

Elektromagnētiskā starojuma ietekmes novērtējums

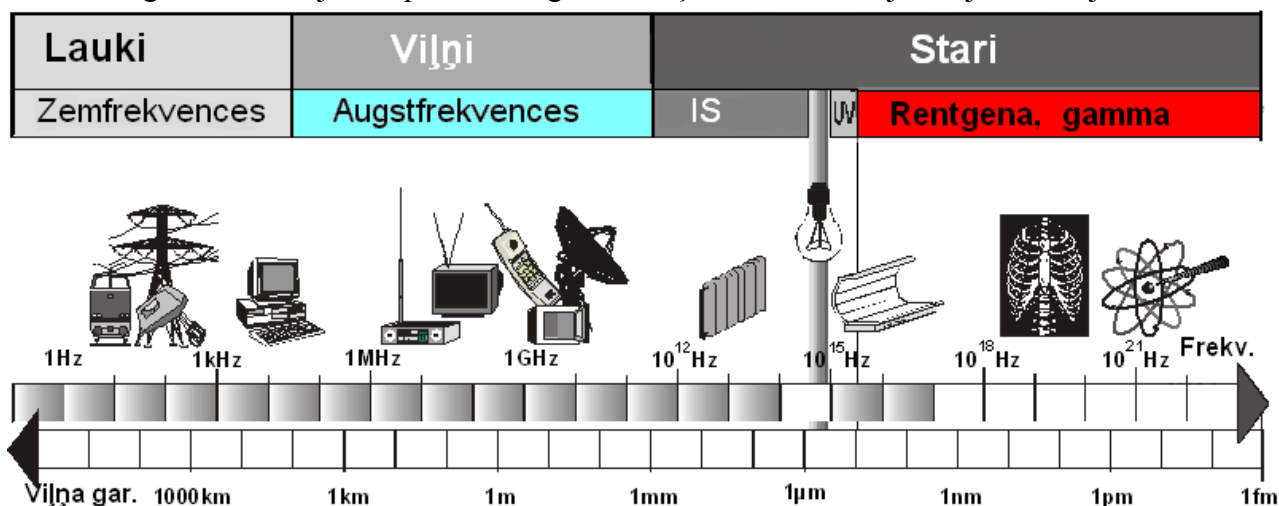
SIA „Insalvo”

**Elektromagnētiskā starojuma ietekmes
novērtējums
elektropārvades tīklu savienojuma
„Kurzemes loks” 2. posmam**

Rīga, 2010. gada novembris

Ievads

Dažādi dabiskas izcelsmes elektriskie, magnētiskie un elektromagnētiskie lauki ir bijuši viens no vides faktoriem, kuru ietekmē attīstījās dzīvība uz mūsu planētas. Arī cilvēka attīstība ir noritējusi apstākļos, kad tas ir bijis pakļauts šo lauku ietekmei (Zemes magnētiskais lauks, elektriskie lauki, kas, lai arī kvazistatiski, tomēr var mainīties par vairākām kārtām, kosmiskas izcelsmes magnētiskās vētras, kosmiskas izcelsmes radioviļņi, infrasarkanais un ultravioletais starojums, kā arī redzamā gaisma un arī kosmiskas un zemes izcelsmes jonizējošais starojums). Tā tas turpinājās līdz pat 19.gs., kad vispirms elektrību sāka izmantot vadu sakariem (elektriskais telegrāfs), bet nozīmīgākais, kad atklāja un 1891. gada vispasaules izstādes Frankfurtē ietvaros praktiski parādīja, ka trīsfāzu elektroenerģiju ir iespējams pievadīt pa vadiem patērētājiem, kas atrodas simtiem kilometru attālumā (līnija Laufena-Frankfurte ~ 180km, 40 Hz, 15 kV). Līdz ar straujo elektroenerģijas un dažāda veida radiopielietojumu ienākšanu cilvēka dzīvē, beidzamajos mazliet vairāk kā 110 gados cilvēkus aptverošā elektriskā, magnētiskā un elektromagnētiskā vide ir būtiski mainījusies. Elektroenerģijas plašā pielietošana rūpniecībā, transportā un sadzīvē un ar šo pielietošanu saistītā elektroenerģijas pārvade, kā arī 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 magnētiskajiem, elektriskajiem un elektromagnētiskajiem laukiem. To, ka ļoti lielas enerģijas elektromagnētiskais starojums var būt bīstams, atskārta visai drīz, sākotnēji saistībā ar rentgeniekārtu izmantošanu. Tāpēc drošības prasības vispirms parādījās tieši attiecībā uz elektromagnētiskā starojuma spektra enerģētisko daļu – attiecībā uz jonizējošo starojumu.



