

**16. pielikums. Elektromagnētiskā starojuma ietekmes novērtējums**

**Plānoto vēja elektrostaciju parku  
„Dobele” un „Pienava”  
radītā elektromagnētiskā starojuma  
ietekmes novērtējums**

**Māris Dambis  
SIA INSALVO**

## **SATURS**

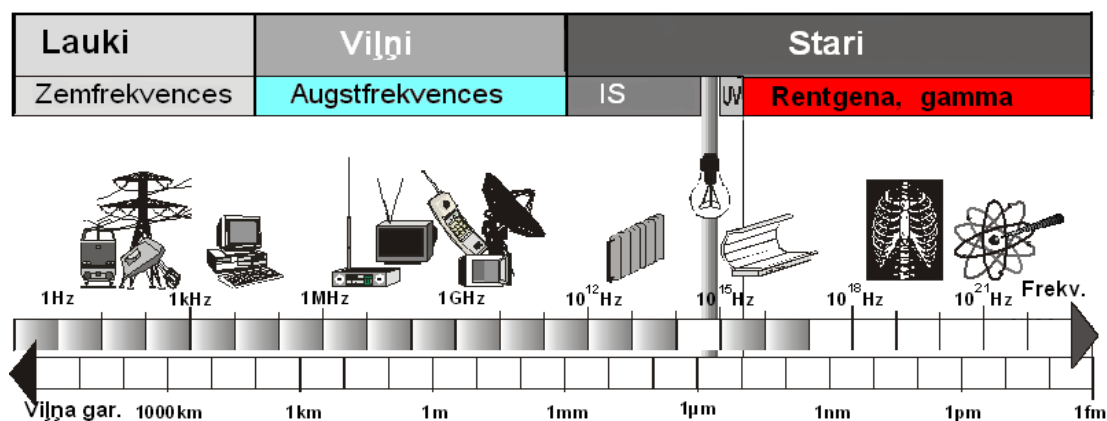
- 1. Informācija par elektromagnētiskajiem laukiem**
- 2. Normatīvie akti saistībā ar elektromagnētiskā lauka iedarbību**
- 3. Pieejamā informācija par vēja elektrostaciju radīto elektromagnētisko lauku**
- 4. Informācija saistībā ar plānoto vēja elektrostaciju parku „Dobele” un „Pienava” radīto elektromagnētisko lauku**

# 1. Informācija par elektromagnētiskajiem laukiem

Elektroenerģijas plašā pielietošana daudzās mūsdienu cilvēka dzīves jomās (rūpniecībā, transportā un mājsaimniecībā utt.) un ar to saistītā elektroenerģijas ieguve un pārvade, fiksētie un dažādie bezvadu sakaru, radio, TV un radiolokācijas pielietojumi, kā arī medicīniskā diagnostika un terapija, kas izmanto dažāda veida elektriskos, magnētiskos un elektromagnētiskos laukus, ir nākusi klāt papildus vienmēr vidē ap mums esošajiem elektriskajiem, magnētiskajiem un elektromagnētiskajiem laukiem (Zemes magnētiskais lauks (Latvijā apmēram 51  $\mu\text{T}$ ), dabiskie elektriskie lauki, kas, lai arī kvazistatiski, tomēr var mainīties par vairākām kārtām (no 200 -500 V/m parastā dienā, kad sauli reizēm aizsedz mākoņi, līdz pat 20 kV/m un vairāk negaisa laikā), kosmiskas izcelsmes magnētiskās vētras, kosmiskas izcelsmes radioviļņi, infrasarkanais un ultravioletais starojums, kā arī redzamā gaisma, kosmiskas un zemes izcelsmes jonizējošais starojums). Arī dzīvās būtnes, tai skaitā arī cilvēks, rada elektriskos un magnētiskos laukus, tikai to intensitāte parasti nav liela, izņemot dažas eksotiskas sugas.

To, ka ļoti lielas enerģijas elektromagnētiskais starojums var būt bīstams, cilvēki saprata visai drīz pēc elektroenerģijas praktiskas izmantošanas sākuma, vispirms jau saistībā ar rentgenstaru iekārtu un radioizotopu izmantošanu. Tāpēc drošības prasības vispirms parādījās tieši attiecībā uz elektromagnētiskā starojuma spektra enerģētisko daļu – jonizējošo starojumu.

Kā redzams attēlā 1.1., terminu „lauki” parasti attiecina uz ļoti zemas frekvences (jeb ļoti liela viļņa garuma) elektrisko lādiņu iedarbības izpausmēm. Svarīgi atzīmēt, ka ļoti zemas frekvences elektriskie un magnētiskie lauki ikdienas pielietojuma vajadzībām ir uzskatāmi par savstarpēji neatkarīgiem. Megahercu un Gigahercu frekvenču gadījumā, savukārt ir jārunā par viļņiem, bet sākot ar infrasarkano starojumu – par stariem. Taču jāapzinās, ka šāds iedalījums, protams, ir nosacīts, ko lieto labākas saprotamības un ērtības dēļ.



## 1.1. attēls. Elektromagnētiskā starojuma skala<sup>1</sup>

Saskaņā ar plaši izmantoto elektromagnētiskā starojuma klasifikāciju, rūpnieciskā 50 Hz frekvence ietilpst tā dēvētajās ekstremāli zemās frekvencēs (ELF – no angļu - Extremely Low Frequency).<sup>2</sup> Jāatceras, ka visur, kur tiek izmantota elektroenerģija, rodas elektriskie un magnētiskie lauki, kas pie zemām frekvencēm var eksistēt tikai ciešā saistībā ar elektriskā vai attiecīgi magnētiskā lauka avotu un kuri strauji samazinās, pieaugot distancei no šī avota, savukārt, ja frekvence ir lielāka par 30 kHz, tad jau iespējams runāt par elektromagnētisko vilni, kurš var atdalīties no tā avota un pat pēc tā izslēgšanas izplatīties lielos attālumos.

Latvijā, tāpat kā pārējās Eiropas valstīs, rūpniecībā un arī sadzīves elektroaparātūras darbināšanai pārsvarā tiek izmantota 50 Hz elektriskā strāva. Augstsprieguma elektropārvades līnijās Eiropā pamatā tiek izmantota 50 Hz trīsfāzu maiņstrāva, kas pēc tam tuvāk gala patērētājiem transformatorus tiek pārvērsta zemāka sprieguma (parasti trīsfāzu gadījumā 400V) strāvā, kaut arī iespējami arī citādi risinājumi, piemēram, elektrovilcienu satiksmē Latvijā pagaidām tiek izmantota 3000 V līdzstrāva, Lietuvā – 25 kV maiņstrāva, Vācijā, Austrijā, Šveicē, Zviedrijā un Norvēģijā - 15 kV 16.7 Hz maiņstrāva, bet Ziemeļamerikā elektroenerģijas tīkla frekvence ir 60Hz.

Tā kā elektroenerģijas ražošanas vietas ne vienmēr sakrīt ar tās patērēšanas vietām, tad ir nepieciešamība to pārvadīt līdz patērētājiem. To izdevīgāk veikt ar lielāku spriegumu. Sprieguma paaugstināšanai ir arī otrs ļoti būtisks iemesls – pie vienādas jaudas jo augstāks spriegums, jo mazāka strāva un, līdz ar to, arī tās radītais magnētiskais lauks. Protams, vienlaicīgi attiecīgi palielinās elektriskais lauks, taču tas nav tik būtiski, jo, saistībā ar šo lauku iespējamo iedarbību uz cilvēku, dažādu apstākļu dēļ, noteicošā ir tieši magnētiskā lauka iedarbība. Elektrisko lauku arī ir vienkārši ekranēt.

Elektrisko lauku raksturo ar tā intensitāti - vektoriāls lielums, kas raksturo spēka lielumu un virzienu, kas šajā laukā iedarbojas uz lādētu daļiņu, neatkarīgi no tās kustības. Parasti elektriskā lauka intensitāti apzīmē ar  $E$ , vai, ja vēlas īpaši norādīt, ka tas attiecas uz vektoru, tad izmanto treknrakstu -  $\mathbf{E}$ . Elektriskā lauka intensitāti Latvijā pieņemtajā starptautiskajā mērvienību sistēmā SI mēra voltos uz metru (V/m).

