% e non superiore al 4%, onde permettere un rapido smaltimento delle acque piovane. Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera per strati non eccedenti i 30 cm e costipato con mezzi meccanici riconosciuti idonei dalla D.L. fino a raggiungere una densità secca max. AASHO mod. non inferiore a 90% negli strati inferiori ed al 95% negli ultimi due strati superiori adiacenti allo strato di finitura (cassonetto stradale sp. 20+20 cm). Per tali ultimi strati si dovrà



raggiungere un modulo di deformazione "Md" ≥ 500 kg/cm² nell'intervallo di carico compreso tra 1.5 e 2.5 kg/cm².

La D.L. provvederà al controllo dell'esecuzione dei rilevati almeno ogni 200 mc di materiale posto in opera, sia determinando il grado di compattazione e di umidità durante l'esecuzione, sia effettuando prelievi in sito ed analisi di laboratorio allo scopo di comprovare le caratteristiche dei materiali effettivamente impiegati. Per tali prove e controlli la D.L. si avvarrà di laboratori autorizzati.

Per una maggiore protezione del rilevato dall'azione diretta degli agenti atmosferici, dovrà essere rivestita la superficie esterna dei terrapieni con uno strato di terra vegetale, dello spessore indicato nei disegni costruttivi o stabilito dalla D.L. in corso d'opera, onde favorire l'attecchimento e lo sviluppo di vegetazione spontanea o seminata.

La terra potrà provenire dai depositi di terreno vegetale asportato nella preparazione del piano di posa del rilevato stesso o da altre zone, purché possieda le caratteristiche necessarie. Il rivestimento seguirà la costruzione del rilevato e dovrà essere eseguito con cura scrupolosa procedendo a cordoli orizzontali da costiparsi con mezzi meccanici idonei, previa gradonatura di ancoraggio, onde evitare possibili superfici di scorrimento ed in modo da assicurare una superficie regolare.

4.2.3 Strato di finitura

Per la costruzione dello strato di finitura si dovranno impiegare miscele stabilizzate granulometricamente di ghiaia e sabbia mista di fiume o di cava, naturali od opportunamente vagliate, o detriti di cava provenienti dalla frantumazione di rocce idonee, di spessore proporzionato alle previsioni di progetto o alle particolari disposizioni impartite dalla D.L. in corso d'opera in relazione alla natura e alla portanza del sottofondo e alle caratteristiche del traffico.

La composizione granulometrica della miscela dovrà essere mantenuta costantemente nei limiti indicati nel prospetto seguente, salvo eventuali correzioni o più precise limitazioni prescritte all'atto esecutivo dalla D.L., specialmente per quanto riguarda il contenuto dell'aggregato fine limoso-argilloso e la massima dimensione dell'aggregato grosso, in relazione a particolari usi o a particolari esigenze di protezione dalla azione dell'acqua e del gelo:

- passante al crivello 75 UNI 2334 100%
- passante al crivello 40 UNI 2334 da 75 a 100%
- passante al crivello 25 UNI 2334 da 60 a 87%
- passante al crivello 10 UNI 2334 da 35 a 67%
- passante al crivello 5 UNI 2334 da 25 a 55%
- passante al crivello 2 UNI 2332/1 da 15 a 40%
- passante al crivello 0,4 UNI 2332/l da 7 a 22%
- passante al crivello 0.075 UNI 2332/l da 2 a 10%

Il rapporto tra il passante al setaccio 0,075 UNI 2332/1 ed il passante al setaccio 0.4 UNI 2332/1 dovrà risultare inferiore a 213.

Per la messa in opera il materiale, depositato in cordoni lungo la superficie stradale dovrà essere convenientemente ed uniformemente umidificato (o aerato, nel caso fosse troppo umido) fino al raggiungimento della umidità ottima di costipamento. Successivamente, mediante grader, si provvederà ad omogeneizzare il materiale e a stenderlo sulla intera superficie in strati di spessore proporzionato al tipo e al rendimento dei mezzi di costipamento, in ogni caso per raggiungere lo spessore finito di 10 cm.

A stesa avvenuta il materiale dovrà presentarsi completamente omogeneo, con assenza assoluta di zone ghiaiose, sabbiose o limose o di toppe di argilla.



Qualsiasi area che risulti danneggiata per effetto di lavori eseguiti in contravvenzione alle disposizioni precedenti, dovrà essere completamente scarificata, rimiscelata e costipata in conformità alle prescrizioni della D.L. In corso d'opera dovrà essere verificata la corrispondenza dei requisiti geotecnici richiesti per i materiali impiegati. Lo strato, quindi, dovrà essere adeguatamente costipato sino al raggiungimento del 97% della densità massima fornita dalla prova AASHD mod. con i mezzi riconosciuti idonei ed approvati dalla D.L., procedendo dai lati verso il centro della carreggiata e proseguendo le operazioni fino a che la capacità portante dello strato finale, determinata alla prova di carico con piastra di cm. 30 di diametro non abbia raggiunto il valore di 800 Kg. /cmq nell'intervallo di carico compreso tra 1.5 e 2.5 kg/cmq.

4.2.4 Terre rinforzate

La struttura di sostegno in terra rinforzata rinverdibile dovrà essere marcata CE per impieghi come strutture in rete metallica a doppia torsione rinforzata per il consolidamento del terreno in opere di sostegno. La struttura è costituita da elementi di armatura planari orizzontali, secondo le misure di progetto, in rete metallica a doppia torsione, realizzati in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia "torsione" approvate dal Consiglio Superiore LL.PP., (n.69/2013), ed in accordo con la normativa vigente.

Rete metallica: La rete metallica avrà maglia 8x10 ha resistenza nominale a trazione non inferiore a 50 kN/m. Test realizzati secondo norma UNI-EN 10223-2.

Test di capacità di carico medio a punzonamento della rete realizzato in accordo a UNI-EN 11437.

Filo: Il filo utilizzato nella produzione della rete è rivestito con lega znal, di Zinco 95%- Alluminio 5%. Successivamente è applicato un rivestimento polimerico per consentire una maggiore protezione per l'utilizzo in ambienti aggressivi o dovunque il rischio di corrosione sia particolarmente presente.

Il rivestimento in polimero ha uno spessore nominale di 0.50 mm. tale da portare il diametro esterno a 3,70 mm.

Tutti i test sul filo devono essere fatti prima della fabbricazione della maglia.

Resistenza a trazione: i fili utilizzati per la produzione della rete dovranno avere una resistenza a trazione di 350-550 N/mm², la resistenza nominale a rottura minima è pari a 50 KN/m per il filo Ø 2.7-3.7mm in conformità a quanto previsto dalla UNI-EN 10223-3.

Le tolleranze sul filo trovano riscontro nelle disposizioni della UNI-EN 10218 (classe T1). Allungamento: l'allungamento non deve essere inferiore all' 8% conformemente alla UNI-EN 10223-3. I test devono essere effettuati su un campione di almeno 25 cm di lunghezza.

Rivestimento znal le quantità minime di znal dovranno soddisfare le disposizioni delle UNI-EN 10244-2. Aderenza znal: l'aderenza del rivestimento znal dovrà essere tale che, quando il filo è attorcigliato sei volte attorno ad un mandrino avente diametro 4 volte maggiore non si crepi o non si sfaldi sfregando con le dita in accordo alla UNI-EN 10244-2.

Resistenza alla prova di invecchiamento accelerato: in ambiente a condensazione generale di umidità, contenente anidride solforosa, dopo 28 cicli secondo UNI EN ISO 6988, la maglia non deve mostrare più del 5% di ruggine rossa.

Rivestimento Polimerico: Le caratteristiche tecniche e la resistenza all'invecchiamento del polimero dovranno soddisfare i relativi standard. Le principali caratteristiche conformi alla UNI-EN 10245-2, sono le seguenti:

Peso specifico: compreso fra 1,30 e 1,40 g/cm³, secondo il metodo di prova ISO 1183.

Durezza: compresa fra 50 e 60 shore D secondo metodo di prova ISO 868.

Carico di rottura: superiore a 21 N/mm² secondo i metodi ISO 527. Allungamento a rottura: superiore al 200% secondo i metodi di prova ISO 527. Colore: Grigio tipo RAL 7037.



Resistenza a raggi U.V.: dopo esposizione di 4000 ore a raggi U.V. secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3, il carico di rottura e allungamento a rottura non possono variare in misura maggiore al 25%.

Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento esterno e interamente rivestito in lega ZnAl, assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un pannello di rete elettrosaldata rivestita in lega ZnAl, di diametro non inferiore 6,00 mm., maglia 15x15cm; unitamente ad un ritentore di fini in biorete tessuta 100% fibra di cocco 700 gr/mq che permetterà, una volta terminata la posa in opera, unitamente ad idonea idrosemina, di ottenere la rinaturazione del fronte idrosemine a spessore, garantendo comunque un idoneo rinverdimento.

Il paramento sarà fissato con pendenza variabile, come da progetto, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura, oltre a picchetti metallici aventi lunghezza variabile tali da garantire ulteriore rigidità all'intera struttura. Gli elementi di rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati galvanizzati con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 Mpa; oppure con legatura continua tramite filo metallico diam. 2,20 mm. interno e 3,20 mm. esterno, con rivestimento ZnAl e polimero

Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla D.L. la relativa Dichiarazione di Prestazione (DOP) rilasciata in originale, in cui specifica il nome del prodotto, la Ditta produttrice, le quantità fornite e la destinazione. La conformità dei prodotti dovrà essere certificata da un organismo notificato ai sensi del CPR 305/2011, terzo ed indipendente, tramite certificato del controllo del processo di fabbrica CE.

A tergo del paramento esterno inclinato sarà posto del terreno vegetale per uno spessore di almeno 30 cm e poi si provvederà alla stesa e compattazione del terreno per la formazione del rilevato strutturale; questa avverrà per strati di altezza pari a ca. 30 cm e per un totale pari alla distanza tra i teli di rinforzo, la compattazione andrà eseguita con idonei mezzi (ad esempio rullo non cingolato, mentre nella parte frontale con piastre vibranti), ed attenendosi in ogni caso a quanto previsto nei documenti di progetto ed indicato dalla Direzione Lavori.

Esclusa la fornitura e compattazione del terreno del rilevato strutturale.



5. SPECIFICHE TECNICHE OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO

I conglomerati cementizi, gli acciai, le parti in metallo dovranno essere conformi alla normativa vigente in materia e alle prescrizioni richiamate dal presente capitolato per tutte le opere in cemento armato, cemento armato precompresso e strutture metalliche.

Le prescrizioni di cui sopra verranno quindi applicate a tutte le opere e a complessi di opere, omogenee o miste, che assolvono una funzione statica con l'impiego di qualunque tipo di materiale.

Tutte le fasi di lavoro sui conglomerati e strutture in genere saranno oggetto di particolare cura da parte dell'Appaltatore nell'assoluto rispetto delle qualità e quantità previste.

In funzione dell'opera in c.a. da eseguire è previsto l'uso dei seguenti calcestruzzi con le relative caratteristiche:

Tabella 5.1: tipologia cls

CLASSE DI RESISTENZA		C12/15	C25/30	C28/35	C35/45	C45/55
Resistenza cubica caratteristica (N/mm ²)	Rck	15	30	35	45	55
Resistenza cilindrica media (N/mm ²)	fcm	20,45	32,9	37,05	45,35	53,65
Resistenza cilindrica caratteristica (N/mm ²)	fck	12,45	24,9	29,05	37,35	45,65
Resistenza cilindrica di calcolo (N/mm ²)	fcd	8,3	16,6	19,37	24,9	30,43
Resistenza a trazione caratteristica (N/mm ²)	fctm	1,61	2,56	2,83	3,35	3,83
Resistenza a trazione media (N/mm ²)	fctk	1,13	1,79	1,98	2,35	2,68
Resistenza a trazione di calcolo (N/mm ²)	fctd	0,75	1,19	1,32	1,56	1,79
Resistenza tangenziale di calcolo (N/mm ²)	fbd	1,69	2,69	2,98	3,52	4,02
Modulo di Young (N/mm ²)	Ec	27267	31447	32588	34625	36416

5.1 LEGANTI

Nelle opere in oggetto dovranno essere impiegati esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia.

Tutte le forniture di cemento dovranno avere adeguate certificazioni attestanti qualità, provenienza e dovranno essere in perfetto stato di conservazione; si dovranno eseguire prove e controlli periodici ed i materiali andranno stoccati in luoghi idonei.

Tutte le caratteristiche dei materiali dovranno essere conformi alla normativa vigente ed alle eventuali prescrizioni aggiuntive fornite dal progetto o dalla direzione lavori.

I cementi saranno del tipo:

- cementi normali e ad alta resistenza;
- cementi alluminosi;
- cementi per sbarramenti di ritenuta.

I cementi normali e ad alta resistenza avranno un inizio della presa dopo 45' dall'impasto, termine presa dopo 12 ore e resistenza a compressione e flessione variabili a seconda del tipo di cemento usato e delle quantità e rapporti di impasto.



I cementi alluminosi avranno un inizio presa dopo 30' dall'impasto, termine presa dopo 10 ore e resistenze analoghe ai cementi normali.

I cementi per sbarramenti di ritenuta avranno un inizio presa dopo 45' dall'impasto, termine presa dopo 12 ore e resistenze massime (dopo 90 giorni) di 34 N/mm² (350 Kg/cm²).

5.2 GHIAIE E PIETRISCHI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI

Le ghiaie e i pietrischi (inerti) potranno essere naturali o di frantumazione e saranno costituiti da elementi non friabili, non gelivi e privi di sostanze organiche, argillose o di gesso; saranno classificati in base alle dimensioni massime dell'elemento più grosso. Tutte le caratteristiche, la provenienza e la granulometria saranno soggette alla preventiva approvazione della direzione lavori.

La curva granulometrica dovrà essere studiata in modo tale da ottenere la lavorabilità richiesta alle miscele, in relazione al tipo di impiego e la massima compattezza necessaria all'ottenimento delle resistenze indicate.

5.3 ACQUA

Dovrà essere dolce, limpida, scevra di materie terrose od organiche, priva di sali (in particolare cloruri e solfati) e non aggressiva con un pH compreso tra 6 e 8 ed una torbidezza non superiore al 2%, quella usata negli impasti cementizi non dovrà presentare tracce di sali in percentuali dannose, in particolare solfati e cloruri in concentrazioni superiori allo 0,5%. È tassativamente vietato l'impiego di acqua di mare per calcestruzzi armati e per le strutture con materiali metallici soggetti a corrosione.

5.4 SABBIA

La sabbia da usare nelle malte e nei calcestruzzi non dovrà contenere sostanze organiche, dovrà essere di qualità silicea, quarzosa, granitica o calcarea, avere granulometria omogenea e proveniente da frantumazione di rocce con alta resistenza a compressione; la perdita di peso, alla prova di decantazione, non dovrà essere superiore al 2%.

5.5 ACCIAIO PER ARMATURE

Tutti i materiali in acciaio usati per la realizzazione di opere in cemento armato dovranno avere caratteristiche conformi alle prescrizioni della normativa vigente, certificate da idonei documenti di accompagnamento, confermate dalle prove fatte eventualmente eseguire dalla direzione lavori presso laboratori riconosciuti.

Le stesse prescrizioni si applicano anche agli acciai in fili lisci o nervati, alle reti elettrosaldate ed ai trefoli per cemento armato precompresso.

In generale, le armature non dovranno essere ossidate o soggette a difetti e fenomeni di deterioramento di qualsiasi natura che possano pregiudicare l'aderenza con il conglomerato.

Tutte le armature metalliche dovranno essere tagliate a misura, sagomate e poste in opera comprese le legature di filo di ferro, i distanziatori, eventuali sfidi, sovrapposizioni anche se non chiaramente espresse negli elaborati esecutivi ma richieste dalla normativa vigente.

- Si prevede l'utilizzo di barre ad aderenza migliorata tipo B450C (ex Fe B 44 k)
- Tipo di acciaio B450C
- Peso specifico $\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$
- Modulo di elasticità: $E = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di snervamento di progetto ($\gamma_s = 1,15$): $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$



- Massima tensione di esercizio: $\sigma_s = 0,8 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

5.6 CASSERI

I casseri, di qualsiasi tipo, non dovranno presentare deformazioni se non limitate e coerenti con le tolleranze richieste per i vari manufatti. Dovranno avere rigidità tale da evitare forti ampiezze di vibrazione durante il costipamento evitando variazioni dimensionali delle superfici dei singoli casseri che dovranno, inoltre, essere accuratamente pulite dalla polvere o qualsiasi altro materiale estraneo, sia direttamente che mediante getti d'aria, acqua o vapore.

Per getti su superfici con inclinazione sull'orizzontale maggiore di 30° deve essere previsto il controcassero (oppure una rete sufficiente a tenere in forma il calcestruzzo).

Nelle zone dei casseri in cui si prevede, dato il loro particolare posizionamento o conformazione, la formazione di bolle d'aria, si dovranno prevedere fori o dispositivi tali da permetterne la fuoriuscita.

Prima del getto verranno eseguiti, sui casseri predisposte, controlli della stabilità, delle dimensioni, della stesura del disarmante, della posa delle armature e degli inserti; controlli più accurati andranno eseguiti, sempre prima del getto, per la verifica dei puntelli (che non dovranno mai poggiare su terreno gelato), per l'esecuzione dei giunti, dei fissaggi e delle connessioni dei casseri.

I casseri potranno essere in legno, plastica, calcestruzzo e metallo.

5.7 DISARMANTI

Le superfici dei casseri andranno sempre preventivamente trattate mediante applicazione di disarmanti che dovranno essere applicabili con climi caldi o freddi, non dovranno macchiare il calcestruzzo o attaccare il cemento, eviteranno la formazione di bolle d'aria, non pregiudichino successivi trattamenti delle superfici; potranno essere in emulsioni, olii minerali, miscele e cere.

Le modalità di applicazione di questi prodotti dovranno essere conformi alle indicazioni delle case produttrici od alle specifiche prescrizioni fissate; in ogni caso l'applicazione verrà effettuata prima della posa delle armature, in strati sottili ed in modo uniforme. Si dovrà evitare accuratamente l'applicazione di disarmante alle armature.

5.8 ADDITIVI

Tutti gli additivi da usare per calcestruzzi e malte (aeranti, acceleranti, fluidificanti, etc.) dovranno essere conformi alla normativa specifica ed alle prescrizioni eventualmente fissate.

Dovranno, inoltre, essere impiegati nelle quantità (inferiori al 2% del peso del legante), secondo le indicazioni delle case produttrici; potranno essere eseguite delle prove preliminari per la verifica dei vari tipi di materiali e delle relative caratteristiche.

5.9 IMPASTI

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto dovranno essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

L'impiego di additivi dovrà essere effettuato sulla base di controlli sulla loro qualità, aggressività ed effettiva rispondenza ai requisiti richiesti.

Il quantitativo dovrà essere il minimo necessario, in relazione al corretto rapporto acqua-cemento e considerando anche le quantità d'acqua presenti negli inerti; la miscela ottenuta dovrà quindi rispondere alla necessaria lavorabilità ed alle caratteristiche di resistenza finali previste dalle prescrizioni.



L'impasto verrà effettuato con impianti di betonaggio idonei e tali da garantire l'effettivo controllo sul dosaggio dei vari materiali; l'impianto dovrà, inoltre, essere sottoposto a periodici controlli degli strumenti di misura che potranno anche essere verificati, su richiesta della direzione lavori, dai relativi uffici abilitati.

5.10 FASI DI GETTO

Prima delle operazioni di scarico delle betoniere dovranno essere effettuati controlli sulle condizioni effettive di lavorabilità che dovranno essere conformi alle prescrizioni previste per i vari tipi di getto.

Durante lo scarico dovranno essere adottati accorgimenti per evitare fenomeni di segregazione negli impasti.

Il getto verrà eseguito riducendo il più possibile l'altezza di caduta del conglomerato ed evitando ogni impatto contro le pareti delle casseforme od altri ostacoli; si dovrà, quindi, procedere gettando, in modo uniforme, per strati orizzontali non superiori a 40 cm. vibrando, contemporaneamente al procedere del getto, le parti già eseguite.

Per i getti dei pali di fondazione è fatto d'obbligo l'utilizzo di tubi getto mentre è vietato l'utilizzo di pompe.

Il getto dovrà essere effettuato con temperature di impasto comprese tra i 5 ed i 30°C e con tutti gli accorgimenti richiesti dalla D.L. in funzione delle condizioni climatiche.

5.11 RIPRESE DI GETTO

Il getto andrà eseguito in modo uniforme e continuo; nel caso di interruzione e successiva ripresa, questa non potrà avvenire dopo un tempo superiore (in funzione della temperatura esterna) alle 2 ore a 35°C oppure alle 6 ore a 5°C. Qualora i tempi di ripresa superassero tali limiti si dovranno trattare le zone di ripresa con particolari materiali "adesivi" quali resine viniliche, polisolfuri con relativi "primer". L'Impresa è obbligata ad impiegare materiali di prima qualità e a tal fine si impegna a sottoporre al giudizio della D.L. tre campioni di materiale di ogni tipo, forniti da Case di primaria importanza e corredati da documentazione di prove di laboratorio e di pratiche applicazioni. La D.L. si riserva di far eseguire a spese dell'Impresa tutte le necessarie ulteriori prove di qualifica e di controllo. Una volta che la D.L. si riserva di far eseguire a spese dell'Impresa tutte le necessarie ulteriori prove di qualifica e di controllo. Una volta che la D.L. abbia effettuato la propria insindacabile scelta, l'Impresa è obbligata all'impiego, nei modi prescritti, dei materiali stessi, della cui rispondenza ai fini specifici, anche nel tempo, resta pienamente e totalmente responsabile.

5.12 CAMPIONI E PROVE DI ROTTURA

Durante tutta la fase dei getti in calcestruzzo, normale o armato, previsti per l'opera, la direzione lavori farà prelevare, nel luogo di esecuzione, campioni provenienti dagli impasti usati nelle quantità e con le modalità previste dalla normativa vigente, disponendo le relative procedure per l'effettuazione delle prove da eseguire ed il laboratorio ufficiale a cui affidare tale incarico.

5.13 MATURAZIONE DEL CLS

La normale maturazione a temperatura ambiente sarà effettuata nel rispetto delle ordinarie precauzioni e delle eventuali prescrizioni aggiuntive fornite dalla D.L.

5.14 DISARMO E SCASSERATURA

Per i tempi e le modalità di disarmo si dovranno osservare tutte le prescrizioni previste dalla normativa vigente e le eventuali specifiche fornite dalla D.L.; in ogni caso il disarmo dovrà avvenire per gradi



evitando di introdurre, nel calcestruzzo, azioni dinamiche e verrà eseguito dopo che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore richiesto.



6. OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

Tutti i metalli dovranno essere lavorati con regolarità di forme e di dimensioni, nei limiti delle tolleranze consentite ed in accordo con le prescrizioni della normativa specifica.

Le operazioni di piegatura e spianamento dovranno essere eseguite per pressione; qualora fossero richiesti, per particolari lavorazioni, interventi a caldo, questi non dovranno creare concentrazioni di tensioni residue.

I tagli potranno essere eseguiti meccanicamente o ad ossigeno, nel caso di irregolarità queste verranno rifinite con smerigliatrice.

Le superfici, o parti di esse, destinate a trasmettere le sollecitazioni, dovranno combaciare perfettamente.

