REGIONI LIGURIA - PIEMONTE

Comuni:
CASTELVECCHIO DI ROCCA BARBENA(SV): LOCALITA' "MONTE LINGO"
GARESSIO (CN): LOCALITA' "ORTICO"

PROGETTO DEFINTIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA 2 AEROGENERATORI

Sezione 5:
ELABORATI PROGETTUALI SISTEMA ELETTRICO

Titolo elaborato:
RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO SUGLI IMPIANTI ELETTRICI

N. Elaborato 5.4 Data: FEBBRAIO 2012

Committente

Via Nazionale, 2
25052 Piancogno (BS)
p.iva 00814870986

Rappresentante Legale
Dott. Elio Rosario Gheza

Progettazione

Via A. De Gasperi, 32
82018 San Giorgio del Sannio (BN)
p.i. 01465940623

Progettista
Dott. Ing. Vittorio Iacono

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI NAPOLI
DOTT. ING.
IACONO VITTORIO
SEZIONE A
SETTORI: CIVILE E AMBIENTALE - INDUSTRIALE - DELL'INFORMAZIONE
N° ISCRIZ.:
13366

00	FEB 2012	MO		P.S.E	DN		Richiesta A.U. – DLgs 387/03
REV.	DATA	sigla	firma	responsabile	sigla	firma	DESCRIZIONE
		REDAZIONE		CONTROLLO-EMISSIONE			

INDICE

1. PREMESSA 3
2. SISTEMA ELETTRICO 3
   2.1 Descrizione sintetica del sistema elettrico 3
   2.2 Cabina di consegna 3
3. CALCOLO IMPIANTI 4
   3.1 Generalità 4
4. IMPIANTO DI TERRA 4
   4.1 Condizioni operative e vincoli 4
   4.2 Metodo di calcolo 5
   4.3 Modalità di calcolo 6
   4.4 Calcolo impianto cabina di consegna 8
   4.5 Calcolo impianto di torre 8
5. CAVIDOTTO MT E COMPONENTI ELETTRICI 9
   5.1 Condizioni operative e vincoli 9
   5.2 Modalità di calcolo 9
   5.3 Interpretazione dei risultati 10
   5.4 Caratteristiche elettriche dei componenti l'impianto 10
   5.5 Risoluzione del problema del load flow 11
   5.6 Risoluzione del problema del corto circuito 12
6. SCELTA DEI COMPONENTI 13
   6.1 Cavi 13
   6.2 Quadri elettrici 14
   6.3 Interruttori 14
   6.4 Sezionatori 15
   6.5 Trasformatori di corrente (TA) per misure e protezioni 15
   6.6 Trasformatori di tensione (TV) per misure e protezioni 15
   6.7 Contatori 16

ALLEGATO 1: Cabina di consegna 17

ALLEGATO 2: Plinto Torre 18

ALLEGATO 3: Schema semplificato rete con calcoli di Load Flow 19

1. PREMESSA

La presente relazione, illustra il calcolo preliminare degli impianti elettrici per il parco eolico ubicato in località localita' "MONTE LINGO" nel comune di Castelvecchio Rocca Barbena (SV).

L'analisi prevede di determinare le caratteristiche elettriche generali dei componenti con i quali si realizza l'impianto, quali i cavi, i quadri, gli interruttori, i sezionatori, i trasformatori di misura e protezione, i contatori. Sono state altresì determinate le caratteristiche degli impianti di terra, mentre si è trascurato il dimensionamento degli impianti ausiliari di cabina (illuminazione interna, riscaldamento, alimentazione dei relè, resistenza anticondensa ecc. ecc.).

Segue una descrizione sintetica del sistema elettrico e delle parti di impianto che saranno calcolate, le modalità di calcolo e la scelta dei componenti.

Suddivideremo l'analisi in due fasi, la prima che riguarda il calcolo e /o verifica degli impianti di terra e la seconda che esamina il cavidotto di collegamento e le apparecchiature elettriche.

2. SISTEMA ELETTRICO

2.1 Descrizione sintetica del sistema elettrico

L'impianto eolico di Castelvecchio Di Roccabarbena, è costituito da 2 aerogeneratori da 850 kW di potenza nominale.

Più in dettaglio l'impianto presenta:

- 2 aerogeneratori;
- due cabine di trasformazione MT/BT interne alla torre;
- un cavidotto interrato in media tensione a 15 kV, per il collegamento entra-esce con il secondo aerogeneratore;
- un cavidotto interrato in media tensione a 15 kV, per il trasferimento dell'energia dall'aerogeneratore alla cabina di consegna;
- 1 cabina di consegna;
- Un cavidotto interrato in media tensione a 15 kV per il collegamento diretto al quadro MT di consegna in cabina secondaria esistente;

Lo schema semplificato di rete, allegato alla presente relazione, illustra la sezione di utenza dell'impianto ed i risultati del calcolo di Load-Flow.

2.2 Cabina di consegna

L'energia prodotta da tutti gli Aerogeneratori viene immessa nella Rete di Distribuzione attraverso la consegna in cabina secondaria esistente tramite la costruzione di una cabina di consegna dell'energia prodotta ubicata nel territorio del Comune di Garessio (CN).

All'interno del locale Utente saranno predisposti i quadri MT per l'arrivo delle linee elettriche in cavo provenienti dagli aerogeneratori. Il locale Misure comprenderà i complessi per la misura

dell'energia immessa in rete; Il locale Enel, sarà completo delle apparecchiature MT per la connessione con la rete di distribuzione locale.

3. CALCOLO IMPIANTI

3.1 Generalità

Per gli impianti citati, ci occuperemo del dimensionamento degli impianti di terra della torre, e di quello della cabina di consegna, del dimensionamento del cavidotto di collegamento e delle apparecchiature di media tensione presenti nella cabina di consegna. Non prenderemo in considerazione l'aerogeneratore e la cabina di macchina, perché saranno fornite dal costruttore già calcolate ed in relazione al livello di tensione richiesto dalla committenza.

E' prevista inoltre la realizzazione della sezione di rete dell'impianto di connessione, costituita dalle apparecchiature MT nel locale Enel da una linea elettriche interrata di raccordo con il locale utente.

L'impianto di rete per la connessione verrà dimensionato a partire dalle indicazioni tecniche riportate dalla Società Distributrice nella Soluzione Tecnica Minima Generale elaborata per l'impianto in esame.

Verranno quindi presi in considerazione, ai fini della soluzione progettuale proposta, gli Standard Unificati ENEL per la realizzazione degli impianti di connessione in MT, le specifiche indicate nella "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione", nonché la norma CEI 0-16 di riferimento per la connessione alle reti delle Società Distributrici.

In particolare, per l'impianto in oggetto, saranno previsti:

- una linea in cavo interrata costituite da conduttori in alluminio (3x1x95 mm^2 - ARE4H1RX);

tale linea si collega direttamente alla rete di Distribuzione attraverso la connessione al quadro MT posto in cabina secondaria esistente.

4. IMPIANTO DI TERRA

4.1 Condizioni operative e vincoli

Come già detto sono presenti due impianti di terra elettricamente indipendenti tra loro, uno relativo alla turbina ed uno relativo alla cabina di consegna.

Per i calcoli elettrici relativi all'impianto di terra della **cabina di consegna** si considerano le seguenti condizioni:

- stato del neutro: compensato;
- corrente di corto circuito monofase cabina di consegna: 40 A;
- tempo di eliminazione del guasto: 10 s;

- caratteristiche del terreno : Argilloso con poca sabbia leggera e senza pietre ρ=50 Ω per metro;

Per i calcoli elettrici relativi all'impianto di terra della **turbina** si considerano le seguenti condizioni:

- geometria del dispersore : omologato costruttore turbine " circolare ";
- diametro del dispersore : 10 m;
- caratteristiche del terreno : Argilloso con poca sabbia leggera e senza pietre ρ=50 Ω per metro;

4.2 Metodo di calcolo

Per il dimensionamento degli impianti di terra in media tensione, utilizzeremo un metodo di analisi, che prevede di limitare il valore della tensione totale di terra U_E ad un valore inferiore a quello ammissibile per normativa. Qualora tale valutazione porta a dei risultati non validi, non è detto che l'impianto di terra non sia adeguato o conforme, bisogna approfondire l'analisi determinando i valori delle tensioni contatto e di passo all'interno dell'impianto (nei punti più critici) e verificando che gli stessi siano inferiori ai valori ammissibili.

I valori ammissibili della tensione di contatto U_{TP}, dovuti a guasti a terra, sono tratti dalla Fig.9.1 " tensioni di contatto ammissibili U_{TP} per correnti di durata limitata" della norma CEI 11-1. Tali valori sono stati determinati considerando mano nuda e piedi nudi. E' permesso utilizzare anche la Fig C-2 "esempi di curve $U_{STP} = f(t_F)$ per resistenze aggiuntive diverse $R_a=R_{a1}+ R_{a2}$" fornita dall'allegato C della norma CEI 11-1, nei quali si considerano resistenze aggiuntive dovute a calzature (Ra1) e materiali isolanti della superficie calpestata R_{a2}.

La U_{STP} rappresenta la differenza di potenziale che agisce come una sorgente di tensione nel circuito di contatto, di valore limitato, che garantisce la sicurezza di una persona quando faccia uso di resistenze aggiuntive di valore noto. Naturalmente La U_{STP} è uguale alla U_{TP} quando non si considerano le resistenze aggiuntive.