Attēls1. Elektromagnētiskā starojuma skala

Kā redzams attēlā 1., tad ļoti zemas frekvences (jeb ļoti liela viļņa garuma) gadījumā var runāt par laukiem. Pie tam šie lauki ikdienas pielietojuma vajadzībām ir uzskatāmi par savstarpēji neatkarīgiem. Megahercu un gigahercu gadījumā savukārt loģiski ir runāt par viļņiem, bet sākot jau ir infrasarkanā starojumu mēs ikdienā esam ieradusi runāt par stariem. Attēlā 1 dotais iedalījums balstīts uz [1] ieteikto.

50 Hz frekvence ietilpst tā dēvētajā ekstrēmi zemo frekvenču (ELF – no angļu Extremely Low Frequency) saskaņā ar plaši izmantoto elektromagnētisko viļņu klasifikāciju (skatīt, piem., [2]).

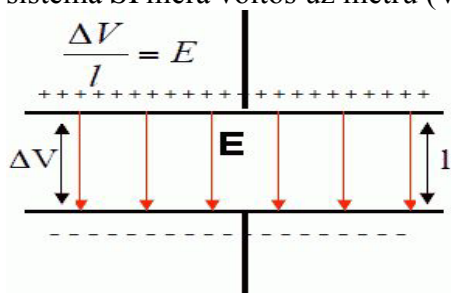
Visur, kur tiek izmantota elektroenerģija, rodas elektriskais un magnētiskais lauks, kas pie zemām frekvencēm var eksistēt tikai ciešā saistībā ar elektriskā, vai attiecīgi magnētiskā lauka avotu, bet pie frekvencēm ar kārtu ~30 kHz jau varam runāt par elektromagnētisko vilni, kas var atdalīties no tā avota un izplatīties lielos attālumos.

Latvijā tāpat kā pārējās Eiropas valstīs rūpniecībā un arī sadzīves elektroaparātūras darbināšanai pārsvarā tiek izmantota 50 Hz elektriskā strāva. Taču elektroenerģija ne vienmēr tiek ražota tur, kur

tā tiek patērēta. Tāpēc rodas nepieciešamība elektroenerģiju novadīt līdz patērētājam. Elektriskās enerģijas pārvadei lielos attālumos parasti izmanto augsta sprieguma 50 Hz trīsfāzu maiņstrāva, kaut arī iespējami arī citi risinājumi. Elektroenerģijas pārvadei augstspriegumu izmanto pirmkārt tāpēc, ka tas ļauj samazināt zudumus (jo augstāks spriegums, jo mazāki zudumi), otrkārt, jo tā tiek samazināta noteiktas jaudas pārvadei nepieciešamā strāva un līdz ar to tās radītais magnētiskais lauks.