I fori per i chiodi e bulloni saranno eseguiti con il trapano, avranno diametro inferiore di almeno 3 mm. a quello definitivo e saranno successivamente rifiniti con l'alesatore; salvo diverse prescrizioni non è consentito l'uso della fiamma ossidrica per le operazioni di bucatura.

I giunti e le unioni degli elementi strutturali e dei manufatti verranno realizzate con saldature eseguite ad arco, automaticamente o con altri procedimenti approvati dalla Direzione Lavori. Tali saldature saranno precedute da un'adeguata pulizia e preparazione delle superfici interessate, verranno eseguite da personale specializzato e provvisto di relativa qualifica, le operazioni di saldatura verranno sospese a temperature inferiori ai -5°C e, a lavori ultimati, gli elementi o le superfici saldate dovranno risultare perfettamente lisci ed esenti da irregolarità.

Le bullonature che verranno eseguite, dopo un'accurata pulizia, saranno effettuate con bulloni conformi alle specifiche prescrizioni e fissati con rondelle e dadi adeguati all'uso. Per essi, le operazioni di serraggio dei bulloni dovranno essere effettuate con una chiave dinamometrica.

Le chiodature saranno realizzate, laddove occorrenti, con chiodi riscaldati (con fiamma o elettricamente) introdotti nei fori e ribattuti.

La posa in opera dei manufatti comprenderà la predisposizione ed il fissaggio, dove necessario, di zanche metalliche per l'ancoraggio degli elementi alle superfici di supporto e tutte le operazioni connesse a tali lavorazioni.

Dovranno essere, inoltre, effettuate prima del montaggio le operazioni di ripristino della verniciatura o di esecuzione, se mancante, della stessa; verranno, infine, applicate, salvo altre prescrizioni, le mani di finitura secondo le specifiche già indicate per tali lavorazioni.

La zincatura nelle parti esposte o dove indicato sarà eseguita, a carico dell'Appaltatore, per immersione in bagno di zinco fuso e dovrà essere realizzata solo in stabilimento.

Tutte le strutture in acciaio o parti dovranno essere realizzate in conformità alle già citate leggi e normative vigenti per tali opere.

Le caratteristiche dei materiali in acciaio e ferrosi in genere, sono fissate dalle specifiche riportate di seguito.

FERRO-ACCIAIO

I materiali ferrosi da impiegare dovranno essere esenti da scorie, soffiature e qualsiasi altro difetto di fusione, laminazione, profilatura e simili.

Le caratteristiche degli acciai per barre lisce e ad aderenza migliorata, per reti elettrosaldate, fili, trecce, trefoli, strutture metalliche, lamiere e tubazioni dovranno essere in accordo con la normativa vigente.



ACCIAI

Saranno definiti acciai i materiali ferrosi contenenti meno dell'1,9% di carbonio; le classi e le caratteristiche relative saranno stabilite dalle norme già citate alle quali si rimanda per le specifiche riguardanti le qualità dei vari tipi e le modalità delle prove da eseguire.

ACCIAIO INOSSIDABILE

Dovrà presentare un contenuto di cromo superiore al 12% ed elevata resistenza all'ossidazione ed alla corrosione; dovrà essere conforme alle norme citate.

ALLUMINIO E LEGHE

Tutti i prodotti in alluminio saranno conformi alla normativa indicata.

profilati e trafilati saranno forniti, salvo diversa prescrizione, in alluminio primario, dovranno avere sezione costante, superfici regolari ed essere esenti da imperfezioni.

Le lamiere non dovranno presentare tracce di riparazioni o sdoppiature.

Per l'alluminio anodizzato, ogni strato di ossido anodico verrà indicato come: ottico, brillante, satinato, vetroso, etc. oltre ad un numero per lo spessore e l'indicazione del colore.



7. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La legislazione e normativa nazionale cui si fa riferimento nel progetto è rappresentata da:

Eurocodici

- UNI EN 1991 (serie) Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture.
- UNI EN 1993 (serie) Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio.
- UNI EN 1994 (serie) Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo.
- UNI EN 1997 (serie) Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica.
- UNI EN 1998 (serie) Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
- UNI EN 1999 (serie) Eurocodice 9 – Progettazione delle strutture di alluminio.

Altri documenti

Esistono inoltre documenti (Istruzioni CNR) che non hanno valore di normativa, anche se in qualche caso i decreti ministeriali fanno espressamente riferimento ad essi:

- CNR 10022/84 Costruzioni di profilati di acciaio formati a freddo;
- CNR 10011/97 Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- CNR 10024/86 Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.
- CNR-DT 207/2008, "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".

Eventuali normative non elencate, se mandatorie per la progettazione del sistema possono essere referenziate.

In caso di conflitto tra normative e leggi applicabili, il seguente ordine di priorità dovrà essere rispettato:

- Leggi e regolamenti Italiani;
- Leggi e regolamenti comunitari (EU);
- Documento in oggetto;
- Specifiche di società (ove applicabili);
- Normative internazionali.

Legislazione e normativa nazionale in ambito Civile e Strutturale

- Decreto Ministeriale Infrastrutture 14 gennaio 2018 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”;
- Legge 5.11.1971 N° 1086 - (norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica);
- CNR-UNI 10021- 85 - (Strutture di acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione).

Legislazione e normativa nazionale in ambito Elettrico

- D. Lgs 9 Aprile 2008 n. 81 e s.m.i..
- (Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro).
- CEI EN 50110-1 (Esercizio degli impianti elettrici)
- CEI 11-27 (Lavori su impianti elettrici)
- CEI 0-10 (Guida alla manutenzione degli impianti elettrici)
- CEI 82-25
- CEI 0-16



- CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- CEI EN 60445 (CEI 16-2) Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione – Identificazione dei morsetti degli apparecchi e delle estremità dei conduttori

Sicurezza elettrica

- CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed M delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua
- CEI 64-8/7 (Sez.712) - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - Parte 7: Ambienti ed applicazioni particolari
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI 64-14 Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori
- IEC/TS 60479-1 Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects
- IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems
- CEI EN 60529 (CEI 70-1) Gradi di protezione degli involucri (codice IP)
- CEI 64-57 Edilizia ad uso residenziale e terziario - Guida per l'integrazione degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati negli edifici - Impianti di piccola
- produzione distribuita.
- CEI EN 61140 (CEI 0-13) Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature

Quadri elettrici

- CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
- CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3) Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso – Quadri di distribuzione ASD;
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.

Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
- CEI 11-20, V1 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria – Variante
- CEI 11-20, V2 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria – Allegato C - Prove per la verifica delle funzioni di interfaccia con la rete elettrica per i micro generatori
- CEI EN 50110-1 (CEI 11-48) Esercizio degli impianti elettrici



- CEI EN 50160 (CEI 8-9) Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica

Cavi, cavidotti e accessori

- CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- CEI 20-14 Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV
- CEI-UNEL 35024-1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria
- CEI-UNEL 35026 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
- CEI 20-40 Guida per l'uso di cavi a bassa tensione
- CEI 20-65 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua - Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV
- CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici
- CEI EN 50086-1 (CEI 23-39) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche – Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46) Sistemi di canalizzazione per cavi - Sistemi di tubi
- Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati
- CEI EN 50262 (CEI 20-57) Pressacavo metrici per installazioni elettriche
- CEI EN 60423 (CEI 23-26) Tubi per installazioni elettriche – Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori
- CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI EN 61386-21 (CEI 23-81) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche Parte 21: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori
- CEI EN 61386-22 (CEI 23-82) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche
- Parte 22: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori
- CEI EN 61386-23 (CEI 23-83) Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche
- Parte 23: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori
- Conversione della Potenza
- CEI 22-2 Convertitori elettronici di potenza per applicazioni industriali e di trazione
- CEI EN 60146-1-1 (CEI 22-7) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-1: Specifiche per le prescrizioni fondamentali
- CEI EN 60146-1-3 (CEI 22-8) Convertitori a semiconduttori – Prescrizioni generali e convertitori commutati dalla linea – Parte 1-3: Trasformatori e reattori
- CEI UNI EN 45510-2-4 (CEI 22-20) Guida per l'approvvigionamento di apparecchiature destinate a centrali per la produzione di energia elettrica – Parte 2-4:
- Apparecchiature elettriche – Convertitori statici di potenza

Scariche atmosferiche e sovratensioni

- CEI EN 50164-1 (CEI 81-5) Componenti per la protezione contro i fulmini (LPC) – Parte 1: Prescrizioni per i componenti di connessione



- CEI EN 61643-11 (CEI 37-8) Limitatori di sovratensioni di bassa tensione – Parte 11: Limitatori di sovratensioni connessi a sistemi di bassa tensione – Prescrizioni e prove
- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1) Protezione contro i fulmini – Parte 1: Principi generali
- CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) Protezione contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio
- CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) Protezione contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
- CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) Protezione contro i fulmini – Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

Dispositivi di Potenza

- CEI EN 50123 (serie) (CEI 9-26 serie) Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi - Apparecchiatura a corrente continua
- CEI EN 50178 (CEI 22-15) Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari – Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari - Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua
- CEI EN 60947-1 (CEI 17-44) Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 2: Interruttori automatici
- CEI EN 60947-4-1 (CEI 17-50) Apparecchiature a bassa tensione – Parte 4-1: Contattori ed avviatori– Contattori e avviatori elettromeccanici

Compatibilità elettromagnetica

- CEI 110-26 Guida alle norme generiche EMC
- CEI EN 50263 (CEI 95-9) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Norma di prodotto per i relè di misura e i dispositivi di protezione
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2) Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili – Parte 1: Definizioni
- CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-2: Ambiente – Livelli di compatibilità per i disturbi condotti in bassa frequenza e la trasmissione dei segnali sulle reti pubbliche di alimentazione a bassa tensione
- CEI EN 61000-2-4 (CEI 110-27) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 2-4: Ambiente – Livelli di compatibilità per disturbi condotti in bassa frequenza negli impianti industriali
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-2: Limiti – Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso 16 A per fase)
- CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-3: Limiti – Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione
- CEI EN 61000-3-12 (CEI 210-81) Compatibilità elettromagnetica (EMC) – Parte 3-12: Limiti - Limiti per le correnti armoniche prodotte da apparecchiature collegate alla rete pubblica a bassa tensione aventi correnti di ingresso > 16 A e <= 75 A per fase.
- CEI EN 61000-6-1 (CEI 210-64) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-1: Norme generiche - Immunità per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera
- CEI EN 61000-6-2 (CEI 210-54) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche -Immunità per gli ambienti industriali
- CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-3: Norme generiche -Emissione per gli ambienti residenziali, commerciali e dell'industria leggera



- CEI EN 61000-6-4 (CEI 210-66) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali

Energia solare

- UNI 8477-1 Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta
- UNI EN ISO 9488 Energia solare - Vocabolario
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici

Sistemi di misura dell'energia elettrica

- CEI 13-4 Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica
- CEI EN 62052-11 (CEI 13-42) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Parte 11: Apparato di misura
- CEI EN 62053-11 (CEI 13-41) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 11: Contatori elettromeccanici per energia attiva (classe 0,5, 1 e 2)
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2)
- CEI EN 62053-22 (CEI 13-44) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 22: Contatori statici per energia attiva (classe 0,2 S e 0,5 S)
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-2 (CEI 13-53) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 2: Prescrizioni particolari - Contatori elettromeccanici per energia attiva (indici di classe A e B)
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 62059-31-1 (13-56) Apparat per la misura dell'energia elettrica – Fidatezza Parte 31-1: Prove accelerate di affidabilità - Temperatura ed umidità elevate



ALLEGATO 1

General Description EnVentus

Restricted
Document no.: 0112-2836 V01
2022-09-21

General Description

EnVentus™



Table of contents

1 Introduction..... 5

2 General Description..... 5

3 Mechanical Design..... 6

3.1 Rotor..... 6

3.2 Blades..... 6

3.3 Blade Bearing 6

3.4 Pitch System..... 7

3.5 Hub..... 7

3.6 Main Shaft 7

3.7 Main Bearing Housing..... 8

3.8 Main Bearing..... 8

3.9 Gearbox..... 8

3.10 Generator Bearings..... 8

3.11 Yaw System..... 9

3.12 Crane..... 9

3.13 Towers..... 9

3.14 Modularized Nacelle 10

3.15 Thermal Conditioning System 10

3.15.1 Liquid Cooling 10

3.15.2 Cooler Top® 11

3.15.3 Main Nacelle House Conditioning 11

3.15.4 Converter and Side-Compartment Air Cooling 11

4 Electrical Design..... 11

4.1 Generator 11

4.2 Converter..... 12

4.3 HV Transformer 12

4.3.1 General transformer data 12

4.3.2 Eco-design – IEC 50 Hz/60 Hz version 14

4.4 HV Cables 15

4.5 HV Switchgear 15

4.5.1 IEC 50/60Hz version 17

4.5.2 IEEE 60Hz version..... 18

4.6 AUX System 19

4.7 Wind Sensors 19

4.8 Vestas Multi Processor (VMP) Controller 19

4.9 Uninterruptible Power Supply (UPS) 20

5 Turbine Protection Systems..... 21

5.1 Braking Concept 21

5.2 Short Circuit Protections 21

5.3 Overspeed Protection 21

5.4 Arc Detection 21

5.5 Smoke Detection 21

5.6 Lightning Protection of Blades, Nacelle, Hub and Tower..... 22

5.7 EMC 22

5.8 RED (Radio Equipment Directive)..... 23

5.9 EMF (ElectroMagnetic Fields)..... 23

5.10 Earthing 23

5.11 Corrosion Protection 24

6 Safety..... 24

6.1 Access..... 24

6.2 Evacuation and Rescue 24

6.3 Rooms/Working Areas 25

6.4 Floors, Platforms, Standing, and Working Places 25

6.5 Service Lift 25

6.6 Work restraint and fall arrest 25

6.7 Moving Parts, Guards, and Blocking Devices 25

6.8 Lights 26

6.9 Emergency Stop 26

6.10 Power Disconnection 26

6.11 Fire Protection/First Aid 26

6.12 Warning Signs 26

6.13 Manuals and Warnings 26

7 Environment 26

7.1 Chemicals 26

8 Design Codes 27

8.1 Design Codes – Structural Design 27

9 Colours 28

9.1 Nacelle Colour 28

9.2 Tower Colour 28

9.3 Blade Colour 28

10 Operational Envelope and Performance Guidelines 29

10.1 Climate and Site Conditions 29

10.2 Operational Envelope – Temperature and Altitude 29

10.3 Operational Envelope – Grid Connection 30

10.4 Operational Envelope – Reactive Power Capability 30

10.5 Performance – Fault Ride Through 31

10.6 Performance – Reactive Current Contribution 31

10.6.1 Symmetrical Reactive Current Contribution 31

10.6.2 Asymmetrical Reactive Current Contribution 32

10.7 Performance – Multiple Voltage Dips 32

10.8 Performance – Active and Reactive Power Control 32

10.9 Performance – Voltage Control 33

10.10 Performance – Frequency Control 33

10.11 Distortion – Immunity 33

10.12 Main Contributors to Own Consumption 33

11 Drawings 34

11.1 Structural Design – Illustration of Outer Dimensions 34

12 General Reservations, Notes and Disclaimers 35

Recipient acknowledges that (i) this General Description is provided for recipient's information only, and, does not create or constitute a warranty, guarantee, promise, commitment, or other representation (Commitment) by Vestas Wind Systems or any of its affiliated or subsidiary companies (Vestas), all of which are disclaimed by Vestas and (ii) any and all Commitments by Vestas to recipient as to this general description (or any of the contents herein) are to be contained exclusively in signed written contracts between recipient and Vestas, and not within this document.

See general reservations, notes and disclaimers (including, section 12, p. 35) to this general description.

1 Introduction

This *General Description* document contains data and general descriptions of the EnVentus™ wind turbine range. The EnVentus™ turbine range consists of various turbine variants, with different rotors and ratings.

For turbine variant specific information related to wind class definitions and performance details, please refer to the accompanying Performance Specification document.

2 General Description

A wind turbine within the EnVentus™ turbine range is a pitch regulated upwind turbine with active yaw and a three-blade rotor.

The wind turbine utilises the OptiTip® concept and a power system based on a permanent magnet generator and full-scale converter. With these features, the wind turbines are able to operate the rotor at variable speed and thereby maintain the power output at or near rated power even in high wind speed. At low wind speed, the OptiTip® concept and the power system work together to maximise the power output by operating at the optimal rotor speed and pitch angle.

3 Mechanical Design

3.1 Rotor

The wind turbine is equipped with a rotor consisting of three blades and a hub. The blades are controlled by the microprocessor pitch control system OptiTip®. Based on the prevailing wind conditions, the blades are continuously positioned to optimise the pitch angle.

Rotor	V162	V172
Diameter	162 m	172 m
Swept Area	20612 m ²	23235 m ²
Speed, Dynamic Operation Range	4.3 -12.1 rpm	
Rotational Direction	Clockwise (front view)	
Orientation	Upwind	
Tilt	6°	
Hub Coning	6°	
No. of Blades	3	
Aerodynamic Brakes	Full feathering	

Table 3-1: Rotor data

3.2 Blades

The blades are made of carbon and fibreglass and consist of two airfoil shells with embedded structure.

Blades	V162	V172
Blade Length	79.35 m	84.35 m
Maximum Chord	4.3 m	4.3 m
Chord at 90% blade radius	1.68 m	1.25 m
Type Description	Structural airfoil shell	
Material	Fibreglass reinforced epoxy, carbon fibres and Solid Metal Tip (SMT)	Fibreglass reinforced polyester, carbon fibres and metallic diverter strips
Blade Connection	Steel roots inserted	
Airfoils	High-lift profile	

Table 3-2: Blade data

3.3 Blade Bearing

The blade bearings allow the blades to operate at varying pitch angles.

Blade Bearing	
Blade bearing type	High-capacity slewing bearing
Lubrication	Manual grease lubrication

Table 3-3: Blade bearing data

3.4 Pitch System

The turbine is equipped with a hydraulic, individual pitch system for each blade. Each pitch system is connected to the hydraulic rotating transfer unit in the nacelle by means of distributed hydraulic hoses and pipes. The hydraulic power unit is positioned in the nacelle.

Each pitch system consists of a hydraulic cylinder mounted to the hub and a piston rod mounted to the blade bearing. Valves facilitating operation of the pitch cylinder are installed on a pitch block bolted directly onto the cylinder.

Pitch System	
Type	Hydraulic
Number	1 cylinder per blade
Range	-5° to 95°

Table 3-4: Pitch system data

Hydraulic System	
Main Pump	Redundant internal-gear oil pumps
Pressure	Max. 260 bar
Filtration	3 µm (absolute) 40 µm in line

Table 3-5: Hydraulic system data.

3.5 Hub

The hub supports the three blades and transfers the reaction forces and the torque to the Main Shaft. The hub structure also supports blade bearings and pitch cylinders.

Hub	
Type	Ball shell hub
Material	Cast iron

Table 3-6: Hub data

3.6 Main Shaft

The main shaft transfers the reaction forces to the main bearing and the torque to the gearbox.

Main Shaft	
Type Description	Hollow shaft
Material	Cast iron

Table 3-7: Main shaft data

3.7 Main Bearing Housing

The main bearing housing carries the main bearings and is the connection point for the drive train system to the nacelle structure.

Main Bearing Housing	
Material	Cast iron

Table 3-8: Main bearing housing data

3.8 Main Bearing

The main bearings constitute the main load transfer path for the rotor and drivetrain to the nacelle structure.

Main Bearing	
Type	Rolling bearings
Lubrication	Oil circulation

Table 3-9: Main bearing data

3.9 Gearbox

The main gear converts the rotation of the rotor to generator rotation.

Gearbox	
Type	2 Planetary stages
Gear House Material	Cast
Lubrication System	Pressure oil lubrication
Total Gear Oil Volume	900-1100 L
Oil Cleanliness Codes	ISO 4406-/15/12

Table 3-10: Gearbox data

3.10 Generator Bearings

Generator bearings ensures a constant airgap between the generator rotor and stator. The bearings are arranged in an assembly that allows for up-tower service.

Generator Bearing	
Type	Rolling bearings
Lubrication	Oil circulation

Table 3-11: Generator bearing data

3.11 Yaw System

The yaw system is an active system based on a pre-tensioned plain bearing.

Yaw System	
Type	Plain bearing system
Material	Forged yaw ring heat-treated. Plain bearings PETP
Yaw gear type	Multiple stages planetary gear
Yawing Speed (50 Hz)	Approx. 0.4°/sec.
Yawing Speed (60 Hz)	Approx. 0.5°/sec.

Table 3-12: Yaw system data

3.12 Crane

The nacelle is equipped with an internal service crane (single system hoist).

Crane	
Lifting Capacity	Max 800 kg

Table 3-13: Crane data

3.13 Towers

Tubular Steel Towers and Concrete Hybrid Towers (CHT) are available as standard for several WTG configuration and hub height options.

Tubular steel towers consist of flange joined steel sections.

Concrete Hybrid Towers consists of a concrete bottom part with a transition piece towards a tubular steel top. The concrete part is made of precast high strength concrete rings, and the tubular steel top is made of flange joined steel sections.

Towers includes modular internals, which are certified to relevant type approvals.

Available hub heights are listed in the Performance Specification for each turbine variant. Designated hub heights include a distance from tower top flange to centre of the hub of approximately 2.5m. For steel towers the designated hub height also includes a distance from the foundation section to the ground level of approximately 0.2 m depending on the thickness of the bottom flange.

For steel towers, raised foundations of up to 3 m can be made available on a site-specific basis subject to soil and project conditions which raises the hub height also by up to 3m.

Further WTG configuration and hub height options are developed as non-standard products on site-specific basis.

Towers	
Type	Tubular steel towers Concrete Hybrid Towers

Table 3-14: Tower structure data

3.14 Modularized Nacelle

The modularized nacelle consists of three main elements. A cast iron front part, the base frame, and two modularized structures, the main nacelle house and the side-compartment. The base frame is the foundation for the power train and transmits loads from the rotor to the tower through the yaw system. The bottom surface is machined and connected to the yaw bearing and the yaw gears are bolted to the base frame. The base frame also includes a heavy-duty interface on each side. One interface is used to carry the HV transformer in the side-compartment. The additional interface can be used for several purposes, for example attaching a service crane for main component exchange operations.

The main nacelle house hosts the power train, hydraulic power unit, cooling systems and main control panels. The main nacelle house has an internal crane rail system that allows service and maintenance operations inside the main nacelle house.

The side-compartment structure hosts and integrates the main power production components as converter and HV transformer.

Both main nacelle house and side-compartment structures act as enclosures. The main nacelle house has a hatch positioned in the floor for lowering or hoisting equipment and evacuation of personnel.

The roof section is equipped with skylights, which can be opened both from inside out, and outside in. Access from the tower to the main nacelle house is through the base frame.

Type Description	Material
Main nacelle house and side compartment structure	Sheet metal structure. GRP components in roof dome and front cover.
Base frame	Cast iron

Table 3-15: Nacelle structure and cover data

3.15 Thermal Conditioning System

The thermal conditioning system consists of:

- A Liquid Cooling System
- The Vestas Cooler Top®
- Air cooling of the internal main nacelle house and side-compartment
- Air cooling of the converter including a filter function

3.15.1 Liquid Cooling

The liquid cooling system removes heat losses from gearbox, generator, hydraulic power unit, converter and the HV transformer.