Criterio 1

L'impianto di terra si dimensiona limitando la tensione totale di terra (U_E). Per centrali, stazioni e cabine degli enti distributori, si può limitare il valore della resistenza di terra R_E in modo che sia verificata una delle seguenti condizioni:

1. la tensione totale di terra assunta dal dispersore sia inferiore ad 1,5 volte la tensione di contatto ammessa (U_{TP}), ($U_E \leq 1{,}5 \cdot U_{TP}$) in relazione al tempo di intervento della protezione (t_F);

2. la tensione totale di terra è minore o uguale a 4 volte la tensione di contatto ammessa in relazione al tempo di intervento della protezione ($U_E \leq 4 \cdot U_{TP}$), purché in aggiunta siano adottati i provvedimenti dettagliati nell'allegato D della norma CEI 11-1.

Qualora nessuna delle due condizioni sia verificata, non è detto che l'impianto non vada bene, si deve approfondire l'analisi con il criterio 2.

Criterio 2

Si verifica che sull'impianto di terra, in corrispondenza della massima corrente di guasto, non si abbiano, in nessuno dei punti accessibili interni ed esterni all'impianto tensioni di contatto e di passo che superino i valori ammissibili. Il dimensionamento può essere effettuato secondo due diversi metodi:

1. Valutando le tensioni pericolose nel campo di potenziale creato dal dispersore in presenza dell'uomo, considerato assimilabile ad una resistenza di 1000 Ω, verificando che esse non superino i valori ammissibili per la tensione di contatto e per la tensione di passo.
2. Valutando le tensioni pericolose nel campo di potenziale creato dal dispersore in assenza dell'uomo, cioè a vuoto. In tal caso le norme fissano altri limiti ammissibili, denominati U_{STp} per la tensione di contatto a vuoto e U_{SSP} per la tensione di passo a vuoto.

Nel primo caso le condizioni di sicurezza si ottengono qualora i valori di tensione di contatto U_T e di passo U_S misurate nelle maglie d'angolo della penultima fila di maglie, siano inferiori rispettivamente a U_{TP} e a $3 \cdot U_{TP}$. Nel secondo caso, invece, le condizioni di sicurezza si ottengono qualora le tensione di contatto a vuoto massima U_{ST} e di passo U_{SS} misurate nelle maglie d'angolo della penultima fila di maglie, siano inferiore rispettivamente a U_{STP} e a $3 \cdot U_{STP}$. Se il punto 2 risulta verificato, è verificata automaticamente anche il punto 1. Pertanto in seguito ci riferiremo solo alla seconda ipotesi.

4.3 Modalità di calcolo

Per il calcolo dell'impianto di terra si ricorre ad un software specifico, il quale una volta noti i valori di resistività del terreno, corrente di guasto a terra, tempo di eliminazione del guasto, tipo di alimentazione della stazione, è in grado di determinare:

- le curve di sicurezza e valori limiti delle tensioni di contatto ammissibili;
- la corrente di terra e relativi coefficienti di riduzione;
- i valori della resistenza di terra di qualunque dispersore con geometria semplice o complessa interrato ad una certa profondità, in un terreno omogeneo di data resistività;

- l'andamento del potenziale sul terreno e valori delle tensioni di contatto a vuoto massime su qualunque direttrice del dispersore;

Tale programma utilizza un metodo analitico chiamato del "frazionamento dell'area disperdente" o di "Maxwell" che presenta le seguenti ipotesi semplificative:

- tutti i punti di un dispersore hanno una resistività trascurabile rispetto a quella del mezzo circostante;
- tutti i punti si portano allo stesso potenziale;
- la densità di corrente erogata è variabile da punto a punto;
- il terreno è considerato omogeneo.

Tutte le valutazioni sono in conformità alla norma CEI 11-1 e guida CEI 11-37.

Va inoltre considerato che dagli studi effettuati sui dispersori, in relazione alla resistenza di terra, si sono avuti i seguenti risultati:

- la lunghezza del dispersore influisce in maniera sensibile;
- la profondità di interramento influisce in maniera modesta;
- la sezione del conduttore influisce in maniera trascurabile.

Dal punto di vista operativo si procederà nel seguente modo:

- introduzione dei dati di progetto,
- determinazione delle curve di sicurezza e limiti delle tensioni ammissibili;
- determinazione della corrente di terra;
- ipotesi di geometria del dispersore con sezione dei conduttori superiori a quelli limiti imposti dalla normativa;
- calcolo della resistenza di terra, tensione totale di terra, tensione di contatto massima a vuoto e profili di tensione;
- verifica dei limiti normativi criterio 1, e se non verificato criterio 2 (verifichiamo solo il secondo punto ai fini della sicurezza);

Il modo di procedere sarà iterativo ovvero si considera una data geometria del dispersore con determinate sezioni minime. Si valutano la tensione totale di terra, e la tensione di contatto a vuoto e i profili di tensioni su varie sezioni dell'impianto, si confrontano con quelle ammissibili utilizzando prima il criterio 1 e se non sufficiente, successivamente il criterio 2. Se nessuno dei due criteri risulta soddisfatto si interviene nuovamente sulla geometria del dispersore (es per dispersori rettangolari a maglie quadrate, si infittisce il numero delle maglie) e si determinano nuovamente i valori delle tensioni da confrontare con quelli limiti.

Il progetto si ritiene concluso quando dopo una serie di verifiche i valori calcolati risultano inferiori a quelli limiti.

4.4 Calcolo impianto cabina di consegna

Per la cabina di consegna si effettuerà la scelta delle caratteristiche e della geometria del dispersore più idoneo che sia in grado di soddisfare quanto detto nel paragrafo precedente.

Dal tempo di intervento del dispositivo di protezione si determina sulla figura 9-1 della norma CEI 11-1 la tensione di contatto (U_T) pari a 80 V.

Per avere le condizione di sicurezza è sufficiente che la tensione totale di terra assunta dal dispersore $U_E \leq 1.5 \cdot U_{TP}$ sia inferiore 120 V. (allegato 1- valori ammissibili Utp)

Si considera un dispersore rettangolare con corda di rame di 35 mmq ed interrato a 0,5 m con 4 picchetti ai vertici del dispersore rettangolare, (allegato1- geometria del dispersore)

La resistenza di terra vale 1.6 Ω e le tensione totale di terra è pari 38 V inferiore ai 120 V limiti imposti dalla normativa. (allegato 1- profilo di tensione 1, 2 e 3).

4.5 Calcolo impianto di torre

Per l'impianto di torre verrà effettuato il calcolo nelle seguenti ipotesi:

- stato del neutro: compensato;
- corrente di corto circuito monofase cabina di consegna: 40 A;
- tempo di eliminazione del guasto: 10 s;
- caratteristiche del terreno : Argilloso con poca sabbia leggera e senza pietre ρ=50 Ω per metro;

si è effettuato il calcolo ipotizzando un dispersore di tipo circolare con D pari a 10 m; nella simulazione col software di calcolo si è con buona approssimazione considerato un anello di tipo esagonale; esso è realizzato con corda di rame da 50 mmq interrato ad una profondità 0,5 m.

Si è riscontrato un valore della tensione di terra pari a 73 V che confrontato con il valore della tensione di contatto ammissibile pari a 80 V si è verificata la relazione: $U_E \leq U_{TP}$.

La valutata è pari a 3,06 Ω.

Tenendo conto delle condizioni operative si ottiene una resistenza di terra R_E di 3,06 Ω.

Da queste considerazioni si evince che il dispersore circolare costruito con corda di rame da 50 mmq e diametro di 10 m rispetta le caratteristiche imposte dal costruttore. Una geometria più complessa ed una sezione più grande di 50mmq, così come indicata nel progetto, non fa altro che diminuire i valori di resistenza di terra e migliorare i valori di tensioni di passo e contatto.

5. CAVIDOTTO MT E COMPONENTI ELETTRICI

5.1 Condizioni operative e vincoli

Per i calcoli elettrici relativi ai cavidotti MT si considerano le seguenti condizioni:

- di carico:
  - generatore a piena potenza 850 kW;
  - Fattore di potenza 0.95;
  - Tensione nominale 15 kV;
- Di posa dei conduttori:
  - Tipologia di posa: direttamente interrati;
  - Profondità di posa: 1.20 m;
  - temperatura del terreno: 20°C;

si considerano i seguenti vincoli, imposti dal corretto funzionamento degli impianti e dalla scelta della soluzione più economica:

- massima caduta di tensione per collegamento tra torre e cabina di consegna $\Delta V=1\%$;
- tempo di intervento protezione t=1 s;
- massime perdite ammesse 5%;
- massimo carico previsto per il cavo 95%.

5.2 Modalità di calcolo

Le modalità con cui saranno eseguiti i calcoli sono di verifica, infatti dopo aver modellato il sistema con i parametri dei generatori, dei trasformatori, si introducono i parametri dei cavi e si risolve il problema del load flow con il metodo di Newton – Raphson e si verifica se sono rispettati i vincoli imposti sulla portata, caduta di tensione, perdite di potenze , etc.

La portata dei cavi in regime permanente viene determinata utilizzando la seguente espressione:

$$I_z=I_0 x K_1 x K_2 x K_3$$

Dove con I_0 si indica la portata dei conduttori isolati in gomma E4, unipolari interrati direttamente, tali portate sono state calcolate in base alla norma IEC 60287 per le seguenti condizioni:

- temperatura del terreno: 20°C;
- profondità di posa: 1.20 m;
- resistività termica del terreno: 1 K*m/W;
- schermi metallici collegati fra loro e messi a terra ad entrambe le estremità;

Si indica con:

K_1= coefficiente che tiene conto della temperatura ambientale per posa in terra;

K_2= coefficiente che tiene conto della profondità di posa;

K_3=coefficiente che tiene conto delle condizioni di posa (più cavi o tubi affiancati);

I coefficienti relativi a K_1, K_2 e K_3 sono in parte tratti dalla tabella CEI UNEL 35027 e in parte ricavati da cataloghi dei costruttori e testi di impianti elettrici.

