# Plānotā K2 Ventum vēja elektrostaciju parka radītā elektromagnētiskā starojuma ietekmes novērtējums

# SATURS

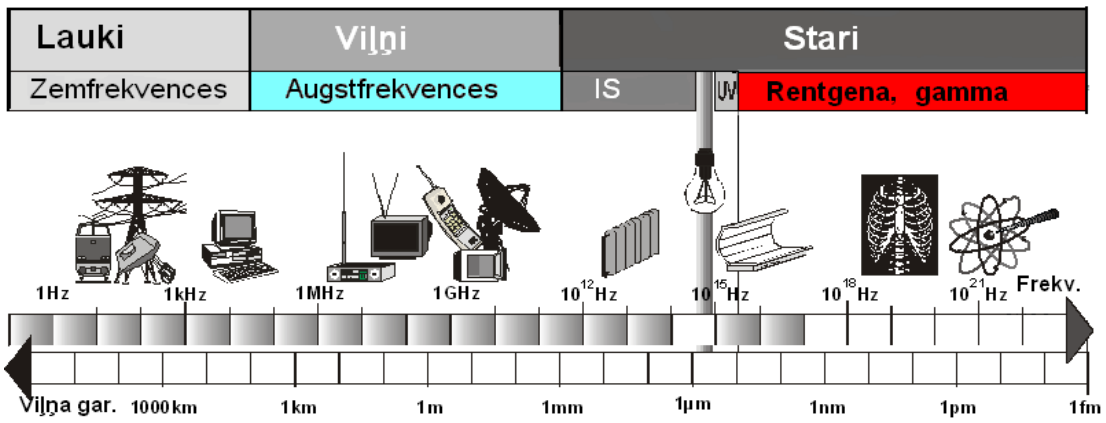
1. Informācija par elektromagnētiskajiem laukiem
2. Normatīvie akti saistībā ar elektromagnētiskā lauka iedarbību
3. Pieejamā informācija par vēja elektrostaciju radīto elektromagnētisko lauku
4. Informācija saistībā ar plānotās K2 Ventum vēja elektrostaciju parka darbības radīto elektromagnētisko lauku
5. Iespējamā ietekme uz mobilo sakaru radiolinkiem

# 1. Informācija par elektromagnētiskajiem laukiem

Elektromagnētiskie lauki (EML) parasti nav redzami, nav dzirdami (lai gan augstsprieguma (AS) gaisvadu (GV) elektropārvades līnijas (EPL) paaugstināta mitruma apstākļos koronas izlādes dēļ rada sadzirdamu troksni), nav saožami, nav sajūtami ar citiem maņu orgāniem (izņēmums ir elektriskā izlāde, pieskaroties izolētam strāvu vadošam priekšmetam, kas atrodas paaugstinātas intensitātes elektriskajā laukā). Lai arī ir avoti, piem., GV EPL, kas parasti normālos apstākļos darbojas nepārtraukti, tomēr ir pietiekoši pārtraukt elektroenerģijas pievadi (piem., atslēgt EPL vai vienkārši pārraut tās vadus), lai elektromagnētiskie lauki pazustu.
Tiek uzskatīts, ka pakļautība zema līmeņa EML uzreiz nerezultējas cilvēka veselībai nevēlamos efektos. Pašreizējā zinātnes attīstības līmenī pat nav skaidri zināms, vai šādi efekti pie pietiekami zemiem lauka līmeņiem vispār pastāv, taču ja arī tie eksistētu, tad lielā latentā perioda dēļ, to iespējamās izpausmes varētu būt grūti viennozīmīgi un nepārprotami saistīt ar šādu zema līmeņa EML iedarbību kaut kad iepriekš pagātnē, izslēdzot visus citus iespējamos seku rašanās cēloņus. Bez tam nav skaidrības arī par to, cik liela nozīme ir zemā līmeņa EML iedarbības ilgumam.

Elektroenerģijas daudzveidīgā pielietošana praktiski visās mūsdienu dzīves jomās (rūpniecībā, transportā un mājsaimniecībā utt.) un ar to saistītā nepieciešamās 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 papildus nākusi klāt dabiskajā vidē ap mums esošajiem elektriskajiem, magnētiskajiem un elektromagnētiskajiem laukiem (Zemes magnētiskais lauks (Latvijā apmēram 51 μT), 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 (piem., elektriskie zuši).

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 praktiski ir uzskatāmi par savstarpēji neatkarīgiem. Tomēr tā tas nav pie frekvencēm, kas ir megahercu (MHz) un (GHz) diapazonā, tāpēc tad var runāt par viļņiem, bet sākot ar infrasarkano diapazonu – par starojumu, kurā aizvien nozīmīgāku izpausmi rod EM starojuma korpuskulārā daba. Taču jāapzinās, ka šāds iedalījums, protams, ir nosacīts, ko lieto labākas saprotamības un ērtības dēļ.




*1.1. attēls. Elektromagnētiskā starojuma skala*[1]

Saskaņā ar plaši izmantoto elektromagnētiskā starojuma klasifikāciju, rūpnieciskā 50 Hz frekvence ietilpst tā dēvētajās ekstremāli zemajās frekvencēs (ELF – no angļu - ***Extremely Low Frequency***).[2] Būtiski neaizmirst, 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 attālumam no šī EML 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 turpināt izplatīties (to izmanto radio un TV, kā arī modernajās sakaru sistēmās un radiolokācijā).

Latvijā, tāpat kā pārējās Eiropas valstīs, rūpniecībā un arī sadzīves elektroaparatūras 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 50 Hz maiņstrāva, Vācijā, Austrijā, Šveicē, Zviedrijā un Norvēģijā - 15 kV 16.7 Hz maiņstrāva, bet Ziemeļamerikā elektroenerģijas tīkla frekvence ir 60 Hz.

Tā kā elektroenerģijas ražošanas vietas ne vienmēr sakrīt ar tās patērēšanas vietām, tad rodas nepieciešamība to pārvadīt no ražošanas vietas līdz patērētājiem. To izdevīgāk veikt ar lielāku spriegumu. Sprieguma paaugstināšanai ir arī otrs ļoti būtisks efekts – 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 elektrisko un magnētisko lauku iespējamo iedarbību uz cilvēku, dažādu apstākļu dēļ, pie zemajām frekvencēm noteicošā ir tieši magnētiskā lauka iedarbība. Elektrisko lauku bez tam ir salīdzinoši vienkārši ekranēt, taču magnētiskais lauks lielākajai daļai materiālu, arī ēkām utt. „iet cauri" būtiski nepavājinoties.

Elektrisko lauku raksturo ar tā intensitāti – tas ir vektoriāls lielums, kas raksturo spēka lielumu un virzienu, kas šajā laukā iedarbojas uz elektriski lādētu daļiņu, neatkarīgi no tās kustības. Parasti elektriskā lauka intensitāti apzīmē ar E, vai, ja vēlas īpaši norādīt, ka tas attiecas uz vektoriālu lielumu, tad izmanto treknrakstu - **E**. Elektriskā lauka intensitāti Latvijā pieņemtajā starptautiskajā mērvienību sistēmā SI mēra voltos uz metru (V/m). Ērtības labad bieži tiek izmantotas šīs vienības decimālie daudzkārtņi, piem., kV/m , kas ir 1000 V/m, vai

[1] Norbert Leitgeb „Strahlen, Wellen, Felder" München/Stuttgart Deutscher Taschenbuch Verlag/GeorgThieme Verlag 1990., 310 S., LV versija – SIA "INSALVO"

[2] Vadlīnijas Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret elektromagnētiskā lauka radīto risku darba vidē, Rīga 2006, LR Valsts darba inspekcija

arī mV/m, kas ir 0,001 V/m. Uzreiz jāatzīmē, ka strāvas augstsprieguma apakšzemes kabeļu uzbūves dēļ elektriskais lauks no tiem tiek praktiski pilnībā ekranēts.

Magnētisko lauku arī var raksturot ar tā intensitāti - vektoriālu lielumu, kas raksturo magnētisko lauku jebkurā telpas punktā. Parasti magnētiskā lauka intensitāti apzīmē ar H, vai, ja vēlas īpaši norādīt, ka tas attiecas uz vektoriālu lielumu, tad izmanto treknrakstu - **H**. Magnētiskā lauka intensitāti Latvijā pieņemtajā starptautiskajā mērvienību sistēmā SI mēra ampēros uz metru (A/m). Tomēr praksē magnētiskā lauka raksturošanai 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 vektoriālu lielumu, tad izmanto treknrakstu **- B**. Magnētiskā lauka indukciju Latvijā pieņemtajā starptautiskajā mērvienību sistēmā SI mēra teslās (T). Brīvā telpā (arī gaisā) un bioloģiskos materiālos magnētiskā lauka indukcija (magnētiskā lauka plūsma) un magnētiskā lauka intensitāte var būt savstarpēji aizvietojamas, izmantojot sakarību $1\ A/m = 4\ \pi\ 10^{-7}$ T. Šo izteiksmi parasti vienkāršo, noapaļojot sekojoši:

**1 A/m = 1.25 µT**.

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

Labākai elektriskās enerģijas ražošanā un pārvadē radušos elektriskā un magnētiskā lauku iedarbības uz cilvēku konceptu izpratnei, nepieciešams pieminēt strāvas blīvumu, kas ir strāvas plūsma, kas plūst vadošā vidē caur tās plūšanas virzienam perpendikulāru šķērsgriezuma 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 ($A/m^2$).

[3] 2013,gada 29.novembra MK noteikumi Nr. 1186 „Mērvienību noteikumi" https://likumi.lv/doc.php?id=261495

# 2. Normatīvie akti saistībā ar elektromagnētiskā lauka iedarbību

Latvijā kopš 2018.gada 1.novembra ir spēkā 2018. gada MK noteikumi Nr. 637 *„Elektromagnētiskā lauka iedarbības uz iedzīvotājiem novērtēšanas un ierobežošanas noteikumi”* [4] (turpmāk MK637), kas formāli pārņem Eiropas Padomes 1999. gada 12. jūlija Ieteikumā 1999/519/EK[5] (turpmāk 1999/519) noteiktos ierobežojumus, kas savukārt balstās uz ICNIRP 1998. gada vadlīnijām[6] (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 dažu veidu EML 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”* [7] (turpmāk MK584), kas transponē Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvu 2013/35/ES[8] (turpmāk 2013/35). Jānorāda, ka attiecībā uz zemajām frekvencēm MK584 jau tiek izmantota ICNIRP 2010. gada vadlīniju (turpmāk ICNIRP10) pieeja.[9] Tomēr MK637, kā jau iepriekš tika norādīts, 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.