Magnētisko lauku arī var raksturot ar tā intensitāti - vektoriālu lielumu, kas kopā ar magnētisko indukciju raksturo magnētisko lauku jebkurā telpas punktā. Parasti magnētiskā lauka intensitāti apzīmē ar  $H$ , vai, ja vēlas īpaši norādīt, ka tas attiecas uz vektoru, tad izmanto treknrakstu -  $\mathbf{H}$ . Magnētiskā lauka intensitāti Latvijā pieņemtajā starptautiskajā mērvienību sistēmā SI mēra ampēros uz metru (A/m). Neskatoties uz to, praksē biežāk lieto magnētiskā lauka plūsmas blīvumu jeb magnētiskā lauka indukciju.

Magnētiskā indukcija ir vektoriāls lielums, ko raksturo spēks, kas magnētiskajā laukā darbojas uz kustībā esošiem lādiņiem. Parasti magnētiskā lauka indukciju apzīmē ar  $B$ , vai, ja vēlas īpaši norādīt, ka tas attiecas uz vektoru, tad izmanto treknrakstu -  $\mathbf{B}$ . Magnētiskā lauka indukciju Latvijā pieņemtajā starptautiskajā mērvienību sistēmā SI mēra teslās (T). Brīvā telpā (tātad gaisā) un bioloģiskos materiālos magnētiskā lauka indukcija (magnētiskā lauka plūsma) un magnētiskā lauka intensitāte var būt savstarpēji aizvietošanas, izmantojot sakarību  $1 \text{ A/m} = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$ . Šo izteiksmi parasti vienkāršo noapaļojot sekojoši:

$$1 \text{ A/m} = 1.25 \mu\text{T}.$$

<sup>1</sup> Norbert Leitgeb „Strahlen, Wellen, Felder” München/Stuttgart Deutscher Taschenbuch Verlag/GeorgThiemeVerlag 1990., 310 S.

<sup>2</sup> Vadlīnijas Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret elektromagnētiskā lauka radīto risku darba vidē, Rīga 2006, LR Valsts darba inspekcija

Tomēr jāatzīmē, ka saskaņā ar 2013. gada 29.oktobra MK noteikumiem Nr.1186 "Mērvienību noteikumi"<sup>3</sup>, korektais šī fizikālā lieluma nosaukums ir magnētiskās plūsmas blīvums.

Labākai elektriskās enerģijas ražošanā un pārvadē radušos elektriskā un magnētiskā lauka iedarbības konceptu izpratnei, nepieciešams pieminēt strāvas blīvumu, kas ir strāvas plūsma, kas plūst vadošā vidē caur tās plūšanas virzienam perpendikulāru šķērsriezuma laukuma vienību, piemēram, cilvēka ķermenī vai kādā tā daļā. Parasti aplūko tās strāvas blīvumu, kas tiek inducēta ārējā elektriskā vai magnētiskā lauka iedarbības iespaidā.

Strāvas blīvumu parasti apzīmē ar J un to izsaka ampēros uz kvadrātmetru (A/m<sup>2</sup>).

## 2. Normatīvie akti saistībā ar elektromagnētiskā lauka iedarbību

Latvijā kopš 2018.gada 1.novembra ir spēkā 2018. gada 16.oktobra MK noteikumi Nr. 637 „*Elektromagnētiskā lauka iedarbības uz iedzīvotājiem novērtēšanas un ierobežošanas noteikumi*”<sup>4</sup> (turpmāk MK637), kas formāli pārņem Eiropas Padomes 1999. gada 12. jūlija Ieteikumā 1999/519/EK<sup>5</sup> (turpmāk 1999/519) noteiktos ierobežojumus, kas savukārt balstās uz ICNIRP 1998. gada vadlīnijām<sup>6</sup> (turpmāk ICNIRP98). Jāatzīmē, ka gan Veselības ministrija, gan arī tās pakļautībā un pārraudzībā esošās iestādes pirms MK637 stāšanās spēkā jau gadiem ilgi ir izmantojušas 1999/519, lai izvērtētu dažādu elektromagnētiskā lauka avotu ietekmi uz iedzīvotājiem, piem., saistībā ar mobilo sakaru bāzes staciju būvniecību un nodošanu ekspluatācijā.

Attiecībā uz nodarbinātajiem jau kopš 2016.gada 1.jūlija ir spēkā 2015.gada 13.oktobra MK noteikumi Nr.584 „*Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret elektromagnētiskā lauka radīto risku darba vidē*”<sup>7</sup> (turpmāk MK584). Jānorāda, ka attiecībā uz zemajām frekvencēm MK584 jau tiek izmantota ICNIRP 2010. gada vadlīniju (turpmāk ICNIRP 2010) pieeja.<sup>8</sup> Tomēr MK637 joprojām tiek izmantota ICNIRP98 pieeja. Līdz ar to attiecībā uz nodarbinātajiem pie 50 Hz frekvences ir iespējams pieļaut jau stipri augstākus elektriskā un it īpaši magnētiskā lauka līmeņus.

### 2.1. tabula: ICNIRP98 pamatierobežojumi

Frekvences	[Inducētais] strāvas blīvums torsam, galvai (mA*m <sup>-2</sup> )(rms)	SAR visam ķermenim (W/kg)	SAR lokāli galvai, torsam (W/kg)	SAR lokāli rokām, kājām (W/kg)	Jaudas blīvums W/m <sup>2</sup>
<b>Ierobežojumi strādājošajiem</b>					
Līdz 1 Hz	40	-	-	-	
1- 4 Hz	40/f	-	-	-	

<sup>3</sup> 2013.gada 29.novembra MK noteikumi Nr. 1186 „Mērvienību noteikumi”

<https://likumi.lv/doc.php?id=261495>

<sup>4</sup> 2018.gada 16.oktobra MK noteikumi Nr. 637 „*Elektromagnētiskā lauka iedarbības uz iedzīvotājiem novērtēšanas un ierobežošanas noteikumi*”; <https://likumi.lv/ta/id/302355-elektromagnetiska-lauka-iedarbibas-uz-iedzivotajiem-novertesanas-un-ierobezosanas-noteikumi>

<sup>5</sup> Eiropas Padomes 1999. gada 12. jūlija Ieteikums Nr. 1999/519/EK par ierobežojumiem elektromagnētisko lauku (no 0 Hz līdz 300 GHz) iedarbībai uz plašu sabiedrību)

<sup>6</sup> International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1998). Guidelines for limiting exposure in time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 74, 494-522.ICNIRP

<sup>7</sup> <https://likumi.lv/ta/id/277138-darba-aizsardzibas-prasibas-nodarbinato-aizsardzibai-pret-elektromagnetiska-lauka-radito-risku-darba-vide>

<sup>8</sup> Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz - 100 kHz). Health Physics 99(6):818-836; 2010

Frekvences	[Inducētais] strāvas blīvums torsam, galvai (mA*m <sup>-2</sup> )(rms)	SAR visam ķermenim (W/kg)	SAR lokāli galvai, torsam (W/kg)	SAR lokāli rokām, kājām (W/kg)	Jaudas blīvums W/m <sup>2</sup>
4 Hz – 1 kHz	10	-	-	-	
1-100 kHz	f/100	-	-	-	
100kHz-10MHz	f/100	0.4	10	20	
10MHz-10GHz	-	0.4	10	20	
10 GHz – 300 GHz	-	-	-	-	50
Robežvērtības iedzīvotājiem					
Līdz 1 Hz	8	-	-	-	
1- 4 Hz	8/f	-	-	-	
4 Hz – 1 kHz	2	-	-	-	
1-100 kHz	f/500	-	-	-	
100kHz-10MHz	f/500	0.08	2	4	
10MHz-10GHz	-	0.08	2	4	
10 GHz – 300 GHz	-	-	-	-	10

*f*- frekvence Hz; rms- vidējā kvadrātiskā vērtība (no angļu valodas *root mean square*)

No 2.1. tabulas redzams, ka frekvencēm līdz 10 MHz, ieskaitot 50 Hz, pamatierobežojumi jeb robežvērtības ICNIRP98 tiek noteiktas cilvēka ķermenī vai tā daļās inducēto strāvu blīvumam, lai primāri novērstu efektus, kas varētu ietekmēt nervu sistēmas funkcionalitāti. MK 637 (Eiropas Padomes Ieteikums 1999/519/EK) no ICNIRP98 attiecībā uz pamatierobežojumiem iedzīvotājiem atšķiras tikai ar to, ka MK637 un Ieteikumā ir papildus noteikti ierobežojumi statistiskiem magnētiskiem laukiem:

**2.2. tabula.** MK637 robežlielumi (Eiropas Padomes Ieteikums 1999/519/EK, pamatrobežlīmeņi)

Frekvences	Magnētiskās plūsmas blīvums (mT)	[Strāvas blīvums (mA*m <sup>-2</sup> )(vkv)	SAR vidēji visam ķermenim (W/kg)	SAR galvai, rumpim (W/kg)	SAR rokām, kājām (W/kg)	Jaudas blīvums W/m <sup>2</sup>
0	40	-	-	-	-	-
>0-1 Hz	-	8	-	-	-	-
1- 4 Hz	-	8/f	-	-	-	-
4 Hz – 1 kHz	-	2	-	-	-	-
1-100 kHz	-	f/500	-	-	-	-
100kHz-10MHz	-	f/500	0.08	2	4	-
10MHz-10GHz	-	-	0.08	2	4	-
10 – 300 GHz	-	-	-	-	-	10

Piezīmes:

1. *f*- frekvence Hz,

2. vkv - vidējā kvadrātiskā vērtība jeb efektīvā vērtība (angļu valodā parasti lieto saīsinājumu rms)

3. Frekvencēm līdz 100 kHz strāvas blīvuma galotnes vērtību iegūst, reizinot vidējo kvadrātisko vērtību ( $v_{kv}$ ) ar  $\sqrt{2}$  (~1,414). Impulsiem ar ilgumu  $t_p$  ekvivalento frekvenci aprēķina kā  $f = 1/(2t_p)$ .
4. Frekvencēm līdz 100 kHz un pulsējošiem magnētiskajiem laukiem strāvas blīvuma maksimumu, kas saistīts ar impulsiem, var aprēķināt pēc kāpuma/krituma laikiem un magnētiskās plūsmas blīvuma maksimālās izmaiņas lieluma.
5. Visas enerģijas īpatnējās absorbcijas ātruma (SAR) vērtības tiek vidējotas 6 minūšu periodā.
6. Lokalizētas iedarbības SAR nosaka vidējai audu masai 10 g (kompakta audu masa) ar samērā viendabīgu elektrovadāmību un kā iedarbības galīgo vērtību izvēlas šādi noteiktu maksimālo SAR vērtību.
7. Impulsvēda iedarbībai frekvenču joslā no 0,3 GHz līdz 10 GHz un lokālai iedarbībai uz galvu (lai ierobežotu un izvairītos no dzirdes efektiem, ko rada audu termiskā izplešanās) nosaka papildu robežlielumu – enerģijas īpatnējā absorbcija (SA) nedrīkst pārsniegt 2 mJ/kg, kas vidējota 10 g audu..

Kā var redzēt 2.1. un 2.2. tabulās, tad attiecībā uz 50 Hz frekvences elektriskajiem un magnētiskajiem laukiem MK637 nosaka šādus pamatierobežojumus: [ārējo elektromagnētisko lauku inducētās] strāvas blīvums nedrīkst pārsniegt 2 A/m<sup>2</sup>, kas ir identisks 1999/519 norādītajam un atbilst ICNIRP98 pamatierobežojumam iedzīvotājiem, bet attiecībā uz nodarbinātajiem ICNIRP98 šis ierobežojums ir noteikts 5 reizes augstāks – 10 mA/m<sup>2</sup>.

Pie tam jāievēro, ka sakarā ar to, ka cilvēka ķermenis nav elektriski viendabīgs, tad strāvas blīvuma efektīvajām vērtībām nepieciešams noteikt vidējo vērtību strāvas virzienam perpendikulārā 1 cm<sup>2</sup> lielā laukumā. Papildus jāņem vērā, ka robežlīmeņi darbiniekiem un iedzīvotājiem ir noteikti, vadoties no dažāda iedarbības ilguma – darbinieku gadījumā robežlīmeņi noteikti, vadoties no pieņēmuma, ka attiecīgie lauki iedarbosies uz personu līdz 8 stundām dienā (tātad Darba likumā norādīto darba laiku), bet attiecībā uz iedzīvotājiem pieņemot, ka lauku iedarbības ilgums ir 24 stundas diennaktī, tātad nepārtraukti.

Jau EK 2008. gada ziņojumā COM(2008) 532<sup>9</sup> ir norādīts, ka Latvija ir ieviesusi tādus pat ierobežojumus, kā noteikts Ieteikumā 1999/519. Tā kā informāciju EK tika sagatavojušas atbildīgās valsts institūcijas, tad ir skaidrs, ka tās jau toreiz, pirms vairāk kā 10 gadiem uzskatīja, ka Ieteikumā noteiktie ierobežojumi Latvijā ir spēkā arī bez īpašiem ieviešanas pasākumiem. Taču tagad, līdz ar MK637 pieņemšanu un stāšanos spēkā, 1999/519 noteiktie ierobežojumi ir pieņemti arī formāli un iekārtu, kas izraisa elektromagnētiskos laukus, īpašnieki vairs nevar ignorēt tos. Par uzraudzību attiecībā uz ļoti zemas frekvences laukiem šajā dokumentā (COM(2008) 532) nekas nav minēts, tātad arī par to, vai zemas frekvences elektromagnētisko lauku avotu valdītāji, vai valsts uzraudzības iestādes veic kādus pasākumus, lai noskaidrotu elektromagnētiskā lauka līmeņu atbilstību 1999/519, atbildīgajām valsts institūcijām vai nu nekas nav bijis zināms vai arī tās nav uzskatījušas par lietderīgu šo informāciju iesniegt EK. Tas atšķiras no situācijas augsto frekvenču diapazonā, attiecībā par ko ir norādīts, ka „Latvijā telekomunikāciju operatori periodiski veic uzraudzības pasākumus”.

Tā kā pamatierobežojumā noteikto strāvas blīvumu (pie tam tikai tās strāvas, kas inducējusies ārējā elektromagnētiskā lauka iedarbības rezultātā dzīva cilvēka ķermenī) tieši nomērīt varētu būt visai problemātiski, tad gan ICNIRP98, gan 1999/519 ir dotas tā sauktās

---

<sup>9</sup> Eiropas Kopienų Komisija, COM(2008) 532 galīgā redakcija, Komisijas ziņojums par to, kā tiek īstenots Padomes 1999. gada 12. jūlija Ieteikums Nr. 1999/519/EK par ierobežojumiem elektromagnētisko lauku (no 0 Hz līdz 300 GHz) iedarbībai uz plašu sabiedrību, Otrais ieviešanas ziņojums 2002 – 2007



references vērtības (turpmāk tekstā – references vērtības). MK637 šīs vērtības tiek sauktas par elektromagnētiskā lauka starojuma mērķlielumiem.

**2.3.** tabula: Elektromagnētiskā lauka starojuma mērķlielumi atbilstoši MK637 (References vērtības, kas 1999/519 dotas attiecībā uz plašu sabiedrību (atbilst ICNIRP98 tabulai 7)) Viendabīga lauka vidējās kvadrātiskās vērtības (vkv) diapazonā no 0 Hz līdz 300 GHz

Frekvenču josla	Elektriskā lauka intensitāte (V/m)	Magnētiskā lauka intensitāte (A/m)	Magnētiskās plūsmas blīvums (μT)	Ekvivalenta plakanviļņu jaudas blīvums (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz	-	3.2 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>	-
1-8 Hz	10000	3.2 x 10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	4 x 10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	-
8-25 Hz	10000	4000/f	5000/f	-
0.025-0.8 kHz	250/f	4/f	5/f	
0.8-3 kHz	250/f	5	6.25	
3-150 kHz	87	5	6.25	
0.15-1 MHz	87	0.73/f	0.92/f	
1-10 MHz	87/f <sup>1/2</sup>	0.73/f	0.92/f	
10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400-2 000 MHz	1,375 f <sup>1/2</sup>	0.0037f <sup>1/2</sup>	0.0046f <sup>1/2</sup>	f/200
2-300 GHz	61	0.16	0.20	10

Piezīmes:

1. *f* – frekvence (mērvienība norādīta ailē "Frekvenču josla").
2. Frekvenču joslā no 100 kHz līdz 10 GHz elektriskā un magnētiskā lauka intensitātes un magnētiskās plūsmas blīvums, kā arī jaudas blīvums jāvidējo 6 minūšu periodā. Frekvencēm, kas pārsniedz 10 GHz, vidējošana jāveic  $68/f^{1.05}$  minūšu periodā (*f* izteikta GHz).
3. Impulsveida elektriskā un magnētiskā lauka intensitātes un magnētiskās plūsmas blīvuma galotnes vērtības iegūst, izmantojot šādas formulas:
  - 3.1. frekvencēm līdz 100 kHz – reizinot attiecīgās vkv vērtības ar  $\sqrt{2}$  (~1,414). Impulsiem ar ilgumu *t<sub>p</sub>* ekvivalento frekvenci aprēķina kā  $f = 1/(2t_p)$ ;
  - 3.2. frekvenču joslā no 100 kHz līdz 10 MHz – reizinot attiecīgās vkv vērtības ar 10<sup>α</sup>, kur  $\alpha = (0,665 \log(f/10^5) + 0,176)$  un *f* ir izteikta Hz;
  - 3.3. frekvenču joslā no 10 MHz līdz 300 GHz – reizinot attiecīgās vkv vērtības ar 32.
4. Frekvencēm līdz 110 MHz nosaka papildu vērtības, lai izvairītos no riskiem, ko rada kontaktstrāvas.