Il processo è iterativo, se uno dei vincoli imposti non è rispettato si maggiora la sezione dei cavi, e si risolve di nuovo il problema.

Questa operazione sarà realizzata tante volte fino a quando tutti i vincoli sono stati rispettati.

Per la scelta delle caratteristiche delle apparecchiature elettriche e per la scelta definitiva dei cavi, si risolve sulla rete precedentemente modellata (con i cavi che rispettano tutti i vincoli imposti), il problema del corto circuito con la norma IEC 60909 equivalente alla norma CEI 11-25.

Risolto il problema del corto circuito, si verifica se tutti i cavi precedentemente scelti, sono in grado di sostenere la corrente presunta di corto circuito per un secondo. Se si verifica che una data linea non è in grado di sostenere il corto circuito, si maggiora la sezione e si procede di nuovo alla verifica, il tutto fino a quando i risultati sono coerenti.

Dall'analisi dei valori ottenuti dalla risoluzione dei problemi del load flow e del corto circuito, si passa alla scelta dei quadri elettrici e dei componenti di protezione, manovra e misura (interruttori, sezionatori, TA, TV, relé ecc.)

5.3 Interpretazione dei risultati

Nelle tabelle che seguono sono riassunti i risultati di calcolo del problema del load flow e del corto circuito.

Nelle colonne viene indicato con la sigla **N** ___ l'elemento nodo in bassa tensione, con la sigla **A**___ l'elemento nodo in media tensione, con la sigla **GA**___ l'elemento generatore, con la sigla **T**___ l'elemento trasformatore e con la sigla **L**___ l'elemento Linea.

Per ogni uno di questi elementi ci sono indicati i parametri elettrici corrispondenti e i risultati salienti dei calcoli.

5.4 Caratteristiche elettriche dei componenti l'impianto

Sono di seguito raccolti i dati caratteristici degli elementi che formano l'impianto, utilizzati nei calcoli. Sono presentati, nell'ordine, dati di:

- generatore sincrono (aerogeneratore);
- rete di distribuzione;
- trasformatore MT/BT.

Generatore Asincrono	
Un [kV]	0,690
Pn [kW]	850,0
In [A]	711
Icc [kA] - max	15 kA

Rete (valori previsionali)	
Un [kV]	15
Icc trifase max [kA]	12,5
Icc monofase max [kA]	0,1

Trasformatore MT/BT	
Un1 [kV]	15
Un2 [kV]	0,690
Sr [MVA]	1
Ukr [%]	6
Pfe [kW]	2,6
Gruppo	Dyn5

5.5 Risoluzione del problema del load flow

Nella tabella n°1 sono presenti i nodi, le linee dell'impianto, seguite dalla tipologia di materiale, dalla sezione, dalla corrente che passa nel conduttore e dalla caduta di tensione massima e dal tempo massimo che il cavo è in grado di sostenere il corto circuito. Nelle colonne tmax dove non è segnato il valore del tempo, vuol dire che il cavo è in grado di sostenere il corto circuito per un tempo indefinito.

Tabella 1- verifica caduta di tensione

IMPIANTO EOLICO CRB01 - VERIFICA CADUTA TENSIONE								
node 1	**node 2**	**Element name**	**mat**	**n**	**sec [mm²]**	**I [A]**	**ΔUn [%]**	**tmax [s]**
A2	A1	L2-1	Al	1	95	163,7	0,02	1,519
A1	CONSEGNA	L1-CAB	Al	1	95	163,7	0,60	0,274

Nella tabella n°2 sono presenti le linee, i trasformatori, i generatori sono indicate le potenze in transito o prodotte, la percentuale di carico del conduttore, e le perdite.
Per i trasformatori sono individuate sia le perdite nel ferro che le perdite nel rame relative alla condizione di carico a piena potenza.

Tabella 2- calcolo del load flow -perdite di potenza

IMPIANTO EOLICO CRB01 - LOAD FLOW						
Element	**Type**	**P**	**I**	**Loading**	**P Loss**	**P Fe**
name		**kW**	**kA**	**%**	**kW**	**kW**
L1-CAB	Line	1684,97	0,065	39,47	10,318	
L2-1	Line	842,61	0,032	19,73	0,254	
Rete MT	Feeder	1674,65	0,065			
T1	2W Transformer	850	0,702	83,9	7,391	0
GA1	Asynchronous Machine	-850	0,702			

T2	2W Transformer	850	0,702	83,88	7,386	0
GA2	Asynchronous Machine	-850	0,702			

Tabella 3 - sommario load flow

IMPIANTO EOLICO CRB01 - SOMMARIO			
Un	**P Loss Line**		**P Loss Transformer**
kV	**kW**		**kW**
15	10,57		14,78

WET	P TOT	P TOT Loss	
N	**kW**	**kW**	**%**
2	1700	25,35	1,49%

Tutti gli elementi sono riportati nell'allegato Load Flow grafico.

5.6 Risoluzione del problema del corto circuito

Nella tabella n°4 e 5 sono individuati i nodi presenti sulle linee e i relativi valori di corto circuito trifase e monofase. Si deve notare che le apparecchiature di media tensione e soprattutto i quadri dovranno avere una tenuta al corto circuito superiore a 12,752kA, in quanto il valore di corrente più elevato pari a 12,752 kA è stato riscontrato sul nodo in cabina.

Tabella 4 - corto circuito trifase

IMPIANTO EOLICO CRB01 - GUASTO TRIFASE MASSIMO									
Fault location	**Un**	**Ik"(RST)**	**ip(RST)**	**Ib(RST)**	**Ik(RST)**	**Ith(RST)**	**iDC(RST)**	**Ib asy(RST)**	**Method**
	kV	**kA**	**kA**	**kA**	**kA**	**kA**	**kA**	**kA**	
CONSEGNA	15	12,752	35,827	12,673	12,500	16,582	15,876	20,314	IEC60909
A2	15	6,921	10,887	6,816	6,672	6,937	0,000	6,816	IEC60909
A1	15	7,303	11,637	7,158	7,039	7,320	0,000	7,158	IEC60909
N2	0,69	17,591	36,740	15,920	13,912	16,253	0,021	15,920	IEC60909
N1	0,69	17,633	36,99	15,966	13,957	16,298	0,023	15,966	IEC60910

Tabella 5 - corto circuito monofase

IMPIANTO EOLICO CRB01 - GUASTO MONOFASE MASSIMO									
Fault location	**Un**	**Ik"(RST)**	**ip(RST)**	**Ib(RST)**	**Ik(RST)**	**Ith(RST)**	**iDC(RST)**	**Ib asy(RST)**	**Method**
	kV	**kA**	**kA**	**kA**	**kA**	**kA**	**kA**	**kA**	
CONSEGNA	15	0,13	0,364	0,13	0,13	0,169	0,161	0,207	IEC60909
A2	15	0,129	0,203	0,129	0,129	0,129	0	0,129	IEC60909
A1	15	0,129	0,206	0,129	0,129	0,13	0	0,129	IEC60909
N2	0,69	17,037	35,583	17,037	17,037	17,152	0,02	17,037	IEC60909
N1	0,69	17,062	35,792	17,062	17,062	17,179	0,023	17,062	IEC60910

6. SCELTA DEI COMPONENTI

Alla luce dei risultati ottenuti dalle simulazioni della rete è possibile individuare le caratteristiche principali dei componenti elettrici dell'impianto relativi alla media tensione e precisamente alle apparecchiature nella cabina di consegna.

Le apparecchiature di bassa tensione presenti all'interno dei generatori, vengono calcolate dal produttore di turbine e vengono acquistate dal produttore di energia per il livello di tensione opportuno e pertanto già sono in grado di reggere il relativo corto circuito trifase e monofase.

Tutti i componenti sono caratterizzati da valori superiori ai risultati delle simulazioni nelle seguenti grandezze:

- tensione nominale (Ur) e tensione massima (Um);
- livello di isolamento (tensione di tenuta a 50 Hz e ad impulso);
- corrente nominale (Ir);
- corrente nominale di breve durata ammissibile (Ik);
- durata nominale di cortocircuito (tk).

I valori unificati (valori normali) delle grandezze sopraindicate per le apparecchiature elettriche in media tensione sono:

Tensioni nominali e massime

- Valori di tensione nominali (kV): 3 6 10 15 20 30
- Valori di tensione massimi (kV): 3,6 7,2 12 17,5 24 36

Livello di isolamento

In relazione alla tensione nominale sono stabilite:

- la tensione di tenuta a frequenza industriale Ud (kV): 10 (Ur=3 kV);20 (Ur=6kV); 28(Ur=10 kV); 38 (Ur=15 kV); 50 (Ur=20 kV); 70 (Ur=30 kV).
- la tensione di tenuta ad impulso Up (1,2/50 μs) (kV):40 (Ur=3 kV); 90 (Ur=6kV); 75(Ur=10 kV); 95 (Ur=15 kV); 125 (Ur=20 kV); 170 (Ur=30 kV).

Corrente nominale

I valori normalizzati delle correnti nominali in media tensione sono (A):

400 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 3150

Corrente nominale di breve durata e durata nomale di cortocircuito

I valori normalizzati delle correnti nominali di breve durata sono (kA):

8 10 12,5 16 20 25

6.1 Cavi

La scelta dei cavi per la connessione elettrica tra gli elementi della rete deve tener conto, in uno stadio preliminare dell'analisi, principalmente dei vincoli tecnici sulla portata (almeno

uguale alla corrente di impiego), sulle perdite totali, sulla resistenza alle correnti di cortocircuito, e sulle cadute di tensione.