2020.gadā ICNIRP izdeva jaunas, koriģētās vadlīnijas attiecībā uz radiofrekvencēm (100 kHz līdz 300 GHz)[10].

**2.1. tabula**: ICNIRP98 pamatierobežojumi

| Frekvences | [Inducētais] strāvas blīvums torsam, galvai ($mA*m^{-2}$)(rms) | SAR visam ķermenim (W/kg) | SAR lokāli galvai, torsam (W/kg) | SAR lokāli rokām, kājām (W/kg) | Jaudas blīvums $W/m^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ierobežojumi strādājošajiem** | | | | | |
| Līdz 1 Hz | 40 | - | - | - | |
| 1- 4 Hz | 40/*f* | - | - | - | i |
| 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 |

*f- frekvence Hz; rms- vidējā kvadrātiskā vērtība (no angļu valodas **r**oot **m**ean **s**quare)*

[4] 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

[5] 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)

[6] 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

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

[8] Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2013/35/ES ( 2013. gada 26. jūnijs ) par minimālajām veselības aizsardzības un drošuma prasībām attiecībā uz darba ņēmēju pakļaušanu riskam, ko rada fizikāli faktori (elektromagnētiskie lauki) (20. atsevišķā direktīva Direktīvas 89/391/EEK 16. panta 1. punkta nozīmē), un ar ko atceļ Direktīvu 2004/40/EK; https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/35/oj/?locale=LV

[9] Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz - 100 kHz). Health Physics 99(6):818-836; 2010

[10] Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). Health Phys 118(5): 483–524; 2020

**2.1. tabula** (turpinājums): ICNIRP98 pamatierobežojumi

| Frekvences | [Inducētais] strāvas blīvums torsam, galvai ($mA*m^{-2}$)(rms) | SAR visam ķermenim (W/kg) | SAR lokāli galvai, torsam (W/kg) | SAR lokāli rokām, kājām (W/kg) | Jaudas blīvums $W/m^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **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 |

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 (1999/519) no ICNIRP98 attiecībā uz pamatierobežojumiem iedzīvotājiem praktiski atšķiras tikai ar to, ka MK637 un 1999/519 ir papildus noteikti ierobežojumi attiecībā uz statiskiem magnētiskiem laukiem:

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

| Frekvences | Magnētiskās plūsmas blīvums (mT) | [Strāvas blīvums ($mA*m^{-2}$)(vkv) | SAR vidēji visam ķermenim (W/kg) | SAR galvai, rumpim (W/kg) | SAR rokām, kājām (W/kg) | Jaudas blīvums $W/m^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 (vkv) 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. Impulsveida 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 $A/m^2$, kas ir identisks 1999/519 norādītajam un atbilst ICNIRP98 pamatierobežojumam iedzīvotājiem, bet attiecībā uz nodarbinātajiem ICNIRP98 šis ierobežojums ir noteikts 5 reizes augstāks – 10 $mA/m^2$.

Turklāt jāievēro, ka sakarā ar to, ka cilvēka ķermenis nav elektriski viendabīgs, tad strāvas blīvuma efektīvajām vērtībām nepieciešams noteikt vidējo vērtību strāvas virzienam perpendikulārā 1 $cm^2$ 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, 5 dienas nedēļā (tātad Darba likumā norādīto normālo dienas darba laiku), bet attiecībā uz iedzīvotājiem, pieņemot, ka lauku iedarbības ilgums ir 24 stundas diennaktī,7 dienas nedēļā - tātad bez pārtraukuma.

Jau EK 2008. gada ziņojumā COM(2008) 532[11] 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 15 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 un objektu, kas izraisa elektromagnētiskos laukus, īpašnieki vairs nevar ignorēt tos. Par uzraudzību Latvijā 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 atšķīrās no situācijas augsto frekvenču diapazonā, attiecībā par ko ir norādīts, ka „Latvijā telekomunikāciju operatori periodiski veic uzraudzības pasākumus". Tomēr jau 2019.gadā veselības inspekcija (VI) pieprasīja, lai pirms pieņemšanas ekspluatācijā tiktu veikti EML mērījumi jaunuzceltās GV AS EPL tiešā tuvumā, kā obligātu nosacījumu – tātad MK637 jau praksē tiek pielietots, lai gan ne visai konsekventi – piemēram, nav informācijas, ka VI būtu pieprasījusi veikt mērījumus saistībā ar jaudīgo elektroautomobiļu uzlādes staciju ierīkošanu..., kaut arī skartais iedzīvotāju daudzums varētu būt pat lielāks nekā vidēja izmēra vēja parka gadījumā.

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 references vērtības (turpmāk tekstā – references vērtības). MK637 šīs vērtības tiek sauktas par elektromagnētiskā lauka starojuma mērķlielumiem (MK637 punkts 2.2.).

[11] Eiropas Kopienu 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

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

| Frekvenču josla | Elektriskā lauka intensistāte (V/m) | Magnētiskā lauka intensitāte (A/m) | Magnētiskās plūsmas blīvums (μT) | Ekvivalenta plakanviļņu jaudas blīvums ($W/m^2$) |
|---|---|---|---|---|
| 0-1 Hz | - | $3.2 \times 10^4$ | $4 \times 10^4$ | - |
| 1-8 Hz | 10000 | $3.2 \times 10^4/f^2$ | $4 \times 10^4/f^2$ | - |
| 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 | $87/f^{1/2}$ | $0.73/f$ | $0.92/f$ | |
| 10-400 MHz | 28 | 0.073 | 0.092 | 2 |
| 400-2 000 MHz | $1,375\ f^{1/2}$ | $0.0037f^{1/2}$ | $0.0046f^{1/2}$ | f/200 |
| 2-300 GHz | 61 | 0.16 | 0.20 | 10 |
| 50 Hz | 5000 | 80 | 100 | - |

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 $t_p$ ekvivalento frekvenci aprēķina kā $f = 1/(2t_p)$;*
*3.2. frekvenču joslā no 100 kHz līdz 10 MHz – reizinot attiecīgās vkv vērtības ar $10^{\alpha}$, 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 starojuma mērķlieluma skaitliskā vērtība iedzīvotājiem elektriskajam laukam ir **5000** V/m, bet magnētiskajam laukam **100** μT. Taču jāatceras, ka šie lielumi, kā liecina jau to nosaukums, nav jāsaprot kā robežvērtības, kuru pārsniegšana nebūtu akceptējama - tie ir tikai līmeņi, kuru sasniegšana un pārsniegšana norāda uz nepieciešamību veikt darbības, lai pārliecināties, vai viss ir kārtībā ar pamatierobežojumu (robežlielumu) ievērošanu, bet ja tie tiek ievēroti – ka arī elektromagnētiskā lauka starojuma robežlielumi garantēti ir ievēroti.

Veicot aprēķinus, izmantojot FEM metodi (uz ko bija atsauce standartā LVS EN 50499 *Procedūra kā novērtēt darbinieku pakļautību elektromagnētiskajiem laukiem*)[12], var iegūt, ka faktiski ārējo elektromagnētisko lauku lielumi varētu būt pat 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.

[12] LVS EN 50499 Procedūra kā novērtēt darbinieku pakļautību elektromagnētiskajiem laukiem

**2.4.** tabula. Aprēķinātās[13] ektromagnētiskā 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, vidējā kvadrātiskā vērtība (rms) - **2** mA $m^{-2}$ | |
|---|---|
| Magnētiskais lauks | Elektriskais lauks |
| Mērķlieluma vērtība[14]: **100** μT<br>reālais ārējais lauks, kas vajadzīgs, lai strāvas blīvuma vkv ķermenī sasniegtu 2 mA/$m^2$, kas atbilst robežlielumam: **360** μT | Mērķlielums[15]: **5** kV/m<br>Reālais ārējais lauks, kas vajadzīgs, lai cilvēkā sasniegtu strāvas blīvumu, kas atbilst robežlielumam: **9.2** kV/m |

Tātad reāli 50 Hz gadījumā robežlielums 2 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 pastarpināti arī ICNIRP10) 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 cilvēka dažādos frekvenču diapazonos attiecībā uz nodarbinātajiem

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

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

[13] Skat. atsauci 4.
[14] Skat. Tabulu 2.3.
[15] Skat. Tabulu 2.3.