The liquid cooling system pump unit includes a set of dynamic flow valves securing the right flow to the different systems. The pump unit also includes an electrical controlled valve for controlling the liquid temperature and a bypass filter for removal of particles in the cooling liquid.

3.15.2 Cooler Top®

The Vestas Cooler Top® located on top of the rear end of the nacelle main house. The Cooler Top® is a free flow cooler, thus ensuring that there are no electrical components in the thermal conditioning system located outside the nacelle. The Cooler Top® serves as base for the wind sensors, and the optional ice detection-, precipitation- and visibility sensors as well as aviation lights.

3.15.3 Main Nacelle House Conditioning

Hot air generated by mechanical and electrical equipment is dissipated from the main nacelle house by a fan system located in the nacelle main house structure. The conditioning system is taking ambient air into the main nacelle house and exhaust the hot air in the end of the main nacelle house.

3.15.4 Converter and Side-Compartment Air Cooling

The converter is both liquid and air cooled. The converter air cooling system comprises an air-to-air heat exchanger, which separates ambient air from converter internal air. The ambient air flow is provided by fan units delivering ambient air to the air-to-air heat exchanger through a filter. Fans on the internal side of the air-to-air exchanger provides the converter internal air circulation. The converter air cooling also provides air flow cooling to the side-compartment which is redirected by ducts to the critical spots.

4 Electrical Design

4.1 Generator

The generator is a three-phase permanent magnet generator connected to the grid through a full-scale converter. The generator housing allows the circulation of cooling air within the stator and rotor.

The heat generated by the losses is removed by an air-to-water heat exchanger.

<i>Generator</i>	
Type	Permanent Magnet Synchronous generator
Rated Power [P_N]	Up to 7600 kW (depending on turbine variant)
Frequency range [f_N]	0-126 Hz
Voltage, Stator [U_{NS}]	3 x 800 V (at rated speed)
Number of Poles	36
Winding Type	Form with Vacuum Pressurized Impregnation
Winding Connection	Star
Operational speed range	0-420 rpm
Overspeed Limit (2 minutes)	660 rpm
Temperature Sensors, Stator	PT100 sensors placed in the stator hot spots.
Insulation Class	H
Enclosure	IP54

Table 4-1: Generator data

4.2 Converter

The converter is a full-scale converter system controlling both the generator and the power delivered to the grid. The converter consists of 4 machine-side converter units and 4 line-side converter units operating in parallel with a common controller.

The converter controls conversion of variable frequency AC power from the generator into fixed frequency AC power with desired active and reactive power levels (and other grid connection parameters) suitable for the grid.

The converter is located in the nacelle and has a grid side voltage rating of 720 V. The generator side voltage rating is nominally 800 V but depends on generator speed.

Converter	
Nominal Apparent Power [S_N] @ 1.0 p.u. voltage	7750 kVA
Nominal Grid Voltage	3 x 720 V
Rated Generator Voltage	3 x 800 V
Rated Grid Current @ 1.0 p.u. voltage	6488 A
Enclosure	IP54

Table 4-2: Converter data

4.3 HV Transformer

The transformer is a three-phase, three limb, two-winding, liquid immersed transformer. The transformer is equipped with an external water-cooling circuit. The insulation liquid used is environmentally friendly and low flammable.

The HV transformer is in the side-compartment, located in a separate transformer room with access through an interlock system.

The transformer is designed according to IEC standards and is available in the following version:

- Eco-design complying to Tier 2 of European Eco-design regulation No 548/2014 and No 2019/1783 set by the European Commission. Refer to Table 4-3.

4.3.1 General transformer data

Transformer	
Type description	Eco-design liquid immersed transformer
Basic layout	3 phase, 2 winding transformer
Applied standards	IEC 60076-1, IEC 60076-16, IEC 61936-1 Commission Regulation No 548/2014 Commission Regulation No 2019/1783
Cooling method	KF/WF
Rated power	8400 kVA
Expansion system	Sealed
Insulation liquid, Type/Fire point	Natural ester, biodegradable/ K-class (>300°C)
No-load reactive power	~21 kVar ¹
Full load reactive power	~882 kVar ¹

Transformer	
No-load current	~ 0.25 % ¹
Positive sequence short-circuit impedance @ rated power, 95°C	9.9 % ²
Positive sequence short-circuit resistance @ rated power, 95°C	~0.9 % ¹
Zero sequence short-circuit impedance @ rated power, 95°C	~9.4 % ¹
Zero sequence short-circuit resistance @ rated power, 95°C	~0.9 % ¹
Rated voltage, turbine side	
U_m 1.1kV	0.720 kV
Rated voltage, grid side	
U_m 24.0kV	20.0-22.0 kV
U_m 36.0kV	22.1-33.0 kV
U_m 40.5kV	33.1-36.0 kV
Insulation level AC / LI / LIC	
U_m 1.1kV	3 / - / - kV
U_m 24.0kV	50 / 125 / 138 kV
U_m 36.0kV	70 / 170 / 187 kV
U_m 40.5kV	80 / 200 / 220 kV
Optional off-circuit tap changer	2±2 x 2.5 %
Frequency	50 Hz / 60 Hz
Vector group	Dyn11
Inrush peak current	<4 x I _n ¹ (for Um=24.0kV) <8 x I _n ¹ (for Um=36.0-40.5kV)
Half crest time	~ 0.5 s ¹
Sound power level	≤ 80 dB(A)
Average winding temperature rise	Class 120 (E) ≤65 K Class 130 (B) ≤75 K
Max altitude	3500 m
Insulation system	Hybrid insulation system Winding insulation: 120 (E), Thermally Upgrader Paper 130 (B), High temperature insulation Other materials can have different class.
Insulation liquid, Amount	≤ 3500 kg
Corrosion class	C3
Weight	≤15000 kg
Overvoltage protection	Plug-in surge arresters on HV bushings
High voltage bushings	Outer cone, interface C1

Table 4-3: General transformer data.

4.3.2 Eco-design – IEC 50 Hz/60 Hz version

The transformer loss limits are given at rated power as combination of load loss and no-load loss which shall fulfil the Peak Efficiency Index (PEI) of the Eco-design requirement.

The maximum losses are described by the PEI limit section of Figure 4-1 and stretch over a range between Loss variant 1 and Loss variant 2.

The loss variant values are selected based on energy loss optimization with the turbine user profile, hence the energy loss of transformers between Loss variant 1 and Loss variant 2 are comparable.

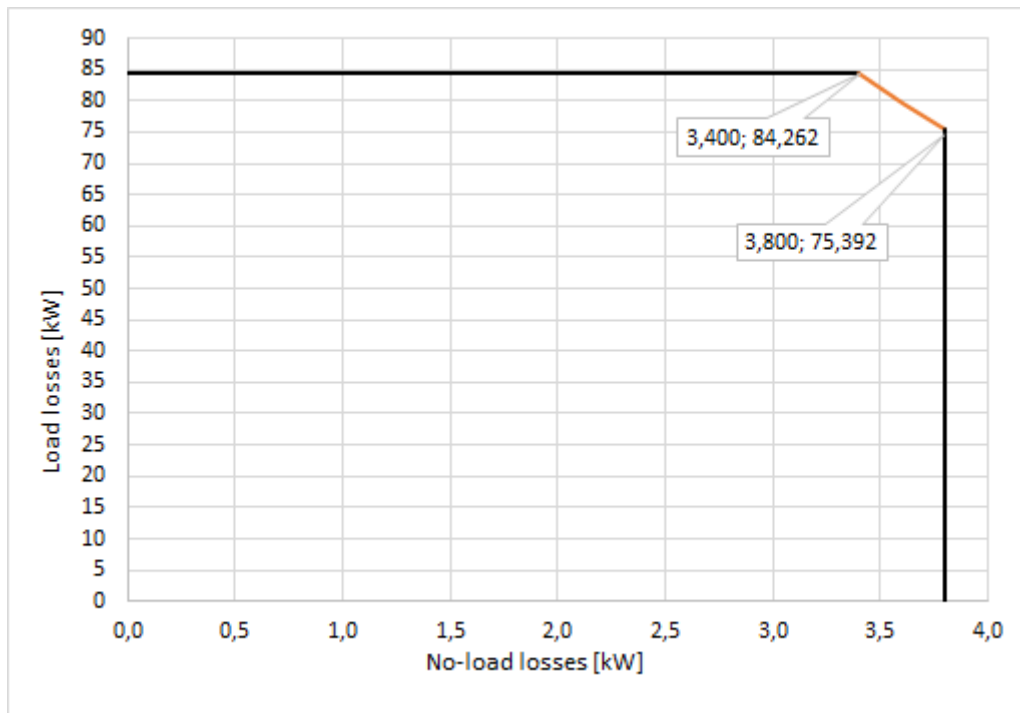


Figure 4-1: Transformer losses allowable area for 8400kVA

The actual load losses vary depending on the operational mode of the turbine, hence in Table 4-4, the load losses are provided at different operational modes for the two loss variants. For further recalculation of load losses at different operation modes, refer to Figure 4-2.

Transformer losses (rated power 8400kVA)				
Applied standards	Commission Regulation No 2019/1783			
Peak Efficiency Index (PEI)	≥ 99.597			
Loss variant 1				
No-load loss	3.40 kW			
Load loss @ power, 95°C	@8400kVA	@7200kVA	@6800kVA	@6000kVA
	≤84.262kW	≤61.91kW ³	≤55.22kW ³	≤42.99kW ³
Loss variant 2				
No-load loss	3.80 kW			
Load loss @ power, 95°C	@8400kVA	@7200kVA	@6800kVA	@6000kVA
	≤75.32kW	≤55.34kW ³	≤49.36kW ³	≤38.43kW ³

Table 4-4: Transformer losses for 8400kVA



Figure 4-2: Transformer load losses scaling

- NOTE**
- ¹ Based on an average of calculated values across voltages and manufacturers.
 - ² Subjected to standard IEC tolerances.
 - ³ Informative non-binding values based on operation mode.

4.4 HV Cables

The high-voltage cable runs from the transformer in the side-compartment down the tower to the HV switchgear located at the bottom of the tower. The high-voltage cable will be constructed as:

- A three-core, rubber-insulated, halogen-free, high-voltage cable with a three-core split earth conductor.

HV Cables	
High-Voltage Cable Insulation Compound	Improved ethylene-propylene (EP) based material-EPR or high modulus or hard grade ethylene-propylene rubber-HEPR
Pre-terminated	T-Connector Type-C in transformer end. T-Connector Type-C in switchgear end.
Maximum Voltage (Um)	24 kV for 20-24.3 kV rated voltage 42 kV for 24.4-36.0 kV rated voltage
Conductor Cross Sections	Um: 42kV with 3x70 + 3x70/3 mm ² Um: 24kV with 3x95 + 3x95/3 mm ²

Table 4-5: HV cables data

4.5 HV Switchgear

A gas insulated switchgear is installed in the bottom of the tower as an integrated part of the turbine. Its controls are integrated with the turbine safety system, which monitors the condition of the switchgear and high voltage safety related devices in the turbine. This system is named 'Ready to Protect' and ensures all protection devices are operational, whenever high voltage components in the turbine are

energised. To ensure that the switchgear is always ready to trip, it is equipped with redundant trip circuits consisting of an active trip coil and an undervoltage trip coil.

In case of grid outage, the circuit breaker will disconnect the turbine from the grid after an adjustable time.

When grid returns, all relevant protection devices will automatically be powered up via UPS.

When all the protection devices are operational, the circuit breaker will re-close after an adjustable time. The re-close functionality can furthermore be used to implement a sequential energization of a wind park, to avoid simultaneous inrush currents from all turbines once grid returns after an outage.

In case the circuit breaker has tripped due to a fault detection, the circuit breaker will be blocked for re-connection until a manual reset is performed.

To avoid unauthorized access to the transformer room during live condition, the earthing switch of the circuit breaker, contains a trapped-key interlock system with its counterpart installed on the access door to the transformer room.

The switchgear is available in three variants with increasing features, see Table 4-6. Beside the increase in features, the switchgear can be configured depending on the number of grid cables planned to enter the individual turbine. The design of the switchgear solution is optimized such grid cables can be connected to the switchgear even before the tower is installed and still maintain its protection toward weather conditions and internal condensation due to a gas tight packing.

The switchgear is available in an IEC version and in an IEEE version. The IEEE version is however only available in the highest voltage class. The electrical parameters of the switchgear are seen in Table 4-7 for the IEC version and in Table 4-8 for the IEEE version.

HV Switchgear			
Variant	Basic	Streamline	Standard
IEC standards	○	⊙	⊙
IEEE standards	⊙	○	⊙
Vacuum circuit breaker panel	⊙	⊙	⊙
Overcurrent, short-circuit and earth fault protection	⊙	⊙	⊙
Disconnecter / earthing switch in circuit breaker panel	⊙	⊙	⊙
Voltage Presence Indicator System for circuit breaker	⊙	⊙	⊙
Voltage Presence Indicator System for grid cables	⊙	⊙	⊙
Double grid cable connection	⊙	⊙	⊙
Triple grid cable connection	⊙	○	○
Preconfigured relay settings	⊙	⊙	⊙
Turbine safety system integration	⊙	⊙	⊙
Redundant trip coil circuits	⊙	⊙	⊙

HV Switchgear			
Variant	Basic	Streamline	Standard
Trip coil supervision	⊙	⊙	⊙
Pendant remote control from outside of tower	⊙	⊙	⊙
Sequential energization	⊙	⊙	⊙
Reclose blocking function	⊙	⊙	⊙
Heating elements	⊙	⊙	⊙
Trapped-key interlock system for circuit breaker panel	⊙	⊙	⊙
Motor operation of circuit breaker	⊙	⊙	⊙
Cable panel for grid cables (configurable)	○	⊙	⊙
Switch disconnecter panels for grid cables – max three panels (configurable)	○	⊙	⊙
Earthing switch for grid cables	○	⊙	⊙
Internal arc classification	○	⊙	⊙
Supervision on MCB's	○	⊙	⊙
Motor operation of switch disconnecter	○	○	⊙
SCADA operation and feedback of circuit breaker	○	○	⊙
SCADA operation and feedback of switch disconnecter	○	○	⊙

Table 4-6: HV switchgear variants and features

4.5.1 IEC 50/60Hz version

HV Switchgear	
Type description	Gas Insulated Switchgear
Applied standards	IEC 62271-103 IEC 62271-1, 62271-100, 62271-102, 62271-200
Insulation medium	SF ₆
Rated voltage	
U _r 24.0kV	20.0-22.0 kV
U _r 36.0kV	22.1-33.0 kV
U _r 40.5kV	33.1-36.0 kV
Rated insulation level AC // LI Common value / across isolation distance	
U _r 24.0kV	50 / 60 // 125 / 145 kV
U _r 36.0kV	70 / 80 // 170 / 195 kV
U _r 40.5kV	85 / 90 // 185 / 215 kV
Rated frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated normal current	630 A
Rated Short-time withstand current	
U _r 24.0kV	20 kA
U _r 36.0kV	25 kA

HV Switchgear	
U_r 40.5kV	25 kA
Rated peak withstand current 50 / 60 Hz	
U_r 24.0kV	50 / 52 kA
U_r 36.0kV	62.5 / 65 kA
U_r 40.5kV	62.5 / 65 kA
Rated duration of short-circuit	1 s
Internal arc classification (option)	
U_r 24.0kV	IAC A FLR 20 kA, 1 s
U_r 36.0kV	IAC A FLR 25 kA, 1 s
U_r 40.5kV	IAC A FLR 25 kA, 1 s
Connection interface	Outside cone plug-in bushings, IEC interface C1.
Loss of service continuity category	LSC2
Ingress protection	
Gas tank	IP 65
Enclosure	IP 2X
LV cabinet	IP 3X
Corrosion class	C3

Table 4-7: HV switchgear data for IEC version

4.5.2 IEEE 60Hz version

HV Switchgear	
Type description	Gas Insulated Switchgear
Applied standards	IEEE 37.20.3, IEEE C37.20.4, IEC 62271-200, ISO 12944.
Insulation medium	SF ₆
Rated voltage	
U_r 38.0kV	33.1-36.0 kV
Rated insulation level AC / LI	70 / 150 kV
Rated frequency	60 Hz
Rated normal current	600 A
Rated Short-time withstand current	25 kA
Rated peak withstand current	65 kA
Rated duration of short-circuit	1 s
Internal arc classification (option)	IAC A FLR 25 kA, 1 s
Connection interface grid cables	Outside cone plug-in bushings, IEEE 386 interface type dead break, 600A.
Ingress protection	
Gas tank	NEMA 4X / IP 65
Enclosure	NEMA 2 / IP 2X
LV cabinet	NEMA 2 / IP 3X
Corrosion class	C3

Table 4-8: HV switchgear data for IEEE version

4.6 AUX System

The AUX system is supplied from a separate 720/400 V transformer located in the main nacelle house. The supply to this transformer primary side is provided from the converter cabinet. All auxiliary loads in the turbine such as motors, pumps, fans and heaters are supplied from this system.

The control system (DCN's) is also supplied from the Auxiliary Power System in all areas of the turbine.

The 400 V supply from the main nacelle house is transferred to tower controller cabinet, which is placed at the entrance platform of the turbine. This supply is then distributed for various 400 & 230 V loads such as service lift, working light system, additional / optional features & general-purpose loads, cabinet internal heating & ventilation. There is a 400/230 V control transformer placed inside the tower cabinet which provides supply to the Light Box/UPS (LBUPS) cabinet which is placed very near to the tower cabinet.

There is a 400 V service inlet provided in the tower control cabinet to connect an external power source that allows some of the systems to operate during installation & maintenance / service activities.

The working & emergency light system in Tower & Nacelle is supplied from the LBUPS cabinet which is placed in the entrance platform just beside the turbine entrance door. It is possible to add an optional battery cabinet to the LBUPS cabinet if extended back-up time is needed. The internal light in the hub is fed from built-in batteries in the light armature.

Power Sockets	
Single Phase (Nacelle)	230 V (16 A) (standard) 110 V (16 A) (option)
Single Phase (Tower Platforms)	230 V (10 A) (standard) 110 V (16 A) (option)
Three Phase (Nacelle and Tower base)	3 x 400 V (20 A)

Table 4-9: AUX system data

4.7 Wind Sensors

The turbine is equipped with one ultrasonic wind sensor and one mechanical wind vane. The sensors have built-in heaters to minimise interference from ice and snow.

The turbine software will automatically detect and inform when a wind sensor is worn and needs to be replaced. The turbine will continue to operate using the other wind sensor without any production loss until the worn wind sensor is replaced.

4.8 Vestas Multi Processor (VMP) Controller

The turbine is controlled and monitored by the VMP8000 control system.

VMP8000 is a multiprocessor control system comprised of main controller, distributed control nodes, distributed IO nodes and ethernet switches and other network equipment. The main controller is placed in the tower bottom of the turbine. It runs the control algorithms of the turbine, as well as all IO communication.

The communications network is a time triggered Ethernet network (TTEthernet).

The VMP8000 control system serves the following main functions:

- Monitoring and supervision of overall operation.
- Synchronizing of the generator to the grid during connection sequence.
- Operating the wind turbine during various fault situations.
- Automatic yawing of the nacelle.
- OptiTip® - blade pitch control.
- Reactive power control and variable speed operation.
- Noise emission control.
- Monitoring of ambient conditions.
- Monitoring of the grid.
- Monitoring of the smoke detection system.

4.9 Uninterruptible Power Supply (UPS)

During grid outage, an UPS system will ensure power supply for specific components.

The UPS system consists of 3 subsystems:

1. 230V AC UPS for all power backup to nacelle and hub control systems
2. 24V DC UPS for power backup to tower base control systems and ready to protect
3. 230V AC UPS for power backup to internal lights in tower, main nacelle house, side-compartment and hub

Backup Time	Standard	Optional
Control System* (230V AC and 24V DC UPS)	Up to 30 min	Up to 19.5 hours**
Emergency Lights (230V AC UPS)	30 min	60 min ***
Ready to protect (24V DC UPS)	7 days	37 days****

Table 4-10: UPS data

- NOTE** *The control system includes: Turbine controller (VMP8000), HV switchgear functions, and remote-control system
- **Requires upgrade of the 230V UPS for control system with extra batteries
- ***Requires upgrade of the 230V UPS for internal light with extra batteries
- ****Requires upgrade of the 24V DC UPS with extra batteries

- NOTE** For alternative backup times, contact Vestas.

5 Turbine Protection Systems

5.1 Braking Concept

The main brake on the turbine is aerodynamic. Stopping the turbine is done by full feathering the three blades (individually pitching of each blade). Each blade has a hydraulic accumulator to supply power for pitching the blade.

In addition, there is a hydraulic activated mechanical disc brake integrated into the generator. The mechanical brake is only used as a parking brake and when activating the emergency stop buttons.

5.2 Short Circuit Protections

Breakers	Breaker for Aux. Power.	Breaker 1 for Converter Modules	Breaker 2 for Converter Modules
Breaking Capacity Icu, Ics	Icu 91 kA Ics 75% Icu	Icu 91 kA Ics 50% Icu	91 kA Ics 50% Icu
Making Capacity Icm	223 kA	223 kA	223 kA

Table 5-1: Short circuit protection data

5.3 Overspeed Protection

The safety system integrated in the VMP8000 control system monitors the rotor speed, using a combination of sensors in the hub. In case of an overspeed situation, the safety system activates the hydraulic safety pitch system, which will feather the blades and bring the turbine to standstill.

Overspeed Protection	
Sensor Type	MEMS
Trip Level	Variant dependent

Table 5-2: Overspeed protection data

5.4 Arc Detection

The turbine is equipped with an Arc Detection system including multiple optical arc detection sensors placed in the HV transformer compartment and the converter cabinet. The Arc Detection system is connected to the turbine safety system via a dedicated arc detection relay ensuring immediate opening of the HV switchgear if an arc is detected.

5.5 Smoke Detection

The turbine is equipped with a Smoke Detection system including multiple smoke detection sensors placed in the main nacelle house, in the side-compartment, in the transformer compartment, in main electrical cabinets both in nacelle and in the tower base. The Smoke Detection system is connected to the turbine control system ensuring immediate opening of the HV switchgear if smoke is detected.

5.6 Lightning Protection of Blades, Nacelle, Hub and Tower

The Lightning Protection System (LPS) helps protect the wind turbine against the physical damage caused by lightning strikes. The LPS consists of five main parts:

- Air termination system e.g. lightning receptors, diverter strips, and SMTs
- Down conducting system (a system to conduct the lightning current down through the wind turbine to help avoid or minimise damage to the LPS itself or other parts of the wind turbine)
- Protection against overvoltage and overcurrent
- Shielding against magnetic and electrical fields
- Earthing system

Lightning Protection Design Parameters			Protection Level I
Current Peak Value	I_{max}	[kA]	200
Impulse Charge	$Q_{impulse}$	[C]	100
Total Charge	Q_{total}	[C]	300
Specific Energy	W/R	[MJ/Ω]	10
Average Steepness	di/dt	[kA/μs]	200

Table 5-3: Lightning protection design parameters (IEC)

5.7 EMC

The turbine and related equipment fulfil the EU Electromagnetic Compatibility (EMC) legislation:

- DIRECTIVE 2014/30/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility.