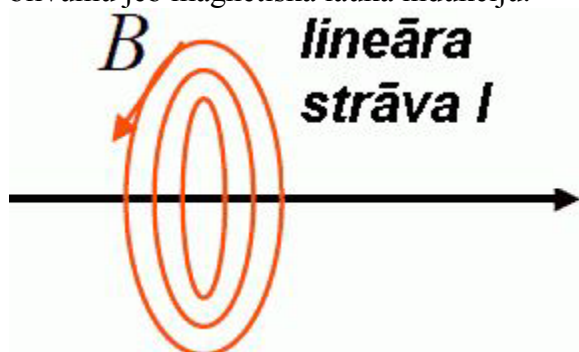
Definīcijas

Elektrisko lauku raksturo ar tā intensitāti. **Elektriskā lauka intensitāte** ir 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 norādīt, ka runa ir par vektoru, tad raksta trekni \mathbf{E} . Elektriskā lauka intensitāti Latvijā pieņemtajā starptautiskajā mērvienību sistēmā SI mēra voltos uz metru (V/m).



Attēls 2. Homogēns elektriskais lauks starp kondensatora platēm

Magnētisko lauku arī var raksturot ar tā intensitāti. **Magnētiskā lauka intensitāte** ir lauka vektoriāls lielums, kas kopā ar magnētisko indukciju raksturo magnētisko lauku jebkurā telpas punktā. Parasti magnētiskā lauka intensitāti apzīmē ar H , vai ja vēlas norādīt, ka runa ir par vektoru, tad raksta trekni \mathbf{H} . Magnētiskā lauka intensitāti Latvijā pieņemtajā starptautiskajā mērvienību sistēmā SI mēra ampēros uz metru (A/m). Tomēr praksē biežāk lieto magnētiskā lauka plūsmas blīvumu jeb magnētiskā lauka indukciju.



Attēls 3. Magnētiskais lauks (magnētiskā lauka plūsma) ap taisnvirziena strāvu

Saskaņā ar 2006.gada MK noteikumiem Nr. 745 „Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret elektromagnētiskā lauka radīto risku darba vidē” (MK745-06)[3] **magnētiskā indukcija** ir lauka vektoriāls lielums, kas izpaužas kā spēks, kas darbojas uz kustībā esošiem lādiņiem.. Parasti magnētiskā lauka indukciju apzīmē ar B , vai ja vēlas norādīt, ka runa ir par vektoru, tad raksta trekni \mathbf{B} . Magnētiskā lauka indukciju Latvijā pieņemtajā starptautiskajā mērvienību sistēmā SI mēra teslās (T). Brīvā telpā (tātad gaisā) un bioloģiskos materiālos magnētiskā indukcija (magnētiskā lauka plūsma) un magnētiskā lauka intensitāte var būt savstarpēji aizvietojamās, izmantojot vienādojumu $1 \text{ A/m} = 4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$. Šo izteiksmi parasti noapaļo uz sekojošu sakarību $1 \text{ A/m} = 1.25 \mu\text{T}$. Tomēr jāatceras, ka saskaņā ar 2010. gada MK noteikumiem Nr. 273 "Mērvienību noteikumi" [4], korektais šī fizikālā lieluma nosaukums ir magnētiskā lauka plūsmas blīvums.

Vēl jautājuma par augstsprieguma līniju elektriskā un magnētiskā lauka labākai izpratnei nepieciešams arī tāds lielums kā strāvas blīvums. **Strāvas blīvums** ir strāvas plūsma, kas caur vienības šķērsriezuma laukuma vienību, kura ir perpendikulāra strāvas plūšanas virzienam, plūst vadītājā, piemēram, cilvēka ķermenī vai tā daļā. Strāvas blīvumu parasti apzīmē ar J un to mēra ampēros uz kvadrātmetru (A/m^2).