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

| | **Elektrisko lauku iedarbībai noteiktās DV** | | |
|---|---|---|---|
| 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. | $1 \leq f^* < 25$ Hz | $2{,}0 \times 10^4$ | $2{,}0 \times 10^4$ |
| 1.2. | $25 \leq f < 50$ Hz | $5{,}0 \times 10^5/f$ | $2{,}0 \times 10^4$ |
| 1.3. | $50$ Hz $\leq f < 1{,}64$ kHz | $5{,}0 \times 10^5/f$ | $1{,}0 \times 10^6/f$ |
| 1.4. | $1{,}64 \leq f < 3$ kHz | $5{,}0 \times 10^5/f$ | $6{,}1 \times 10^2$ |
| 1.5. | $3$ kHz $\leq f \leq 10$ MHz | $1{,}7 \times 10^2$ | $6{,}1 \times 10^2$ |
| 1.6. | 50 Hz | 10kV | 20 kV |

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

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

| | **Magnētisko lauku iedarbībai noteiktās EDV** | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nr. p. k. | Frekvenču diapazons | Magnētiskā indukcija (zema DV) [μT] (EV) | Magnētiskā indukcija (augsta DV) (B) [μT] (EV) | Magnētiskās indukcijas DV saistībā ar lokalizēta magnētiskā lauka ietekmi uz rokām un kājām [μT] (EV) |
| 2.1. | $1 \leq f < 8$ Hz | $2{,}0 \times 10^5/f^2$ | $3{,}0 \times 10^5/f$ | $9{,}0 \times 10^5/f$ |
| 2.2. | $8 \leq f < 25$ Hz | $2{,}5 \times 10^4/f$ | $3{,}0 \times 10^5/f$ | $9{,}0 \times 10^5/f$ |
| 2.3. | $25 \leq f < 300$ Hz | $1{,}0 \times 10^3$ | $3{,}0 \times 10^5/f$ | $9{,}0 \times 10^5/f$ |
| 2.4. | $300$ Hz $\leq f < 3$ kHz | $3{,}0 \times 10^5/f$ | $3{,}0 \times 10^5/f$ | $9{,}0 \times 10^5/f$ |
| 2.5. | 50Hz | 1000 μT = 1 mT | **6000** μT = 6 mT | 18000 μT= 18 mT |

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

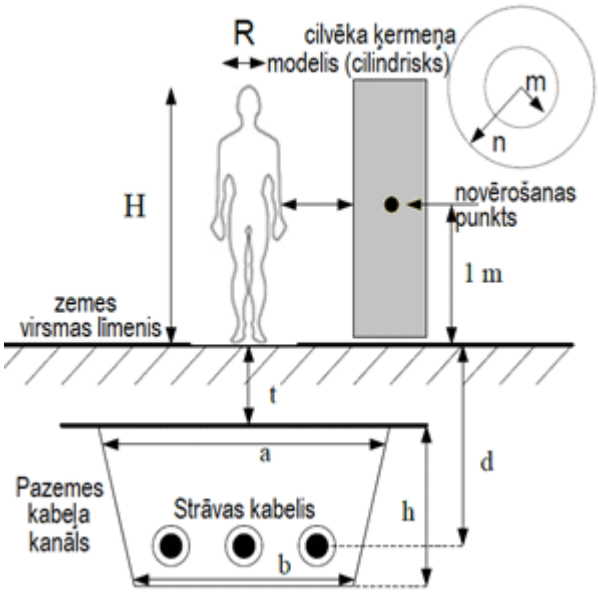
Tātad 50 Hz gadījumā attiecībā uz strādājošajiem darbības vērtības pieļaujamas pat 60 reižu augstākas par MK637 norādītajiem mērķlielumiem iedzīvotājiem (attiecībā uz magnētisko lauku). Tomēr jāatceras, ka tiek pieņemts, ka uz strādājošajiem šīs salīdzinoši lielās darbības vērtības iedarbojas būtiski mazāku laiku nekā ar MK637 pieļautie mērķlielumi uz iedzīvotājiem. Praktiski tas nozīmē, ka gadījumā, ja EML novērtējums parādītu, ka ir ievēroti mērķlielumi attiecībā uz iedzīvotājiem, tad parasti var uzskatīt, ka nevajadzētu būt problēmām arī attiecībā uz daudzkārt lielāko ekspozīcijas darbības vērtību ievērošanu attiecībā uz strādājošajiem (skatīt arī MK584 18.punktu).

Jāatceras, ka veikt korektus EML mērījumus ir samērā sarežģīti, jo ir ļoti viegli iegūt nepareizu un neatkārtojamu rezultātu, ja izmanto neatbilstošu aprīkojumu, neprot situācijai piemēroti rīkoties ar pieejamo mēraparatūru vai arī ja neievēro prasības mērīšanai, kas noteiktas piemērojamajos standartos. Tāpēc EML būtu jāmēra tikai kvalificētiem speciālistiem, kas pārzina gan EML fizikālo dabu, gan arī konkrētās mēriekārtas lietošanas nosacījumus. Protams, ka būtiski ir arī tas, ka mēriekārtai vajadzētu būt ne tikai konkrētajai EML situācijai

piemērotai, bet arī kalibrētai institūcijā, kas atbilst ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) prasībām.

# 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, VES parkā Grobiņas tuvumā vienas atsevišķas VES nominālā jauda ir tikai 0,6 MW). Kā papildus iemesls varētu būt tas, ka nevar izslēgt, ka nereti VES parku attīstītāji varētu būt ierakuši pazemes elektrokabeļus dziļāk, nekā tas normatīvajos aktos minimāli tiek pieprasīts. 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 AS GV EPL izmantošanu un maiņsprieguma izmantošanu dzelzceļa vilkmes nodrošināšanā. Ne mazāk būtiski varētu būt arī tas, ka GV EPL visi redz un lai pamatotu savu subjektīvo nepatiku pret šo dabas ainavā ne vienmēr iederīgo vizuālo elementu, vēršanās pret EPL radīto elektromagnētisko lauku dažiem varētu šķist pamatotāka, nekā iebildumi pret ierastās ainavas izmaiņām. Savukārt pazemes kabeļus cilvēki neredz. Tāpēc, lai arī par VES parku ietekmi uz vidi ir daudz publikāciju, pārsvarā tās apskata citus iespējamos ietekmes uz vidi aspektus (troksni, ēnas un zibšņus, rotora spārnu sadursme ar putniem un sikpārņiem utt).




3.1.attēls. Shematisks novērošanas punkta novietojums magnētiskā lauka plūsmas mērījumiem

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)[16].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

[16] 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

rezultāti ir no 13,3 līdz 18 nT, tātad vairāk kā 5000 reižu mazāki par 100 μT. Jāatzīmē, ka parasti gan elektrisko lauku, gan arī magnētisko lauku mēra standarta 1 m augstumā virs zemes līmeņa (skatīt attēlu 3.1.), neatkarīgi no tā vai tiek mērīts GV EPL elektriskais un magnētiskais lauks, vai magnētiskais lauks, ko rada pazemes kabeļi. Kā jau iepriekš norādīts, pazemes kabeļu gadījumā, tie praktiski nerada elektrisko lauku, ko parādīja arī Israela vadītās pētnieku grupas elektriskā lauka kontrolmērījums, kas nesasniedza pat 20 V/m. Iespējams, ka šajā gadījumā pētnieki vairāk interesējušies par magnētisko lauku, ko rada strāvas kabelis, kas iet pa VES torni, nevis par EML no pazemes kabeļiem.

Nākošais darbs, kurā sniegti arī mērījumu rezultāti, ir bieži citētais pētnieku grupas ar Lindseju Makkalumu (Lindsay McCallum) darbs par EML mērīšanu VES parka tuvumā Kanādā[17]. 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 (sk. attēlu 3.1.), kādā parasti tiek mērīts arī GV EPL radītais elektriskais un magnētiskais lauks.

Lai gūtu tiešāku izpratni par magnētiskajiem laukiem virs pazemes kabeļiem, kas tiek izmantoti enerģijas pārvadei no VES līdz publiskajam operatoram novērtējuma autors iniciēja dažu magnētiskā lauka mērījumu veikšanu Grobiņas vēja parkā. Kā jau minēts, tad tur esošās VES ir ar būtiski mazāku jaudu, nekā plānotajā K2 Ventum vēja parkā, kas atradīsies Dienvidkurzemes novada Sakas, pagastā (6,2- 7,0 MW).

[17] 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

Attēls 3.2. Skats uz Grobiņas VES parka daļu. Redzams pazemes kabeļa marķējums, kura tuvumā tika veikts pirmais magnētiskās plūsmas blīvuma mērījums (10, 53 nT)

**Magnētiskā lauka mērījumi Grobiņas vēja parkā tika veikti 2019.gadā.** 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 tuvāk esošās VES darbojās jaudas ģenerēšanas režīmā, jo to lāpstiņas nebija apturētas. 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 frekvencei 50Hz, bet pat mazāks par piesardzības slieksni, kas noteikts vadoties no epidemioloģiskajiem pētījumiem, ko akceptē arī PVO specializētā aģentūra IARC[18].
Salīdzinājumam zemāk dota tabula ar dažādu sadzīves elektroierīču laukiem:

**3.1.**tabula. Sadzīves elektroierīču magnētiskais lauks[19]

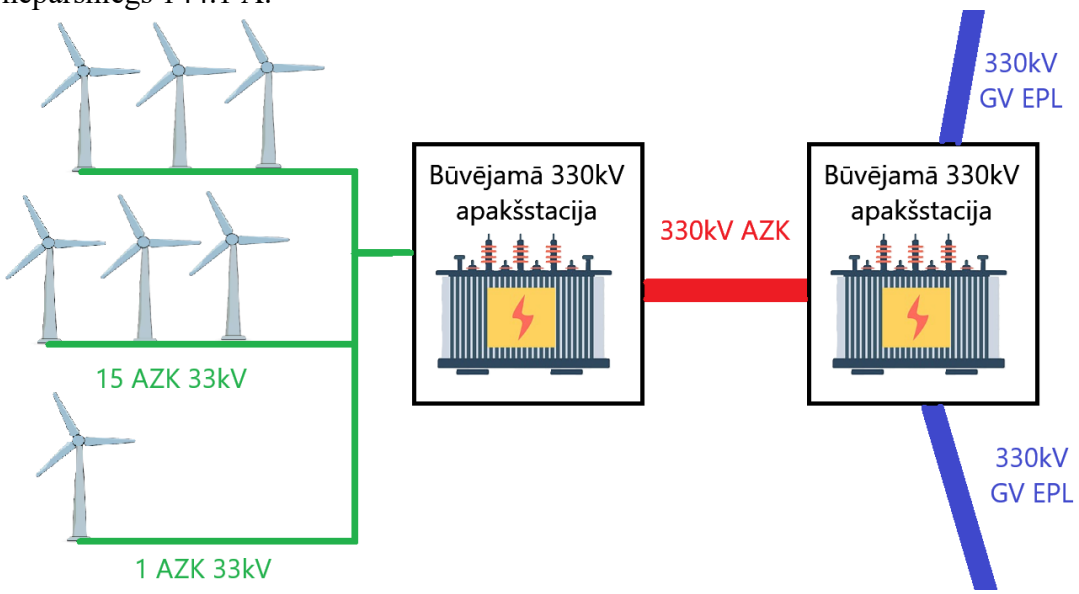
| Ierīce | Magnētiskās plūsmas blīvums, μT | Elektriskā lauka intensitāte, kV/m |
|---|---|---|
| | Distance 3 cm/30 cm/1 m | Distance 30 cm/ 1 m |
| Elektroplīts | 1-50/0.15-8/0.01-0.04 | |
| Ledusskapis | 0.5-2/0.01-0.3/0.01-0.04 | |
| Kafijas automāts | 1-10/0.1-0.2/0.01-0.02 | 0.5/0.02 |
| Rokas 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 |
| Elektrokrāsns | 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 |

[18] 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)
[19] Elektromagnetische Felder im Alltag LUBW142 Seiten; Karlsruhe / Augsburg 2010 (978-3-88251-352-3)

Savukārt jaudīgajās āra sadales iekārtās tīkla mezglu apakšstacijās elektriskais lauks var nedaudz pārsniegt 10 kV/m, bet magnētiskā indukcija pie transformatoriem var sasniegt ap 150 μT un pat pārsniegt to. Tāpēc apakšstacijas ir norobežotas un pieeja iekārtām ir tikai nodarbinātajiem.