The EMC performance is based on fulfilment of following standards:

Emission

- IEC/CISPR 11 at wind turbine level
- IEC 61000-6-4 for telecommunications

Immunity

- IEC 61000-6-2 for electronics installed
- IEC 61400-24 for lightning protection of electronics installed

Beside DIRECTIVE 2014/30/EU, electronics related to the functional safety evaluation shall fulfil

- IEC 62061 Safety on machinery (Directive 2006/42/EU Machinery)

5.8 RED (Radio Equipment Directive)

Related radio equipment installed in the turbine fulfil the EU legislation:

DIRECTIVE 2014/53/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 April 2014.

5.9 EMF (ElectroMagnetic Fields)

Electromagnetic fields in the wind turbine are identified to ensure safe stay for personnel during design, production, operation and service.

The following directive is basis for ensuring minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents.

DIRECTIVE 2013/35/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 June 2013.

5.10 Earthing

The Vestas Earthing System consists of individual earthing electrodes interconnected as one joint earthing system.

The Vestas Earthing System includes the TN-system and the Lightning Protection System for each wind turbine. It works as an earthing system for the medium voltage distribution system within the wind farm.

The Vestas Earthing System is adapted for the different types of turbine foundations. A separate set of documents describe the earthing system in detail, depending on the type of foundation.

In terms of lightning protection of the wind turbine, Vestas has no separate requirements for a certain minimum resistance to remote earth (measured in ohms) for this system. The earthing for the lightning protection system is based on the design and construction of the Vestas Earthing System.

A primary part of the Vestas Earthing System is the main earth bonding bar placed where all cables enter the wind turbine. All earthing electrodes are connected to this main earth bonding bar. Additionally, equipotential connections are made to all cables entering or leaving the wind turbine.

Requirements in the Vestas Earthing System specifications and work descriptions are minimum requirements from Vestas and IEC. Local and national requirements, as well as project requirements, may require additional measures.

5.11 Corrosion Protection

The turbine is as standard designed to withstand below corrosion environments according to ISO 12944-2:

Corrosion Protection	External Areas	Internal Areas
Nacelle	C5	C3
Hub	C5	C3
Tower	C5	C3

Table 5-5: Corrosion protection data for nacelle, hub, and tower

As an option, the turbine can be protected to withstand alternative external corrosion environments – consult Vestas for further details.

6 Safety

The safety specifications in this section provide limited general information about the safety features of the turbine and are not a substitute for Buyer and its agents taking all appropriate safety precautions, including but not limited to (a) complying with all applicable safety, operation, maintenance, and service agreements, instructions, and requirements, (b) complying with all safety-related laws, regulations, and ordinances, and (c) conducting all appropriate safety training and education.

6.1 Access

Access to the turbine from the outside is through a door located at the entrance platform approximately 3 meters above ground level. The door is equipped with a lock. Access from the entrance platform to the tower top is by a ladder with fall arrest system or service lift. From the tower top there is two separate access routes to the nacelle main house, both via a ladder.

The nacelle consists of the main nacelle house which hosts the power train, and a side-compartment, which hosts converter and high voltage transformer. Access to the transformer room is controlled with an interlock.

Inside the nacelle main house, there are walkways along either side of the power train and in the rear end of the nacelle main house. The side-compartment has two access openings, one in the front and one in the back.

Access to the rotor is restricted with fixed or moveable guard with interlock.

6.2 Evacuation and Rescue

The basic principle for evacuation is inside and down via the normal access routes. From the centre of the nacelle main house there are two separate exit points to the tower, one on each side of the power train. The evacuation route to the tower is on fixed ladders with fall arrest system.

With two separate evacuation routes from the nacelle main house to the tower, it is the intention to avoid escape by means of descent device.

However, the turbine design still enables the possibility to descent directly from nacelle to ground via the service hatch in the bottom of the nacelle main house. Dedicated attachment points for a descent device are provided above the hatch.

It is a prerequisite that one or more descent devices are available in the turbine when there are people present in the turbine.

For rescue the normal access routes can be used, in addition to this it is possible to lower an injured person to the ground through the service hatch, one of the hatches in the spinner or from the roof.

The skylights in the roof can be opened from both the inside and outside.

Evacuation from the service lift is by ladder.

6.3 Rooms/Working Areas

The tower, nacelle main house and side-compartment are equipped with power sockets for electrical tools for service and maintenance of the turbine.

6.4 Floors, Platforms, Standing, and Working Places

All floors have anti-slip surfaces. There is one floor per tower section.

Rest platforms are provided at intervals of 12 metres along the tower ladder between platforms.

6.5 Service Lift

Towers for the EnVentus turbines are as standard delivered with a service lift. But for lower hub heights, towers without a service lift can be provide as an option. Please contact Vestas for additional details.

6.6 Work restraint and fall arrest

The tower ladder is equipped with a fall arrest system, either a rail or a wire.

The service areas in the turbines are equipped with yellow coloured anchor points. The anchor point may be used for work positioning, fall restraint, fall arrest and to attach a descent device to perform rescue or escape from the turbine.

The strength of the anchor point is verified by static and dynamic tests. The minimum required static test load is 22.5 kN.

6.7 Moving Parts, Guards, and Blocking Devices

All moving parts in the nacelle are shielded.

The turbine is equipped with a rotor lock to block the rotor and power train.

Blocking the pitch of the blade can be done both automatically and manually with a mechanical blade lock.

6.8 Lights

The turbine is equipped with lights in the tower, nacelle main house, side-compartment and hub.

There is emergency light in case of the loss of electrical power.

6.9 Emergency Stop

There are emergency stop buttons in the nacelle, hub and tower.

6.10 Power Disconnection

The turbine is equipped with breakers to allow for disconnection from all power sources during inspection or maintenance. The switches are marked with signs and are located in the nacelle and bottom of the tower.

6.11 Fire Protection/First Aid

When there are people present in the turbine, following fire and safety equipment must be available. In the nacelle: A first aid kit, a handheld fire extinguisher, and a fire blanket. In the tower a handheld fire extinguisher and a fire blanket at the entrance platform.

6.12 Warning Signs

Warning signs placed inside or on the turbine must be reviewed before operating or servicing the turbine.

6.13 Manuals and Warnings

The Vestas Corporate OH&S Manual and manuals for operation, maintenance and service of the turbine provide additional safety rules and information for operating, servicing or maintaining the turbine.

7 Environment

7.1 Chemicals

Chemicals used in the turbine are evaluated according to the Vestas Wind Systems A/S Environmental System certified according to ISO 14001:2015. The following chemicals are used in the turbine:

- Anti-freeze to help prevent the cooling system from freezing.
- Gear oil for lubricating the main bearing, gearbox and generator
- Hydraulic oil to pitch the blades, operate the brake and operate the rotor lock
- Grease for yaw system lubrication
- Transformer insulation liquid for HV transformer
- Various cleaning agents and chemicals for maintenance of the turbine.

8 Design Codes

8.1 Design Codes – Structural Design

The turbine design has been developed and verified in accordance with, but not limited to, the following main standards:

Design Codes	
Nacelle and Hub	IEC 61400-1 Edition 4 EN 50308
Tower (IEC)	IEC 61400-1 Edition 4 IEC 61400-6 Edition 1
Tower (DIBt)	Richtlinie für Windenergieanlagen, DIBt, Ausgabe: Oktober 2012
Blades	IEC 61400-5:2020 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4 IEC 61400 (Part 1, 12 and 23) DEFU R25 DS/EN ISO 12944-2
Gearbox	IEC 61400-4
Generator	IEC 60034 (relevant parts)
Transformer	IEC 60076-11 IEC 60076-16 CENELEC HD637 S1
Lightning Protection	IEC 61400-24:2019
Safety of Machinery, Safety-related Parts of Control Systems	EN ISO 13849-1:2015
Safety of Machinery – Electrical Equipment of Machines	EN 60204-1:2018

Table 8-1: Design codes

9 Colours

9.1 Nacelle Colour

Colour of Vestas Nacelles	
Standard Nacelle Colour	RAL 7035 (light grey)
Standard Logo	Vestas

Table 9-1: Colour, nacelle

9.2 Tower Colour

Colour of Vestas Tower Section		
	External:	Internal:
Standard Steel Tower	RAL 7035 (light grey)	RAL 9001 (cream white)
Standard Concrete Hybrid Tower	Concrete part: Unpainted concrete, corresponds approx. to RAL 7023 (concrete grey) Steel part: RAL 7035 (light grey)	Concrete part: Unpainted concrete, corresponds approx. to RAL 7023 (concrete grey) Steel part: RAL 9001 (cream white)
Option for Concrete Hybrid Tower	Concrete part can be painted with RAL 7035 (light grey)	

Table 9-2: Colour, tower

9.3 Blade Colour

Blade Colour	
Standard Blade Colour	RAL 7035 (light grey). All lightning receptor surfaces on the blades are unpainted, excluding the Solid Metal Tips (SMT).
Tip-End Colour Variants	RAL 2009 (traffic orange), RAL 3020 (traffic red)
Gloss	< 30% ISO 2813

Table 9-3: Colour, blades

10 Operational Envelope and Performance Guidelines

Actual climate and site conditions have many variables and should be considered in evaluating actual turbine performance. The design and operating parameters set forth in this section do not constitute warranties, guarantees, or representations as to turbine performance at actual sites.

10.1 Climate and Site Conditions

Values refer to hub height:

Extreme Design Parameters	
Wind Climate	All
Ambient Temperature Interval (Standard Temperature Turbine)	-40° to +50°C

Table 10-1: Extreme design parameters

10.2 Operational Envelope – Temperature and Altitude

Values below refer to hub height and are determined by the sensors and control system of the turbine.

Operational Envelope – Temperature	
Ambient Temperature Interval	-20° to +45°C
Ambient Temperature Interval (Low Temperature Operation)	-30° to +45°C

Table 10-2: Operational envelope – temperature

NOTE

The wind turbine will stop producing power at ambient temperatures above 45°C.

For turbine variant specific information related to power performance within the operational envelope, please refer to turbine variant specific Performance Specifications.

For the low temperature operation of the wind turbine, consult Vestas for site specific evaluation.

The turbine is designed for use at altitudes up to 1000 m above sea level as standard and optional up to 2000 m above sea level.

10.3 Operational Envelope – Grid Connection

Operational Envelope – Grid Connection		
Nominal Phase Voltage	[U _{NP}]	720 V
Nominal Frequency	[f _N]	50/60 Hz
Maximum Frequency Gradient	±4 Hz/sec.	
Maximum Negative Sequence Voltage	3% (connection) 2.5% (operation)	
Minimum Required Short Circuit Ratio at Turbine HV Connection	5.0 (contact Vestas for lower SCR levels)	
Maximum Short Circuit Current Contribution	Contact Vestas for details	

Table 10-3: Operational envelope – grid connection

The generator and the converter will be disconnected if*:

Protection Settings	
Voltage Above 110%** of Nominal for 1800 Seconds	792 V
Voltage Above 116% of Nominal for 60 Seconds	835 V
Voltage Above 125% of Nominal for 2 Seconds	900 V
Voltage Above 136% of Nominal for 0.150 Seconds	979 V
Voltage Below 90%** of Nominal for 180 Seconds (FRT)	648 V
Voltage Below 85% of Nominal for 12 Seconds (FRT)	612 V
Voltage Below 80% of Nominal for 4.8 Seconds (FRT)	576 V
Frequency is Above 106% of Nominal for 120 Seconds	53/63.6 Hz
Frequency is Above 110% of Nominal for 0.2 Seconds	55/66 Hz
Frequency is Below 94% of Nominal for 0.2 Seconds	47/56.4 Hz

Table 10-4: Generator and converter disconnecting values

NOTE

* Over the turbine lifetime, grid drop-outs are to occur at an average of no more than 50 times a year.

** The turbine may be configured for continuous operation @ +/- 13 % voltage.

10.4 Operational Envelope – Reactive Power Capability

For turbine variant specific reactive power capability, please refer to the variant specific Performance Specification.

10.5 Performance – Fault Ride Through

The turbine is designed to stay connected during grid disturbances within the voltage tolerance curve as illustrated below:

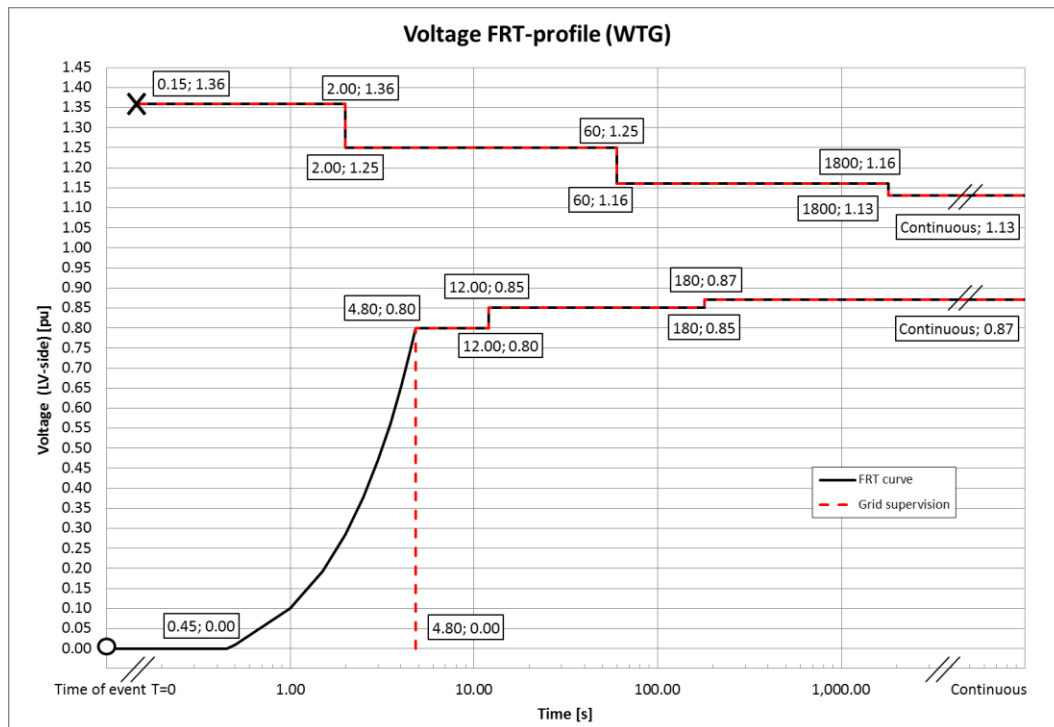


Figure 10-1: Voltage tolerance curve for symmetrical and asymmetrical faults, where U represents voltage as measured on the grid.

For grid disturbances outside the tolerance curve in Figure 10-1, the turbine will be disconnected from the grid.

Power Recovery Time	
Power Recovery to 90% of Pre-Fault Level	Maximum 0.1 seconds

Table 10-5: Power recovery time

10.6 Performance – Reactive Current Contribution

The reactive current contribution depends on whether the fault applied to the turbine is symmetrical or asymmetrical.

10.6.1 Symmetrical Reactive Current Contribution

During symmetrical voltage dips, the wind farm will inject reactive current to support the grid voltage. The reactive current injected is a function of the measured grid voltage.

The default value gives a reactive current part of 1 p.u. of the rated active current at the high voltage side of the HV transformer. Figure 10-2, indicates the reactive current contribution as a function of the voltage. The reactive current contribution is independent from the actual wind conditions and pre-fault power level. As seen in Figure 10-2, the default current injection slope is 2% reactive current increase per 1% voltage decrease. The slope can be parameterized between 0 and 10 to adapt to site specific requirements.

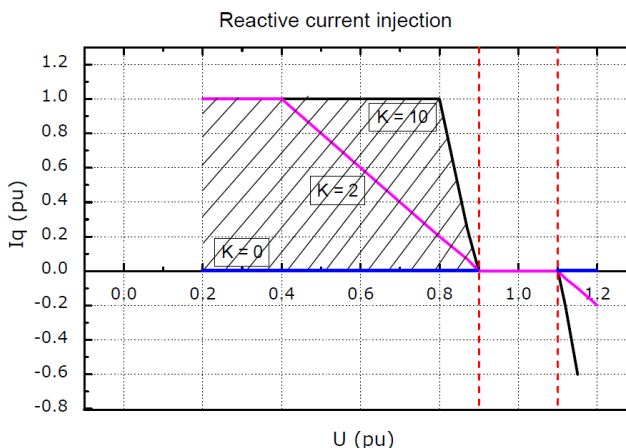


Figure 10-2: Reactive current injection

10.6.2 Asymmetrical Reactive Current Contribution

The injected current is based on the measured positive sequence voltage and the used K-factor. During asymmetrical voltage dips, the reactive current injection is limited to approximate 0.4 p.u. to limit the potential voltage increase on the healthy phases.

10.7 Performance – Multiple Voltage Dips

The turbine is designed to handle re-closure events and multiple voltage dips within a short period of time due to the fact that voltage dips are not evenly distributed during the year. For example, the turbine is designed to handle 10 voltage dips of duration of 200 ms, down to 20% voltage, within 30 minutes.

10.8 Performance – Active and Reactive Power Control

The turbine is designed for control of active and reactive power via the VestasOnline® SCADA system.

Maximum Ramp Rates for External Control	
Active Power	0.1 p.u./sec for max. power level change of 0.3 p.u. 0.3 p.u./sec for max. power level change of 0.1 p.u.
Reactive Power	20 p.u./sec

Table 10-6: Active/reactive power ramp rates

To support grid stability the turbine is capable to stay connected to the grid at active power references down to 10 % of nominal power for the turbine. For active power references below 10 % the turbine may disconnect from the grid.

10.9 Performance – Voltage Control

The turbine is designed for integration with VestasOnline® voltage control by utilising the turbine reactive power capability.

10.10 Performance – Frequency Control

The turbine can be configured to perform frequency control by decreasing the output power as a linear function of the grid frequency (over frequency). Dead band and slope for the frequency control function are configurable.

10.11 Distortion – Immunity

The turbine is able to connect with a pre-connection (background) voltage distortion level at the grid interface of 8% and operate with a post-connection voltage distortion level of 8%.

10.12 Main Contributors to Own Consumption

The consumption of electrical power by the wind turbine is defined as the power used by the wind turbine when it is not providing energy to the grid. This is defined in the control system as Production Generator 0 (zero).

The VMP8000 control system has a hibernate mode that reduces own consumption when possible. Similarly, cooling pumps may be turned off when the turbine idles.

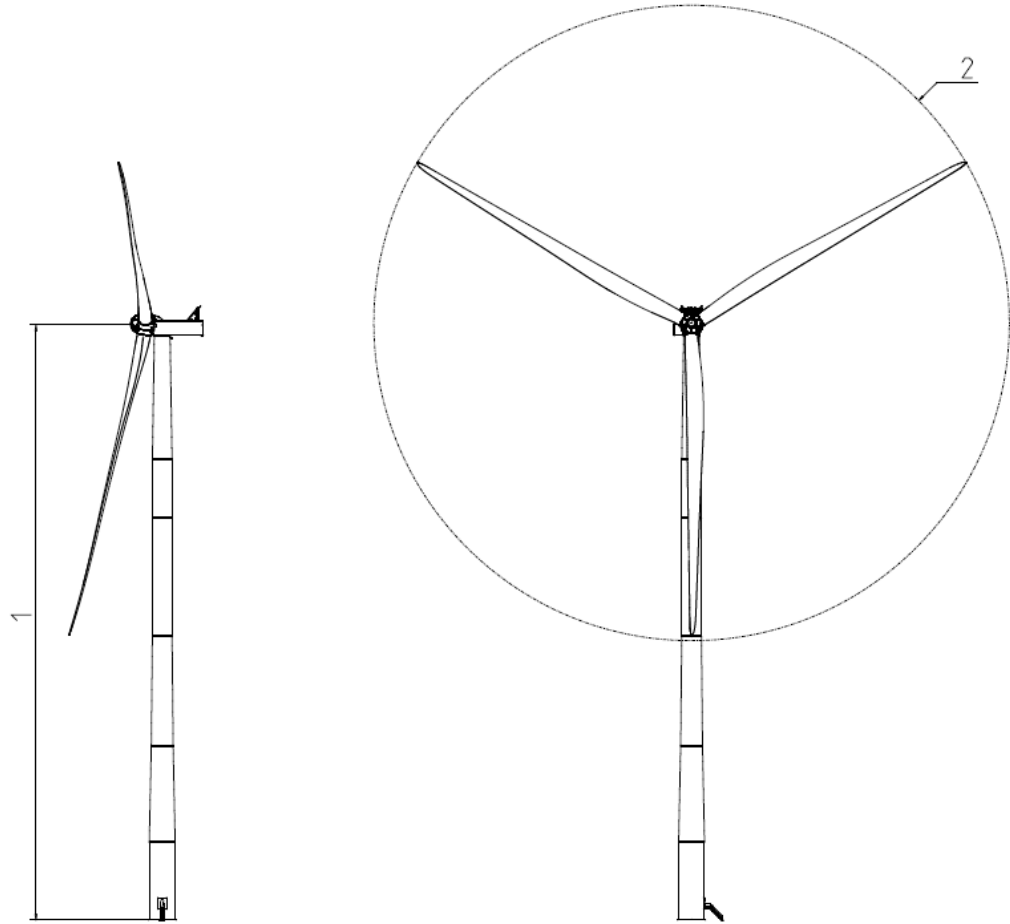
The components in Table 10-7 have the largest influence on the own consumption of the wind turbine. The values given are maximum component consumption, but the average consumption can be lower depending on the actual conditions, the climate, the wind turbine output, the cut-off hours, etc.

Main contributors to Own Consumption	V162	V172
Hydraulic Motor	3 x 18.5 kW	3 x 22 kW
Yaw Motors	35/42 kW for 50/60 Hz	
Generator Cooling Fans	4 x 4 kW	
Water Pumps	15 kW (max)	
Oil Pump for Gearbox Lubrication	7.5 kW	
Controller Including Heating Elements for the Hydraulics and all Controllers	Approximately 4 kW	
HV Transformer No-load Loss	See section 4.3 HV Transformer	

Table 10-7: Main contributors to own consumption data.

11 Drawings

11.1 Structural Design – Illustration of Outer Dimensions



1: Hub heights: See Performance Specification 2: Rotor diameter: 162/172 m

Figure 11-1: Illustration of outer dimensions – structure

12 General Reservations, Notes and Disclaimers

- © 2022 Vestas Wind Systems A/S. This document is created by Vestas Wind Systems A/S and/or its affiliates and contains copyrighted material, trademarks, and other proprietary information. All rights reserved. No part of the document may be reproduced or copied in any form or by any means – such as graphic, electronic, or mechanical, including photocopying, taping, or information storage and retrieval systems – without the prior written permission of Vestas Wind Systems A/S. The use of this document is prohibited unless specifically permitted by Vestas Wind Systems A/S. Trademarks, copyright or other notices may not be altered or removed from the document.
- The general descriptions in this document apply to the current version of the EnVentus™ turbines. Updated versions of the EnVentus™ turbines, which may be manufactured in the future, may differ from this general description. In the event that Vestas supplies an updated version of the EnVentus™ turbine, Vestas will provide an updated general description applicable to the updated version.
- Vestas recommends that the grid shall be as close to nominal as possible with limited variation in frequency and voltage.
- A certain time allowance for turbine warm-up must be expected following grid dropout and/or periods of very low ambient temperature.
- All listed start/stop parameters (e.g. wind speeds and temperatures) are equipped with hysteresis control. This can, in certain borderline situations, result in turbine stops even though the ambient conditions are within the listed operation parameters.
- The earthing system must comply with the minimum requirements from Vestas and be in accordance with local and national requirements and codes of standards.
- This document, General Description, is not an offer for sale, and does not contain any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and noise (including, without limitation, the power curve and noise verification method). Any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and noise (including, without limitation, the power curve and noise verification method) must be agreed to separately in writing.