Normēšana

To, ka ļoti spēcīgi elektriskie un magnētiskie lauki varētu būt par cēloni nevēlamiem efektiem, saprata jau sen. Šī izpratne arī bija noteicošā, lai tiktu normēti maksimāli pieļaujamie lauku līmeņi. Pašlaik gan mūsu valstī ir īpatnēja situācija, jo spēkā nav neviena valsts līmeņa visiem saistoša normatīva, t.i. nav ne likumu, ne Ministru kabineta noteikumu. MK745-06, kas, kā rāda jau nosaukums, attiecas tikai uz nodarbinātajiem, nevis visu sabiedrību, pašlaik nav spēkā (MK745-06 bija spēkā no 2008.gada 30.aprīļa līdz tā paša gada 8.augustam. Pašlaik paredzēts, ka noteikumi atkal stāsies spēkā 2012. 30.aprīlī). Formālais iemesls, kāpēc EK atlika prasību par direktīvas 2004/40/EK [5] ieviešanu dalībvalstu nacionālajā likumdošanā, bija ārstniecības personāla iebildes, ka direktīvas nosacījumi statistiskiem magnētiskiem laukiem esot pārāk stingri, kas ierobežotu iespējas veikt atsevišķus magnētiskā rezonanses izmeklējumu veidus, kas ļoti nepieciešami pacientiem. Savukārt gan šī direktīva, gan ES Ieteikums 1999/519/EK [6] balstās uz ICNIRP 1998.gada vadlīnijām [7].

Tabula 1: ICNIRP pamatierobežojumi (no Tabulas 4 un Tabulas 5)

Frekvences	[Inducētais] strāvas blīvums torsam, galvai ($mA \cdot m^{-2}$)(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	$40/f$	-	-	-	
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

No tabulas 1 redzams, ka frekvenču diapazonam līdz 10 MHz pamatierobežojumi jeb robežvērtības tiek noteiktas cilvēka ķermenī vai tā daļās inducēto **strāvu blīvumam**, lai primāri novērstu efektus, kas varētu ietekmēt nervu sistēmas funkcionalitāti.

Eiropas Padomes Ieteikums [6] no [7] attiecībā uz pamatierobežojumiem iedzīvotājiem atšķiras tikai ar to, ka papildus noteikti ierobežojumi statistiskiem magnētiskiem laukiem:

Tabula2:

Eiropas Padomes Ieteikums 1999/519/EK, Pamatrobežlīmeņi

Frekvences	Magnētiskās plūsmas blīvums (mT)	[Inducētais] strāvas blīvums torsam, galvai ($\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$)(rms)	SAR visam ķermenim (W/kg)	SAR lokāli galvai, torsam (W/kg)	SAR lokāli rokām, kājām (W/kg)	Jaudas blīvums W/m^2
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

f- frekvence Hz

Tātad, kā varam redzēt no tabulām 1 un 2, tad attiecībā uz 50 Hz frekvences elektriskajiem un magnētiskajiem laukiem ICNIRP nosaka šādus pamatierobežojumus: arodekspozīcijas gadījumā inducētās strāvas blīvums nedrīkst pārsniegt $10 \text{ mA}/\text{m}^2$, bet attiecībā uz iedzīvotājiem šis ierobežojums ir noteikts 5 reizes zemāks – $2 \text{ mA}/\text{m}^2$, kāds noteikts arī Eiropas Padomes Ieteikumā attiecībā uz plašu sabiedrību. Pie tam jāievēro, ka sakarā ar to, ka cilvēka ķermenis nav elektriski viendabīgs, tad strāvas blīvuma efektīvās vērtības jāvidējo pa strāvas virzienam perpendikulāru 1 cm^2 lielu laukumu. Būtiski, ka robežlīmeņi darbiniekiem un iedzīvotājiem ir noteikti, vadoties no dažāda iedarbības ilguma – darbinieku gadījumā robežlīmeņi noteikti, vadoties no pieņēmuma, ka attiecīgie lauki var iedarboties uz personu 8 stundas dienā, bet attiecībā uz iedzīvotājiem, ka iedarbības ilgums ir noteikts 24 stundas diennaktī, tātad nepārtraukti.