Pie 50 Hz elektromagnētiskā lauka mērķlieluma skaitliskā vērtība iedzīvotājiem elektriskajam laukam ir **5000 V/m**, bet magnētiskajam laukam **100 μT**. Taču jāatceras, ka šie lielumi nav jāsaprot kā robežvērtības, kuru pārsniegšana nav pieļaujama - tie ir tikai līmeņi, kuru sasniegšana un pārsniegšana norāda uz nepieciešamību pārliicināties, vai viss ir kārtībā ar pamatierobežojumu (robežlielumu) ievērošanu.

Veicot aprēķinus, izmantojot FEM metodi (uz ko ir atsauksme standartā LVS EN 50499 *Procedūra kā novērtēt darbinieku pakļautību elektromagnētiskajiem laukiem*)<sup>10</sup>, var iegūt, ka faktiskie ārējo lauku lielumi ir būtiski lielāki, lai ķermenī inducētās strāvas sasniegtu robežlielumos noteikto vērtību. Rezultātu apkopojums par robežlielumu pie 50 Hz, mērķlielumu vērtībām un elektrisko un magnētisko lauku vērtībām, kas faktiski atbilst elektromagnētiskā lauka starojuma robežlielumam, dots 2.4. tabulā.

<sup>10</sup> LVS EN 50499 Procedūra kā novērtēt darbinieku pakļautību elektromagnētiskajiem laukiem

2.4. tabula. Aprēķinātās<sup>11</sup> elektromagnētiskā lauka starojumam robežlielumam atbilstošās elektriskā un magnētiskā lauka vērtības, kā arī robežlielums un atbilstošie elektromagnētiskā lauka starojuma mērķlielumi 50 Hz gadījumā

Robežlielums: Elektromagnētiskā lauka inducētās strāvas plūsmas caur cilvēka ķermeņa laukuma vienību perpendikulāri tai, vkv $2 \text{ mA m}^{-2}$	
<b>Magnētiskais lauks</b>	<b>Elektriskais lauks</b>
Mērķlieluma vērtība <sup>12</sup> : <b>100</b> $\mu\text{T}$ reālais ārējais lauks, kas patiesībā vajadzīgs, lai cilvēkā sasniegtu strāvas blīvuma vidējo kvadrātisko vērtību $2 \text{ mA/m}^2$ , kas atbilst robežlielumam: <b>360</b> $\mu\text{T}$	Mērķlielums <sup>13</sup> : <b>5</b> kV/m Reālais ārējais lauks, kas patiesībā vajadzīgs, lai cilvēkā sasniegtu strāvas blīvumu, kas atbilst robežlielumam: <b>9.2</b> kV/m

Tātad reāli 50 Hz gadījumā robežlielums  $2 \text{ mA/m}^2$  netiktu pārsniegts pat tad, ja mērķlielumi būtu pārsniegti, bet ne vairāk kā norādīts tabulā 2.4.

Savukārt attiecībā uz strādājošajiem MK584 pie zemajām frekvencēm balstās uz atšķirīgu pieeju (ES direktīva 2013/35/ES) un tur ir noteiktas gan 2 atšķirīgas robežvērtības, gan arī attiecīgi augstas un zemas darbības vērtības

2.5. tabula. Ekspozīcijas robežvērtības attiecībā uz iekšējā elektriskā lauka intensitāti dažādos frekvenču diapazonos attiecībā uz nodarbinātajiem

Nr.p. k.	Frekvenču diapazons	ER (maksimumvērtība)
<b>1.</b>	<b>ER saistībā ar ietekmi uz veselību attiecībā uz iekšējā elektriskā lauka intensitāti frekvenču diapazonā no 1 Hz līdz 10 MHz</b>	
1.1.	$1 \text{ Hz} \leq f^* < 3 \text{ kHz}$	1,1 V/m
1.2.	$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} f \text{ V/m}$
<b>2.</b>	<b>ER saistībā ar ietekmi uz maņu orgāniem attiecībā uz iekšējā elektriskā lauka intensitāti frekvenču diapazonā no 1 Hz līdz 400 Hz</b>	
2.1.	$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f \text{ V/m}$
2.2.	$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	$0,07/f \text{ V/m}$
2.3.	$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028/f \text{ V/m}$

Piezīme. \* Ar  $f$  apzīmē frekvenci, izteiktu hercos (Hz).

2.6. tabula Elektrisko lauku iedarbībai uz nodarbinātajiem noteiktās darbības vērtības diapazonā no 1 Hz līdz 10 MHz

<b>1. Elektrisko lauku iedarbībai noteiktās DV</b>			
Nr. p. k.	Frekvenču diapazons	Elektrisko lauku zemas intensitātes DV (E) [V/m] (RMS)	Elektrisko lauku augstas intensitātes DV (E) [V/m] (RMS)
1.1.	$1 \leq f^* < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
1.2.	$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$2,0 \times 10^4$
1.3.	$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$1,0 \times 10^6/f$

<sup>11</sup> Skat. atsauci **Error! Bookmark not defined.**

<sup>12</sup> Skat. atsauces **Error! Bookmark not defined.** un **Error! Bookmark not defined.**

<sup>13</sup> Skat. atsauces **Error! Bookmark not defined.** un **Error! Bookmark not defined.**

1.4.	$1,64 \leq f < 3 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$6,1 \times 10^2$
1.5.	$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$
	<b>50 Hz</b>	<b>10kV</b>	<b>20 kV</b>

Piezīme. \* Ar  $f$  apzīmē frekvenci, izteiktu hercos (Hz).

**2.7. tabula Magnētisko lauku iedarbībai uz nodarbinātajiem noteiktās darbības vērtības diapazonā no 1 Hz līdz 10 MHz**

<b>Magnētisko lauku iedarbībai noteiktās DV</b>				
Nr. p. k.	Frekvenču diapazons	Magnētiskā indukcija (zema DV) [ $\mu\text{T}$ ] (EV)	Magnētiskā indukcija (augsta DV) (B) [ $\mu\text{T}$ ] (EV)	Magnētiskās indukcijas DV saistībā ar lokalizēta magnētiskā lauka ietekmi uz rokām un kājām [ $\mu\text{T}$ ] (EV)
2.1.	$1 \leq f < 8 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^5/f^2$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
2.2.	$8 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,5 \times 10^4/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
2.3.	$25 \leq f < 300 \text{ Hz}$	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
2.4.	$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 10^5/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
	<b>50Hz</b>	<b>1000 <math>\mu\text{T}</math> = 1 mT</b>	<b>6000 <math>\mu\text{T}</math> = 6 mT</b>	<b>18000 <math>\mu\text{T}</math> = 18 mT</b>

Piezīme. \* Ar  $f$  apzīmē frekvenci, izteiktu hercos (Hz).

Tātad 50 Hz gadījumā attiecībā uz strādājošajiem darbības vērtības pieļaujamas pat 60 reižu augstākas par MK637 norādītajiem mērķlielumiem iedzīvotājiem (attiecībā uz magnētisko lauku).