ALLEGATO 2

Performance Specification V172-7.2 MW

Restricted
Document no.: 0127-1584 V02
2022-11-10

Performance Specification

EnVentus™

V172-7.2 MW 50/60 Hz



Classification: Restricted



Vestas Wind Systems A/S · Hedeager 42 · 8200 Århus N · Denmark · www.vestas.com

VESTAS PROPRIETARY NOTICE: This document contains valuable confidential information of Vestas Wind Systems A/S, is protected by copyright law as an unpublished work. Vestas reserves all patent, copyright, trade secret, and other proprietary rights to it. The information in this document may not be used, reproduced, or disclosed except if and to the extent rights are expressly granted by Vestas in writing and subject to applicable conditions. Vestas disclaims all warranties except as expressly granted by written agreement and is not responsible for unauthorized uses, for which it may pursue legal remedies against responsible parties.

Table of contents

1	GENERAL DESCRIPTION	4
2	TYPE APPROVALS AND AVAILABLE HUB HEIGHTS.....	4
3	OPERATIONAL ENVELOPE AND PERFORMANCE GUIDELINES.....	5
3.1	CLIMATE AND SITE CONDITIONS.....	5
3.1.1	<i>Wind Power Plant Layout</i>	<i>6</i>
3.2	OPERATIONAL ENVELOPE – WIND.....	6
3.3	OPERATIONAL ENVELOPE – TEMPERATURE AND ALTITUDE.....	7
3.3.1	<i>Temperature dependent operation</i>	<i>8</i>
3.4	OPERATIONAL ENVELOPE – CONDITIONS FOR POWER CURVE AND Ct VALUES (AT HUB HEIGHT).....	10
3.5	OPERATIONAL ENVELOPE – REACTIVE POWER CAPABILITY.....	11
3.5.1	<i>Temperature dependent reactive power capability.....</i>	<i>12</i>
3.6	OPERATIONAL MODES.....	13
4	DRAWINGS.....	14
4.1	TURBINE VISUAL IMPRESSION – SIDE VIEW.....	14
5	GENERAL RESERVATIONS, NOTES AND DISCLAIMERS.....	15
6	POWER CURVES, CT VALUES AND SOUND CURVES, MODE PO7200.....	16
6.1	POWER CURVES, MODE PO7200.....	16
6.2	CT VALUES, MODE PO7200.....	17
6.3	SOUND CURVES, MODE PO7200.....	18
7	POWER CURVES, CT VALUES AND SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODES.....	19
7.1	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO1.....	19
7.2	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO1.....	20
7.3	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO1.....	21
7.4	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO2.....	22
7.5	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO2.....	23
7.6	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO2.....	24
7.7	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO3.....	25
7.8	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO3.....	26
7.9	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO3.....	27
7.10	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO4.....	28
7.11	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO4.....	29
7.12	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO4.....	30
7.13	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO5.....	31
7.14	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO5.....	32
7.15	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO5.....	33
7.16	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO6.....	34
7.17	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO6.....	35
7.18	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO6.....	36
7.19	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO7.....	37
7.20	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO7.....	38
7.21	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO7.....	39
7.22	POWER CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO8.....	40
7.23	CT VALUES, SOUND OPTIMIZED MODE SO8.....	41
7.24	SOUND CURVES, SOUND OPTIMIZED MODE SO8.....	42

Recipient acknowledges that (i) this Performance Specification is provided for recipient's information only, and, does not create or constitute a warranty, guarantee, promise, commitment, or other representation (Commitment) by Vestas Wind Systems or any of its affiliated or subsidiary companies (Vestas), all of which are disclaimed by Vestas and (ii) any and all Commitments by Vestas to recipient as to this Performance Specification (or any of the contents herein) are to be contained exclusively in signed written contracts between recipient and Vestas, and not within this document.

See general reservations, notes and disclaimers (including, Section 5, p. 15) to this Performance Specification.

1 General Description

The Vestas V172-7.2 MW is a wind turbine variant within the EnVentus™ turbine range. It is a pitch regulated upwind turbine with active yaw and a three-blade rotor. The V172-7.2 MW turbine has a rotor diameter of 172 m and a rated power of 7.2 MW.

2 Type Approvals and Available Hub Heights

The standard turbine is type certified according to the certification standards and available hub heights listed below:

Certification	Wind Class	Hub Height
IECRE OD-501	IEC S	166 / 150 / 114 m
DIBt 2012	DIBt S	199 / 175 / 164 m

3 Operational Envelope and Performance Guidelines

Actual climate and site conditions have many variables and should be considered in evaluating actual turbine performance. The design and operating parameters set forth in this section do not constitute warranties, guarantees, or representations as to turbine performance at actual sites.

3.1 Climate and Site Conditions

The standard turbine is designed for the wind climate conditions listed below. Values refer to hub height.

	DIBt towers			IEC towers		
Wind Class	DIBt S	DIBt S	DIBt S	IEC S	IEC S	IEC S
Hub Height	CHT* 175m	CHT* 164m	CHT* 199m	166m	150m	114m
Power Rating	7.2 MW	7.2 MW	7.2 MW	7.2 MW	7.2 MW	7.2 MW
Average design parameters						
Wind Speed (10 min average), V_{ave}	7.2 m/s	7.2 m/s	7.4** m/s	7.4 m/s	8.0 m/s	7.2 m/s
Weibull Scale Factor, C	8.1 m/s	8.1 m/s	8.4 m/s	8.3 m/s	9.0 m/s	8.1 m/s
Weibull Shape Factor, k	2	2	2	2.48	2.5	2.1
I_{ref} acc. to IEC 61400-1	S	S	S	15%	13%	11%
Turbulence Intensity, I_{90} (90% quant.)	S	S	S	16.90%	14.60%	12.69%
Wind Shear, α	0.27	0.27	0.27	0.3	0.21	0.15
Inflow Angle	8°	8°	8°	8°	8°	8°
Extreme design parameters						
Extr Wind Speed (10 min average), V_{50}	38.0 m/s	39.5 m/s	38.7 m/s	35.0 m/s	41.0 m/s	40.0 m/s
Survival Wind Speed (3 s gust), V_{e50}	53.2 m/s	55.3 m/s	54.2 m/s	49.0 m/s	57.4 m/s	56.0 m/s
Turbulence intensity, $I_{V(z)}$	11.10%	11.10%	11.10%	11%	11%	11%

*CHT refers to Concrete Hybrid Tower

** Reduction of 0.4 m/s in V_{ave} for 25 years certification

NOTE

The turbine is intended for low to medium wind speed sites and is classified as DIBt S and IEC S. Please contact Vestas Wind Systems A/S for further information if needed.

Climatic conditions for turbines with the optional Vestas Anti-icing System (VAS) may vary from above. Please contact Vestas Wind Systems A/S for further information.

3.1.1 Wind Power Plant Layout

Turbine spacing is to be evaluated site-specifically. Spacing below two rotor diameters (2D) may require sector-wise curtailment.

NOTE As evaluation of climate and site conditions is complex, consult Vestas for every project. If conditions exceed the above parameters, Vestas must be consulted.

3.2 Operational Envelope – Wind

Values refer to hub height and are determined by the sensors and control system of the turbine.

Wind Climate	DIBt S, IEC S
	PO7200
Cut-In, V_{in}	3 m/s
Cut-Out (10 min exponential avg.), V_{out}	25 m/s
Re-Cut In (10 min exponential avg.)	23 m/s

3.3 Operational Envelope – Temperature and Altitude

Values below refer to hub height and are determined by the sensors and control system of the turbine.

Operational Envelope – Temperature	
Ambient Temperature Interval	-20° to +45°C
Ambient Temperature Interval (Low Temperature operation)	-30° to +45°C

NOTE

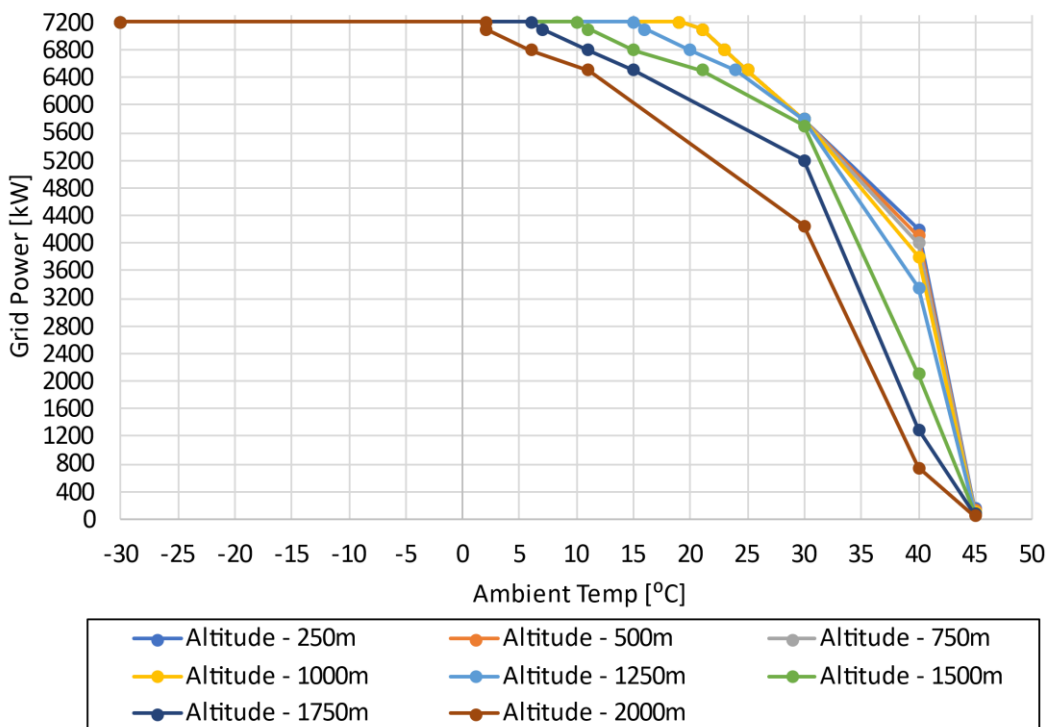
The wind turbine will stop producing power at ambient temperatures above 45°C. For the low temperature operation of the wind turbine please consult Vestas.

The turbine is designed for use at altitudes up to 1000 m above sea level as standard and optional up to 2000 m above sea level. Contact Vestas for more details.

3.3.1 Temperature dependent operation

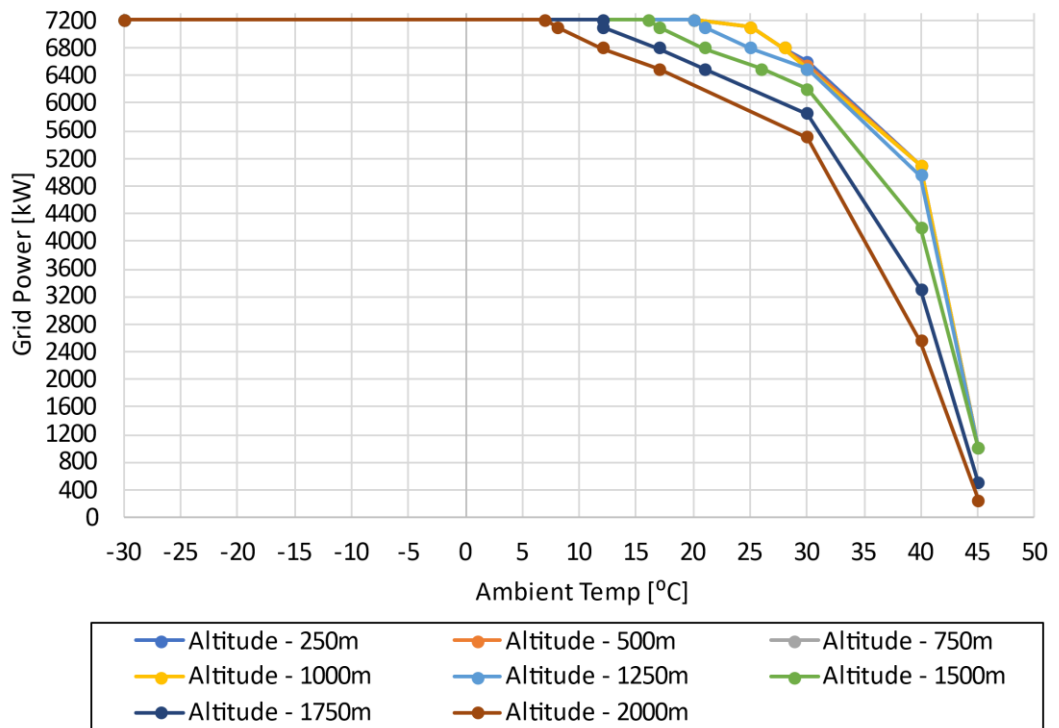
Values below refer to hub height and are determined by the sensors and control system of the turbine. At ambient temperatures above the thresholds shown for each operating mode, the turbine will maintain derated production.

The turbine will be available with two temperature performance steps a standard configuration (Performance Step 0, PS0) and an optional configuration (Performance Step 1, PS1).



Temperature derate points for Standard Cooler top, V172-7.2MW														
Altitude [m]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]
<250	19	7200	21	7100	23	6800	25	6500	30	5800	40	4200	45	150
250-500	19	7200	21	7100	23	6800	25	6500	30	5800	40	4100	45	125
500-750	19	7200	21	7100	23	6800	25	6500	30	5800	40	4000	45	115
750-1000	19	7200	21	7100	23	6800	25	6500	30	5800	40	3800	45	100
1000-1250	15	7200	16	7100	20	6800	24	6500	30	5800	40	3350	45	90
1250-1500	10	7200	11	7100	15	6800	21	6500	30	5700	40	2100	45	80
1500-1750	6	7200	7	7100	11	6800	15	6500	30	5200	40	1300	45	70
1750-2000	2	7200	2	7100	6	6800	11	6500	30	4250	40	750	45	50

Figure 3-1: Temperature dependant derated operation – Standard cooler top (PS0)



Temperature derate points for Optional Cooler top, V172-7.2MW														
Altitude [m]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]	[°C]	[kW]
<250	20	7200	25	7100	28	6800	30	6600	-	-	40	5100	45	1000
250-500	20	7200	25	7100	28	6800	30	6550	-	-	40	5100	45	1000
500-750	20	7200	25	7100	28	6800	30	6500	-	-	40	5100	45	1000
750-1000	20	7200	25	7100	28	6800	30	6500	-	-	40	5100	45	1000
1000-1250	20	7200	21	7100	25	6800	30	6500	-	-	40	4950	45	1000
1250-1500	16	7200	17	7100	21	6800	26	6500	30	6200	40	4200	45	1000
1500-1750	12	7200	12	7100	17	6800	21	6500	30	5850	40	3300	45	500
1750-2000	7	7200	8	7100	12	6800	17	6500	30	5500	40	2550	45	250

Figure 3-2: Temperature dependant derated operation – Optional cooler top (PS1)

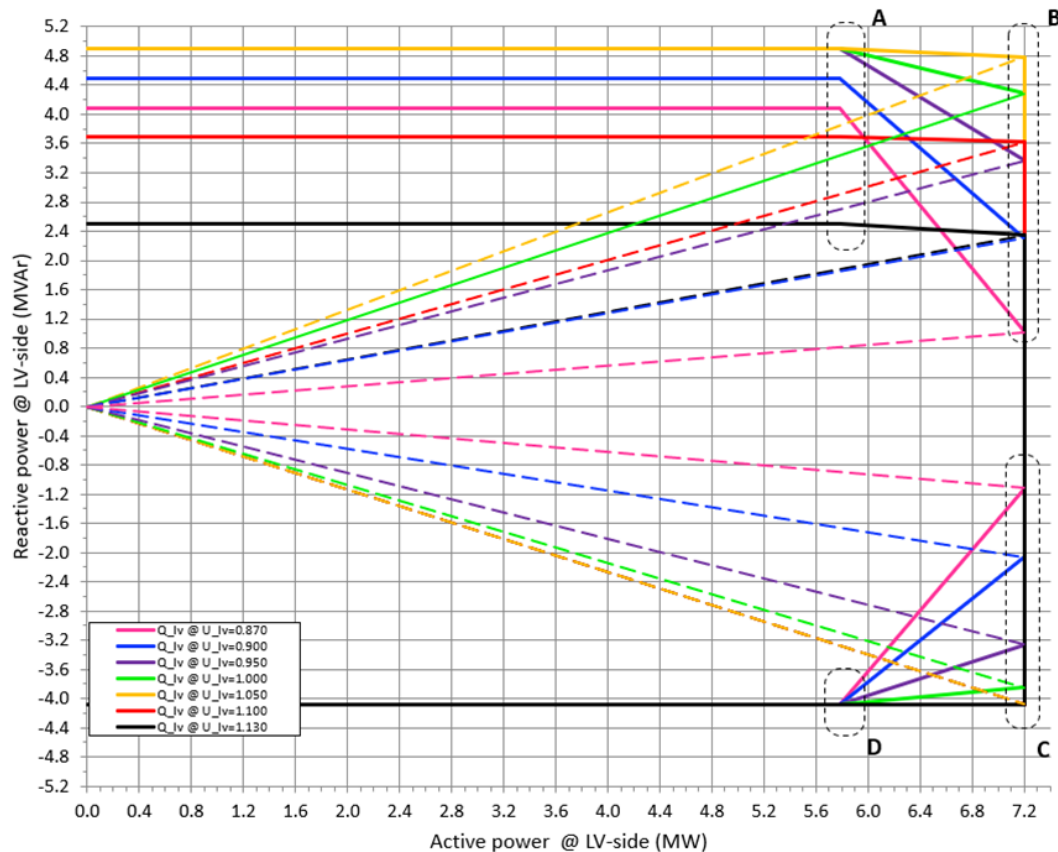
3.4 Operational Envelope – Conditions for Power Curve and C_t Values (at Hub Height)

Please consult section 6 and subsequent, for power curves and C_t values.

Conditions for Power Curve and C_t Values (at Hub Height)	
Wind Shear, α	0.00-0.30 (10-minute average)
Turbulence Intensity, I	6-12% (10-minute average)
Blades	Clean
Rain	No
Ice/Snow on Blades	No
Leading Edge	No damage
Terrain	IEC 61400-12-1
Inflow Angle (Vertical)	$0 \pm 2^\circ$
Grid Voltage	Nominal Voltage $\pm 2.5\%$
Grid Frequency	Nominal Frequency ± 0.5 Hz
Grid Active Power (LV-side)	Per tabulated values in Section 6 and following sections
Grid Reactive Power (LV-side)	Power Factor 1.0

3.5 Operational Envelope – Reactive Power Capability

The turbine has a reactive power capability on the low voltage side of the HV transformer as illustrated in Figure 3-3:



	Point:	Coordinates								Power factor	
		A		B		C		D		B (Capacitive)	C (Inductive)
		x (P)	y (Q)	x (P)	y (Q)	x (P)	y (Q)	x (P)	y (Q)		
—	Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 0.870 p.u. voltage	5.780	4.080	7.200	1.020	7.200	-1.116	5.780	-4.080	0.990	0.988
—	Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 0.900 p.u. voltage	5.780	4.488	7.200	2.299	7.200	-2.064	5.780	-4.080	0.953	0.961
—	Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 0.950 p.u. voltage	5.780	4.896	7.200	3.362	7.200	-3.262	5.780	-4.080	0.906	0.911
—	Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 1.000 p.u. voltage	5.780	4.896	7.200	4.283	7.200	-3.846	5.780	-4.080	0.859	0.882
—	Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 1.050 p.u. voltage	5.780	4.896	7.200	4.783	7.200	-4.080	5.780	-4.080	0.833	0.870
—	Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 1.100 p.u. voltage	5.780	3.697	7.200	3.621	7.200	-4.080	5.780	-4.080	0.893	0.870
—	Reactive power [kVAr] @ LV side @ U _{lv} = 1.130 p.u. voltage	5.780	2.499	7.200	2.346	7.200	-4.080	5.780	-4.080	0.951	0.870

Figure 3-3: Reactive power capability.

The turbine is able to maintain the reactive power capability at low wind with no active power production.

3.5.1 Temperature dependent reactive power capability

The reactive power capability shown in Figure 3-3 is valid for ambient temperatures at which no active power derate is needed according to Figure 3-1 and Figure 3-2.

For ambient temperatures up to 40°C, where active power is derated below 6.8 MW because of ambient temperature, the shape of the PQ chart corresponding to 6.8 MW (Figure 3-4: A, B, C and D points) is maintained. The active power for the A, B, C and D points is however adjusted according to the overall WTG active power derate according to Figure 3-1 and Figure 3-2.

For ambient temperatures between 40°C and 45°C, reactive power is derated proportional to the active power derate.

Figure 3-4 shows an illustrative example of the reactive power derate.

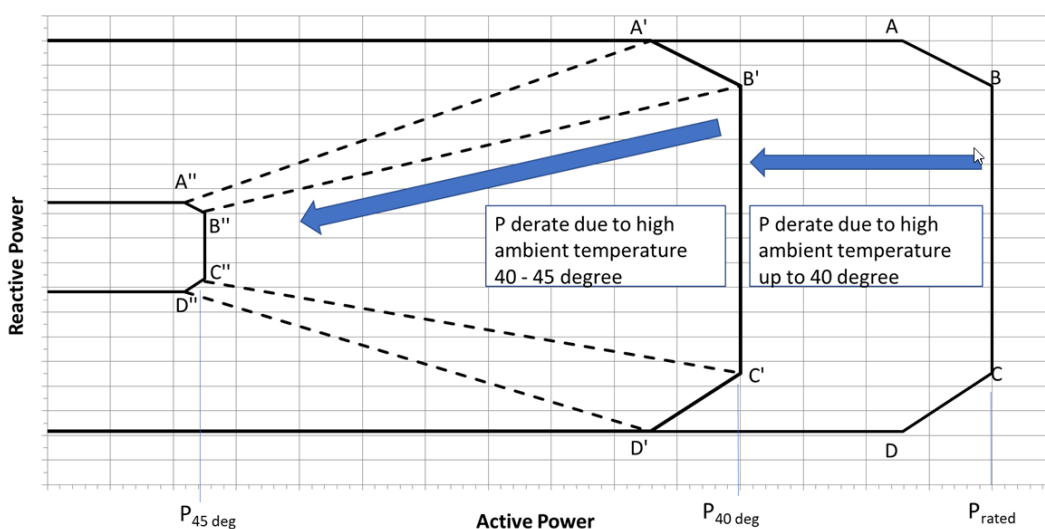


Figure 3-4 Reactive power capability temperature dependency. Illustrative example.

3.6 Operational Modes

The operational modes listed below are available for the turbine.

Sound modes			
Mode No.	Maximum Sound Level	Serrated trailing edges	Available hub heights
PO7200	106.9 dBA	Yes (standard)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m
PO7200-0S	110.1 dBA	No (option)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m

In addition, Sound Optimized (SO) modes as listed below are available as options for the turbine.