Lai arī jau tika minēts, ka pašreiz Latvijā nav valsts līmenī noteikta visiem saistoša normatīvā dokumenta, tomēr atbildīgās valsts institūcijas (pirmkārt jau Veselības ministrija) uzskata, Eiropas Padomes Ieteikums 1999/519/EK [6] ir spēkā, jo Eiropas Komisijas 2008.gada ziņojumā COM(2008) 532 [8] ir norādīts, ka Latvija ir ieviesusi tādus pat pamatierobežojumus, kā Ieteikumā 1999/519/EK [6] norādīts. Tā kā informāciju Eiropas Komisijai ir sniegušas atbildīgās valsts institūcijas, tad ir skaidrs, ka tās uzskata, kā Ieteikumā noteiktie ierobežojumi ir spēkā arī bez īpašiem ieviešanas pasākumiem. Attiecībā par uzraudzību ir norādīts, ka „Latvijā telekomunikāciju operatori periodiski veic uzraudzības pasākumus”. Par uzraudzību attiecībā uz ļoti zemas frekvences laukiem šajā dokumentā nekas nav minēts, tātad arī par to, vai elektropārvades līniju operatori, vai valsts uzraudzības iestādes veic kādus mērījumus, lai noskaidrotu atbilstību [6] vai [7], atbildīgajām valsts institūcijām nekas nav bijis zināms.

Tātad paredzētās AS gaisvadu elektropārvades līnijas elektrisko un magnētisko lauku novērtēšanai iespējams izmantot Eiropas Padomes Ieteikumu [6]. [6] noteiktās vērtības tā vai citādi izmanto lielākā daļa ES dalībvalstu.

Taču pamatierobežojumā noteikto strāvas blīvumu dzīva cilvēka ķermenī tieši nomērīt saprotamu iemeslu dēļ varētu būt visai apgrūtināši. Tāpēc gan ICNIRP98 [7], gan Eiropas Padomes Ieteikumā [6] ir dotas tā sauktās references vērtības.

Tabula 3: References vērtības, kas Eiropas Padomes Ieteikumā [6] dotas attiecībā uz plašu sabiedrību (atbilst ICNIRP [7] tabulai 7)

Frekvences	E-laika intensitāte (V/m)	H-laika intensitāte (A/m)	B-laiks (μT)	Ekvivalenta plaknes viļņa jaudas blīvums Seq (W/m^2)

0-1 Hz		3.2×10^4	4×10^4	
1-8 Hz	10000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10000	$4,000/f$	$5,000/f$	
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

f- tādās vienībās, kā frekvenču kolonā

Pie 50 Hz tātad references vērtība 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, kas parāda, ka ir nepieciešams pārliecināties, vai viss ir kārtībā ar pamatierobežojumu (robežlīmeņu) ievērošanu. Veicot aprēķinus, izmantojot FEM metodi, uz ko ir atsauksme arī standartā LVS EN 50499 *Procedūra kā novērtēt darbinieku pakļautību elektromagnētiskajiem laukiem* [9], var iegūt, ka faktiskie ārējo lauku lielumi, lai ķermenī inducētās strāvas sasniegtu pamatierobežojumus, ir būtiski lielāki. Rezultātu apkopojums par pamatierobežojumiem, references līmeņiem un lauku vērtībām, kas atbilst pamatierobežojumam dots tabulā 4.

Tabula 4: Apkopotie pamatierobežojumi, references līmeņi un pamatierobežojumiem atbilstošās elektrisko lauku vērtības attiecībā uz plašu sabiedrību

Pamatierobežojums: 2 mA m⁻² centrālajā nervu sistēmā	
Magnētiskais lauks	Elektriskais lauks
[6]un [7] references līmenis: 100 μT Lauks, kas patiesībā vajadzīgs, lai cilvēkā sasniegtu strāvas blīvumu, kas atbilst pamatierobežojumam: 360 μT	[6]un [7] references līmenis: 5 kV/m Lauks, kas patiesībā vajadzīgs, lai cilvēkā sasniegtu strāvas blīvumu, kas atbilst pamatierobežojumam: 9.2 kV/m