### 3. Pieejamā informācija par vēja elektrostaciju radīto elektromagnētisko lauku un sadzīves elektroierīču radītiem laukiem

Iepazīstoties ar situāciju, nācās konstatēt, ka ir pieejams salīdzinoši maz informācijas par VES parku radīto elektromagnētisko lauku. Daļēji tas varētu būt saistīts ar to, ka sākotnēji VES parkos tika uzstādītas salīdzinoši mazjaudīgas VES (piemēram Grobiņas VES parkā vienas atsevišķas VES nominālā jauda ir tikai 0,6 MW). Kā papildus iemesls varētu būt tas, ka nevar izslēgt, ka nereti VES parku attīstītāji pazemes elektrokabeļus ir ierakuši dziļāk, nekā tas minimāli būtu nepieciešams. Rezultātā situācija izveidojās tāda, ka vairumā gadījumu elektromagnētiskie lauki, kas varētu rastos vai rodas VES parku attīstības rezultātā tika uzskatīti par ne visai būtiskiem, salīdzinot tiem laukiem, kuru rašanās ir saistīta ar jaudīgu augstsprieguma elektropārvades līniju izmantošanu un maīsprieguma izmantošanu dzelzceļa vilkmes nodrošināšanā. Lai arī par VES parku ietekmi uz vidi ir daudz publikāciju, pārsvarā tās apskata citus iespējamus ietekmes uz vidi aspektus.

Viens no pirmajiem publicētajiem darbiem saistībā ar elektromagnētisko lauku VES tuvumā ir M. Israela (Michel Israel) vadītās Bulgārijas pētnieku grupas darbs [Israel M et al. \(2011\): Electromagnetic fields and other physical factors around wind power generators \(pilot study\)](#)<sup>14</sup>. Šajā darbā veikti magnētiskā lauka plūsmas blīvuma mērījumi 2 līdz 3 m attālumā no VES torņa, galvenokārt virs 33 kV pazemes kabeļa, 1,2 līdz 1,8 m augstumā virs zemes. Iegūtie rezultāti ir no 13,3 līdz 18 nT, tātad vairāk kā 5000 reīžu mazāki par 100 μT. Jāatzīmē, ka parasti gan elektrisko lauku, gan arī magnētisko lauku mēra standarta 1 m augstumā virs zemes līmeņa, neatkarīgi no tā vai tiek mērīts gaisvadu elektropārvades līnijas elektriskais un magnētiskais lauks vai magnētiskais lauks, ko rada pazemes kabeļi. Kā jau iepriekš norādīts, a pazemes kabeļu gadījumā tie praktiski nerada elektrisko lauku, ko parādīja arī Israela vadītās grupas elektriskā lauka kontrolmērījums, kas nesasniedza par 20 V/m.

Nākošais darbs, kurā sniegti arī mērījumu rezultāti, ir bieži citētais Kanādas pētnieku grupas ap Lindseju Makkalumu (Lindsay McCallum) darbs par EML mērīšanu VES parka tuvumā Kanādā<sup>15</sup>. Darbs balstās uz 2013.gada 29. un 30.jūlijā veiktiem vairāk kā 600 magnētiskā lauka plūsmas blīvuma mērījumiem Kingsbridžas (Kingsbridge) vēja parkā un tā tuvumā. Iegūtie rezultāti jau 2-3 m attālumā no VES torņiem parādīja, ka magnētiskā lauka plūsmas blīvums bija ap 0,03 μT, bet pie paša torņa sasniedza tikai 0,1 μT. Interesanti, ka šis pētījums parādīja, ka magnētiskais lauks praktiski nemainījās atkarībā no tā, vai VES ģenerēja elektrību, vai arī izmantoja tīkla enerģiju savu sistēmu uzturēšanai. Šajā darbā pētnieki mērījumus veica starptautiski pieņemtajā standartizētajā 1 m augstumā virs zemes līmeņa, kā

---

<sup>14</sup> [Israel M et al. \(2011\): Electromagnetic fields and other physical factors around wind power generators \(pilot study\). The Environmentalist June 2011, Volume 31, Issue 2, pp 161–168](#)

<sup>15</sup> [McCallum LC et al. \(2014\): Measuring electromagnetic fields \(EMF\) around wind turbines in Canada: is there a human health concern? Environmental Health 2014, 13:9](#)

parasti tiek mērīts arī gaisvada elektropārvades līniju radītais elektriskais un magnētiskais lauks.

Gatavojot šo novērtējumu tikai veikti arī mērījumi Grobiņas vēja parkā. Kā jau minēts, tad tur esošās VES ir ar būtiski mazāku jaudu, nekā plānotajos Dobeles un Pienavas vēja parkos.



Attēls 3.1. Skats uz Grobiņas VES parka daļu. Attēla vidū redzams pazemes kabeļa marķējums, kura tuvumā tika veikts pirmais magnētiskās plūsmas blīvuma mērījums (10, 53 nT)

**22.03. veiktie lauka mērījumi Grobiņas vēja parkā.** Mērījumi tika veikti 1 m augstumā virs skaidri norādītām pazemes kabeļu atrašanās vietām. Mērījumiem tika izmantots kalibrēts instruments Spectran NF-5035 Nr. 01466. Tika iegūts, ka virs viena kabeļa magnētiskā lauka

plūsmas blīvums bija 10,53 nT, bet virs otra – 49 nT. Tika veikti arī mērījumi 1 m no VES torņa: ieejas pusē tika iegūts rezultāts 20,17 nT, bet torņa pretējā pusē rezultāts jau bija ar kārtu pT. Diemžēl nebija precīzas informācijas par kabeļa dziļumiem, uz attēlā esošā marķējuma stabiņa bija norādīts, ka kabeļa dziļums 0,7 m, bet nevar izslēgt iespēju, ka tas varētu būt arī lielāks. Nebija arī informācijas par izmantotajiem kabeļiem un VES jaudu mērījumu veikšanas laikā, tomēr iespējams pieļaut, ka mērījumu veikšanas laikā tuvākās konkrētās VES darbojās jaudas ģenerēšanas režīmā. Iegūtie reālie rezultāti parādīja, ka līdzīgi kā Bulgārijā un Kanādā magnētiskā lauka plūsmas blīvums bija ne tikai daudzkārt mazāks par Latvijā ar MK637 noteikto mērķlielumu 50Hz, bet pat mazāks par piesardzības sliekšni, kas noteikts vadoties no epidemioloģiskajiem pētījumiem, ko akceptē arī PVA IARC. Salīdzinājumam zemāk dota tabula ar dažādu sadzīves elektroierīču laukiem:

3.1.tabula. Sadzīves elektroierīču magnētiskais lauks<sup>16</sup>

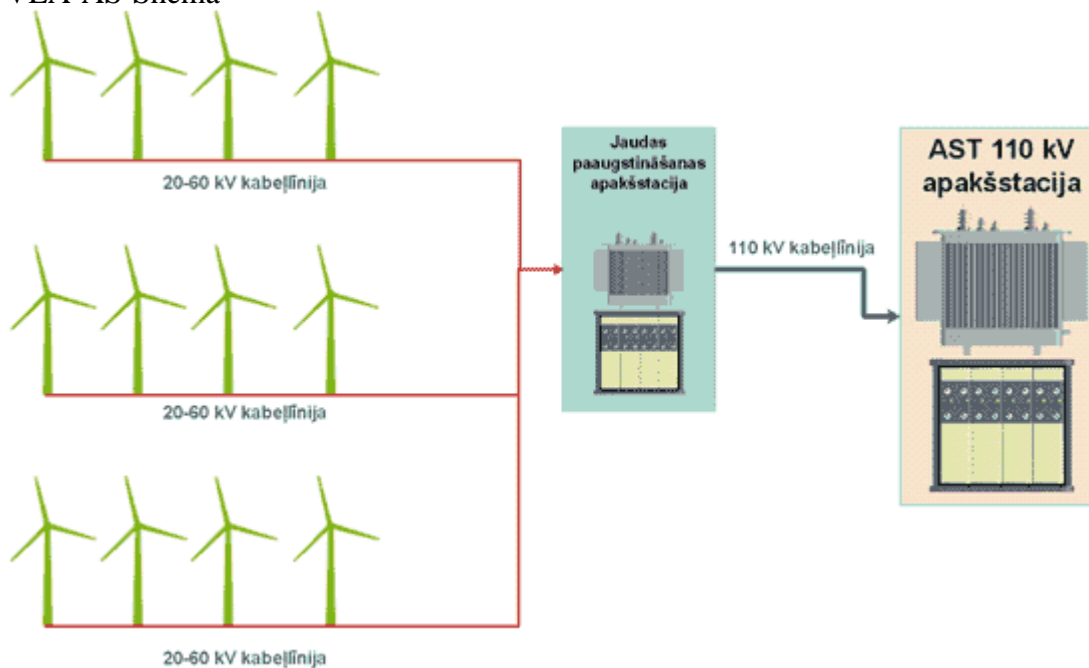
Ierīce	Magnētiskās plūsmas blīvums, $\mu\text{T}$	Elektriskā lauka intensitāte, kV/m
	Distance 3 cm/30 cm/1 m	Distance 30 cm/ 1 m
Elektroplīts	1-50/0.15-8/0.01-0.04	
Ledusskapis	0.5-2/0.01-0.3/0.01-0.04	
Kafijas automāts	1-10/0.1-0.2/0.01-0.02	0.5/0.02
Rokas mikseris	60-700/0.06-10/0.02-0.25	0.2/0.01
Tosteris	7-20/0.06-1/0.01-0.02	0.5/0/02
Matu fēns	6-2000/0.1-7/0.01-0.3	1/0.1
Elektriskie skuvekļi	15-1500/0.08-9/0.01-0.3	
Elektriskā urbjmašīna	400-800/2-3.5/0.06-0.2	
Rokas elektrozāģis	250-1000/1-25/0.01-1	
Putekļu sūcējs	200-800/2-20/0.1-2	
Veļas mašīna	0.08-50/0.15-3/0.01-0.15	
Veļas žāvētājs	0.3-8/0.1-2/0.02-0.1	
Gludeklis	8-30/0.1-0.3/0.01-0.03	0.01/-
Radiomodinātājs	3-60/0.1-1/0.01-0.02	
Elektriskā sega	Līdz 30/	4/0.5
Televizors	2.5-50/0.04-2/0.01-0.15	0.9-0.1
Elektriskā grīdas apsilde	-/0.1-8/	0.1
Elektrokrāns	10-180/0.15-5/0.01-0.25	
Indukcijas plīts	Rokām – līdz 500/ Ķermenim - līdz 40/1-3	1
Elektrometināšana (100A)	Pie kabeļa – 200/20 cm distancē - 20	2.5
Dzīvokļa elektroinstalācija	1/0.1	0.4/0.003
Atmagnetizēšanas ierīce	10000/100	0.8