Si può notare osservando la tabella n°1, n°2 e n°3 che:

- la linea non supera i vincoli imposti per quanto riguarda la caduta di tensione;
- la linea presenta dei tempi massimi di intervento inferiori a un 1 s.
- la linea non risulta sovraccaricata ad un valore superiore del 39.47%.
- Le perdite globali sono contenute al 1.49 %;

Si dovrà utilizzare un livello di isolamento che prevede una tensione nominale di 15 kV ed una tensione massima di 17.5 kV.

6.2 Quadri elettrici

Dalla scelta iniziale sulla tensione nominale del sistema, dall'analisi delle tabelle del load flow e del corto circuito, si dovranno scegliere quadri con le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale: 15 kV;
- tensione massima: 17.5 kV;
- tensione di tenuta a frequenza industriale: 38 kV
- tensione di tenuta ad impulso: 95 kV

Quadri MT in cabina di consegna

- corrente nominale di breve durata CONSEGNA: superiore 12,575 kA;
- corrente nominale delle sbarre principali RETE MT:> 65 A;
- corrente nominale delle sbarre secondarie;
    - linea L1-CAB:>65 A;

6.3 Interruttori

Specifiche funzionali degli interruttori:

- Tensione nominale (Ur) almeno uguale alla tensione massima del sistema elettrico (Um);
- Corrente nominale (Ir) almeno uguale alla corrente di intervento del relè di massima La durata normale di cortocircuito (tk) è in genere un secondo; altri valori raccomandati sono (s): 0,5 – 2 - 3 corrente ritardato, a sua volta maggiore della corrente di impiego del circuito (Ib);
- Potere di interruzione (Isc) almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione;

Specifiche tecniche degli interruttori scelti:

elemento	Ur [kV]	Corrente Nominale [A]	Ik [kA]
Interruttore A1-CONSEGNA	17.5	>65	16

6.4 Sezionatori

Specifiche funzionali dei sezionatori:

- tensione nominale (Ur) almeno uguale alla tensione massima del sistema;
- corrente nominale di breve durata (Ik) almeno uguale alla corrente presunta di cortocircuito (trifase simmetrica) nel punto di installazione, e durata nominale di cortocircuito (tk) almeno uguale al tempo di interruzione della corrente di cortocircuito dei dispositivi di protezione;
- corrente nominale (Ir) almeno uguale alla corrente di intervento del relè di massima corrente ritardato.

Specifiche tecniche dei sezionatori scelti:

elemento	Ur [kV]	Corrente Nominale [A]	Ik [kA]	tk [s]
Sezionatore A1-CONSEGNA	17.5	>65	16	>>1

6.5 Trasformatori di corrente (TA) per misure e protezioni

Specifiche funzionali dei TA:

- Corrente nominale primaria (Ipn) deve essere uguale o superiore alla corrente di sovraccarico prevedibile nell'impianto per i trasformatori di protezione, mentre deve essere uguale o superiore all'83% della corrente massima nel punto di inserzione per i trasformatori di misura;
- Corrente nominale secondaria (Isn) scelta tra (1 A, 2 A e 5 A) in funzione di (In);

Specifiche tecniche dei TA scelti:

elemento	Ur [kV]	IPn[A]	Isn [A]	Classe di precisione TA di protezione
TA A1-CONSEGNA	17.5	>65	5	5P30

Tutti i trasformatori di corrente ad uso fiscale dovranno avere le seguenti classi di precisione:

- media tensione 0,2;
- bassa tensione 0,5;

6.6 Trasformatori di tensione (TV) per misure e protezioni

Specifiche funzionali dei TV:

- Tensione nominale prescritta per l'avvolgimento primario pari a Un/√3 (inserzione fase-terra) oppure pari a Un (inserzione fase-fase);
- Tensione nominale prescritta per l'avvolgimento secondario pari a 100/√3 V (inserzione fase-terra) o 100 V (inserzione fase-fase);

Specifiche tecniche dei TV scelti:

elemento	Upn [kV]	Usn [kV]	Classe di precisione
TV misura	17,5	0,058	0,2
TV protezione	17,5	0,058	3P

6.7 Contatori

Specifiche funzionali dei contatori:

- contatore statico di tipo numerico e non ad impulsi;
- corrente nominale pari a 1 A o 5 A, scelta coerentemente con la corrente nominale secondaria dei TA;
- tensione nominale pari a 100/√3 V nel caso di inserzione dei TV tra fase e terra, o pari a 100 V nel caso di inserzione dei TV tra fase e fase;

Specifiche tecniche dei contatori scelti:

elemento	In [A]	Un [kV]	Classe di precisione
contatore	5	0,058	0,5 P_{att} / 0,2 P_{reatt}