# 4. Informācija saistībā ar plānoto vēja elektrostaciju parka „K2 Ventum vēja parks" radīto elektromagnētisko lauku

Pēc SIA "K2 Ventum" sniegtās informācijas saskaņā ar ieceri Dienvidkurzemes novada Sakas, pagasta teritorijā K2Ventum vēja parkā ir plānots izbūvēt līdz 46 vēja elektrostacijām (VES), kuru nominālā jauda katrai būtu no 6.2MW līdz 7 MW Katra VES sastāvēs no 166m līdz 168.5 augstiem torņiem, kuru augšā būs gondola ar vēja enerģiju uztverošām 3 lāpstiņām ar horizontālu rotācijas asi (norādītie 166 līdz 168.5 metri ir rotācijas ass augstums). Rotācija tiks novadīta uz ģeneratoru, kas ģenerēs 3 fāzu strāvu. K2 Ventum informēja, ka patlaban vēl nav pieņemts galīgais lēmums par to, kāda ražotāja kādu modeli izmantos. No saņemtās informācijas par 3 iespējamiem modeļiem izriet, ka paredzēts, ka gondolā bez vēja ģeneratora turbīnas atradīsies arī transformators, kas nodrošinās sprieguma paaugstināšanu līdz 33000 V , tas nozīmē, ka pēc paaugstinošā transformatora maksimālais strāvas stiprums būs samazināts līdz 144,1 A (pie 7,0 MW). Tālāk VES saražotā enerģija pa kabeli VES masta iekšienē tiks novadīta līdz torņa pamatnei un no turienes pa apakšzemes kabeļiem (pa vienam kabelim no katrām 3 VES) uz jaunbūvējamo apakšstaciju, kas spriegumu paaugstinās līdz 330 kV, lai tālāk pa 330kV apakšzemes kabeli (AZK) aizvadītu to līdz Kurzemes loka 330 kV gaisvadu (GV) elektropārvades līnijai (EPL), lai nodrošinātu enerģijas ievadi akciju sabiedrības "Augstsprieguma tīkls" pārvaldītajā AS EPL tīklā, kam tiek nodrošināta brīva pieeja. Tātad, pa piecpadsmit 33 kV kabeļiem no savstarpēji savienotām 3 VES uz jaunbūvējamo apakšstaciju plūdīs maksimāli 432,2A stipra strāva un pa vienu 33kV kabeli 144,1 A stipra strāva. Bez tam 46 VES savstarpēji pa 3 būs savienotas ar trīsdesmit kabeļiem 33 kV kabeļiem, kurā katrā strāva nepārsniegs 144.1 A.




Attēls 4.1. Elektropārvades vienkāršota shēma no VES uz 330 kV apakšstaciju un tālāk uz esošo GV EPL "Kurzemes loks". Tātad pavisam uz jaunbūvējamo apakšstaciju aiziet sešpadsmit 33 kV AZK (15 katrs no trim VES un 1 no vienas VES). Bez tam vēl paredzēti 30 lokālie 33 kV kabeļi, kas savieno ik trīs VES,

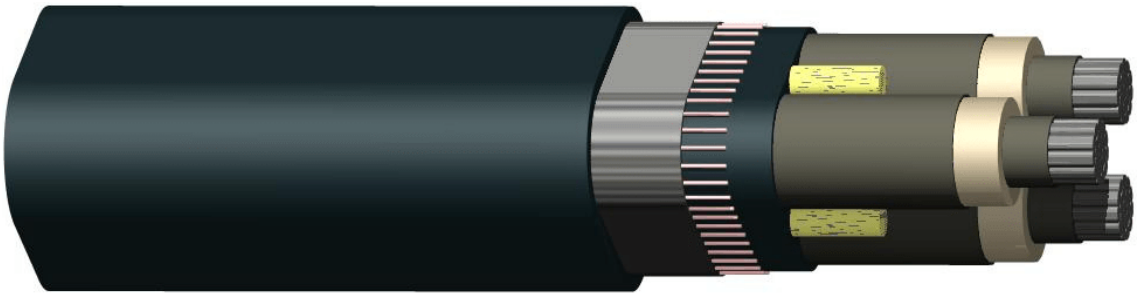
Balstoties uz iepriekš sniegto informāciju, jāsecina, ka paredzētā vēja elektrostaciju būvniecība radīs izmaiņas elektriskajā un magnētiskajā laukā VES un pazemes kabeļu tiešā tuvumā, kā arī būvējamo apakšstaciju teritorijā.

Saistībā ar VES un ar to saistīto apakšzemes kabeļu sistēmas izbūvi līdz jaunbūvējamajai 330 kV apakšstacijai iespējami šādi galvenie elektromagnētiskā lauka avoti:

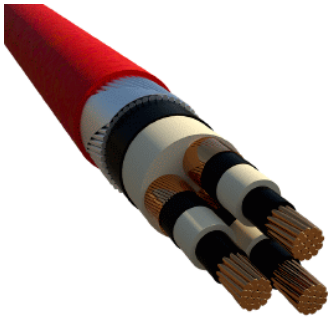
1) Strāvas ģenerators un paaugstinošais transformators katrā no VES. Tā kā strāvas ģenerators un paaugstinošais transformators atrodas VES gondolās vairāk kā 100 m augstumā, ap to ir elektrību vadošs korpuss, tad elektriskais lauks būs labi ekranēts un tāpēc no praktiskā viedokļa nenozīmīgs. Magnētiskais lauks, kas netiek īpaši ekranēts un tāpēc hipotētiski varētu iedarboties uz iedzīvotājiem vēja parkos, VES tuvumā būs pietiekami zems sekojošu iemeslu dēļ - ģenerators un transformators dēļ to novietojuma gondolā atrodas tālu no zemes virsmas (vairāk kā 100 m) un magnētiskais lauks, kas tiek inducēts strāvas ģeneratora un transformatora tinumos, samazinās proporcionāli attāluma kubam. Attiecībā uz nodarbinātajiem paredzēts, ka darbi gondolā tiks veikti, kad VES darbība būs apturēta.
2) VES saražotās strāvas kabelis no gondolas līdz VES torņa pamatnei. Balstoties uz SIA K2 Ventum norādītajiem datiem katrā VES pie iespējamā sliktākā varianta maksimālā iespējamā strāva kabelī būs ap 144.1A. Ja tiktu izmantoti ekranēti trīsdzīslu kabeļi, tad maksimālās strāvas radītais magnētiskais lauks metra attālumā no kabeļa nepārsniegs 2,1 līdz 6,4 μT (mērķlielums pie 50 Hz – 100 μT), atkarībā no kabeļa dzīslu savstarpējā attāluma.
3) Apakšstacijas. Paredzēts, ka tiks izbūvētas 2 apakšstacijas – viena vēja parka teritorijā, bet otra pieslēguma vietā pie AS "Augstsprieguma tīkls" EPL "Kurzemes loks". Apakšstacijas tiks norobežotas ar žogu, to teritorijā sabiedrības locekļiem pieeja netiks atļauta. Tur varēs atrasties tikai nodarbinātie, kas saistīti ar atbilstošu darbu veikšanu. Uz nodarbinātajiem attiecināmi nevis MK637 noteiktie mērķlielumi ( pie 50 Hz – 100 μT), bet gan daudzkārt mazāk ierobežojošie MK584 ekspozīcijas darbības līmeņi (pie 50 Hz pieļaujami magnētiskie lauki līdz pat 6000 μT). Tātad sabiedrības locekļu aizsardzība tiks nodrošināta ar žogu, kura ārpusē MK637 noteikto mērķlielumu ievērošana tiks nodrošināta. Jāatceras, ka nozīmīgākais magnētiskā lauka avots apakšstacijā ir transformatori, taču magnētiskais lauks no tiem kā jau augstāk norādīts, samazinās proporcionāli attāluma kubam. Līdz ar to, lai nodrošinātu sabiedrības locekļu drošumu ir pietiekami uzstādīt žogu pietiekamā distancē no transformatoriem (pietiktu ar 6-10 m), lai magnētiskā lauka indukcija būtu desmitiem reižu zemāka par MK637 mērķlielumu. Fiziskai drošībai papildus var rekomendēt uzstādīt piemērotu signalizācijas sistēmu.;
4) Pazemes kabeļu tīkls no VES līdz jaunbūvējamai 330 kV apakšstacijai. Paredzēts izmantot ekranētus trīsdzīslu kabeļus. Spriegums kabeļos paredzēts 33 kV, kas nozīmē, ka tajos plūstošās strāvas nepārsniegs 450 A (ja pa vienu kabeli tiks novadīta 3 VES enerģija) vai 144.1 A ( ja kabelis tiek izmantots tikai vienas VES enerģijas pārvadei). Magnētiskā lauka lielums ir atkarīgs gan no plūstošās strāvas, gan arī no kabeļa parametriem un tā ierakšanas dziļuma.
5) Apakšzemes 330 kV kabeļa (330AZK) trase no apakšstacijas VES parkā līdz apakšstacijai pie ar AS "Augstsprieguma tīkls" saskaņoto pieslēguma vietu esošajai GV 330 kV EPL "Kurzemes loks"." Tā kā sagaidāmā maksimālā strāva varētu būt līdz 1250A, tad pārāk sekli ierakts kabelis varētu radīt būtiskus magnētiskos laukus tieši virs tā trases. Līdzīgi, kā gadījumā ar apakšzemes kabeļiem no VES uz apakšstaciju parkā, tika veikti modeļaprēķini, lai noteiktu optimālo trases dziļumu (lai magnētiskais lauks būtu mazāks par MK637 noteikto, atbilstu ieteikumiem attiecībā uz vienu atsevišķu avotu un nevajadzīgi nesadārdzinātu izmaksas. Ar optimālo kabeļa trases dziļumu saistīts arī tas, cik ilgā laikā būs iespējams veikt remontdarbus gadījumā, ja tādi būtu nepieciešami.