<sup>16</sup> Elektromagnetische Felder im Alltag LUBW142 Seiten; Karlsruhe / Augsburg 2010 (978-3-88251-352-3) 2010, 142 Seiten; IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 80 (2002) Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields, 429 pages)

## 4. Informācija saistībā ar plānoto vēja elektrostaciju parku „Dobele” un „Pienava” radīto elektromagnētisko lauku

Pēc pieejamās informācijas saskaņā ar ieceri vēja parka Pienava un vēja parka Dobele teritorijās ir plānots izbūvēt līdz mazliet vairāk kā 50 vēja elektrostacijas (VES). Reālais skaits tomēr varētu būt mazāks, saistībā ar dažādiem ierobežojumiem ietekmes uz vidi izvērtēšanas laikā noteiktiem ierobežojumiem. Katra VES sastāvēs no vairāk kā 100 m augstiem torņiem, kuru augšā būs gondola ar vēja enerģiju uztverošām 3 lāpstiņām ar horizontālu rotācijas asi. Rotācija tiks novadīta uz ģeneratoru, kas ģenerēs 3 fāzu strāvu ar spriegumu aptuveni 1000V. Pie jaudas 4,2MW, tas nozīmē, ka strāva būs ap 4100 A. Praktiski visos VES modeļos paredzēts, ka gondolā atradīsies arī transformators, kas nodrošinās sprieguma pacelšanu līdz apmēram 20000 -40000 V, tas nozīmē, ka pēc paaugstinošā transformatora strāvas stiprums būs vairs tikai ap 210-105 A. Tālāk VES saražotā enerģija pa kabeli tiks novadīta līdz torņa apakšai un no turienes pa apakšzemes kabeļiem uz plānotajām jaudas (sprieguma) paaugstināšanas stacijām (JPA). JPA atrašanās vietas vēl nebija noteiktas. No JPA jau 110 kV apakšzemes kabelis tālāk enerģiju novadīs līdz tuvākajai publiskā tīkla 110 kV apakšstacijai, lai ievadītu to kopējā elektroenerģijas tīklā. Shematiski tas izskatītos šādi:

VEA-AS-Shema



Attēls 4.1. Elektropārvades shēma no VES uz JPA un tālāk uz 110 kV apakšstaciju (no IVN pamatziņojuma)

Balstoties uz iepriekš sniegto informāciju, var secināt, ka paredzētā vēja elektrostaciju būvniecība radīs izmaiņas elektriskajā un magnētiskajā laukā elektroģeneratoru un elektriskās enerģijas pārvades līniju tiešā tuvumā.

Izbūvējot VES parkus ir iespējami sekojoši 4 galvenie elektromagnētiskā lauka avoti:

- 1) Augstsprieguma līnija, kas nepieciešama, lai saražoto elektroenerģiju no JPA aizvadītu līdz elektroapgādes operatoram. Plānots, ka tās būs 110 kV pazemes kabeļu līnijas. Pazemes kabeļu gadījumā nav jāērķinās ar elektrisko lauku. Savukārt magnētiskais lauks būs atkarīgs pirmkārt no līnijā plūstošās strāvas un kabeļa ieguldīšanas dziļuma, kā arī no izvēlētajiem kabeļiem, tai skaitā fāzu konfigurācijas.
- 2) Strāvas ģenerators un paaugstinošais transformators. Tā kā strāvas ģenerators un paaugstinošais transformators atrodas gondolā vairāk kā 100 m augstumā, ap to ir elektrovadošs metālisks korpuss, tad līdzīgi, kā ekranēto zemes kabeļu gadījumā elektriskais lauks praktiski nav vērā ņemams. Magnētiskais lauks, kas hipotētiski varētu iedarboties uz iedzīvotājiem būs ļoti mazs, tāpēc ka ģenerators un transformators to novietojuma gondolā dēļ atrodas tālu no zemes virsmas un magnētiskais lauks, ko rada ģenerators un transformators tinumi, samazinās proporcionāli attāluma kubam.
- 3) Tā sauktās jaudas paaugstināšanas stacijas (JPA), kas patiesībā ir transformatoru stacijas, kas paaugstina pievadītās elektroenerģijas spriegumu, lai tad tālāk to novadītu līdz elektroenerģijas pārvades operatora apakšstacijām. Tātad atkal tie ir transformatori, kas atrodas nožogotā teritorijā, līdz ar to ir nodrošināts, ka neautorizētām personām (iedzīvotāji) nebūs iespējas nokļūt tuvāk šiem magnētiskā lauka avotiem, kā norobežojošā žoga attālumā.
- 4) Pazemes kabeļu tīkls no VES līdz JPA. Paredzēts izmantot ekranizētus trīsdzīslu kabeļus. Līdz ar to tiks nodrošināts pie dotās strāvas un kabeļa dziļuma mazākais iespējamais magnētiskais lauks, jo kabeļi vienas sistēmas fāzes atradīsies optimālajā tā dēvētajā trīsstūra konfigurācijā. Lauka lielums būs atkarīgs no plūstošās strāvas un kabeļa ieguldīšanas dziļuma.

Jāņem vērā, ka VES atradīsies uz privātas lauksaimniecībā izmantojamas zemes, kuru īpašnieki ir piekrituši VES un elektrolīniju izbūvei. VES un pievadceļu izvietojums (ja tos nāksies izbūvēt no jauna) ir vai tiks saskaņots ar attiecīgajiem zemes gabalu īpašniekiem. Pazemes elektrokabeļu līnijas plānots izbūvēt jau esošo ceļu nodalījuma robežās, bet jaunbūvējamo ceļu gadījumā iespējams, ka kabeļi tiks izbūvēti tieši zem ceļa klātnes. Pazemes kabeļi parasti ir viens no magnētiskā lauka izplatības samazināšanas pasākumiem salīdzinājumā ar gaisvadu elektropārvades līnijām. Tāpēc jau uzreiz ir iespējams teikt, ka paredzētais risinājums jau ietver vienu no būtiskākajām magnētiskā lauka samazināšanas iespējām. Izvēlētais risinājums arī nozīmē to, ka 50 Hz elektriskā lauka komponente vispār neradīs problēmas, jo apakšzemes kabeļa gadījumā elektriskais lauks tiek pilnībā ekranēts. Arī iespējamais elektriskais lauks, kas hipotētiski varētu rasties tornī un gondolā, zemes līmenī ārpus no torņa praktiski ir vērā neņemams, jo maksimālais spriegums pēc transformatora, kas pa trīsdzīslu kabeli tiek novadīts uz torņa pakāji, tiek ekranēts jau pašā kabeļi. Arī pašu torņu konstrukcija paredzēta no elektrovadoša metāla, kas efektīvi ekeranē elektrisko lauku. Tāpēc izvēlētais risinājuma gadījumā vienīgā problēma vairs ir magnētiskais lauks no zemē ieraktajiem kabeļiem. Taču arī magnētiskā lauka lielums, pateicoties izvēlētajam elektriskās enerģijas pārvades risinājumam no katras vēja elektrostacijas (VES) uz tā sauktajām jaudas paaugstināšanas stacijām (JPA), kas patiesībā veic sprieguma paaugstināšanas funkciju – ekranēts trīsdzīslu kabelis, būs jau stipri samazināts, jo trīs fāzes atradīsies tuvu viena otrai un tāpēc notiks katras fāzes radītā magnētiskā lauka ievērojama savstarpēja dzēšana, salīdzinot ar pierasto situāciju, kāda ir gaisvadu līnijas gadījumā, kur distance starp fāzēm ir ievērojami lielāka.