ALLEGATO 1: Cabina di consegna

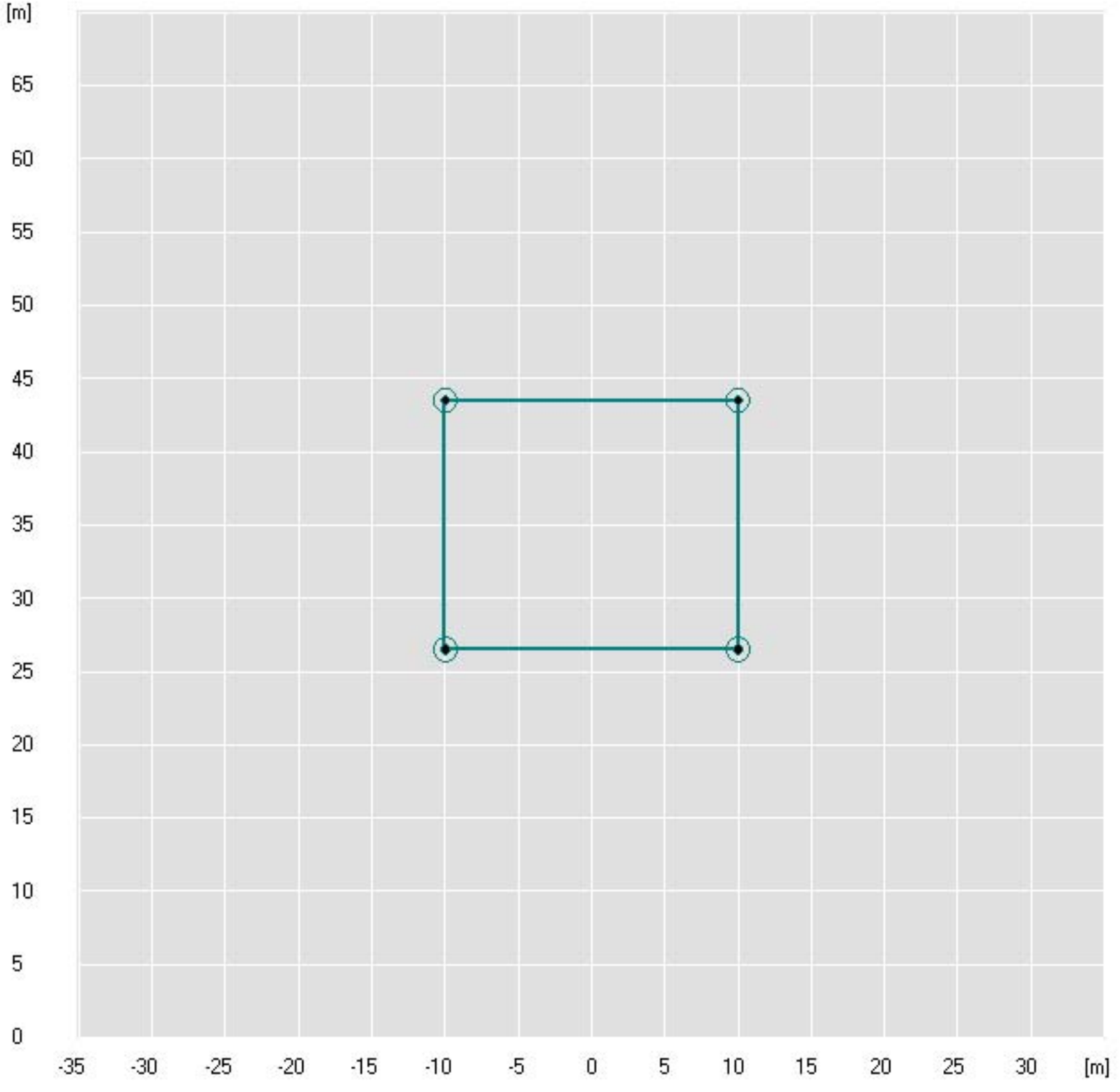
Valori di tensioni ammissibili

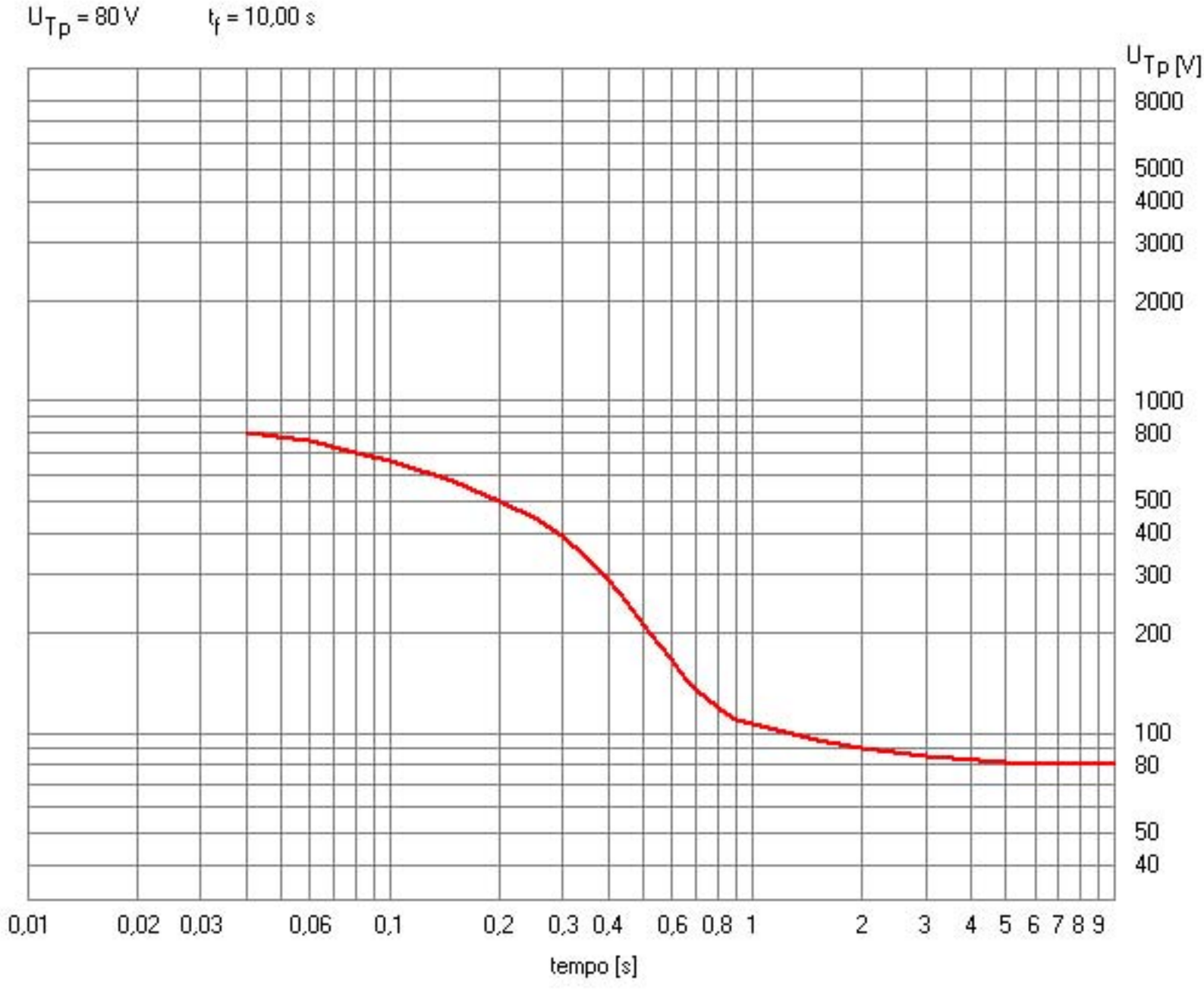
Geometria del dispersore

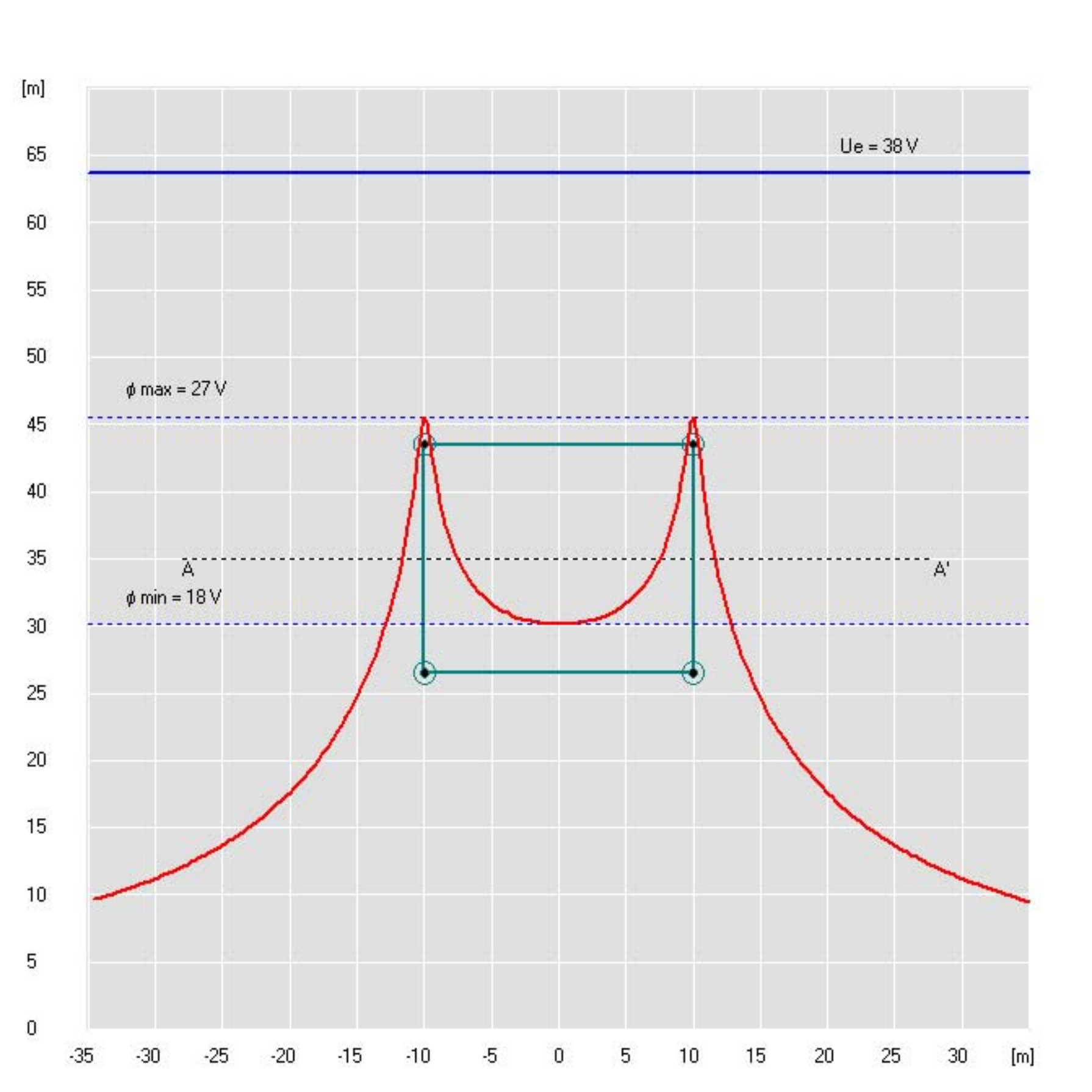
Profilo di tensione 1- orizzontale

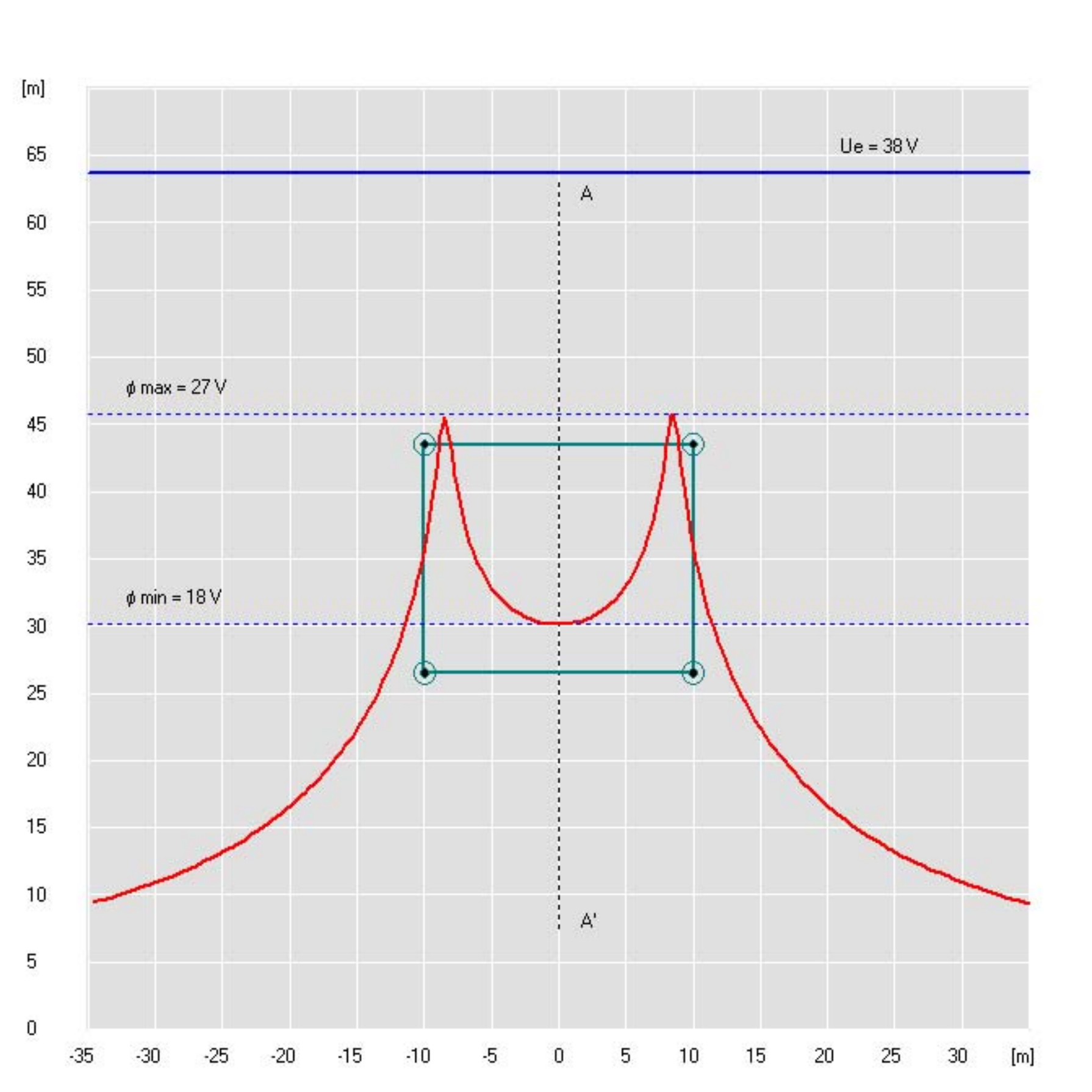
Profilo di tensione 2- verticale

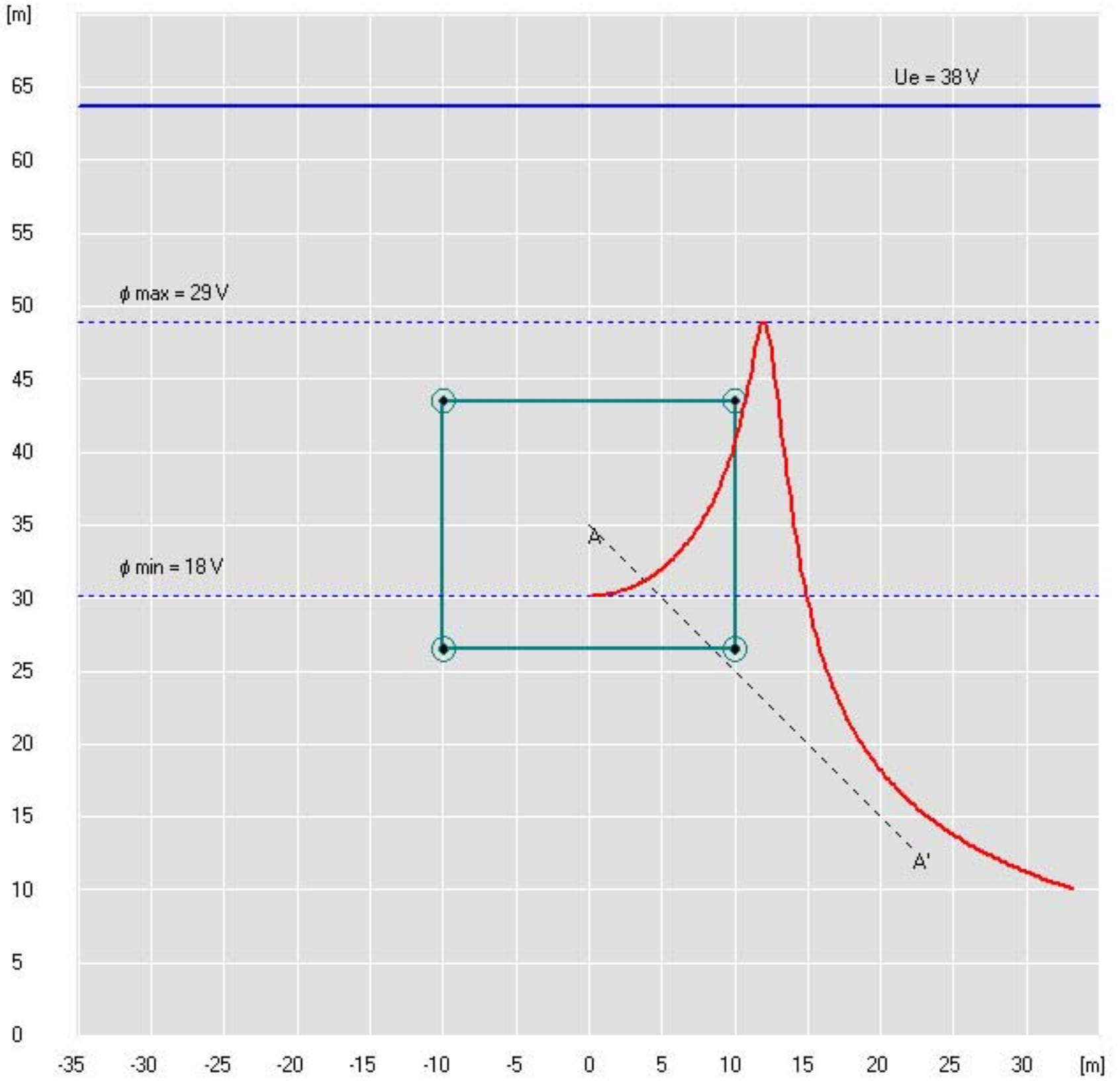
Profilo di tensione 3 - diagonale


[m]
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
-35
-30
-25
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
25
30
[m]


U_{Tp} = 80 V
t_f = 10,00 s
U_{Tp} [V]
8000
5000
4000
3000
2000
1000
800
500
400
300
200
100
80
50
40
0,01
0,02
0,03
0,06
0,1
0,2
0,3
0,4
0,6
0,8
1
2
3
4
5
6
7
8
9
tempo [s]


[m]
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Ue = 38 V
ϕ max = 27 V
A
A'
ϕ min = 18 V
-35
-30
-25
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
25
30
[m]


[m]
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Ue = 38 V
A
ϕ max = 27 V
ϕ min = 18 V
A'
-35
-30
-25
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
25
30
[m]


[m]
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
Ue = 38 V
ϕ max = 29 V
ϕ min = 18 V
A
A'
-35
-30
-25
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
25
30
[m]