Sound Optimized (SO) modes			
Mode No.	Maximum Sound Level	Serrated trailing edges	Available hub heights
SO1	105 dBA	Yes (standard)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m
SO2	104 dBA	Yes (standard)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m
SO3	103 dBA	Yes (standard)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m
SO4	102 dBA	Yes (standard)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m
SO5	101 dBA	Yes (standard)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m
SO6	100 dBA	Yes (standard)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m
SO7	99 dBA	Yes (standard)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m
SO8	98 dBA	Yes (standard)	199 / 175 / 166 / 164 / 150 / 114 m

NOTE Sound Optimized (SO) modes are only available with serrated trailing edges on the blades. For further details on sound performance and in case of specific requests, please contact Vestas Wind Systems A/S.

4 Drawings

Overview drawings describing the wind turbines, tower and foundation are shown in these documents.

V172 HH199 (DiBt) – 0134-0468
V172 HH175 (DiBt) – 0114-1754
V172 HH164 (DiBt) – 0114-1757
V172 HH166 (IEC) – 0120-2603
V172 HH150 (IEC) – 0120-2640
V172 HH114 (IEC) – 0128-6274

NOTE For detailed drawings, please contact Vestas Wind Systems A/S.

4.1 Turbine visual impression – side view



5 General Reservations, Notes and Disclaimers

- © 2022 Vestas Wind Systems A/S. This document is created by Vestas Wind Systems A/S and/or its affiliates and contains copyrighted material, trademarks, and other proprietary information. All rights reserved. No part of the document may be reproduced or copied in any form or by any means – such as graphic, electronic, or mechanical, including photocopying, taping, or information storage and retrieval systems – without the prior written permission of Vestas Wind Systems A/S. The use of this document is prohibited unless specifically permitted by Vestas Wind Systems A/S. Trademarks, copyright or other notices may not be altered or removed from the document.
- The performance specifications described in this document apply to the current version of the V172-7.2 MW wind turbine. Updated versions of the V172-7.2 MW wind turbine, which may be manufactured in the future, may differ from these performance specifications. In the event that Vestas supplies an updated version of the V172-7.2 MW wind turbine, Vestas will provide an updated performance specification applicable to the updated version.
- All listed start/stop parameters (e.g. wind speeds) are equipped with hysteresis control. This can, in certain borderline situations, result in turbine stops even though the ambient conditions are within the listed operation parameters.
- This document, Performance Specification, is not an offer for sale, and does not contain any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and sound (including, without limitation, the power curve and sound verification method). Any guarantee, warranty and/or verification of the power curve and sound (including, without limitation, the power curve and sound verification method) must be agreed to separately in writing.

6 Power Curves, Ct Values and Sound Curves, Mode PO7200

6.1 Power Curves, Mode PO7200

Wind speed [m/s]	Air density [kg/m ³]													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	32	15	16	18	19	21	22	24	26	27	29	30	34	35
3.5	129	78	83	87	91	95	100	105	109	114	119	124	134	140
4.0	288	195	204	213	221	230	238	246	255	263	271	279	296	304
4.5	481	346	359	371	383	395	407	420	432	444	457	469	493	506
5.0	715	529	546	563	580	597	614	631	648	665	682	698	732	749
5.5	999	748	770	793	816	839	862	885	907	930	953	976	1022	1045
6.0	1340	1011	1041	1071	1101	1131	1160	1190	1220	1250	1280	1310	1370	1400
6.5	1739	1322	1360	1398	1436	1475	1512	1550	1588	1626	1663	1701	1776	1814
7.0	2203	1686	1733	1781	1828	1875	1922	1969	2016	2063	2109	2156	2249	2296
7.5	2729	2100	2158	2215	2273	2330	2387	2444	2502	2559	2616	2672	2785	2842
8.0	3324	2569	2639	2708	2777	2847	2915	2984	3052	3121	3189	3256	3391	3459
8.5	3986	3098	3180	3262	3344	3426	3507	3587	3668	3748	3827	3907	4061	4137
9.0	4685	3685	3780	3875	3969	4064	4155	4246	4337	4427	4513	4599	4737	4788
9.5	5314	4287	4388	4488	4589	4689	4781	4874	4966	5058	5143	5229	5335	5357
10.0	5904	4863	4964	5066	5168	5270	5363	5456	5550	5643	5730	5817	5909	5914
10.5	6441	5389	5494	5598	5703	5808	5904	6000	6096	6192	6275	6358	6441	6440
11.0	6854	5886	5993	6099	6205	6312	6399	6486	6574	6661	6725	6789	6850	6847
11.5	7078	6361	6456	6551	6646	6741	6800	6860	6920	6980	7012	7045	7076	7074
12.0	7160	6756	6820	6885	6949	7013	7040	7067	7094	7121	7134	7147	7159	7158
12.5	7195	7008	7038	7068	7098	7129	7140	7152	7164	7176	7182	7188	7194	7194
13.0	7200	7119	7133	7148	7162	7177	7182	7187	7193	7198	7199	7199	7200	7200
13.5	7200	7166	7173	7179	7186	7192	7194	7196	7198	7199	7200	7200	7200	7200
14.0	7200	7188	7191	7194	7196	7199	7199	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
14.5	7200	7197	7198	7199	7199	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
15.0	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
15.5	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
16.0	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
16.5	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
17.0	7200	7199	7199	7199	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200
17.5	7194	7179	7180	7182	7183	7185	7186	7187	7189	7190	7191	7192	7195	7196
18.0	7124	7064	7069	7074	7078	7083	7089	7094	7100	7106	7112	7118	7130	7136
18.5	6959	6887	6892	6897	6903	6908	6915	6922	6929	6935	6943	6951	6967	6976
19.0	6789	6719	6724	6730	6735	6740	6747	6754	6760	6767	6774	6782	6797	6806
19.5	6630	6561	6567	6572	6578	6584	6589	6595	6601	6607	6615	6622	6637	6645
20.0	6472	6384	6392	6399	6407	6414	6422	6431	6439	6448	6456	6464	6481	6490
20.5	6262	6129	6140	6151	6163	6174	6187	6200	6212	6225	6238	6250	6275	6287
21.0	5946	5762	5777	5793	5809	5825	5842	5859	5876	5893	5911	5928	5964	5983
21.5	5538	5328	5345	5362	5379	5396	5416	5435	5454	5474	5495	5516	5558	5579
22.0	5069	4864	4880	4897	4913	4930	4950	4971	4991	5011	5031	5050	5090	5110
22.5	4597	4402	4419	4436	4453	4471	4487	4504	4521	4538	4558	4577	4614	4631
23.0	4121	3930	3947	3963	3979	3996	4013	4030	4047	4064	4083	4102	4136	4150
23.5	3636	3468	3484	3500	3515	3531	3545	3559	3572	3586	3603	3619	3651	3666
24.0	3169	3020	3034	3048	3062	3076	3089	3102	3115	3127	3141	3155	3184	3199
24.5	2718	2589	2602	2615	2627	2640	2653	2665	2678	2690	2699	2709	2734	2750
25.0	2328	2223	2232	2242	2252	2262	2271	2280	2289	2298	2308	2318	2335	2343

6.2 Ct Values, Mode PO7200

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.969	0.980	0.979	0.978	0.977	0.976	0.975	0.974	0.973	0.972	0.971	0.970	0.968	0.967
3.5	0.885	0.893	0.892	0.892	0.891	0.890	0.889	0.889	0.888	0.887	0.886	0.886	0.884	0.883
4.0	0.834	0.846	0.845	0.844	0.843	0.842	0.840	0.839	0.838	0.836	0.836	0.835	0.832	0.831
4.5	0.818	0.827	0.826	0.824	0.823	0.821	0.821	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818	0.817	0.816
5.0	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812
5.5	0.815	0.814	0.814	0.814	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814
6.0	0.814	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813
6.5	0.810	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812	0.811	0.811	0.809	0.809
7.0	0.805	0.814	0.813	0.812	0.812	0.811	0.810	0.809	0.808	0.808	0.807	0.806	0.804	0.803
7.5	0.797	0.810	0.809	0.808	0.807	0.806	0.804	0.803	0.802	0.801	0.800	0.798	0.796	0.794
8.0	0.788	0.804	0.803	0.802	0.800	0.799	0.797	0.796	0.794	0.793	0.791	0.790	0.787	0.785
8.5	0.777	0.798	0.796	0.794	0.793	0.791	0.789	0.787	0.785	0.783	0.781	0.779	0.774	0.770
9.0	0.750	0.789	0.786	0.784	0.781	0.779	0.775	0.771	0.768	0.764	0.759	0.755	0.734	0.719
9.5	0.690	0.756	0.751	0.745	0.740	0.734	0.728	0.722	0.715	0.709	0.703	0.696	0.669	0.649
10.0	0.628	0.703	0.696	0.689	0.682	0.675	0.668	0.661	0.654	0.647	0.641	0.634	0.609	0.590
10.5	0.571	0.644	0.637	0.630	0.623	0.616	0.610	0.603	0.597	0.591	0.584	0.578	0.555	0.538
11.0	0.513	0.590	0.584	0.577	0.571	0.564	0.557	0.550	0.544	0.537	0.529	0.521	0.499	0.486
11.5	0.451	0.543	0.536	0.529	0.521	0.514	0.505	0.496	0.488	0.479	0.470	0.460	0.440	0.429
12.0	0.392	0.496	0.487	0.478	0.468	0.459	0.449	0.439	0.429	0.419	0.410	0.401	0.382	0.373
12.5	0.341	0.445	0.435	0.424	0.413	0.403	0.393	0.384	0.375	0.365	0.357	0.349	0.334	0.326
13.0	0.299	0.393	0.383	0.373	0.363	0.353	0.345	0.337	0.328	0.320	0.313	0.306	0.292	0.286
13.5	0.264	0.347	0.338	0.329	0.321	0.312	0.304	0.297	0.290	0.282	0.276	0.270	0.259	0.253
14.0	0.235	0.308	0.300	0.292	0.284	0.276	0.270	0.263	0.257	0.251	0.245	0.240	0.230	0.225
14.5	0.210	0.274	0.267	0.260	0.253	0.246	0.241	0.235	0.229	0.224	0.219	0.214	0.206	0.202
15.0	0.188	0.245	0.239	0.233	0.226	0.220	0.215	0.211	0.206	0.201	0.197	0.193	0.185	0.181
15.5	0.170	0.220	0.215	0.209	0.204	0.199	0.194	0.190	0.186	0.181	0.178	0.174	0.167	0.164
16.0	0.155	0.199	0.194	0.190	0.185	0.180	0.176	0.172	0.168	0.164	0.161	0.158	0.152	0.149
16.5	0.141	0.181	0.177	0.172	0.168	0.164	0.160	0.157	0.153	0.150	0.147	0.144	0.138	0.136
17.0	0.129	0.165	0.161	0.157	0.153	0.149	0.146	0.143	0.140	0.137	0.134	0.132	0.127	0.124
17.5	0.119	0.151	0.148	0.144	0.141	0.137	0.134	0.132	0.129	0.126	0.124	0.121	0.117	0.114
18.0	0.108	0.137	0.134	0.131	0.128	0.124	0.122	0.120	0.117	0.115	0.112	0.110	0.106	0.105
18.5	0.098	0.123	0.120	0.117	0.115	0.112	0.110	0.108	0.105	0.103	0.101	0.100	0.096	0.094
19.0	0.088	0.110	0.108	0.105	0.103	0.100	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.086	0.085
19.5	0.080	0.100	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.088	0.086	0.084	0.083	0.081	0.078	0.077
20.0	0.073	0.090	0.088	0.086	0.084	0.083	0.081	0.079	0.078	0.076	0.075	0.074	0.071	0.070
20.5	0.066	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.072	0.070	0.069	0.068	0.067	0.065	0.064
21.0	0.058	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057
21.5	0.052	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050
22.0	0.045	0.053	0.052	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.047	0.046	0.045	0.044	0.044
22.5	0.039	0.046	0.045	0.044	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041	0.040	0.040	0.039	0.038	0.038
23.0	0.033	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037	0.036	0.036	0.035	0.035	0.034	0.034	0.033	0.033
23.5	0.028	0.033	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028
24.0	0.024	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.025	0.024	0.024
24.5	0.020	0.024	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020
25.0	0.017	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017

6.3 Sound Curves, Mode PO7200

Sound Power Level at Hub Height		
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³	
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode PO7200 (Blades with serrated trailing edge)	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Mode PO7200-0S (Blades without serrated trailing edge)
3	94.6	97.8
4	94.6	97.8
5	95.2	98.4
6	98.6	101.8
7	102.2	105.4
8	105.6	108.8
9	106.9	110.1
10	106.9	110.1
11	106.9	110.1
12	106.9	110.1
13	106.9	110.1
14	106.9	110.1
15	106.9	110.1

7 Power Curves, Ct Values and Sound Curves, Sound Optimized Modes

7.1 Power Curves, Sound Optimized Mode SO1

Air density [kg/m ³]														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	32	15	16	18	19	21	22	24	26	27	29	30	34	35
3.5	129	78	82	87	91	95	100	105	109	114	119	124	134	140
4.0	288	196	204	213	221	230	238	246	255	263	271	279	296	304
4.5	481	346	359	371	383	395	407	420	432	444	457	469	493	506
5.0	715	529	546	563	580	597	614	631	648	665	681	698	732	749
5.5	999	748	770	793	816	839	862	884	907	930	953	976	1022	1045
6.0	1340	1011	1041	1071	1101	1131	1160	1190	1220	1250	1280	1310	1370	1400
6.5	1739	1323	1360	1398	1436	1474	1512	1550	1588	1626	1663	1701	1776	1814
7.0	2202	1686	1733	1780	1828	1875	1922	1969	2016	2063	2109	2156	2249	2295
7.5	2729	2100	2157	2215	2272	2330	2387	2444	2502	2559	2616	2672	2785	2842
8.0	3325	2569	2639	2708	2777	2847	2915	2984	3053	3121	3189	3257	3392	3459
8.5	3976	3088	3170	3252	3333	3415	3496	3576	3657	3738	3817	3896	4054	4131
9.0	4625	3612	3705	3799	3892	3986	4078	4170	4262	4354	4444	4534	4705	4785
9.5	5232	4109	4213	4318	4423	4527	4630	4732	4835	4937	5035	5134	5299	5366
10.0	5788	4604	4720	4835	4951	5066	5175	5284	5394	5503	5598	5693	5835	5882
10.5	6232	5116	5239	5361	5484	5607	5707	5807	5907	6007	6082	6157	6260	6288
11.0	6552	5642	5758	5874	5990	6107	6184	6261	6338	6416	6461	6506	6566	6580
11.5	6719	6141	6231	6321	6412	6502	6542	6582	6622	6662	6681	6700	6724	6730
12.0	6785	6509	6556	6602	6649	6696	6712	6728	6744	6760	6768	6777	6787	6789
12.5	6800	6711	6727	6743	6759	6775	6780	6785	6790	6795	6797	6798	6800	6800
13.0	6800	6769	6775	6781	6787	6793	6795	6797	6798	6800	6800	6800	6800	6800
13.5	6800	6787	6790	6793	6796	6799	6799	6799	6800	6800	6800	6800	6800	6800
14.0	6800	6796	6797	6798	6799	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800
14.5	6800	6799	6799	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800
15.0	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800	6800
15.5	6797	6795	6795	6796	6796	6796	6796	6796	6796	6796	6796	6797	6797	6797
16.0	6783	6779	6779	6780	6780	6780	6780	6781	6781	6782	6782	6783	6784	6784
16.5	6759	6753	6753	6753	6754	6754	6755	6755	6756	6756	6757	6758	6759	6760
17.0	6728	6721	6721	6722	6722	6723	6723	6724	6725	6725	6726	6727	6729	6730
17.5	6698	6690	6690	6691	6692	6692	6693	6694	6695	6695	6696	6697	6699	6700
18.0	6669	6659	6659	6660	6661	6662	6662	6663	6664	6665	6666	6668	6670	6670
18.5	6642	6630	6630	6631	6632	6632	6633	6634	6635	6636	6638	6640	6641	6641
19.0	6614	6595	6596	6598	6599	6600	6602	6603	6604	6606	6609	6611	6614	6614
19.5	6560	6520	6523	6527	6530	6533	6537	6540	6543	6547	6551	6555	6562	6564
20.0	6453	6378	6385	6391	6397	6404	6411	6418	6425	6432	6439	6446	6459	6465
20.5	6260	6129	6140	6151	6162	6174	6186	6199	6211	6223	6236	6248	6272	6284
21.0	5947	5763	5779	5794	5810	5826	5843	5860	5876	5893	5911	5929	5964	5982
21.5	5536	5327	5345	5362	5380	5397	5416	5435	5455	5474	5495	5515	5557	5578
22.0	5068	4862	4880	4898	4916	4935	4953	4971	4989	5007	5027	5048	5091	5114
22.5	4596	4404	4420	4437	4453	4470	4488	4505	4523	4541	4559	4578	4614	4632
23.0	4121	3932	3949	3965	3982	3999	4015	4032	4049	4066	4084	4103	4136	4151
23.5	3634	3466	3483	3499	3515	3531	3546	3560	3575	3589	3604	3619	3650	3666
24.0	3171	3019	3032	3046	3059	3072	3085	3097	3110	3123	3139	3155	3184	3197
24.5	2721	2585	2599	2612	2626	2639	2651	2662	2673	2685	2697	2709	2736	2750
25.0	2322	2222	2231	2241	2250	2260	2268	2277	2285	2293	2303	2312	2335	2349

7.2 Ct Values, Sound Optimized Mode SO1

Wind speed [m/s]	Air density kg/m ³													
	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.969	0.980	0.979	0.978	0.977	0.976	0.975	0.974	0.973	0.972	0.971	0.970	0.968	0.967
3.5	0.885	0.893	0.892	0.892	0.891	0.890	0.889	0.889	0.888	0.887	0.886	0.886	0.884	0.883
4.0	0.831	0.845	0.844	0.843	0.841	0.840	0.839	0.838	0.837	0.835	0.834	0.833	0.830	0.828
4.5	0.817	0.824	0.823	0.822	0.821	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818	0.818	0.817	0.816	0.816
5.0	0.812	0.811	0.811	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812
5.5	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814
6.0	0.814	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813
6.5	0.810	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812	0.811	0.811	0.809	0.809
7.0	0.805	0.814	0.813	0.812	0.812	0.811	0.810	0.809	0.808	0.807	0.807	0.806	0.804	0.803
7.5	0.797	0.810	0.809	0.808	0.807	0.805	0.804	0.803	0.802	0.801	0.800	0.798	0.796	0.794
8.0	0.789	0.804	0.803	0.802	0.800	0.799	0.798	0.796	0.795	0.793	0.792	0.790	0.787	0.785
8.5	0.771	0.789	0.787	0.786	0.784	0.783	0.781	0.779	0.778	0.776	0.774	0.772	0.768	0.766
9.0	0.726	0.743	0.741	0.740	0.738	0.737	0.735	0.734	0.732	0.731	0.729	0.727	0.721	0.716
9.5	0.668	0.685	0.683	0.682	0.681	0.680	0.678	0.677	0.675	0.674	0.672	0.670	0.659	0.650
10.0	0.610	0.633	0.632	0.631	0.629	0.628	0.626	0.624	0.623	0.621	0.617	0.613	0.598	0.587
10.5	0.547	0.591	0.589	0.587	0.585	0.584	0.579	0.575	0.571	0.567	0.560	0.554	0.535	0.523
11.0	0.485	0.555	0.552	0.548	0.544	0.540	0.533	0.526	0.519	0.512	0.503	0.494	0.474	0.462
11.5	0.423	0.520	0.513	0.506	0.499	0.492	0.482	0.472	0.462	0.452	0.442	0.433	0.413	0.403
12.0	0.367	0.475	0.465	0.454	0.444	0.434	0.424	0.414	0.404	0.393	0.385	0.376	0.359	0.351
12.5	0.319	0.423	0.412	0.401	0.390	0.379	0.370	0.361	0.352	0.343	0.335	0.327	0.312	0.305
13.0	0.280	0.371	0.361	0.351	0.341	0.332	0.324	0.316	0.308	0.300	0.293	0.286	0.274	0.268
13.5	0.247	0.327	0.318	0.309	0.301	0.292	0.285	0.279	0.272	0.265	0.259	0.253	0.242	0.237
14.0	0.220	0.289	0.282	0.274	0.267	0.259	0.253	0.247	0.241	0.235	0.230	0.225	0.216	0.211
14.5	0.197	0.257	0.251	0.244	0.238	0.231	0.226	0.221	0.215	0.210	0.206	0.201	0.193	0.189
15.0	0.177	0.230	0.224	0.219	0.213	0.207	0.202	0.198	0.193	0.189	0.185	0.181	0.174	0.170
15.5	0.160	0.207	0.202	0.197	0.192	0.187	0.183	0.179	0.174	0.170	0.167	0.163	0.157	0.154
16.0	0.145	0.187	0.182	0.178	0.173	0.169	0.165	0.162	0.158	0.154	0.151	0.148	0.142	0.140
16.5	0.132	0.169	0.165	0.161	0.157	0.153	0.150	0.147	0.143	0.140	0.137	0.135	0.129	0.127
17.0	0.120	0.154	0.150	0.146	0.143	0.139	0.136	0.133	0.130	0.127	0.125	0.123	0.118	0.116
17.5	0.110	0.141	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.122	0.120	0.117	0.115	0.112	0.108	0.106
18.0	0.101	0.129	0.126	0.123	0.120	0.117	0.114	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.099	0.097
18.5	0.093	0.118	0.115	0.113	0.110	0.107	0.105	0.103	0.101	0.098	0.097	0.095	0.091	0.090
19.0	0.085	0.108	0.106	0.103	0.101	0.098	0.096	0.094	0.092	0.090	0.089	0.087	0.084	0.082
19.5	0.079	0.099	0.097	0.095	0.092	0.090	0.088	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.077	0.076
20.0	0.072	0.090	0.088	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.078	0.076	0.075	0.074	0.071	0.070
20.5	0.066	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.072	0.070	0.069	0.068	0.067	0.065	0.064
21.0	0.059	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057
21.5	0.051	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050
22.0	0.045	0.053	0.052	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.047	0.046	0.045	0.044	0.044
22.5	0.039	0.046	0.045	0.044	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041	0.040	0.040	0.039	0.038	0.038
23.0	0.033	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037	0.036	0.036	0.035	0.035	0.034	0.034	0.033	0.033
23.5	0.028	0.033	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028
24.0	0.024	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024
24.5	0.020	0.024	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020
25.0	0.017	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017

7.3 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO1

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO1 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.9
4	94.0
5	94.9
6	97.9
7	101.3
8	104.2
9	105.0
10	105.0
11	105.0
12	105.0
13	105.0
14	105.0
15	105.0