Situācija ar standartiem

Lai arī ir standarti, kuros ir dotas robežvērtības, tomēr tie nav obligāti saistoši jebkurai iedzīvotājam vai komersantam. Taču CENELEC standarti ir saistoši Latvijai kā CENELEC dalībvalstij. Līdz ar to arī valsts uzņēmumiem būtu jāievēro CENELEC standarti. Tā kā konkrētajā gadījumā mūs interesē tikai piesardzības pasākumi attiecībā uz 50 Hz frekvence un attiecībā uz elektroenerģijas pārvadi, tad to standartu daļu, kas apskata tikai augsto frekvenču iedarbību, vai arī ļoti specifiskus pielietojumus (piem., par mašīnu (iekārtu) radīto elektromagnētisko starojumu, vai par elektronisko uzraudzības ierīču utt. starojumu) šeit neuzskaitīsim. Vispirms jāatgādina, ka zināmu laiku Latvija bija unikāla ar to, ka tajā Latvijas valsts standarta statuss bija piešķirts standartam LVS ENV 50166-1:1995 *Elektromagnētiskā lauka iedarbība uz cilvēku - Zemas frekvences (0 Hz līdz 10 KHz)*, kas bija spēkā no 1998.gada 22.janvāra līdz 2003.gada 30.janvārim. (pārējā Eiropā, šim dokumentam bija priekšstandarta statuss, vai arī tas vispār netika lietots, līdzīga situācija bija arī ar šī standarta otro daļu, kas bija veltīts augstajām frekvencēm). Standarti, kas tā vai citādi ir saistīti ar 50 Hz maiņstrāvas radīto elektrisko/magnētisko lauku, ir ļoti daudz, un vairums no tiem nav pielietojami konkrētajā gadījumā. Tāpēc tiks uzskaitīti tikai paši nozīmīgākie:

- LVS EN 50110-1:2005 *Elektroietaišu ekspluatācija*
- LVS EN 50413:2009 *Pamatstandarts procedūrām kā mērīt un aprēķināt cilvēka pakļautību elektriskajiem, magnētiskajiem un elektromagnētiskajiem laukiem (0 Hz – 300 GHz)*

- LVS EN 50499:2009 *Procedūra kā novērtēt darbinieku pakļautību elektromagnētiskajiem laukiem*
Šis standarts šeit ievietots, jo to var būt nepieciešams izmantot darba devējam, kas savus darbiniekus norīko strādāt augstsprieguma līniju tiešā tuvumā,
- LVS EN 62110:2010 *Mainstrāvas energosistēmu ģenerēto elektrisko un magnētisko lauku līmeņi. Mērīšanas procedūras kopsakarā ar to iedarbību uz iedzīvotājiem (IEC 62110:2009)*
- LVS EN 62226-1:2005 *Pakļautība elektriskiem un magnētiskiem laukiem zemo un vidējo frekvenču diapazonā - Strāvas blīvuma un cilvēka ķermenī inducējošos elektrisko lauku aprēķina metodes - 1.daļa: Vispārīgi*
- LVS EN 62226-2-1:2005 *Zemu un vidēju frekvenču elektrisko vai magnētisko lauku iedarbība - Cilvēka ķermenī inducēto strāvas blīvuma un iekšējā elektriskā lauka rēķināšanas metodes - 2-1.daļa: Magnētisko lauku iedarbība - 2D modeļi*
- LVS EN 62226-3-1:2005 *Pakļautība elektriskiem un magnētiskiem laukiem zemo un vidējo frekvenču diapazonā. Caur cilvēka ķermeni plūstošās strāvas blīvuma un ķermenī inducējošos elektrisko lauku aprēķināšana. 3-1. daļa: Pakļautība elektriskiem laukiem. Analītiskais modelis un skaitliskais 2D modelis*
- LVS EN 62233:2008 *Mājsaimniecības un līdzīga lietojuma elektrisko aparātu elektromagnētisko lauku mērīšana kopsakarā ar to iedarbību uz cilvēka ķermeni*
- LVS EN 62311:2008 *Elektronisko un elektrisko iekārtu novērtēšana sakarā ar ierobežojumiem 0 Hz līdz 300 GHz elektromagnētisko lauku iedarbībai uz cilvēkiem*