Jāņem vērā, ka lielākā daļa VES atradīsies uz privātām meža zemēm, kuru īpašnieki ir piekrituši VES un pazemes elektrolīniju izbūvei. VES un pievadceļu izvietojums ir vai tiks saskaņots ar attiecīgajiem zemes gabalu īpašniekiem, tātad notiks viņu īpašuma infrastruktūras uzlabošana. Pazemes elektrokabeļu līnijas plānots ierīkot esošo ceļu vai no jauna izbūvējamo ceļu klātnēs.

Pazemes kabeļi parasti ir viens no magnētiskā lauka izplatības samazināšanas pasākumiem salīdzinājumā ar GV EPL. Tāpēc jau uzreiz ir iespējams teikt, ka paredzētais risinājums vienlaikus ar to, ka tiek novērsts iespējami vizuāli ne īpaši pievilcīgs gaisvadu un to balstu mudžeklis vēja parka teritorijā, netiek celti jauni AS līniju balsti, papildus tam, ka tiek samazināta šāda iejaukšanās ainavā, jau ietver arī vienu no būtiskākajām magnētiskā lauka samazināšanas iespējām. Bez tam izvēlētais risinājums nozīmē arī to, ka VES saražotās strāvas elektriskā lauka komponente vispār neradīs problēmas, jo apakšzemes kabeļa gadījumā elektriskais lauks tiek pilnībā ekranēts. Līdzīgi tiek ekranēts arī elektriskais lauks vertikālajā kabelī no VES gondolas līdz tās masta pakājei. Tāpēc izvēlētā risinājuma gadījumā būtiskais jautājums no elektromagnētiskā lauka viedokļa, kuru nepieciešams izvērtēt, ir tikai magnētiskais lauks no zemē ieraktajiem kabeļiem. Taču arī magnētiskā lauka lielums, pateicoties izvēlētajam elektriskās enerģijas pārvades risinājumam, no katras vēja elektrostacijas (VES) uz jaunbūvējamo apakšstaciju, – ekranēts trīsdzīslu kabelis, salīdzināmos attālumos būs jau stipri samazināts, jo vienas sistēmas trīs fāzes atradīsies būtiski tuvāk viena otrai nekā GV EPL gadījumā. Salīdzinoši mazākā atsevišķo fāzu attāluma dēļ notiks katras fāzes radītā magnētiskā lauka nozīmīgāka savstarpēja dzēšana, salīdzinot ar pierasto situāciju, kāda ir GV EPL gadījumā un magnētiskā lauka izplatība būs būtiski mazāka. Turklāt sagaidāms, ka katras sistēmas atsevišķās fāzes no VES līdz pat apakšstacijai tiks noslogotas vienmērīgi bez asimetrijas. Tas nozīmē, ka, sadalot Bio-Savāra formulu Teilora rindā, rindas pirmo saskaitāmo praktiski var uzskatīt par vienādu ar nulli un magnētiskais lauks, ko rada apakšzemes kabeļi 1 m augstumā virs zemes līmeņa, būs galvenokārt atkarīgs no kabeļa novietošanas dziļuma, strāvas stipruma, fāzes vadu savstarpējā attāluma un savstarpējā izvietojuma. Ja spriegums pēc VES gondolās esošajiem transformatoriem būs 33 kV, tad maksimālā strāva no vienas VES pie maksimālās jaudas 7,0 MW būs ap 144.1 A. Ja spriegums kabeļos būtu paredzēts 66 kV, tad maksimālā strāva būtu uz pusi mazāka, tas ir, ap 72.4 A. Turpmāk tabulās būs dotas aprēķinātās magnētiskā lauka vērtības tieši virs kabeļiem 1m augstumā virs grunts līmeņa atkarībā no to ierakšanas dziļuma, kā arī 10 m, 20 m un dažreiz arī 30 m attālumā no līnijas centra.



a)



b) c)

**4.2**.attēls. a) Ūdensizturīgs trīsdzīslu alumīnija vadu kabelis AXLJ-F TT 36kV ;
b) trīszīslu kabelis AXQJ TT 24 kV 3-core;
c) trīsdzīslu kabelis CU/XLPE/CTS/LSZH/SWA/LSZH 19/33 kV - Dca

Lai novadītu VES saražoto elektroenerģiju līdz vēja parka apakšstacijai, varētu tikt izmantoti šādi vai līdzīgi kabeļi. Kabeļi paredzēti izmantošanai arī zem zemes un nodrošina, ka atšķirīgo fāzu vadi atrodas tuvu viens otram, tā konstruktīvi nodrošinot magnētiskā lauka samazinājumu salīdzinājumā ar atbilstošas jaudas GV EPL.

4.2. attēlā a) redzamā kabeļa izmantošana gan varētu būt saistīta ar nepieciešamību spriegumu apakšzemes kabeļu tīklā palielināt, lai strāva būtu mazāka, jo konkrētais attēlā redzamais kabelis, gadījumā, ja tiek paredzēts to ieguldīt zemē, ir paredzēts mazākai maksimālajai strāvai – 380 A. Tātad tas būtu labi piemērots, lai novadītu vienas VES ģenerēto jaudu līdz apakšstacijai un lai savienotu 3 VES. Tomēr, lai novadītu jaudu no savienotajām 3 VES, tad nepieciešams izmantot kabeļus, kas paredzēti lielākai maksimālajai strāvai. Protams, ka var izvēlēties arī opciju, ka spriegums tiek paaugstināts nevis tikai līdz 33 kV, bet gan līdz 40 vai pat vairāk. Šādā gadījumā strāvas un sekojoši arī magnētiskais lauks pie analogas dzīslu konfigurācijas un kabeļa ieguldīšanas dziļuma būs mazāks, kā izmantojot 33 kV spriegumu. Protams, ka iespējams veikt īpašus pasākumus, lai nodrošinātu kabeļu pastiprinātu dzesēšanu. Dzesēšanas opcija gan varētu būt arī izmaksu ietilpīga un nevajadzīgi palielinātu risku, ka tās problēmu dēļ VES nāktos atslēgt. Kā jau norādīts, tad 33 kV sprieguma gadījumā strāva no divām maksimālajā režīmā strādājošām VES nepārsniegtu 450 A.

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

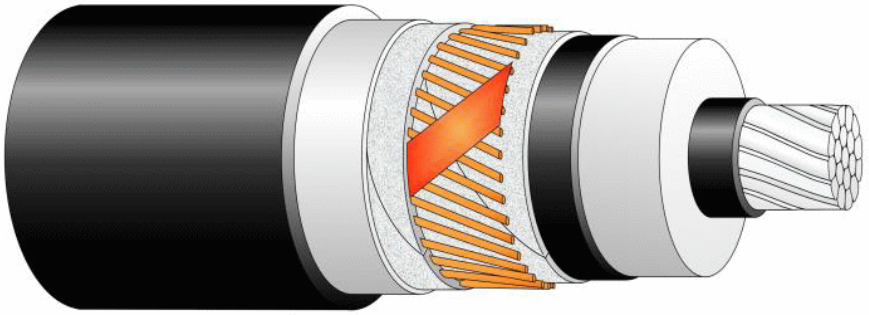
Spriegums 33 kV, strāva 450 **A**

| Kabeļa dziļums, m | Magnētiskā lauka plūsmas blīvums, μT, ja distance starp fāzēm (dzīslu viduspunktiem) ir: | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0,06 m | 0,10 m | 0,15 m | 0,20 m |
| 0,7 | 2,289 | 3,814 | 5,721 | 7,628 |
| 0,8 | 2,041 | 3,402 | 5,103 | 6,804 |
| 1,0 | 1,653 | 2,755 | 4,133 | 5,511 |
| 1,2 | 1,367 | 2,278 | 3,417 | 4,555 |
| 1,5 | 1,058 | 1,764 | 2,646 | 3,528 |
| 2 | 0,735 | 1,225 | 1,837 | 2,450 |
| 2,5 | 0,540 | 0,900 | 1,350 | 1,800 |
| 3 | 0,414 | 0,689 | 1,034 | 1,379 |
| 10m attālumā | 0,066 | 0,110 | 0,165 | 0,220 |
| 20m attālumā | 0,017 | 0,028 | 0,041 | 0,055 |
| 30 m attālumā | 0,007 | 0,012 | 0,018 | 0,024 |

Kā varam redzēt tabulā 4.1., tad, ja kabeļa guldīšanas dziļums būtu 1,5 m, sagaidāmais magnētiskais lauks no trīs VES ģenerētās elektriskās jaudas būs praktiski ap 30 -100 reižu mazāks par MK637 noteikto mērķlielumu 100 μT. Tas būtu vairāk kā 12 reižu mazāks par mērķlielumu arī ja kabeļi tiktu rakti tikai minimālajā 0,7 m dziļumā. Varētu tikai rekomendēt kabeļu ieguldīšanas dziļumu izvēlēties ap 1,2 m. Tas nodrošinātu ne tikai vairāk kā vismaz 20-kārtīgu mērķlieluma ievērošanu (reāli 30-40), bet arī padarītu vienkāršāku kabeļu trašu izveidošanu no darba aizsardzības aspekta.