7.4 Power Curves, Sound Optimized Mode SO2

Air density [kg/m ³]														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	32	15	16	18	19	21	22	24	26	27	29	30	34	35
3.5	129	78	82	87	91	95	100	105	109	114	119	124	134	140
4.0	288	196	204	213	221	230	238	246	255	263	271	279	296	304
4.5	481	346	358	371	383	395	407	420	432	444	456	469	493	506
5.0	715	529	546	563	580	597	614	631	648	664	681	698	732	749
5.5	999	748	770	793	816	839	861	884	907	930	953	976	1022	1045
6.0	1340	1011	1041	1071	1101	1131	1160	1190	1220	1250	1280	1310	1369	1399
6.5	1739	1323	1360	1398	1436	1474	1512	1550	1588	1626	1663	1701	1776	1813
7.0	2202	1686	1733	1780	1827	1875	1922	1969	2016	2063	2109	2156	2249	2295
7.5	2729	2100	2157	2215	2273	2331	2388	2445	2502	2559	2616	2672	2786	2842
8.0	3320	2566	2635	2704	2773	2843	2911	2980	3048	3117	3185	3252	3387	3455
8.5	3925	3050	3131	3211	3292	3373	3452	3531	3611	3690	3769	3847	4003	4080
9.0	4505	3517	3608	3699	3790	3881	3971	4060	4150	4240	4328	4417	4592	4679
9.5	5048	3958	4059	4161	4262	4363	4462	4561	4661	4760	4856	4952	5139	5230
10.0	5552	4407	4518	4630	4741	4852	4958	5063	5169	5274	5367	5459	5628	5704
10.5	5946	4865	4983	5101	5219	5338	5436	5534	5632	5730	5802	5874	5998	6051
11.0	6223	5327	5440	5554	5668	5781	5859	5937	6014	6092	6136	6179	6249	6274
11.5	6403	5777	5871	5964	6057	6151	6198	6246	6293	6340	6361	6382	6416	6429
12.0	6538	6162	6223	6285	6347	6409	6433	6456	6480	6503	6515	6527	6545	6553
12.5	6623	6430	6462	6494	6525	6557	6570	6582	6595	6607	6612	6618	6624	6626
13.0	6653	6562	6579	6595	6611	6627	6633	6639	6644	6650	6651	6652	6653	6653
13.5	6656	6615	6623	6631	6640	6648	6650	6652	6654	6656	6656	6656	6656	6657
14.0	6646	6629	6633	6637	6641	6644	6645	6645	6645	6646	6646	6646	6646	6647
14.5	6623	6617	6618	6619	6620	6621	6621	6621	6621	6622	6622	6623	6623	6624
15.0	6588	6586	6586	6586	6586	6586	6586	6587	6587	6587	6588	6588	6588	6590
15.5	6552	6548	6548	6549	6549	6549	6549	6550	6550	6551	6551	6552	6552	6553
16.0	6517	6513	6513	6513	6513	6514	6514	6514	6515	6515	6516	6516	6518	6519
16.5	6485	6480	6480	6481	6481	6481	6482	6482	6483	6483	6484	6484	6486	6487
17.0	6455	6449	6449	6449	6450	6450	6451	6451	6452	6453	6453	6454	6456	6457
17.5	6426	6419	6419	6420	6420	6421	6421	6422	6423	6423	6424	6425	6427	6427
18.0	6399	6392	6392	6393	6393	6394	6395	6395	6396	6397	6397	6398	6400	6400
18.5	6374	6367	6367	6368	6368	6369	6370	6370	6371	6372	6373	6374	6375	6376
19.0	6347	6338	6339	6339	6340	6341	6342	6343	6343	6344	6345	6346	6348	6349
19.5	6319	6309	6310	6311	6311	6312	6313	6314	6315	6316	6317	6318	6321	6322
20.0	6286	6258	6261	6263	6266	6269	6271	6274	6276	6279	6281	6283	6288	6290
20.5	6179	6089	6097	6105	6113	6121	6130	6138	6146	6155	6163	6171	6187	6195
21.0	5918	5758	5771	5784	5798	5811	5826	5841	5857	5872	5887	5902	5932	5947
21.5	5527	5328	5345	5361	5378	5394	5413	5432	5451	5470	5489	5508	5547	5566
22.0	5070	4864	4881	4897	4914	4931	4949	4968	4987	5005	5027	5049	5091	5111
22.5	4596	4402	4419	4436	4453	4470	4488	4505	4523	4540	4559	4578	4613	4630
23.0	4123	3933	3949	3965	3982	3998	4014	4030	4047	4063	4083	4103	4140	4157
23.5	3635	3467	3483	3499	3515	3531	3545	3560	3574	3589	3604	3619	3650	3666
24.0	3171	3019	3032	3046	3059	3072	3085	3097	3110	3123	3139	3155	3184	3197
24.5	2721	2585	2599	2612	2626	2639	2651	2662	2673	2685	2697	2709	2736	2750
25.0	2322	2222	2231	2241	2250	2260	2268	2277	2285	2293	2303	2312	2335	2349

7.5 Ct Values, Sound Optimized Mode SO2

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.969	0.980	0.979	0.978	0.977	0.976	0.975	0.974	0.973	0.972	0.971	0.970	0.968	0.967
3.5	0.885	0.893	0.892	0.892	0.891	0.890	0.889	0.889	0.888	0.887	0.886	0.886	0.884	0.883
4.0	0.832	0.845	0.844	0.843	0.842	0.841	0.840	0.838	0.837	0.836	0.834	0.833	0.830	0.828
4.5	0.816	0.825	0.823	0.822	0.821	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816
5.0	0.812	0.811	0.811	0.811	0.811	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812
5.5	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814
6.0	0.814	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813
6.5	0.810	0.816	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812	0.811	0.811	0.809	0.809
7.0	0.805	0.814	0.813	0.812	0.812	0.811	0.810	0.809	0.808	0.807	0.806	0.806	0.804	0.803
7.5	0.797	0.810	0.809	0.808	0.807	0.806	0.804	0.803	0.802	0.801	0.800	0.798	0.796	0.795
8.0	0.785	0.800	0.799	0.798	0.796	0.795	0.794	0.792	0.791	0.790	0.788	0.787	0.784	0.782
8.5	0.744	0.759	0.758	0.757	0.755	0.754	0.752	0.751	0.750	0.748	0.747	0.745	0.742	0.741
9.0	0.685	0.698	0.697	0.696	0.695	0.694	0.693	0.691	0.690	0.689	0.688	0.686	0.684	0.683
9.5	0.627	0.639	0.638	0.637	0.636	0.635	0.634	0.633	0.632	0.631	0.629	0.628	0.625	0.622
10.0	0.572	0.590	0.590	0.589	0.588	0.587	0.585	0.584	0.582	0.581	0.578	0.575	0.567	0.562
10.5	0.513	0.549	0.548	0.547	0.545	0.544	0.540	0.537	0.533	0.530	0.524	0.518	0.505	0.498
11.0	0.453	0.514	0.511	0.508	0.505	0.502	0.496	0.490	0.484	0.478	0.470	0.461	0.444	0.436
11.5	0.398	0.479	0.474	0.468	0.463	0.457	0.449	0.441	0.432	0.424	0.415	0.407	0.390	0.381
12.0	0.351	0.442	0.434	0.426	0.418	0.410	0.401	0.393	0.384	0.375	0.367	0.359	0.343	0.336
12.5	0.309	0.401	0.392	0.383	0.373	0.364	0.356	0.348	0.339	0.331	0.324	0.317	0.303	0.296
13.0	0.273	0.357	0.348	0.340	0.331	0.322	0.314	0.307	0.299	0.292	0.286	0.279	0.267	0.261
13.5	0.242	0.317	0.309	0.301	0.293	0.285	0.278	0.272	0.265	0.258	0.253	0.247	0.237	0.232
14.0	0.215	0.281	0.274	0.267	0.260	0.253	0.247	0.241	0.235	0.229	0.224	0.220	0.210	0.206
14.5	0.192	0.250	0.244	0.237	0.231	0.225	0.220	0.214	0.209	0.204	0.200	0.196	0.188	0.184
15.0	0.171	0.222	0.217	0.211	0.206	0.200	0.196	0.191	0.187	0.182	0.179	0.175	0.168	0.165
15.5	0.154	0.199	0.194	0.189	0.185	0.180	0.176	0.172	0.168	0.164	0.161	0.157	0.151	0.148
16.0	0.139	0.179	0.175	0.171	0.166	0.162	0.158	0.155	0.151	0.148	0.145	0.142	0.136	0.134
16.5	0.126	0.162	0.158	0.154	0.151	0.147	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131	0.129	0.124	0.122
17.0	0.115	0.147	0.144	0.140	0.137	0.133	0.131	0.128	0.125	0.122	0.120	0.117	0.113	0.111
17.5	0.106	0.135	0.132	0.129	0.125	0.122	0.120	0.117	0.115	0.112	0.110	0.108	0.104	0.102
18.0	0.097	0.123	0.121	0.118	0.115	0.112	0.110	0.107	0.105	0.103	0.101	0.099	0.095	0.093
18.5	0.089	0.113	0.111	0.108	0.106	0.103	0.101	0.099	0.097	0.094	0.093	0.091	0.088	0.086
19.0	0.082	0.104	0.101	0.099	0.097	0.094	0.092	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.080	0.079
19.5	0.076	0.096	0.094	0.091	0.089	0.087	0.085	0.084	0.082	0.080	0.079	0.077	0.074	0.073
20.0	0.070	0.088	0.086	0.084	0.082	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.073	0.072	0.069	0.068
20.5	0.065	0.080	0.078	0.077	0.075	0.073	0.072	0.071	0.069	0.068	0.067	0.066	0.063	0.062
21.0	0.058	0.071	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056
21.5	0.051	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050
22.0	0.045	0.053	0.052	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.047	0.046	0.045	0.044	0.044
22.5	0.039	0.046	0.045	0.044	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041	0.040	0.040	0.039	0.038	0.038
23.0	0.033	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037	0.036	0.036	0.035	0.035	0.034	0.034	0.033	0.033
23.5	0.028	0.033	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028
24.0	0.024	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024
24.5	0.020	0.024	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020
25.0	0.017	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017

7.6 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO2

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO2 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.9
4	94.0
5	94.9
6	97.9
7	101.3
8	103.7
9	104.0
10	104.0
11	104.0
12	104.0
13	104.0
14	104.0
15	104.0

7.9 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO3

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO3 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.9
4	94.0
5	94.9
6	97.9
7	101.3
8	103.0
9	103.0
10	103.0
11	103.0
12	103.0
13	103.0
14	103.0
15	103.0

7.12 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO4

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO4 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.9
4	94.0
5	94.9
6	97.9
7	101.2
8	102.0
9	102.0
10	102.0
11	102.0
12	102.0
13	102.0
14	102.0
15	102.0

7.14 Ct Values, Sound Optimized Mode SO5

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.969	0.980	0.979	0.978	0.977	0.976	0.975	0.974	0.973	0.972	0.971	0.970	0.968	0.967
3.5	0.885	0.893	0.892	0.892	0.891	0.890	0.889	0.889	0.888	0.887	0.886	0.886	0.884	0.883
4.0	0.831	0.846	0.844	0.843	0.842	0.841	0.840	0.839	0.837	0.836	0.834	0.833	0.830	0.828
4.5	0.816	0.825	0.824	0.822	0.821	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816
5.0	0.812	0.811	0.811	0.811	0.811	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812
5.5	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814
6.0	0.814	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813
6.5	0.810	0.816	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812	0.812	0.811	0.811	0.809	0.809
7.0	0.800	0.809	0.808	0.807	0.807	0.806	0.805	0.804	0.804	0.803	0.802	0.801	0.799	0.798
7.5	0.753	0.763	0.762	0.761	0.760	0.760	0.759	0.758	0.757	0.756	0.755	0.754	0.752	0.751
8.0	0.681	0.690	0.690	0.689	0.688	0.687	0.686	0.686	0.685	0.684	0.683	0.682	0.680	0.680
8.5	0.614	0.621	0.620	0.620	0.619	0.618	0.618	0.617	0.616	0.616	0.615	0.614	0.613	0.612
9.0	0.556	0.562	0.562	0.561	0.561	0.560	0.560	0.559	0.558	0.558	0.557	0.557	0.555	0.555
9.5	0.506	0.511	0.511	0.510	0.510	0.509	0.509	0.508	0.508	0.507	0.507	0.506	0.505	0.504
10.0	0.462	0.469	0.468	0.468	0.468	0.467	0.467	0.466	0.466	0.465	0.464	0.463	0.459	0.457
10.5	0.419	0.434	0.434	0.434	0.433	0.433	0.432	0.430	0.429	0.428	0.425	0.422	0.414	0.410
11.0	0.377	0.407	0.406	0.405	0.404	0.403	0.400	0.397	0.395	0.392	0.387	0.382	0.371	0.365
11.5	0.336	0.383	0.381	0.378	0.376	0.374	0.369	0.364	0.360	0.355	0.348	0.342	0.329	0.323
12.0	0.297	0.358	0.354	0.350	0.346	0.342	0.336	0.329	0.323	0.317	0.310	0.304	0.291	0.285
12.5	0.264	0.331	0.325	0.319	0.314	0.308	0.302	0.295	0.288	0.282	0.276	0.270	0.259	0.253
13.0	0.235	0.302	0.295	0.289	0.282	0.276	0.270	0.263	0.257	0.251	0.246	0.240	0.230	0.225
13.5	0.210	0.272	0.266	0.259	0.253	0.246	0.241	0.235	0.230	0.224	0.219	0.214	0.205	0.201
14.0	0.187	0.244	0.238	0.232	0.226	0.220	0.215	0.210	0.205	0.200	0.195	0.191	0.183	0.179
14.5	0.167	0.218	0.212	0.207	0.202	0.196	0.192	0.187	0.183	0.178	0.175	0.171	0.164	0.160
15.0	0.150	0.195	0.190	0.185	0.180	0.176	0.172	0.168	0.164	0.160	0.156	0.153	0.147	0.144
15.5	0.135	0.175	0.171	0.167	0.162	0.158	0.154	0.151	0.147	0.144	0.141	0.138	0.132	0.130
16.0	0.122	0.158	0.154	0.151	0.147	0.143	0.140	0.136	0.133	0.130	0.128	0.125	0.120	0.118
16.5	0.111	0.143	0.140	0.136	0.133	0.129	0.127	0.124	0.121	0.118	0.116	0.114	0.109	0.107
17.0	0.101	0.130	0.127	0.124	0.121	0.118	0.115	0.113	0.110	0.108	0.106	0.103	0.099	0.098
17.5	0.093	0.119	0.116	0.114	0.111	0.108	0.106	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.091	0.090
18.0	0.085	0.109	0.107	0.104	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.084	0.082
18.5	0.078	0.100	0.098	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.077	0.076
19.0	0.072	0.092	0.090	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.071	0.069
19.5	0.067	0.085	0.083	0.081	0.079	0.077	0.075	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.065	0.064
20.0	0.062	0.078	0.077	0.075	0.073	0.071	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060
20.5	0.058	0.073	0.071	0.070	0.068	0.066	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056
21.0	0.053	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052
21.5	0.049	0.061	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.048	0.047
22.0	0.044	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042
22.5	0.038	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041	0.040	0.040	0.039	0.038	0.037	0.037
23.0	0.033	0.039	0.039	0.038	0.037	0.036	0.036	0.035	0.035	0.034	0.034	0.033	0.032	0.032
23.5	0.028	0.033	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.029	0.029	0.029	0.028	0.028
24.0	0.024	0.028	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024
24.5	0.020	0.024	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020
25.0	0.017	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017

7.15 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO5

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO5 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.9
4	94.0
5	94.9
6	97.9
7	100.7
8	101.0
9	101.0
10	101.0
11	101.0
12	101.0
13	101.0
14	101.0
15	101.0

7.16 Power Curves, Sound Optimized Mode SO6

Air density [kg/m ³]														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	32	15	17	18	20	21	23	24	26	27	29	31	34	35
3.5	129	78	83	87	91	95	100	105	110	114	119	124	134	140
4.0	288	196	204	213	221	230	238	246	255	263	271	279	296	304
4.5	481	346	358	371	383	395	407	420	432	444	456	469	493	506
5.0	715	529	546	563	580	597	614	631	648	664	681	698	732	749
5.5	999	748	770	793	816	839	861	884	907	930	953	976	1022	1045
6.0	1340	1011	1041	1071	1100	1130	1160	1190	1220	1250	1280	1310	1369	1399
6.5	1736	1321	1358	1396	1434	1472	1510	1548	1586	1623	1661	1698	1773	1811
7.0	2175	1666	1713	1759	1806	1852	1899	1945	1991	2037	2083	2129	2221	2267
7.5	2601	2004	2058	2113	2168	2222	2277	2331	2385	2439	2493	2547	2654	2708
8.0	2997	2317	2380	2442	2504	2566	2628	2690	2751	2813	2874	2936	3058	3119
8.5	3383	2623	2692	2762	2832	2901	2970	3040	3109	3178	3246	3315	3451	3519
9.0	3748	2911	2988	3065	3142	3219	3295	3371	3447	3523	3598	3673	3822	3897
9.5	4090	3183	3266	3350	3433	3517	3599	3681	3764	3846	3927	4008	4169	4248
10.0	4425	3458	3548	3638	3728	3818	3906	3994	4083	4171	4256	4340	4502	4580
10.5	4732	3744	3840	3936	4032	4128	4221	4313	4406	4498	4576	4654	4795	4857
11.0	4993	4043	4145	4246	4348	4450	4536	4623	4710	4797	4863	4928	5037	5081
11.5	5193	4369	4471	4572	4673	4775	4849	4922	4996	5070	5111	5152	5217	5240
12.0	5341	4703	4795	4888	4980	5072	5123	5173	5223	5273	5296	5319	5354	5366
12.5	5449	5013	5084	5156	5227	5299	5327	5356	5384	5413	5425	5437	5456	5462
13.0	5521	5256	5302	5348	5393	5439	5455	5470	5486	5502	5508	5514	5523	5525
13.5	5556	5400	5428	5457	5485	5514	5522	5530	5538	5546	5549	5552	5556	5557
14.0	5567	5489	5503	5518	5532	5547	5551	5556	5560	5565	5566	5566	5567	5568
14.5	5560	5520	5528	5536	5544	5552	5554	5556	5558	5559	5559	5559	5560	5560
15.0	5540	5528	5530	5533	5536	5539	5539	5539	5539	5539	5539	5539	5540	5540
15.5	5513	5509	5510	5510	5511	5512	5512	5512	5512	5512	5512	5513	5513	5513
16.0	5486	5484	5484	5484	5485	5485	5485	5485	5485	5485	5485	5486	5486	5486
16.5	5463	5461	5461	5461	5461	5462	5462	5462	5462	5462	5462	5463	5463	5463
17.0	5441	5439	5439	5439	5439	5439	5440	5440	5440	5440	5441	5441	5442	5442
17.5	5417	5414	5414	5415	5415	5415	5415	5415	5416	5416	5416	5417	5418	5418
18.0	5388	5384	5385	5385	5385	5385	5386	5386	5386	5387	5387	5388	5389	5389
18.5	5358	5354	5354	5354	5354	5355	5355	5355	5356	5356	5357	5357	5358	5359
19.0	5329	5325	5325	5326	5326	5326	5327	5327	5327	5328	5328	5329	5330	5331
19.5	5304	5300	5300	5300	5301	5301	5302	5302	5302	5303	5303	5304	5305	5305
20.0	5283	5278	5279	5279	5279	5280	5280	5280	5281	5281	5282	5282	5283	5283
20.5	5262	5257	5258	5258	5258	5259	5259	5260	5260	5261	5261	5262	5263	5263
21.0	5238	5227	5228	5229	5230	5231	5232	5233	5233	5234	5235	5237	5239	5240
21.5	5149	5099	5103	5107	5111	5115	5120	5125	5130	5135	5140	5145	5153	5156
22.0	4918	4830	4838	4846	4854	4862	4869	4876	4882	4889	4899	4909	4924	4929
22.5	4532	4411	4421	4430	4439	4448	4459	4470	4481	4492	4505	4519	4542	4553
23.0	4071	3942	3953	3964	3975	3987	3998	4009	4021	4032	4045	4058	4085	4099
23.5	3604	3470	3480	3490	3500	3511	3524	3537	3551	3564	3578	3591	3618	3631
24.0	3127	3002	3013	3024	3035	3046	3059	3073	3087	3100	3109	3118	3142	3157
24.5	2695	2573	2583	2593	2603	2614	2624	2634	2644	2654	2667	2681	2705	2714
25.0	2316	2224	2231	2238	2245	2253	2261	2270	2279	2288	2297	2307	2325	2334

Original Instruction: T05 0127-1584 VER 02

T05 0127-1584 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2022-12-06 by PIDEI

7.17 Ct Values, Sound Optimized Mode SO6

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.969	0.980	0.979	0.978	0.977	0.976	0.975	0.974	0.973	0.972	0.971	0.970	0.968	0.967
3.5	0.885	0.893	0.892	0.892	0.891	0.890	0.889	0.889	0.888	0.887	0.886	0.886	0.884	0.883
4.0	0.831	0.846	0.844	0.843	0.842	0.841	0.840	0.839	0.837	0.836	0.834	0.833	0.830	0.828
4.5	0.816	0.825	0.824	0.822	0.821	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816
5.0	0.812	0.811	0.811	0.811	0.811	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812
5.5	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814
6.0	0.814	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.813	0.813
6.5	0.807	0.813	0.812	0.812	0.812	0.811	0.811	0.810	0.810	0.809	0.809	0.808	0.807	0.806
7.0	0.777	0.786	0.785	0.784	0.783	0.783	0.782	0.781	0.780	0.779	0.779	0.778	0.776	0.775
7.5	0.706	0.715	0.714	0.713	0.712	0.711	0.711	0.710	0.709	0.708	0.708	0.707	0.705	0.704
8.0	0.632	0.639	0.638	0.638	0.637	0.636	0.636	0.635	0.634	0.634	0.633	0.632	0.631	0.630
8.5	0.571	0.577	0.576	0.576	0.575	0.575	0.574	0.573	0.573	0.572	0.572	0.571	0.570	0.569
9.0	0.516	0.522	0.521	0.521	0.520	0.520	0.519	0.519	0.518	0.518	0.517	0.517	0.516	0.516
9.5	0.469	0.473	0.473	0.472	0.472	0.471	0.471	0.471	0.470	0.470	0.469	0.469	0.468	0.468
10.0	0.427	0.432	0.432	0.431	0.431	0.431	0.430	0.430	0.430	0.429	0.429	0.428	0.426	0.424
10.5	0.389	0.398	0.398	0.398	0.398	0.397	0.397	0.396	0.395	0.395	0.393	0.391	0.385	0.382
11.0	0.351	0.371	0.370	0.370	0.369	0.369	0.367	0.365	0.364	0.362	0.358	0.355	0.347	0.342
11.5	0.315	0.348	0.346	0.345	0.344	0.343	0.340	0.337	0.333	0.330	0.325	0.320	0.309	0.303
12.0	0.281	0.327	0.324	0.322	0.319	0.317	0.312	0.307	0.302	0.298	0.292	0.286	0.275	0.269
12.5	0.250	0.305	0.301	0.297	0.293	0.289	0.284	0.278	0.272	0.267	0.261	0.256	0.245	0.240
13.0	0.223	0.282	0.277	0.271	0.266	0.261	0.255	0.250	0.244	0.238	0.233	0.228	0.219	0.214
13.5	0.199	0.257	0.251	0.245	0.240	0.234	0.229	0.224	0.218	0.213	0.209	0.204	0.195	0.191
14.0	0.178	0.232	0.226	0.221	0.215	0.209	0.205	0.200	0.195	0.191	0.186	0.182	0.175	0.171
14.5	0.160	0.208	0.203	0.198	0.193	0.188	0.183	0.179	0.175	0.171	0.167	0.163	0.157	0.153
15.0	0.143	0.187	0.182	0.178	0.173	0.168	0.164	0.160	0.157	0.153	0.150	0.146	0.140	0.138
15.5	0.129	0.168	0.164	0.160	0.155	0.151	0.148	0.144	0.141	0.138	0.135	0.132	0.127	0.124
16.0	0.117	0.152	0.148	0.144	0.140	0.137	0.134	0.131	0.128	0.125	0.122	0.119	0.115	0.112
16.5	0.106	0.138	0.134	0.131	0.127	0.124	0.121	0.119	0.116	0.113	0.111	0.109	0.104	0.102
17.0	0.097	0.125	0.122	0.119	0.116	0.113	0.110	0.108	0.106	0.103	0.101	0.099	0.095	0.093
17.5	0.089	0.115	0.112	0.109	0.106	0.104	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.087	0.086
18.0	0.082	0.105	0.102	0.100	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.080	0.079
18.5	0.075	0.096	0.094	0.092	0.089	0.087	0.085	0.083	0.082	0.080	0.078	0.077	0.074	0.072
19.0	0.069	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.068	0.067
19.5	0.064	0.081	0.079	0.078	0.076	0.074	0.072	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062
20.0	0.059	0.075	0.074	0.072	0.070	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.060	0.058	0.057
20.5	0.055	0.070	0.068	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053
21.0	0.051	0.065	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050
21.5	0.048	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046
22.0	0.043	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.044	0.042	0.042
22.5	0.038	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.041	0.040	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037
23.0	0.032	0.039	0.038	0.038	0.037	0.036	0.036	0.035	0.035	0.034	0.033	0.033	0.032	0.032
23.5	0.028	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.029	0.029	0.029	0.028	0.027	0.027
24.0	0.024	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.024	0.023	0.023
24.5	0.020	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020	0.020
25.0	0.017	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017