Bez tam sagaidāms, ka katras sistēmas atsevišķās fāzes no ģenerators līdz JPA tiks noslogotas vienmērīgi bez asimetrijas. Tas nozīmē, ka sadalot Bio-Savāra formulu Teilora rindā, rindas pirmais saskaitāmais tuvosies nullei un magnētiskais lauks 1 m augstumā virs zemes līmeņa būs galvenokārt atkarīgs no kabeļa novietošanas dziļuma, strāvas stipruma, fāzes vadu savstarpējā attāluma un savstarpējā izvietojuma. Uz novērtējuma veikšanas brīdi nebija skaidri zināms, kāds būs spriegums šajos kabeļos no VES uz JPA. Ja spriegums būs 20000 V (no magnētiskā lauka lieluma virs kabeļu līnijām sliktākais variants), tad maksimālā strāva pie VES maksimālās jaudas 4,2 MW būs 210 A. Ja spriegums kabeļos būtu paredzēts 40000 V, tad maksimālā strāva būtu uz pusi mazāka, tas ir, 105 A. Turpmāk tabulās būs doti aprēķinātās magnētiskā lauka vērtības tieši virs kabeļiem atkarībā no to ierakšanas dziļuma,, kā arī 10 m ,20 m un dažreiz arī 30 m attālumā no līnijas centra.

**4.1.tabula** Magnētiskā lauka plūsmas blīvums 1m augstumā virs zemes virskārtas līmeņa pazemes kabeļiem no VES līdz JPA atkarībā no kabeļa dziļuma un 10m un 20m attālumā

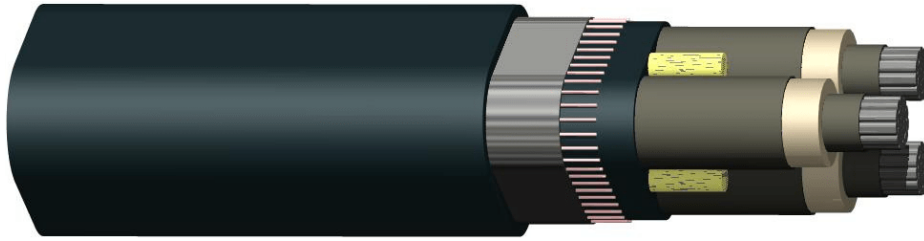
Spriegums 40 kV, maksimālā strāva 105 A

Kabeļa dziļums, m	Magnētiskā lauka plūsmas blīvums, $\mu T$ , ja distance starp fāzēm ir:			
	0,04 m	0,05 m	0,06 m	0,10 m
0,7	0,377	0,472	0,566	0,943
0,8	0,337	0,421	0,505	0,841
0,9	0,302	0,378	0,453	0,755
1,0	0,272	0,341	0,409	0,681
1,2	0,225	0,282	0,338	0,563
1,5	0,174	0,218	0,262	0,436
2	0,121	0,152	0,182	0,303
2,5	0,089	0,111	0,134	0,223
10m att.	0,0108	0,0135	0,0162	0,0270
20m att.	0,0027	0,0034	0,0041	0,0068

**4.2.tabula** Magnētiskā lauka plūsmas blīvums 1m augstumā virs zemes virskārtas līmeņa pazemes kabeļiem no VES līdz JPA atkarībā no kabeļa dziļuma un 10m un 20m attālumā

Spriegums 20 kV, maksimālā strāva 210 A

Kabeļa dziļums, m	Magnētiskā lauka plūsmas blīvums, $\mu T$ , ja distance starp fāzēm ir:			
	0,04 m	0,05 m	0,06 m	0,10 m
0,7	0,754766	0,943458	1,132149	1,886915
0,8	0,673233	0,841541	1,009849	1,683082
0,9	0,604231	0,755289	0,906347	1,510578
1,0	0,545319	0,681648	0,817978	1,363296
1,2	0,450676	0,563346	0,676015	1,126691
1,5	0,349004	0,436255	0,523506	0,87251
2	0,242364	0,302955	0,363546	0,60591
2,5	0,178063	0,222579	0,267095	0,445158
10m att.	0,005402	0,027011	0,032414	0,054023
20m att.	0,002401	0,006753	0,008103	0,013506



**4.1. Attēls.** Ūdensizturīgs trīsdzīslu alumīnija vadu kabelis AXLJ-F TT 36kV

Iespējams, ka šāds vai līdzīgs kabelis tiks izmantots, lai novadītu VES saražoto elektroenerģiju uz JPA stacijām vēja parkos. Kabelis nodrošina, ka fāzes vadi atrodas maksimāli tuvu viens otram.

**4.3. tabula** Magnētiskā lauka plūsmas blīvums 1m augstumā virs zemes virskārtas līmeņa pazemes kabeļiem no VES līdz JPA atkarībā no kabeļa dziļuma un 10m, 20m un 30m attālumā

Spriegums 34 kV, maksimālā strāva 380 A

Kabeļa dziļums, m	Magnētiskā lauka plūsmas blīvums, $\mu T$ , ja distance starp fāzēm ir:				
	0,04 m	0,05 m	0,06 m	0,10 m	0,15m
0,7	1,24	1,55	1,86	3,11	4,66
0,8	1,11	1,39	1,66	2,77	4,16
0,9	1,00	1,24	1,49	2,49	3,73
1,0	0,90	1,12	1,35	2,25	3,37
1,2	0,74	0,93	1,11	1,86	2,78
1,5	0,58	0,72	0,86	1,44	2,16
2	0,40	0,50	0,60	1,00	1,50
2,5	0,29	0,37	0,44	0,73	1,10
3	0,22	0,28	0,34	0,56	0,84
10m att.	0,036	0,045	0,054	0,09	0,135
20m att.	0,009	0,011	0,013	0,022	0,034
30 m attālumā	0,004	0,005	0,006	0,01	0,015

380 A saskaņā ar ražotāja datiem ir maksimālā strāva, kurai paredzēts, ja kabelis AXLJ-F TT 36 kV, ja tas tiek ierakts zemē. Konkrēto vēja parku gadījumā strāva tāda varētu būt, ja pa vienu kabeli uz JPA tiek novadīta vairāku VES saražotā elektroenerģija.

**4.4. tabula** Magnētiskā lauka plūsmas blīvums 1m augstumā virs zemes virskārtas līmeņa pazemes kabeļiem no JPA uz elektropārvades operatora apakšstaciju atkarībā no kabeļa dziļuma un 10m un 20m attālumā

Spriegums 110 kV, strāva, kurai veikts B aprēķins 878 A

Kabeļa dziļums, m	Magnētiskā lauka plūsmas blīvums, $\mu T$ , ja distance starp fāzēm ir:							
	0,05 m	0,06 m	0,10 m	0,15	0,20	0,30	0,50	0,60
0,7	3,94	4,73	7,89	11,83	15,78	23,66	39,44	47,33
0,8	3,52	4,22	7,04	10,55	14,07	21,11	35,18	42,22
0,9	3,16	3,79	6,32	9,47	12,63	18,95	31,57	37,89
1,0	2,85	3,42	5,70	8,55	11,40	17,10	28,50	34,20
1,2	2,36	2,83	4,71	7,07	9,42	14,13	23,55	28,26
1,5	1,82	2,19	3,65	5,47	7,30	10,94	18,24	21,88
2	1,27	1,52	2,53	3,80	5,07	7,60	12,67	15,20
2,5	0,93	1,12	1,86	2,79	3,72	5,58	9,31	11,17
3,0	0,71	0,86	1,43	2,14	2,85	4,27	7,12	8,55
10 m att.	0,11	0,14	0,23	0,34	0,45	0,68	1,13	1,36

20 m att.	0,03	0,03	0,06	0,09	0,11	0,17	0,28	0,34
30 m att.	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,13	0,15

Tā kā par to, kāds konkrēti risinājums tiks izmantots vēja parku saražotās elektroenerģijas pārvadei no JPA uz elektropārvades operatora 110 kV apakšstacijām, tad aprēķini tika veikti dažādiem fāzu savstarpējajiem attālumiem. 878 A ir maksimālā strāva, ja vēja parkā ar pilnu nominālo jaudu 4,2 MW darbotos 23 VES. Tātad ir ir nosacīti sliktākais variants.