Ja tomēr notiks izšķiršanās, ka spriegums no VES līdz jaunbūvējamajai apakšstacijai tiek palielināts vairāk, piem., līdz 66 kV, tad ir skaidrs, ka strāvas, kas plūdīs pa tiem un arī šo strāvu radītais magnētiskais lauks būs atbilstoši mazāks. Tā kā no tabulas 4.1. izriet, ka pie

reāliem iespējamiem fāzu vadu attālumiem kabelī pat pie kabeļa guldīšanas minimālajā dziļumā (0,7 m) magnētiskā lauka plūsma 1 m augstumā virs kabeļa būs vairāk kā 26 reizes mazāka (pie maza atsevišķo fāzes vadu centra attāluma) par MK637 noteikto mērķlielumu, bet ja kabeļa dziļums būtu vismaz 1 m, tad jau vairāk kā 36 reizes mazāka par šo mērķlielumu, tad tika uzskatīts, ka nav nepieciešams veikt papildus aprēķinus, par kuriem skaidrs, ka rezultāts būs vēl pārliecinošāks.



4.3.attēls. 330 kV kabeļa piemērs, kāds vai līdzīgs varētu tikt izmantots enerģijas novadīšanai no vēja parka uz pieslēguma vietu AS Augstsprieguma tīkli GV EPL Kurzemes loks. Attēlā redzams A2XS(FL)2Y-WTC-GC kabelis. Kabelī izmantoti 3 pusvadoši slāņi, ekranējums no vara stieplēm ar potenciālu izlīdzinošām vara lentēm. Tā kā tas ir viendzīslas kabelis, tad nepieciešami trīs šādi vai līdzīgi kabeļi.

Attiecībā uz 330 kV apakšzemes kabeli, gadījumā ja vēja parkā darbosies 46 VES ar 7,0 MW jaudu katra, tad maksimālā iespējamā strāva no apakšstacijas vēja parkā līdz apakšstacijai pieslēguma vietai pie Kurzemes loka GV EPL varētu būt līdz 700 A. Tas būtu nosacīti sliktākais variants no iespējamā magnētiskā lauka veidošanās aspekta.

Strāvas radītā magnētiskā lauka aprēķini tika veikti, ja fāzes kabeļi izvietoti plaknē (skatīt attēlu 3.1.). Ja tranšejas izmēru samazināšanas dēļ tiktu izvēlēta kabeļu trijstūra konfigurācija, tad pie pārējiem vienādiem parametriem magnētiskā lauka plūsma būtu vairāk kā 1,4 reizes mazāka.

4.2.tabula Magnētiskā lauka plūsmas blīvums 1m augstumā virs zemes virskārtas līmeņa 330 kV apakšzemes kabeļiem no apakšstacijas vēja parkā līdz apakšstacijai pieslēguma vietā, atkarībā no kabeļa dziļuma un 10 m, 20 m un 30 m distancē no kabeļa

Spriegums 330 kV, strāva 925A, fāzes izvietotas plaknē

| Kabeļa dziļums, m | Magnētiskā lauka plūsmas blīvums, μT, ja distance starp fāzēm ir: | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,2336m | 0,25 m | 0,30 m | 0,35 m | 0,40 m | 0,50 m |
| 0,7 | 25,90 | 27,71 | 33,26 | 38,81 | 44,35 | 55,43 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18,71 | 20,03 | 24,03 | 28,04 | 32,04 | 40,05 |
| 1,2 | 15,47 | 16,55 | 19,86 | 23,17 | 26,48 | 33,10 |
| 1,5 | 11,98 | 12,82 | 15,38 | 17,95 | 20,51 | 25,64 |
| 2 | 8,32 | 8,90 | 10,68 | 12,47 | 14,24 | 17,80 |
| 2,5 | 6,11 | 6,54 | 7,85 | 9,16 | 10,47 | 13,08 |
| 3 | 4,68 | 5,01 | 6,01 | 7,01 | 8,01 | 10,02 |
| 10m attālumā | 0,48 | 0,51 | 0,62 | 0,72 | 0,82 | 1,03 |
| 20m attālumā | 0,19 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,40 |
| 30 m attālumā | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,18 |

Kā redzams nekādos apstākļos netiek sasniegts MK637 noteiktais mērķlielums 100 μT

4.3.tabula Magnētiskā lauka plūsmas blīvums 1m augstumā virs zemes virskārtas līmeņa 330 kV apakšzemes kabeļiem no apakšstacijas vēja parkā līdz apakšstacijai pieslēguma vietā, atkarībā no kabeļa dziļuma un 10 m, 20 m un 30 m distancē no kabeļa

Spriegums 330 kV, strāva 750A, fāzes izvietotas plaknē

| Kabeļa dziļums, m | Magnētiskā lauka plūsmas blīvums, μT, ja distance starp fāzēm ir: | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,2336m | 0,25 m | 0,30 m | 0,35 m | 0,40 m | 0,50 m |
| 0,7 | 21,00 | 22,47 | 26,97 | 31,46 | 35,96 | 44,94 |
| 1 | 15,17 | 16,24 | 19,48 | 22,73 | 25,98 | 32,47 |
| 1,2 | 12,54 | 13,42 | 16,10 | 18,78 | 21,47 | 26,84 |
| 1,5 | 9,71 | 10,39 | 12,47 | 14,55 | 16,63 | 20,79 |
| 2 | 6,74 | 7,22 | 8,66 | 10,11 | 11,55 | 14,43 |
| 2,5 | 4,96 | 5,30 | 6,37 | 7,43 | 8,49 | 10,61 |
| 3 | 3,79 | 4,06 | 4,87 | 5,69 | 6,50 | 8,12 |
| 10m attālumā | 0,39 | 0,41 | 0,50 | 0,58 | 0,67 | 0,83 |
| 20m attālumā | 0,15 | 0,16 | 0,19 | 0,23 | 0,26 | 0,33 |
| 30 m attālumā | 0,07 | 0,07 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,14 |

No tabulas 4.3. redzams, ka pat pie visu 46 vēja parka VES darbības maksimālajā režīmā magnētiskā lauka indukcija 1 m augstumā virs 330 kV kabeļa trases pie minimāli atļautā 1.0 m dziļuma, fāzu kabeļu izvietošanas plaknē, ievērojot ražotāja ieteikto distanci starp fāzēm (23,36 cm) tikai mazliet pārsniegtu 16 μT, tātad būtu gandrīz 6 reizes mazāka par MK637 noteikto mērķlielumu. Tomēr ievērojot nerakstīto likumu, ka jauna elektromagnētiskā objekta radītajam laukam vienam pašam nevajadzētu būt lielākam par trešdaļu no normas, varam rekomendēt neizmantot minimālo dziļumu, bet atkarībā no situācijas, izvēlēties kabeļu guldīšanas dziļumu ap 1,2 m robežās.

Ja kabeļi tiktu izvietoti trijstūra konfigurācijā, tad magnētiskais lauks būtu vēl 1,4 reizes mazāks. Modeļaprēķini tika veikti konservatīvi, neņemot vērā kabeļa ekranējumā inducēto strāvu, kuras iedarbībā magnētiskais lauks būtu mazāks par tabulās doto.

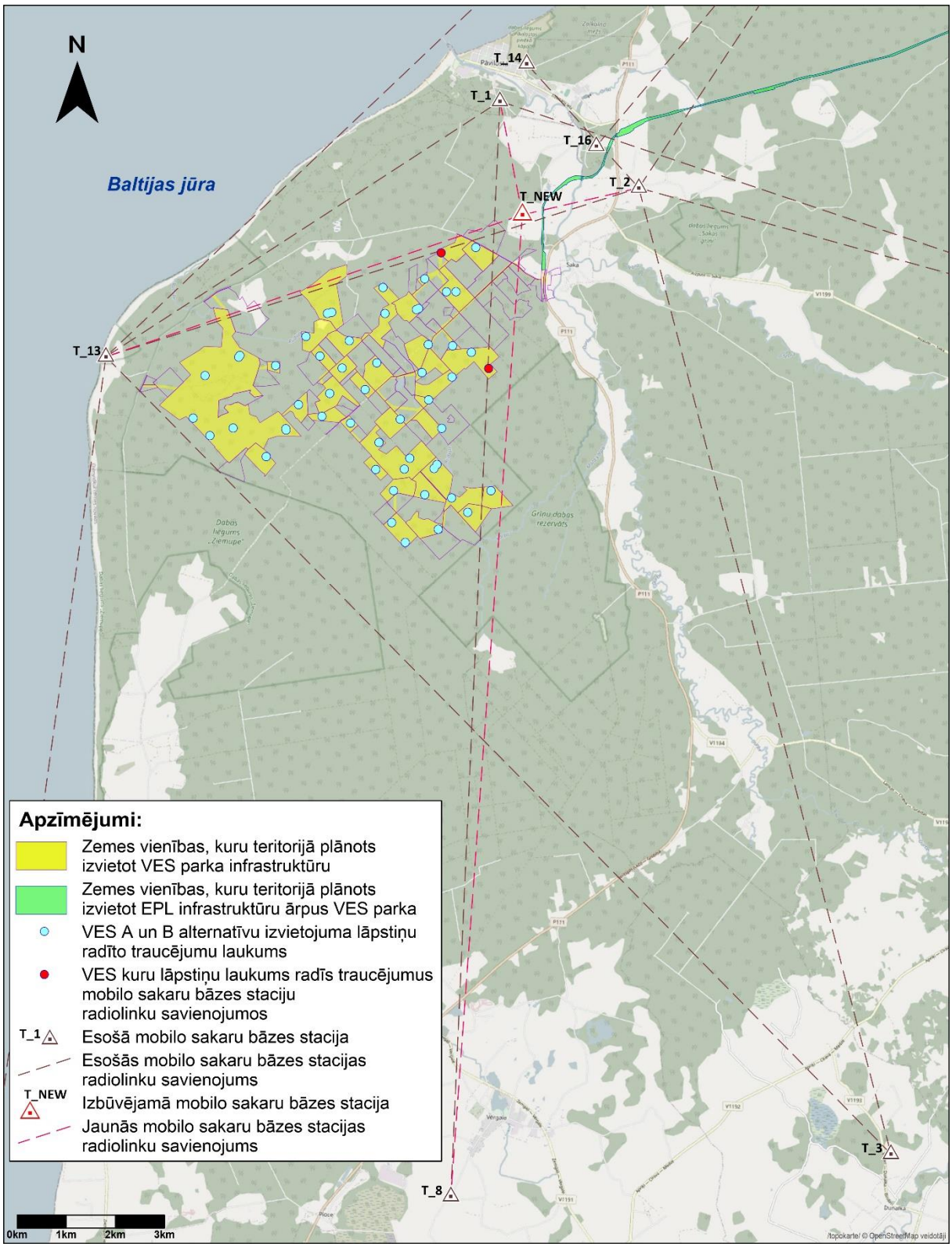
**Iespējamie elektromagnētiskā lauka ietekmi samazinošie pasākumi**