ALLEGATO 2: Plinto Torre

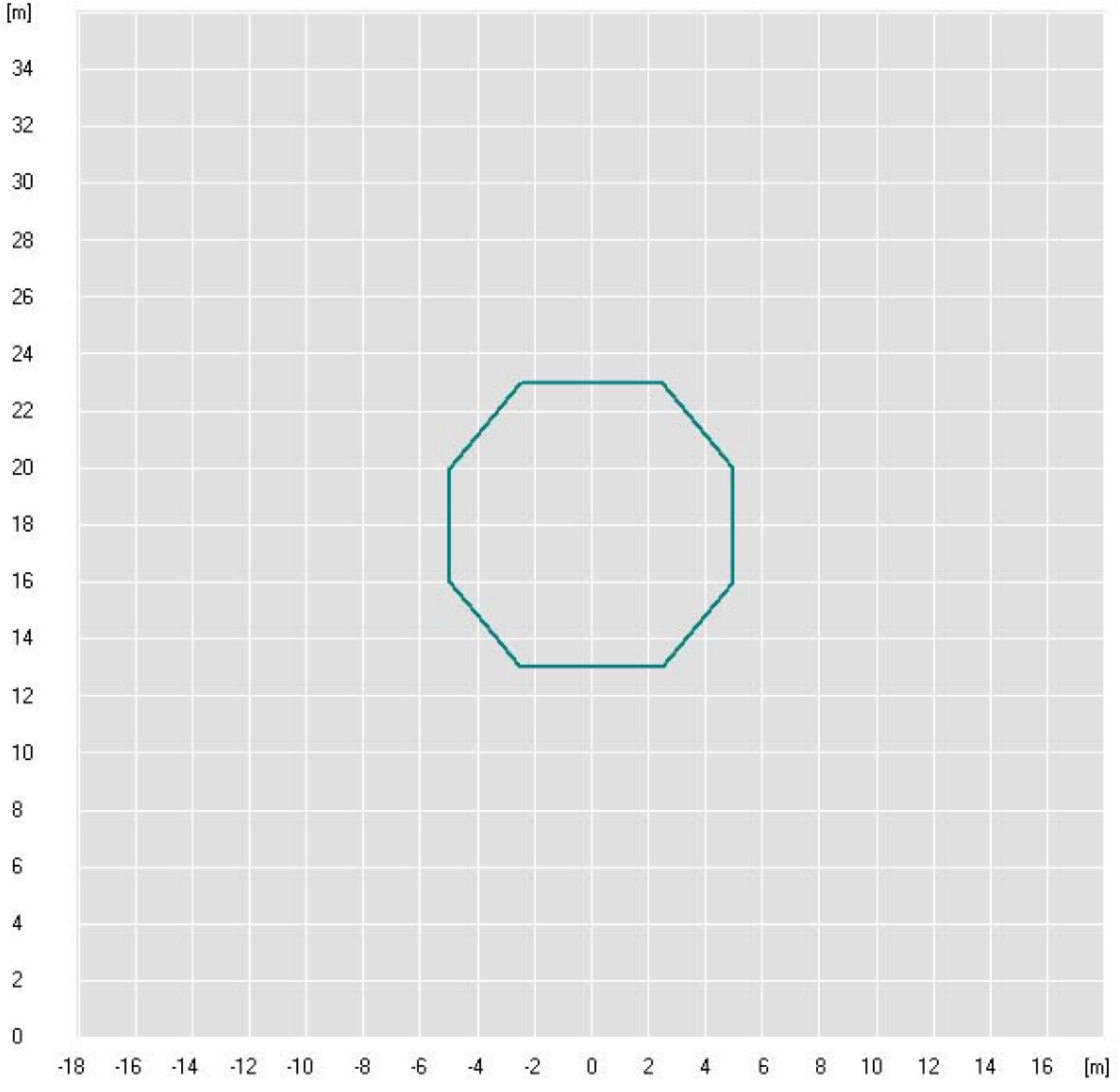
Valori di tensioni ammissibili

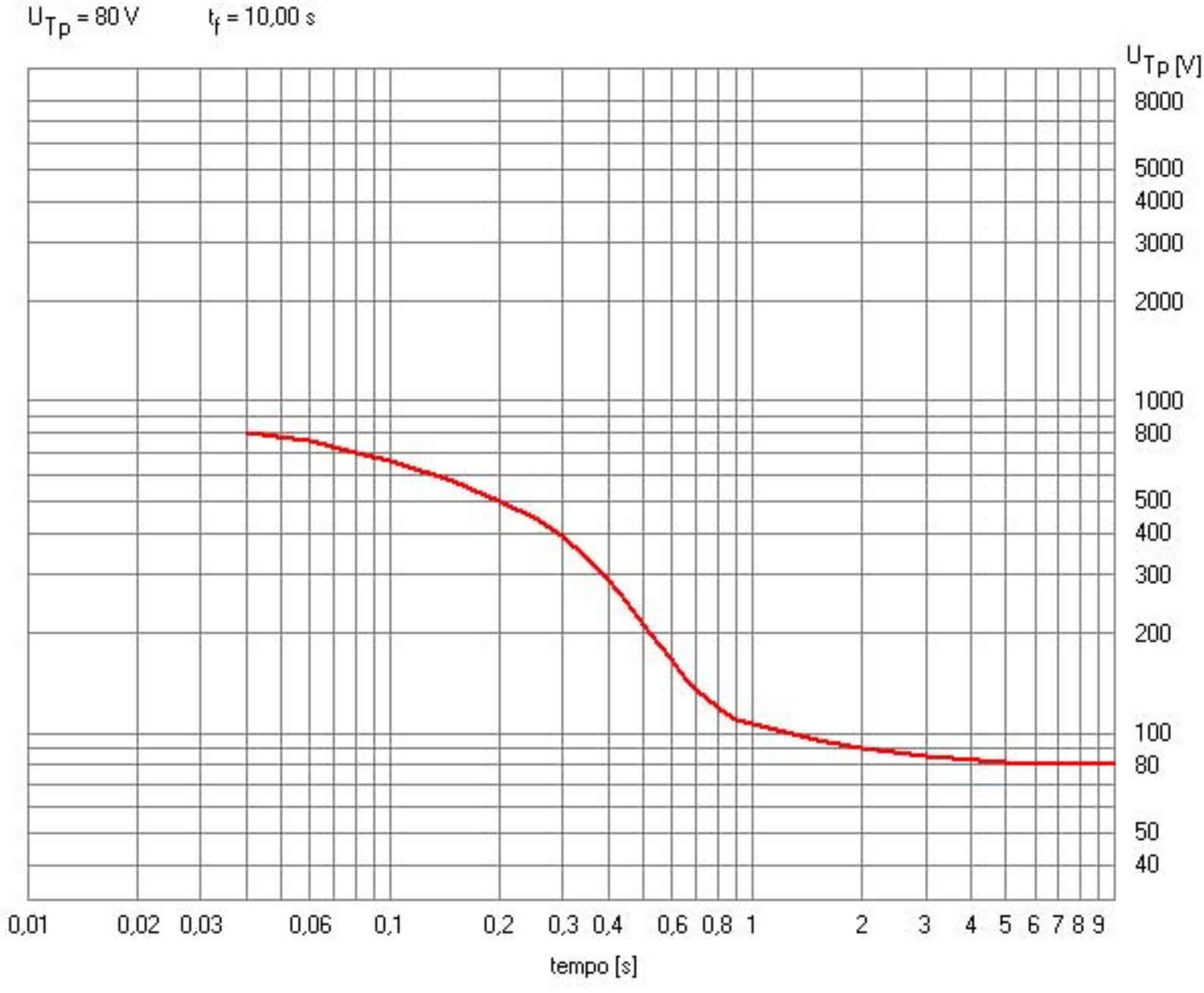
Geometria del dispersore

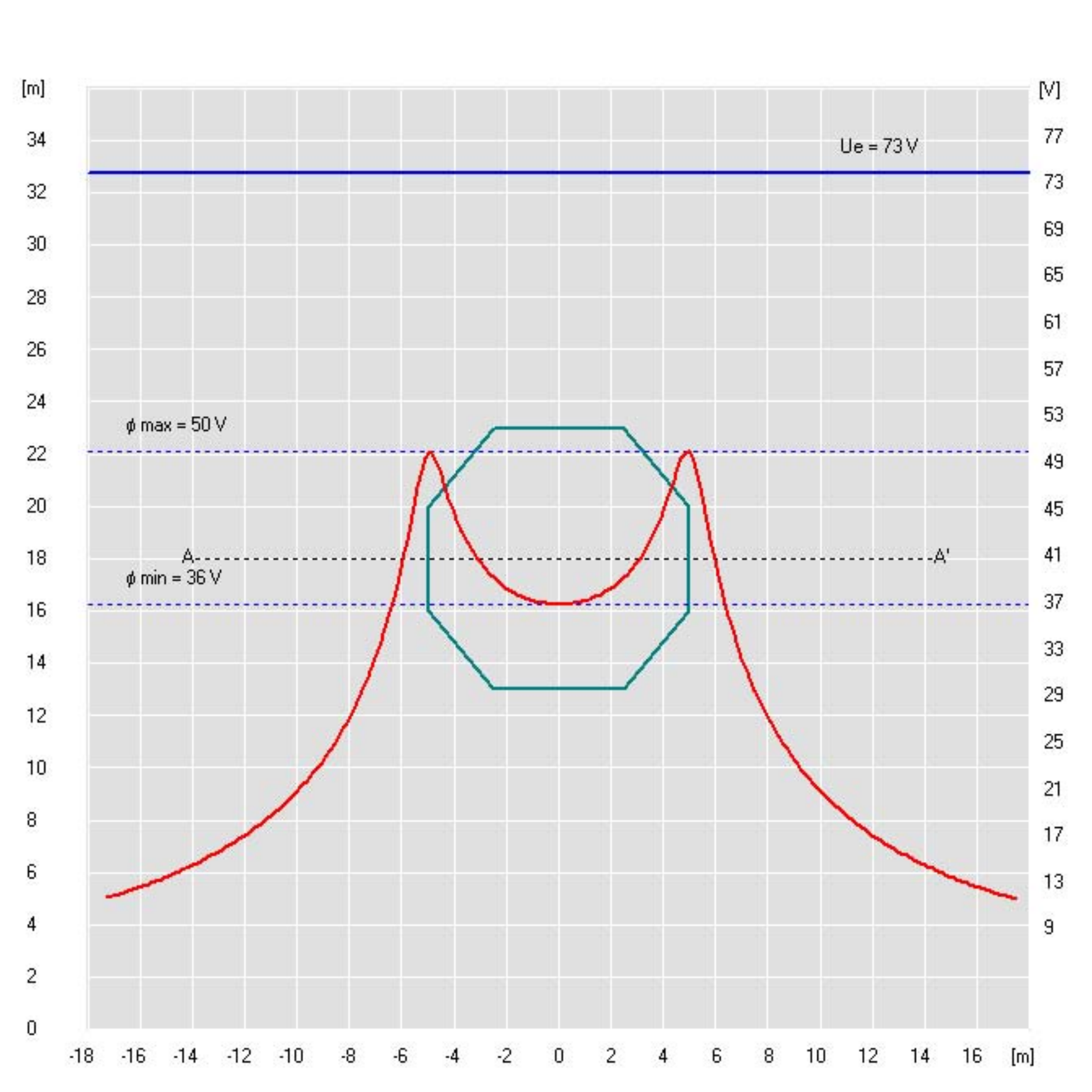
Profilo di tensione 1- orizzontale

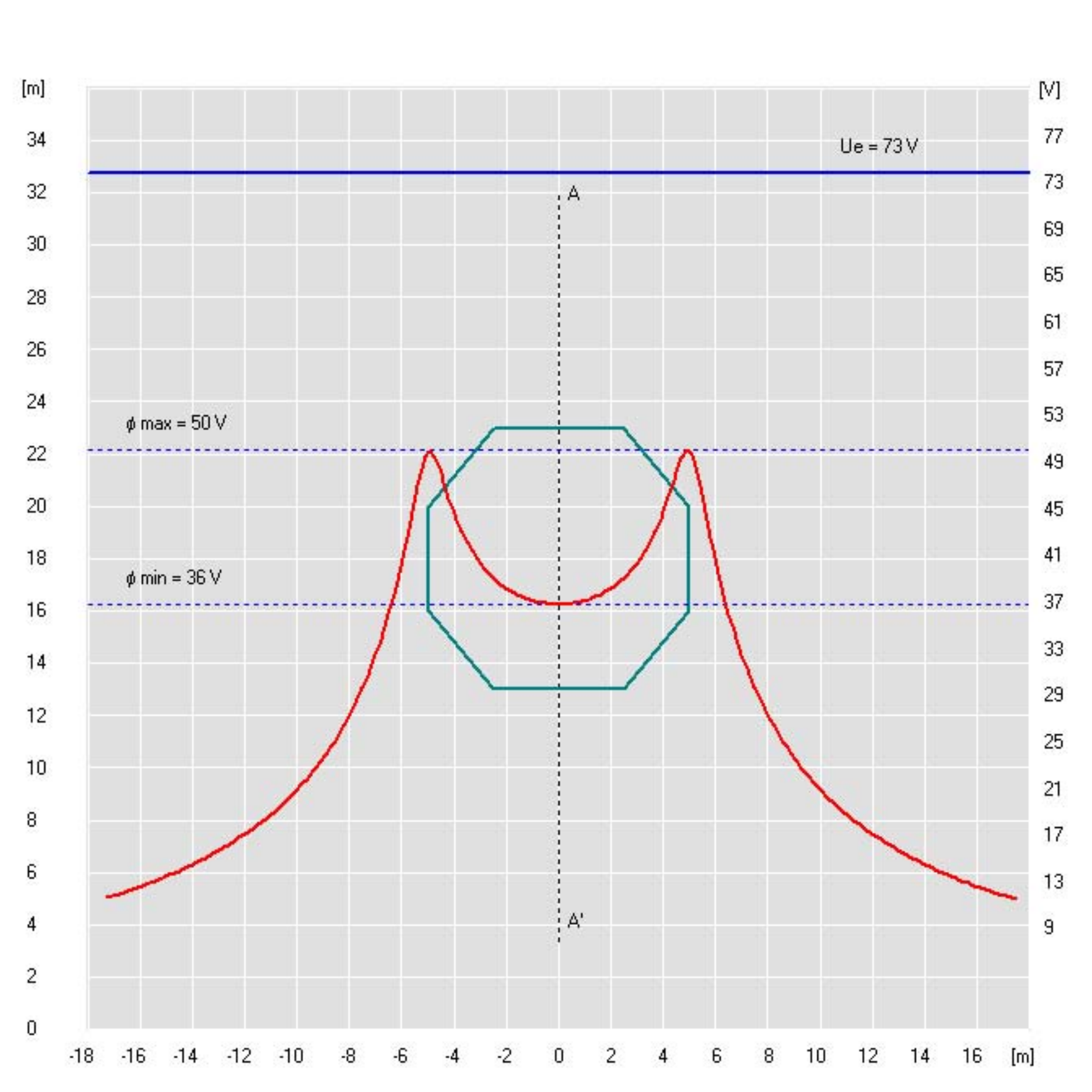
Profilo di tensione 2- verticale

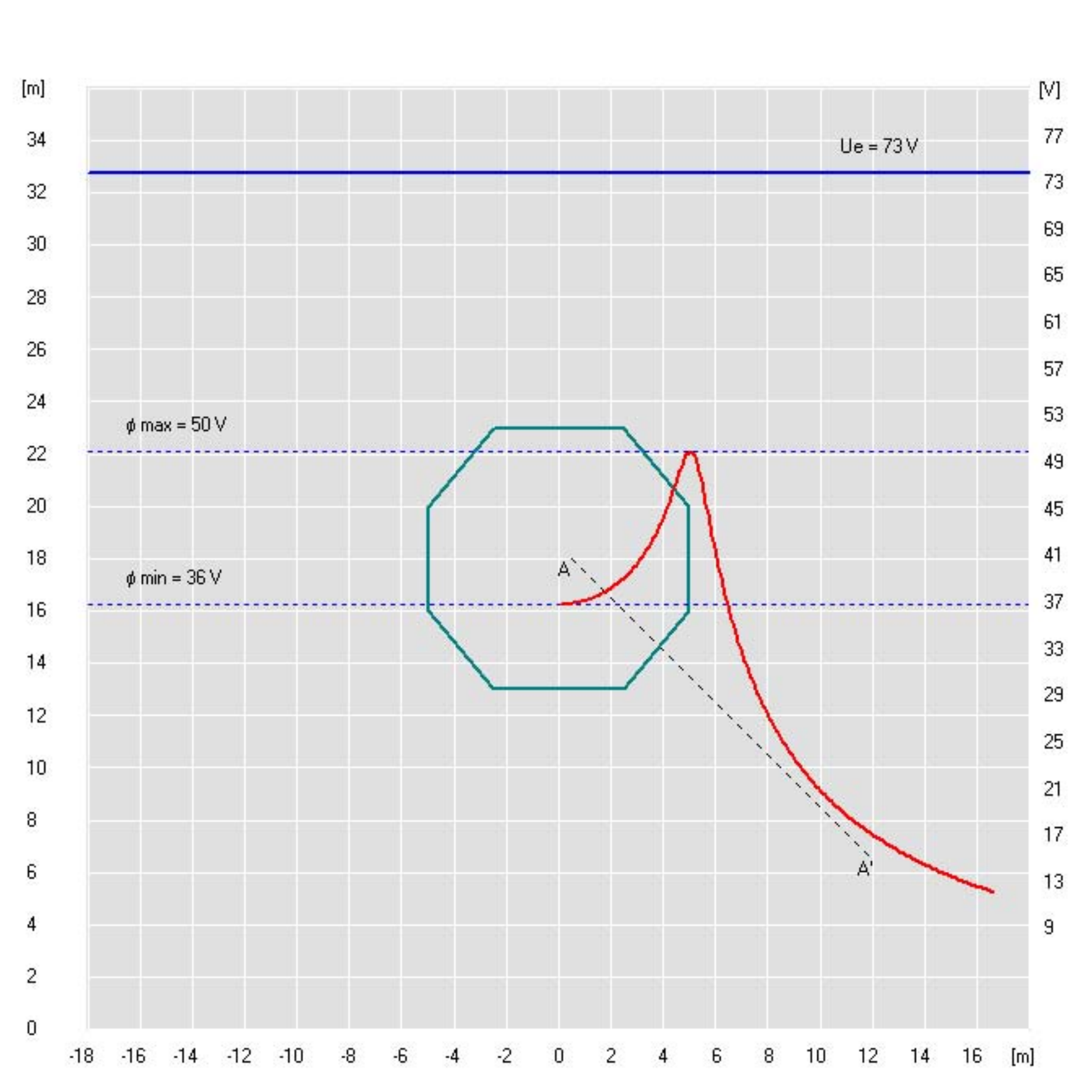
Profilo di tensione 3 - diagonale


[m]
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
-18
-16
-14
-12
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10
12
14
16
[m]

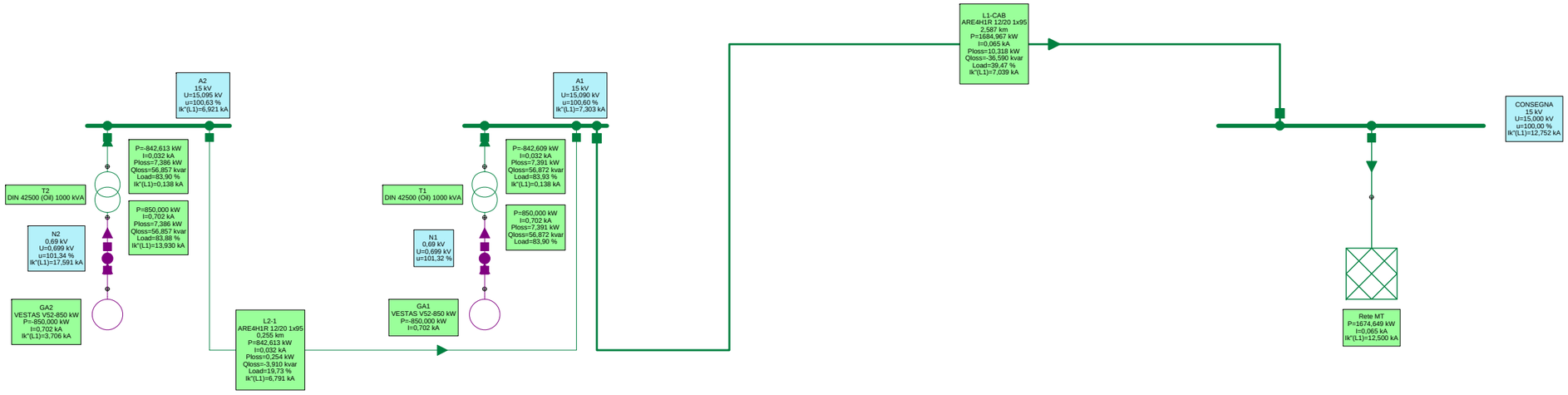

U_{Tp} = 80 V
t_f = 10,00 s
U_{Tp} [V]
8000
5000
4000
3000
2000
1000
800
500
400
300
200
100
80
50
40
0,01
0,02
0,03
0,06
0,1
0,2
0,3
0,4
0,6
0,8
1
2
3
4
5
6
7
8
9
tempo [s]


[m]
[V]
Ue = 73 V
ϕ max = 50 V
ϕ min = 36 V
A
A'
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
77
73
69
65
61
57
53
49
45
41
37
33
29
25
21
17
13
9
-18
-16
-14
-12
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10
12
14
16
[m]


[m]
[V]
Ue = 73 V
A
A'
ϕ max = 50 V
ϕ min = 36 V
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
77
73
69
65
61
57
53
49
45
41
37
33
29
25
21
17
13
9
-18
-16
-14
-12
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10
12
14
16
[m]


[m]
[V]
Ue = 73 V
ϕ max = 50 V
ϕ min = 36 V
A
A'
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
77
73
69
65
61
57
53
49
45
41
37
33
29
25
21
17
13
9
-18
-16
-14
-12
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10
12
14
16
[m]

ALLEGATO 3: Schema semplificato rete con calcoli di Load Flow



Legend

- Overloaded Elements
- Line Loads
- 15,000 kV
- 0,690 kV

Project: CRB1.PD.NEP.rev00	created		
Layout elettrico impianto eolico CRB1	changed		
	changed		
Variant: rev 00	changed		
	changed		
Layout impianto eolico 2 Aerogeneratori 850 kW Un=15 kV			
BCP Busarello + Cotti + Partner Bahnhofstr. 40 CH-8703 Erlenbach (Switzerland) www.neplan.com	Date: 16-feb-2012		
	NEPLAN		