Jāatceras, ka magnētiskā lauka plūsmas blīvuma vērtības tika rēķinātas, pieņemot, ka atsevišķās fāzes ir izvietotas trīsstūra konfigurācijā. Gadījumā, ja atsevišķās fāzes būtu izvietotas vienā līmenī, tad pie vadu (kabeļu) centru savstarpējā attāluma kā tabulā pie dziļuma 1,2 m magnētiskā indukcija viena metra augstumā virs zemes līmeņa varētu sasniegt 40  $\mu$ T.

Tā kā ir loģiski pieņemt, ka lielāko daļu laika VES strādās ar mazāku jaudu, tad doti arī aprēķini 2 citām situācijām

**4.5. tabula Magnētiskā lauka plūsmas blīvums 1m augstumā virs zemes virskārtas līmeņa pazemes kabeļiem no JPA uz elektropārvades operatora apakšstaciju atkarībā no kabeļa dziļuma un 10m , 20m un 30 m attālumā**

Spriegums 110 kV, strāva, kurai veikts B aprēķins 600 A

Kabeļa dziļums, m	Magnētiskā lauka plūsmas blīvums, $\mu$ T, ja distance starp fāzēm ir:							
	0,05 m	0,06 m	0,10 m	0,15	0,20	0,30	0,50	0,60
0,7	2,31	2,78	4,63	6,94	9,26	13,89	23,14	27,77
0,8	2,06	2,48	4,13	6,19	8,26	12,39	20,64	24,77
0,9	1,85	2,22	3,71	5,56	7,41	11,12	18,53	22,23
1,0	1,67	2,01	3,34	5,02	6,69	10,03	16,72	20,07
1,2	1,38	1,66	2,76	4,15	5,53	8,29	13,82	16,58
1,5	1,07	1,28	2,14	3,21	4,28	6,42	10,70	12,84
2	0,74	0,89	1,49	2,23	2,97	4,46	7,43	8,92
2,5	0,55	0,66	1,09	1,64	2,18	3,28	5,46	6,55
3,0	0,42	0,50	0,84	1,25	1,67	2,51	4,18	5,02
10 m att.	0,07	0,08	0,13	0,20	0,27	0,40	0,67	0,80
20 m att.	0,02	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,17	0,20
30 m att.	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09

**4.6. tabula Magnētiskā lauka plūsmas blīvums 1m augstumā virs zemes virskārtas līmeņa pazemes kabeļiem no JPA uz elektropārvades operatora apakšstaciju atkarībā no kabeļa dziļuma un 10m , 20m un 30 m attālumā**

Spriegums 110 kV, strāva, kurai veikts B aprēķins 300 A

Kabeļa dziļums, m	Magnētiskā lauka plūsmas blīvums, $\mu$ T, ja distance starp fāzēm ir:							
	0,05 m	0,06 m	0,10 m	0,15	0,20	0,30	0,50	0,60
0,7	1,22	1,46	2,43	3,65	4,86	7,29	12,15	14,58
0,8	1,08	1,30	2,17	3,25	4,34	6,50	10,84	13,00
0,9	0,97	1,17	1,95	2,92	3,89	5,84	9,73	11,67
1,0	0,88	1,05	1,76	2,63	3,51	5,27	8,78	10,53
1,2	0,73	0,87	1,45	2,18	2,90	4,35	7,25	8,71
1,5	0,56	0,67	1,12	1,69	2,25	3,37	5,62	6,74
2	0,39	0,47	0,78	1,17	1,56	2,34	3,90	4,68
2,5	0,29	0,34	0,57	0,86	1,15	1,72	2,87	3,44

3,0	0,22	0,26	0,44	0,66	0,88	1,32	2,19	2,63
10 m att.	0,03	0,04	0,07	0,10	0,14	0,21	0,34	0,41
20 m att.	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,09	0,10
30 m att.	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05

### Iespējamie elektromagnētiskā lauka ietekmi samazinošie pasākumi

Veiktie iespējamā maksimālā magnētiskā lauka rezultāti uzskatāmi demonstrē, ka magnētiskā lauka plūsmas blīvums pat tieši virs 110 kV pazemes kabeļiem būs mazāks par MK637 doto mērķlielumu pie 50 Hz - 100 $\mu$ T. Kā norādīts pamata IVN, tad vēja parki tiks izvietoti lauksaimniecībā izmantojamās zemēs, tālu no esošām dzīvojamām mājām vai paredzamām iedzīvotāju ilgstošas atrašanās vietām. Vēja parku teritorijā ilgstošāku laiku varētu atrasties tikai tās personas, kas veiks ar zemes izmantošanas pamatveidu saistītos darbus. Kā jau norādīts, pat tieši virs kabeļu līnijām magnētiskais lauks paredzams, ka būs mazāks par MK637 noteiktajiem ierobežojumiem, taču uz personām, kas veiks zemes apstrādes un lauksaimniecības kultūru kopšanas darbus pareizāk būtu attiecināt ierobežojumus nodarbinātajiem, kas ir būtiski lielāki.

Tomēr, ja kādu apsvērumu dēļ būvējot VES parkus rastos vajadzība vēl vairāk samazināt magnētisko lauku, tad iespējami sekojoši pasākumi:

- 1) Ja tiktu konstatētas vietas, kur kādu specifisku apsvērumu dēļ būtu nepieciešams vēl vairāk samazināt magnētisko lauku, tad guldīt kabeļus dziļāk;
- 2) Arī 110 kV gadījumā izmantot trīsdzīslu kabeļus, jo tā tiktu samazināts atsevišķo fāzu vadu savstarpējais attālums.
- 3) Ja izmaksas nebūtu būtiskas, tad iespējams apsvērt GIL kabeļu pielietošanu. Tas reducētu jau tā normām atbilstošo magnētisko lauku līdz praktiski nenozīmīgam lielumam.

### Kopsavilkums.

Plānoto VES „Dobeļe” un „Pienava” parku radītā elektromagnētiskā lauka ietekmes novērtējuma gaitā veiktie modeļaprēķini tika veikti, vispirms pieņemot, ka VES darbojas maksimālās jaudas režīmā, tas ir, no iespējamā elektromagnētiskā lauka ietekmes viedokļa vissliktākajā variantā. Tomēr arī šādā situācijā modeļaprēķini parādīja, ka magnētiskā lauka vērtības vietās virs pazemes kabeļiem būs vairākas reizes zemākas par Latvijas Republikas MK noteikumos Nr. 637 „Elektromagnētiskā lauka iedarbības uz iedzīvotājiem novērtēšanas un ierobežošanas noteikumi” norādīto mērķlielumu magnētiskajam laukam pie 50 Hz frekvences  $\mu$ T. 100  $\mu$ T ir arī ES Ieteikumā 1999/519/ ES dotā references vērtība 50 Hz magnētiskajam laukam. Pie tam jāievēro, ka vietās, kur būs izvietoti pazemes kabeļi nav prognozējama cilvēku ilgstoša uzturēšanās. Pamatā paredzams, ka ceļus, kuru nodalījuma joslās plānots izvietot apakšzemes kabeļu trases izmantos personas, kas apstrādās sev piederošo lauksaimniecībā izmantojamo zemi, kā arī citas personas, lai pārvietotos uz sev vajadzīgajām vietām. Jebkurā gadījumā šo citu personu atrašanās nedaudz palielinātajā apakšzemes kabeļu magnētiskajā laukā paredzama īslaicīga. Savukārt mērķlielums (references vērtība) 100 $\mu$ T pie 50 Hz ir noteikts, pieļaujot, ka persona šādā magnētiskajā laukā bez kaitīgas iedarbības uz veselību var atrasties 24 stundas diennaktī, tātad nepārtraukti.

**Secinājums.** Elektromagnētiskie lauki, kas neizbēgami radīsies, ja VES parku projekti tiks īstenoti, nav uzskatāmi par tādiem, kas varētu būtiski ietekmēt sabiedrības veselību.