Iespējamā maksimālā magnētiskā lauka plūsmas blīvuma konservatīvo aprēķinu rezultāti uzskatāmi parāda, ka magnētiskā lauka plūsmas blīvums tieši virs 330 kV AZK trases, pat ja strāva tajā būtu lielāka par 700 A (gadījumā, ja tiek realizēts maksimālais VES skaits un tās visas darbojas maksimālajā režīmā) būs mazāks par MK637 doto mērķlielumu pie 50 Hz – 100 μT, un tas strauji samazinās līdz ar distanci no kabeļa trases. 20 m attālumā tas jau būtu vairs tikai ap 0,16 μT, tātad zem līmeņa, kura ilgstošu iedarbību par potenciāli bīstamu ir klasificējusi Pasaules veselības organizācijas Starptautiskā vēža pētniecības aģentūra (IARC).
No sniegtās informācijas par VES atrašanās vietām izriet, ka pamatā VES būs izvietotas meža zemēs vismaz 800 m attālumā no pastāvīgi apdzīvotām lauku sētām Tātad vēja parka teritorijā VES un apakšzemes kabeļu tuvumā parasti īslaicīgi atradīsies tikai tās personas, kas veiks ar meža apsaimniekošanu saistītos darbus (tātad nodarbinātie) un vasaras rudens periodā nevar izslēgt arī epizodisku un īslaicīgu sēņotāju/ogotāju uzturēšanos. Kā jau norādīts, pat tieši virs vēja parka kabeļu līnijām paredzams, ka magnētiskā lauka plūsmas blīvums būs mazāks par MK637 noteiktajiem ierobežojumiem.
Tomēr, ja kādu apsvērumu dēļ, būvējot VES parku, rastos vajadzība vēl vairāk samazināt magnētiskā lauka plūsmas blīvumu, tad iespējami sekojoši pasākumi:

1) Ja tiktu konstatētas vietas vai zonas, kur kādu specifisku apsvērumu dēļ būtu nepieciešams vēl vairāk samazināt magnētiskā lauka plūsmas blīvumu, tad vienkāršākais pasākums būtu palielināt kabeļu ierakšanas dziļumu. Kā redzams no tabulām 4.1. – 4.4. tas ir efektīvs pasākums (palielinot dziļumu par 1,0 m (no 1,0 m līdz 2 m) magnētiskais lauks novērošanas punktā samazinās vairāk kā divas reizes!), lai samazinātu magnētiskā lauka plūsmas blīvumu 1 m augstumā virs zemes.
2) Augstāka sprieguma izmantošana, jo elektriskais lauks tik un tā tiek ekranēts sakarā ar kabeļu izmantošanu, bet strāva, kas ir saistāma ar magnētiskā lauka rašanos, tiktu būtiski samazināta un līdz ar to arī magnētiskā lauka plūsmas blīvums.

# 5. Iespējamā ietekme uz mobilo sakaru radiolinkiem

Plānots, ka VES turbīnas ass atradīsies no 166 līdz 168.5 m augstumā un turbīnu rotora lāpstiņu garums būs 85 m.Kopējais maksimālais augstums būs 250 m un arī uz sāniem lāpstiņas rotējot ap 8 reizes minūtē aizies līdz pat 85 m no turbīnas ass. Kopējais rotora laukums būs ap 23000 $m^2$, tātad vairāk par 2 ha.
Tas nozīmē, ka VES potenciāli varbūt varētu radīt problēmas mobilo sakaru bāzes stacijas savienojošajiem radiolinkiem, ja VES ( tās rotora laukums) būtu radiolinka ceļā. Saskaņā ar paredzēto VES atrašanās vietu plānu potenciālas problēms, iespējams, varētu rasties VES WT59 , kas ir LMT radiolinka no Vērgales uz Pāvilostu ceļā un VES WT48, kuras rotora laukums ir Tele2 radiolinka no Akmeņraga uz Saku ceļā.

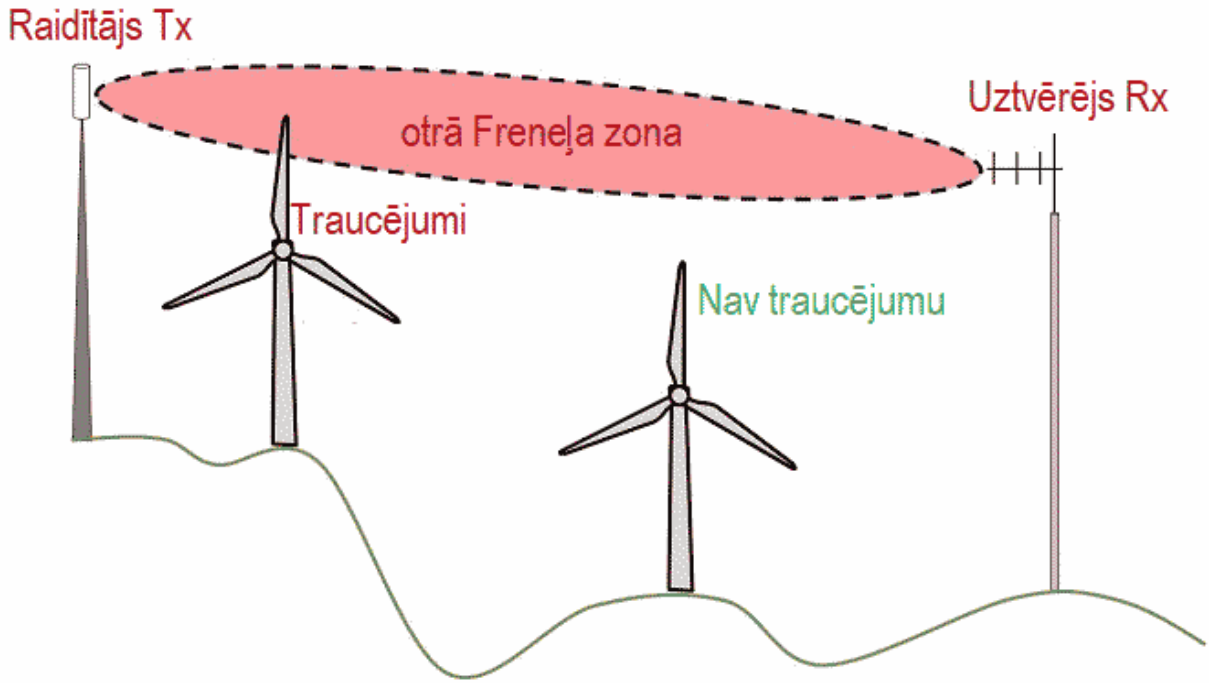



5.1.attēls. Pāvilostas vēja parka VES un radiolinki

Par VES potenciālo ietekmi uz mobilo sakaru radiolinkiem tiek runāts Eiropas pasta un telekomunikāciju administrāciju konferences (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications (CEPT)) elektronisko komunikāciju komitejas (ECC – Electronic Communication Committee) publikācijā ECC Report 260[20]. Šī publikācijā balstās

[20] ECC Report 260 -wind-turbines-fixed -links.pdf https://docdb.cept.org/documents/964

uz pētījumu un informācijas par VES ietekmi uz punkts uz punktu radiolinkiem (point-to-point radiolinks), it īpaši uz Zviedrijā veiktiem mērījumiem. Secināts, ka parasti VES ietekme normālos atmosfēras apstākļos uz radiolinkiem ir neliela. Tomēr norādīts, ka tad, ja atmosfēras apstākļi paši par sevi jau ir tādi, ka rodas problēmas ar radiolinku pārraidītās informācijas korektu saņemšanu, arī VES ietekmi var kļūt būtiskāka.
VES ietekmei uz fiksētajiem radiolinkiem, ~~nebija iespējams izvērtēt šo metožu piemērotību un pareizību, norāot, ka tam būtu nepieciešams daudzkārt apjomīgāks izvērtējums (ECC Report 260 apjoms ir tikai 83 lpp. ...).~~
tika izmantota Apvienotās Karalistes publikāciju, kā novērtēt zonu, ārpus kuras vēja turbīnas neradītu būtiskus traucējumus virszemes fiksētajam radiolinkam[21].
No šīs publikācijas izriet, ka traucējumus varētu uzskatīt par nebūtiskiem, ja VES neskar radiolinka 2. Freneļa zonu (Fresnel zone 2). WT59 tuvu ejošā radiolinka no Vērgales uz Pāvilostu 2. Freneļa zonas rādiuss ir ap 11 m, bet linka Akmeņrags – Saka tas ir pat mazāks. Izpētot situāciju, iespējams konstatēt, ka VES, kas varētu skart radiolinku 2.Freneļa zonu ir jau iepriekš norādītās (WT48 un WT59). Nepieciešams noskaidrot kā šo problēmu risināt.




5.2.attēls. Shematisks radiolinka ar 2.Freneļa zonu attēls vēja parkā. Aprēķinātais 2. Freneļa zonas rādiuss pie WT59 nepārsniedz 12 m.

Vispār iespējami vairāki problēmas risinājuma ceļi arī situācijā, ja nevar mainīt VES atrašanās vietas.