Original Instruction: T05 0127-1584 VER 02

T05 0127-1584 Ver 02 - Approved- Exported from DMS: 2022-12-06 by PIDEI

7.18 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO6

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO6 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.9
4	94.0
5	94.9
6	97.8
7	100.0
8	100.0
9	100.0
10	100.0
11	100.0
12	100.0
13	100.0
14	100.0
15	100.0

7.19 Power Curves, Sound Optimized Mode S07

Air density [kg/m ³]														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	32	15	17	18	20	21	23	24	26	27	29	31	34	35
3.5	129	78	83	87	91	95	100	105	110	114	119	124	134	140
4.0	288	196	204	213	221	230	238	246	255	263	271	279	296	304
4.5	481	346	358	371	383	395	407	420	432	444	456	469	493	506
5.0	715	529	546	563	580	597	614	631	648	664	681	698	732	749
5.5	999	748	770	793	816	839	861	884	907	930	953	976	1022	1045
6.0	1339	1011	1040	1070	1100	1130	1160	1190	1220	1250	1280	1309	1369	1399
6.5	1725	1312	1350	1388	1425	1463	1500	1538	1575	1613	1650	1688	1762	1799
7.0	2130	1632	1677	1723	1768	1814	1859	1904	1949	1995	2040	2085	2174	2219
7.5	2503	1928	1980	2033	2086	2139	2191	2243	2295	2347	2399	2451	2555	2606
8.0	2857	2208	2267	2327	2386	2446	2505	2564	2622	2681	2740	2799	2915	2974
8.5	3197	2475	2541	2607	2673	2740	2805	2871	2936	3002	3067	3132	3262	3326
9.0	3517	2727	2800	2872	2945	3017	3089	3160	3232	3304	3375	3446	3587	3658
9.5	3820	2967	3045	3124	3202	3280	3358	3435	3513	3590	3667	3743	3895	3971
10.0	4124	3210	3295	3379	3463	3548	3630	3713	3796	3879	3961	4042	4200	4277
10.5	4414	3461	3551	3641	3731	3821	3909	3997	4085	4174	4254	4334	4479	4544
11.0	4667	3726	3822	3918	4013	4109	4196	4282	4369	4455	4526	4596	4719	4772
11.5	4886	4020	4119	4217	4315	4413	4493	4572	4652	4732	4783	4835	4917	4948
12.0	5047	4334	4428	4523	4617	4712	4773	4835	4897	4959	4988	5017	5064	5081
12.5	5163	4634	4716	4797	4879	4961	4999	5037	5075	5113	5130	5146	5172	5181
13.0	5236	4886	4945	5005	5064	5123	5145	5167	5189	5211	5219	5228	5241	5245
13.5	5278	5053	5094	5135	5176	5217	5229	5240	5252	5263	5268	5273	5279	5281
14.0	5302	5177	5200	5223	5246	5269	5275	5282	5289	5296	5298	5300	5302	5302
14.5	5307	5243	5256	5268	5280	5292	5295	5299	5302	5306	5306	5307	5307	5307
15.0	5298	5273	5278	5284	5290	5296	5296	5297	5297	5298	5298	5298	5298	5298
15.5	5279	5271	5273	5274	5276	5278	5278	5278	5278	5278	5279	5279	5279	5279
16.0	5254	5250	5251	5252	5252	5253	5253	5253	5253	5253	5253	5254	5254	5254
16.5	5225	5223	5223	5223	5223	5223	5224	5224	5224	5224	5224	5225	5225	5225
17.0	5194	5193	5193	5193	5193	5193	5193	5193	5193	5193	5194	5194	5195	5195
17.5	5165	5162	5162	5162	5163	5163	5163	5164	5164	5164	5164	5165	5166	5166
18.0	5137	5135	5135	5135	5135	5135	5135	5135	5135	5136	5136	5137	5137	5138
18.5	5111	5108	5108	5108	5108	5108	5108	5109	5109	5110	5110	5110	5111	5112
19.0	5085	5082	5082	5082	5082	5082	5082	5083	5083	5084	5084	5085	5085	5086
19.5	5061	5057	5058	5058	5058	5058	5059	5059	5059	5060	5060	5061	5062	5062
20.0	5039	5035	5036	5036	5036	5037	5037	5037	5038	5038	5038	5039	5039	5040
20.5	5019	5016	5016	5016	5016	5016	5017	5017	5017	5018	5018	5018	5019	5020
21.0	4999	4995	4995	4995	4995	4996	4996	4996	4997	4997	4998	4998	4999	5000
21.5	4962	4943	4944	4946	4947	4949	4951	4952	4954	4956	4958	4960	4963	4965
22.0	4805	4752	4756	4761	4765	4770	4775	4780	4785	4790	4795	4800	4810	4816
22.5	4512	4413	4423	4432	4442	4452	4460	4468	4476	4484	4493	4503	4523	4534
23.0	4063	3946	3957	3968	3978	3989	3998	4008	4017	4026	4039	4051	4075	4086
23.5	3583	3464	3477	3489	3501	3514	3525	3536	3547	3559	3567	3575	3599	3615
24.0	3126	3004	3015	3025	3035	3046	3056	3066	3077	3087	3100	3113	3138	3150
24.5	2696	2599	2608	2617	2626	2636	2645	2654	2663	2673	2681	2688	2707	2717
25.0	2347	2260	2266	2273	2280	2287	2295	2302	2310	2317	2327	2337	2355	2364

7.20 Ct Values, Sound Optimized Mode SO7

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.969	0.980	0.979	0.978	0.977	0.976	0.975	0.974	0.973	0.972	0.971	0.970	0.968	0.967
3.5	0.885	0.893	0.892	0.892	0.891	0.890	0.889	0.889	0.888	0.887	0.886	0.886	0.884	0.883
4.0	0.831	0.846	0.844	0.843	0.842	0.841	0.840	0.839	0.837	0.836	0.834	0.833	0.830	0.828
4.5	0.816	0.825	0.824	0.822	0.821	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816
5.0	0.812	0.811	0.811	0.811	0.811	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812
5.5	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814
6.0	0.813	0.816	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814	0.813	0.813	0.812
6.5	0.794	0.799	0.799	0.798	0.798	0.798	0.797	0.797	0.796	0.795	0.795	0.794	0.793	0.792
7.0	0.735	0.742	0.742	0.741	0.740	0.740	0.739	0.738	0.738	0.737	0.736	0.735	0.734	0.733
7.5	0.656	0.662	0.662	0.661	0.661	0.660	0.660	0.659	0.658	0.658	0.657	0.656	0.655	0.655
8.0	0.587	0.593	0.592	0.592	0.591	0.591	0.590	0.590	0.589	0.589	0.588	0.588	0.587	0.586
8.5	0.529	0.533	0.533	0.533	0.532	0.532	0.531	0.531	0.530	0.530	0.530	0.529	0.528	0.528
9.0	0.477	0.481	0.481	0.480	0.480	0.480	0.479	0.479	0.478	0.478	0.478	0.477	0.477	0.476
9.5	0.432	0.436	0.435	0.435	0.435	0.434	0.434	0.434	0.434	0.433	0.433	0.433	0.432	0.432
10.0	0.395	0.398	0.397	0.397	0.397	0.397	0.396	0.396	0.396	0.396	0.395	0.395	0.394	0.393
10.5	0.360	0.365	0.365	0.365	0.365	0.364	0.364	0.364	0.364	0.363	0.362	0.361	0.358	0.355
11.0	0.327	0.339	0.339	0.338	0.338	0.338	0.337	0.336	0.335	0.334	0.332	0.329	0.324	0.320
11.5	0.295	0.318	0.317	0.316	0.316	0.315	0.313	0.311	0.309	0.307	0.303	0.299	0.291	0.286
12.0	0.265	0.300	0.298	0.297	0.295	0.294	0.290	0.286	0.283	0.279	0.275	0.270	0.260	0.255
12.5	0.237	0.282	0.279	0.276	0.274	0.271	0.266	0.261	0.257	0.252	0.247	0.242	0.232	0.228
13.0	0.212	0.263	0.258	0.254	0.250	0.246	0.241	0.236	0.231	0.226	0.221	0.217	0.207	0.203
13.5	0.190	0.241	0.236	0.232	0.227	0.222	0.217	0.212	0.207	0.203	0.198	0.194	0.186	0.182
14.0	0.170	0.220	0.215	0.210	0.205	0.199	0.195	0.191	0.186	0.182	0.178	0.174	0.167	0.163
14.5	0.153	0.199	0.194	0.189	0.184	0.179	0.175	0.171	0.167	0.163	0.160	0.156	0.150	0.147
15.0	0.137	0.179	0.175	0.170	0.166	0.161	0.158	0.154	0.150	0.146	0.143	0.140	0.135	0.132
15.5	0.124	0.162	0.158	0.154	0.149	0.145	0.142	0.139	0.135	0.132	0.129	0.127	0.121	0.119
16.0	0.112	0.146	0.142	0.139	0.135	0.131	0.128	0.125	0.122	0.120	0.117	0.115	0.110	0.108
16.5	0.102	0.132	0.129	0.126	0.122	0.119	0.116	0.114	0.111	0.108	0.106	0.104	0.100	0.098
17.0	0.093	0.120	0.117	0.114	0.111	0.108	0.106	0.103	0.101	0.099	0.097	0.095	0.091	0.089
17.5	0.085	0.110	0.107	0.105	0.102	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.084	0.082
18.0	0.078	0.101	0.098	0.096	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.077	0.075
18.5	0.072	0.092	0.090	0.088	0.086	0.083	0.082	0.080	0.078	0.076	0.075	0.073	0.071	0.069
19.0	0.066	0.084	0.082	0.081	0.079	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.065	0.064
19.5	0.061	0.078	0.076	0.074	0.073	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.064	0.062	0.060	0.059
20.0	0.057	0.072	0.071	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062	0.060	0.059	0.058	0.056	0.055
20.5	0.053	0.067	0.065	0.064	0.062	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051
21.0	0.049	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.048	0.048
21.5	0.046	0.058	0.057	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.045	0.044
22.0	0.042	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.043	0.041	0.041
22.5	0.037	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.041	0.040	0.039	0.039	0.038	0.037	0.036
23.0	0.032	0.039	0.038	0.038	0.037	0.036	0.036	0.035	0.034	0.034	0.033	0.033	0.032	0.031
23.5	0.027	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028	0.027	0.027
24.0	0.023	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024	0.023	0.023
24.5	0.020	0.023	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020	0.020	0.019
25.0	0.017	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017

7.21 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO7

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO7 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.9
4	94.0
5	94.9
6	97.7
7	99.0
8	99.0
9	99.0
10	99.0
11	99.0
12	99.0
13	99.0
14	99.0
15	99.0

7.22 Power Curves, Sound Optimized Mode S08

Air density [kg/m ³]														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	32	15	17	18	20	21	23	24	26	27	29	31	34	35
3.5	129	78	83	87	91	95	100	105	110	114	119	124	134	140
4.0	288	196	204	213	221	230	238	246	255	263	271	279	296	304
4.5	481	346	358	371	383	395	407	420	432	444	456	469	493	506
5.0	715	529	546	563	580	597	614	631	648	664	681	698	732	749
5.5	999	748	770	793	816	839	861	884	907	930	953	976	1022	1045
6.0	1336	1008	1038	1067	1097	1127	1157	1187	1216	1246	1276	1306	1365	1395
6.5	1698	1292	1329	1366	1403	1441	1477	1514	1551	1588	1625	1662	1735	1771
7.0	2052	1572	1616	1660	1704	1748	1791	1835	1879	1922	1966	2009	2095	2139
7.5	2376	1829	1879	1929	1979	2029	2079	2129	2178	2228	2277	2327	2425	2475
8.0	2687	2073	2129	2186	2242	2298	2354	2409	2465	2521	2576	2631	2742	2797
8.5	2987	2310	2372	2434	2495	2557	2619	2680	2742	2803	2864	2926	3048	3108
9.0	3276	2537	2604	2672	2740	2807	2874	2942	3009	3076	3142	3209	3342	3408
9.5	3550	2752	2825	2898	2971	3045	3117	3190	3262	3335	3406	3478	3621	3692
10.0	3820	2966	3044	3123	3201	3280	3357	3435	3512	3590	3666	3743	3894	3968
10.5	4088	3186	3269	3353	3437	3521	3603	3686	3768	3851	3930	4009	4158	4228
11.0	4323	3413	3502	3591	3680	3769	3853	3938	4022	4107	4179	4251	4383	4444
11.5	4545	3661	3755	3848	3942	4036	4117	4197	4278	4359	4421	4483	4587	4629
12.0	4725	3940	4034	4127	4220	4314	4385	4457	4529	4600	4642	4683	4748	4770
12.5	4856	4230	4318	4406	4493	4581	4633	4684	4735	4787	4810	4833	4870	4885
13.0	4951	4495	4568	4641	4714	4787	4818	4850	4881	4912	4925	4938	4958	4965
13.5	5003	4695	4749	4802	4856	4909	4928	4946	4965	4983	4990	4996	5007	5011
14.0	5036	4842	4878	4915	4951	4988	4997	5006	5015	5024	5028	5032	5037	5038
14.5	5046	4936	4956	4977	4998	5019	5024	5030	5035	5041	5043	5044	5046	5046
15.0	5042	4991	5002	5014	5025	5037	5038	5039	5040	5041	5041	5041	5042	5042
15.5	5027	5000	5006	5013	5019	5025	5025	5026	5026	5026	5026	5026	5026	5027
16.0	5004	4992	4995	4998	5000	5003	5003	5003	5003	5003	5003	5004	5004	5004
16.5	4976	4967	4969	4971	4973	4976	4976	4976	4976	4976	4976	4976	4977	4977
17.0	4948	4943	4944	4945	4946	4948	4948	4948	4948	4948	4948	4948	4948	4949
17.5	4924	4916	4917	4919	4921	4923	4923	4923	4923	4923	4923	4924	4924	4924
18.0	4899	4893	4894	4895	4897	4898	4898	4898	4898	4899	4899	4899	4900	4900
18.5	4873	4866	4867	4868	4869	4870	4871	4871	4871	4871	4872	4872	4873	4873
19.0	4844	4841	4841	4841	4841	4841	4842	4842	4842	4842	4843	4843	4844	4845
19.5	4815	4812	4812	4812	4812	4813	4813	4813	4813	4814	4814	4815	4816	4816
20.0	4791	4788	4788	4788	4789	4789	4789	4789	4790	4790	4790	4790	4791	4791
20.5	4773	4771	4771	4771	4771	4771	4772	4772	4772	4772	4772	4772	4773	4773
21.0	4759	4757	4757	4757	4757	4758	4758	4758	4758	4758	4759	4759	4759	4759
21.5	4739	4735	4735	4736	4736	4737	4737	4737	4737	4738	4738	4739	4740	4741
22.0	4664	4630	4633	4636	4638	4641	4644	4647	4651	4654	4657	4661	4666	4669
22.5	4440	4382	4386	4391	4395	4400	4405	4411	4417	4423	4428	4434	4445	4450
23.0	4055	3963	3971	3978	3986	3994	4001	4008	4016	4023	4034	4045	4062	4069
23.5	3598	3501	3509	3517	3525	3533	3541	3549	3557	3565	3576	3587	3607	3616
24.0	3155	3063	3070	3077	3084	3090	3099	3108	3117	3126	3136	3145	3164	3174
24.5	2744	2662	2669	2676	2683	2690	2698	2706	2714	2722	2729	2737	2755	2765
25.0	2395	2309	2316	2324	2331	2338	2346	2355	2363	2372	2380	2387	2403	2412

7.23 Ct Values, Sound Optimized Mode SO8

Air density kg/m ³														
Wind speed [m/s]	1.225	0.950	0.975	1.000	1.025	1.050	1.075	1.100	1.125	1.150	1.175	1.200	1.250	1.275
3.0	0.969	0.980	0.979	0.978	0.977	0.976	0.975	0.974	0.973	0.972	0.971	0.970	0.968	0.967
3.5	0.885	0.893	0.892	0.892	0.891	0.890	0.889	0.889	0.888	0.887	0.886	0.886	0.884	0.883
4.0	0.831	0.846	0.844	0.843	0.842	0.841	0.840	0.839	0.837	0.836	0.834	0.833	0.830	0.828
4.5	0.816	0.825	0.824	0.822	0.821	0.820	0.819	0.819	0.818	0.818	0.817	0.817	0.816	0.816
5.0	0.812	0.811	0.811	0.811	0.811	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812	0.812
5.5	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.815	0.815	0.815	0.815	0.815	0.814	0.814	0.814	0.814
6.0	0.808	0.811	0.811	0.811	0.811	0.810	0.810	0.810	0.810	0.809	0.809	0.809	0.808	0.808
6.5	0.763	0.769	0.768	0.768	0.767	0.767	0.766	0.766	0.765	0.764	0.764	0.763	0.762	0.761
7.0	0.681	0.688	0.687	0.686	0.686	0.685	0.685	0.684	0.684	0.683	0.682	0.682	0.681	0.680
7.5	0.604	0.609	0.609	0.608	0.608	0.607	0.607	0.606	0.606	0.605	0.605	0.605	0.604	0.603
8.0	0.540	0.544	0.544	0.544	0.543	0.543	0.543	0.542	0.542	0.541	0.541	0.541	0.540	0.539
8.5	0.486	0.489	0.489	0.489	0.488	0.488	0.488	0.487	0.487	0.487	0.486	0.486	0.485	0.485
9.0	0.439	0.442	0.442	0.441	0.441	0.441	0.441	0.440	0.440	0.440	0.439	0.439	0.439	0.438
9.5	0.398	0.401	0.401	0.400	0.400	0.400	0.400	0.399	0.399	0.399	0.399	0.398	0.398	0.398
10.0	0.363	0.365	0.365	0.365	0.364	0.364	0.364	0.364	0.364	0.363	0.363	0.363	0.362	0.362
10.5	0.332	0.334	0.334	0.334	0.334	0.334	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.332	0.330	0.329
11.0	0.302	0.309	0.309	0.309	0.308	0.308	0.308	0.307	0.307	0.306	0.305	0.304	0.300	0.297
11.5	0.275	0.288	0.288	0.288	0.288	0.287	0.286	0.285	0.284	0.282	0.280	0.277	0.271	0.268
12.0	0.248	0.272	0.271	0.270	0.270	0.269	0.267	0.264	0.262	0.260	0.256	0.252	0.244	0.240
12.5	0.224	0.257	0.256	0.254	0.253	0.251	0.247	0.244	0.240	0.237	0.232	0.228	0.219	0.215
13.0	0.201	0.243	0.240	0.237	0.234	0.231	0.227	0.222	0.218	0.214	0.209	0.205	0.197	0.193
13.5	0.180	0.225	0.221	0.218	0.214	0.210	0.206	0.201	0.197	0.192	0.188	0.184	0.177	0.173
14.0	0.162	0.207	0.203	0.199	0.194	0.190	0.186	0.181	0.177	0.173	0.169	0.166	0.159	0.155
14.5	0.146	0.189	0.184	0.180	0.175	0.171	0.167	0.163	0.159	0.156	0.152	0.149	0.143	0.140
15.0	0.131	0.171	0.167	0.163	0.158	0.154	0.151	0.147	0.143	0.140	0.137	0.134	0.128	0.126
15.5	0.118	0.155	0.151	0.147	0.143	0.139	0.136	0.133	0.129	0.126	0.124	0.121	0.116	0.114
16.0	0.107	0.140	0.136	0.133	0.129	0.126	0.123	0.120	0.117	0.114	0.112	0.110	0.105	0.103
16.5	0.097	0.127	0.124	0.120	0.117	0.114	0.111	0.109	0.106	0.104	0.102	0.099	0.096	0.094
17.0	0.089	0.115	0.112	0.109	0.106	0.104	0.101	0.099	0.097	0.094	0.093	0.091	0.087	0.085
17.5	0.082	0.106	0.103	0.100	0.098	0.095	0.093	0.091	0.089	0.087	0.085	0.083	0.080	0.078
18.0	0.075	0.097	0.094	0.092	0.089	0.087	0.085	0.083	0.081	0.080	0.078	0.076	0.073	0.072
18.5	0.069	0.089	0.086	0.084	0.082	0.080	0.078	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.068	0.066
19.0	0.063	0.081	0.079	0.077	0.075	0.073	0.072	0.070	0.069	0.067	0.066	0.065	0.062	0.061
19.5	0.058	0.075	0.073	0.071	0.069	0.068	0.066	0.065	0.063	0.062	0.061	0.060	0.057	0.056
20.0	0.054	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061	0.060	0.059	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052
20.5	0.050	0.064	0.063	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.055	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049
21.0	0.047	0.060	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.046	0.045
21.5	0.044	0.056	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.043	0.043
22.0	0.041	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.042	0.040	0.039
22.5	0.037	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.040	0.039	0.039	0.038	0.037	0.036	0.036
23.0	0.032	0.039	0.039	0.038	0.037	0.036	0.036	0.035	0.034	0.034	0.033	0.033	0.032	0.031
23.5	0.027	0.033	0.033	0.032	0.031	0.031	0.030	0.030	0.029	0.029	0.028	0.028	0.027	0.027
24.0	0.023	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025	0.024	0.024	0.024	0.023	0.023
24.5	0.020	0.024	0.023	0.023	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.021	0.020	0.020	0.020	0.019
25.0	0.017	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017

7.24 Sound Curves, Sound Optimized Mode SO8

Sound Power Level at Hub Height	
Conditions for Sound Power Level:	Measurement standard IEC 61400-11 ed. 3 Maximum turbulence at hub height: 30% Inflow angle (vertical): 0 ±2° Air density: 1.225 kg/m ³
Wind speed at hub height [m/s]	Sound Power Level at Hub Height [dBA] Sound Optimized Mode SO8 (Blades with serrated trailing edge)
3	93.9
4	94.0
5	94.9
6	97.5
7	98.0
8	98.0
9	98.0
10	98.0
11	98.0
12	98.0
13	98.0
14	98.0
15	98.0