---

Description of methodologies to estimate the technical impact of Wind Turbines on Fixed Radio Links

[21] D F Bacon A proposed method for establishing an exclusion zone around a terrestrial fixed radio link outside of which a wind turbine will cause negligible degradation of the radio link performance.
https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0031/68827/windfarmdavidbacon.pdf

Viens no tiem būtu uzstādīt uz sāniem no konkrētās VES jaunu uztverošo/raidošo radiolinka starpstaciju, distancē, kas lielāka par lāpstiņas garuma (ņemot vērā rotora rumbas rādiusu) un sākotnējā linka 2.Freneļa zonas rādiusu summu. Protams, ka par šo pasākumu būtu nepieciešams vienoties ar attiecīgo mobilo operatoru.
Kā otru alternatīvu varētu būt radiolinka aizstāšanu ar optisko kabeli. Tomēr šim risinājumam ir gan pozitīvie aspekti ( tiek izslēgta laika apstākļu nelabvēlīgā ietekme stipru lietusgāžu un snigšanas gadījumā. Bez tam arī vētru gadījumā, kas varētu izmainīt radiolinka "tēmējumu", kā rezultātā informācijas pārraide vispār tiktu pārtraukta, optiskais kabelis turpinātu nodrošināt sakarus bez ierobežojumiem. Gan negatīvie aspekti ir vairāki – paša kabeļa izmaksas (Vērgales –Pāvilosta gadījumā radiolinks ir ap 20 km), rakšanas darbu izmaksas, saskaņošana ar būvvaldi un pati lielākā problēma – nepieciešamība iegūt saskaņojumu no optiskā kabeļa trases skartajiem zemes īpašniekiem. Tāpēc šis risinājums varētu tikt akceptēts tikai, ja mobilo sakaru operators nodrošinātu gan pašu optisko kabeli, gan arī zemes īpašnieku piekrišanu.
Pirmā alternatīva nodrošina radiolinku ne sliktāku kā esošā situācija.

Ņemot vērā LVRTC vēstulē Nr. 07-06-09/2024/878 pausto viedokli, ar kuru kategoriski noraidīti iepriekš minētie pasākumi un sniegtas rekomendācijas turpmākajām darbībām, tiek paredzēts, ka, lai nodrošinātu plānotā VES parka ietekmes uz televīzijas virszemes apraides signālu intensitāti novērtējumu, tiks veikti radio un televīzijas virszemes apraides signālu intensitātes mērījumi:
1) pirms VES parka būvniecības;
2) pēc VES parka izbūves.
Lai novērtējums būtu korekts, ir jābūt pārliecībai, ka apraides veicēji nodrošina nemainīgas intensitātes starojumu abās mērījumu reizēs, kas ir būtiski, lai rezultāti būtu salīdzināmi un tie raksturotu iespējamo VES ietekmi.
Būtu nepieciešams saņemt apraides signālu datus mērījumu laikā no apraides veicējiem. Bez tam detāli jāprecizē mērījumu vietas un apstākļi mērījumu veikšanas laikā, jo ietekmi uz mērījumu rezultātiem var atstāt arī zonā esošais mežs, kas mainās (aug), laika apstākļi, iespējami citi traucējoši faktori. Attiecīgi apzināmi iespējamie traucējumi un izstrādājama mērījumu veikšanas metodika,kas nodrošina salīdzināmu datu iegūšanu mērījumos ar vairāku gadu laika nobīdi.
K2 Ventum plāno veikt mērījumus, ievērojot atbilstošos EN standartus. Mērījumu veikšanai tiks pielietoti pašlaik spēkā esošie standarti LVS EN 50413:2020 un LVS EN 62232:2018., kas norādīt arī LR VM dokumentā Nr. 01-18.2/4872 .
Mērījumi tiks veikti ar paredzētajam mērķim piemērotiem, standartu prasībām atbilstošiem un ILAC prasībām, atbilstošās laboratorijās kalibrētiem mērīšanas instrumentu komplektiem vietās, kas tiks izvēlētas kā pietiekami reprezentatīvas, piemēram, pie apdzīvotām mājām paredzētās darbības potenciālās ietekmes zonā.
Ņemot vērā mērījumu komplicētību un izmaksas, pirms mērījumu uzsākšanas jāizstrādā un jāsaskaņo ar LRTC un pakalpojumu sniedzējiem mērījumu programma, tai skaitā jānosaka mērījumu punktu atrašanās vietas un to skaits, lai veiktos mērījumus varētu uzskatīti par reprezentatīviem. Punktu skaitam nevajadzētu būt pārmērīgi lielam, lai mērījumus būtu iespējams paveikt saprātīgos termiņos, tomēr tādam, kas spētu nodrošināt iespējamo apraides signālu intensitātes izmaiņu konstatāciju, vai nodrošinātu reprezentatīvus pierādījumus, ka netiek konstatēta VES ietekme uz apraides signālu intensitāti.

Ja gadījumā tiktu konstatēts, ka apraides kvalitāte vai tās aptveršanas zona pēc VES parka izbūves ir būtiski mainījusies, tad, saziņā ar attiecīgo ietekmēto pakalpojumu sniedzēju, jāizvērtē un jāpielieto atbilstoši kompensējoši risinājumi, kas ļautu nodrošināt pakalpojumu iepriekšējai situācijai līdzvērtīgā aptveramībā un kvalitātē.

Būtiski ir pirms VES parka izbūves un mērījumu uzsākšanas konstatēt esošās problēmsituācijas un teritorijas, kurās jau ir traucēta apraides kvalitāte. Tāpat VES parka apsaimniekotāji nevar būt atbildīgi par situāciju, ja laika gaitā starp pirmo mērījumu pirms VES parka izbūves un pēc VES parka izbūves ir mainījusies raidošo antenu atrašanās vieta un aptveramības zona, kas ietekmē gala lietotājus un bez šaubām ietekmē mērījumus, kas atkārtoti veikti tajos pašos punktos, kur sākotnējā mērījuma laikā.

# KOPSAVILKUMS

Plānotā K2 VentumVES parka radītā elektromagnētiskā lauka ietekmes novērtējuma gaitā izdarītie modeļaprēķini tika veikti dažādām situācijām, tai skaitā arī pieņemot, ka visas 46 VES darbojas maksimālās jaudas režīmā, tas ir, no iespējamā elektromagnētiskā lauka ietekmes viedokļa vissliktākajā variantā. Tomēr arī šādā situācijā iegūtie rezultāti rāda, ka attiecībā uz apakšzemes kabeļiem, kas savieno VES un VES ar apakšstaciju vēja parkā sagaidāmās magnētiskā lauka plūsmas blīvuma vērtības tieši virs apakšzemes kabeļiem būs vairāku desmit reižu zemākas par Latvijas Republikas MK noteikumos Nr. 637 „Elektromagnētiskā lauka iedarbības uz iedzīvotājiem novērtēšanas un ierobežošanas noteikumi" norādīto mērķlielumu magnētiskā lauka plūsmas blīvumam pie 50 Hz frekvences.

Attiecībā uz 330 kV apakšzemes kabeli no apakšstacijas vēja parkā līdz apakšstacijai pieslēguma vietā 330 kV gaisvadu līnijai "Kurzemes loks", veiktie aprēķini arī uzskatāmi parāda, ka pie maksimālās iespējamās strāvas (katra no 46 VES darbojas ar 7,0 MW jaudu) un optimāla AZK ierakšanas dziļuma magnētiskais lauks būs 4-5 reizes mazāks par MK637 noteikto mērķlielumu. Jāatgādina 100 μT ir arī ES Ieteikumā 1999/519/ ES dotā references vērtība 50 Hz magnētiskā lauka indukcijai.

Savukārt MK637 mērķlielums (1999/519 references vērtība) 100μT pie 50 Hz ir noteikts, pieņemot, ka persona šādā magnētiskā laukā bez kaitīgas iedarbības uz veselību var atrasties 24 stundas diennaktī, tātad nepārtraukti.

Būtiski piebilst, ka vietās, kur būs izvietoti pazemes kabeļi, nav prognozējama cilvēku ilgstoša uzturēšanās. Pamatā paredzams, ka ceļus, kur plānots izvietot apakšzemes kabeļu trases, izmantos personas, kas veiks īslaicīgus meža apsaimniekošanas vai lauksamnieciska rakstura darbus, kā arī iespējams personas, kas ceļus izmantos, lai pa tiem pārvietotos.

Attiecībā par elektrisko lauku – izvēlētais risinājums – ekranētu pazemes kabeļu izmantošana jau automātiski nodrošina to, ka elektriskais lauks tiek ekranēts.

Attiecībā par apakšstacijām - nav paredzamas problēmas ārpus apakšstaciju žoga, ja tiek ievērota pietiekama distance (aptuveni 6 m) no transformatoriem un citām elektroiekārtām un to daļām, kas rada magnētisko lauku.

Attiecībā par ietekmi uz radiolinkiem. Tika parādīts, ka paredzētajā K2 Ventum VES izbūves rezultātā potenciālas problēmas varētu radīt tikai divas VES parka perifērijā. Atbilstoši LVRTC rekomendācijām tiks veikti radio un televīzijas virszemes apraides signālu intensitātes mērījumi:

1) pirms VES parka būvniecības;
2) pēc VES parka izbūves.

Tiks izstrādāti risinājumi, kas nodrošinātu normatīvajos aktos noteikto apraides apjomu, pārklājumu un pakalpojumu sniegšanas iespēju atjaunošanu atbilstošā apjomā un kvalitātē, ja gadījumā mērījumi parādīs, ka VES parka izbūves ietekmē tās ir samazinātas.

**Secinājums.** Elektromagnētiskie lauki, kas neizbēgami radīsies, ja VES parku projekti tiks īstenoti, nav uzskatāmi par tādiem, kas varētu atstāt būtisku nevēlamu ietekmi uz sabiedrību kopumā un tuvējo apdzīvoto vietu iedzīvotāju veselību.
Nepieciešamības gadījumā tiks izstrādāti risinājumi, kas nodrošinātu normatīvajos aktos noteikto apraides apjomu, pārklājumu un pakalpojumu sniegšanas iespēju atjaunošanu atbilstošā apjomā un kvalitātē, ja gadījumā mērījumi parādīs, ka VES parka izbūves ietekmē tās ir samazinātas.