50 Hz elektroenerģijas radītie lauki ikdienā

Parasti māju elektroinstalācijā fāzes vads- strāvas pievads un neitrāles vads – strāvas aizvadīšanai atrodas cieši blakus viens otram, līdz ar to elektriskie un magnētiskie lauki daļēji kompensējas. Nozīmīgākie lauki rodas, izmantojot ierīces ar elektromotoriem un transformatoriem, jo to darbības pamatā ir magnētiskais lauks. Vislielākās lauka vērtības ir tieši pie ierīcēm – rokas ierīces un instrumenti, kā norāda jau nosaukums tiek turēti rokās, bet palielinoties attālumam lauka lielums strauji samazinās. Informācija par dažādu sadzīvē izmantojamu ierīču magnētiskā lauka plūsmas blīvumu dota tabulā 5. Dati pamatā ņemti no avota [10].

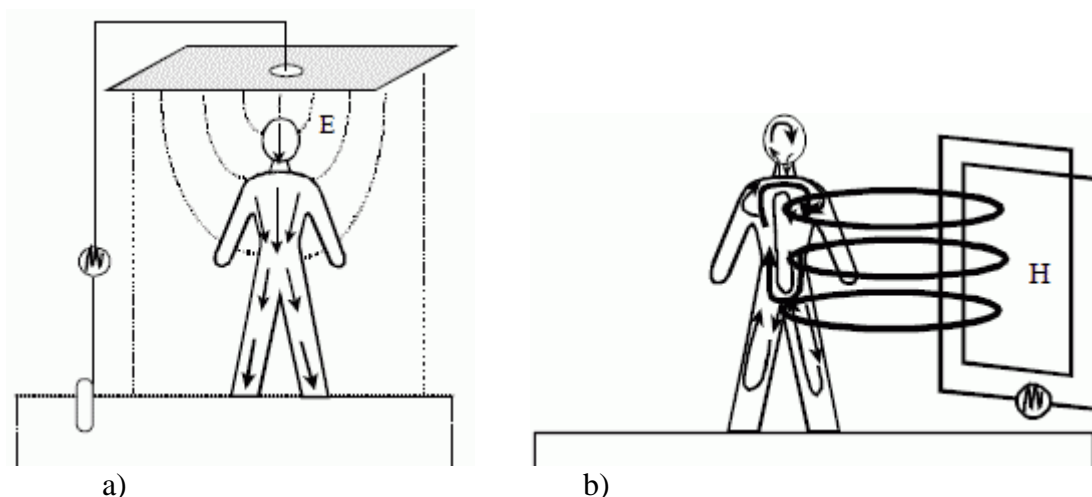
Tabula 5: Sadzīves elektroierīču magnētiskais lauks

Ierīce	Magnētiskās plūsmas blīvums, μT		
	Distance 3 cm	Distance 30 cm	Distance 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
Rokas mikseris	60-700	0.06-10	0.02-0.25
Tosteris	7-20	0.06-1	0.01-0.02
Matu fēns	6-2000	0.1-7	0.01-0.3
Elektriskie skuvekļi	15-1500	0.08-9	0.01-0.3
Elektriskā urbjmašīna	400-800	2-3.5	0.06-0.2
Rokas elektrožāģis	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
Radiomodinātājs	3-60	0.1-1	0.01-0.02
Elektriskā sega	Līdz 30		
Televizors	2.5-50	0.04-2	0.01-0.15
Elektriskā grīdas apsilde		0.1-8	
Elektrokrāns	10-180	0.15-5	0.01-0.25
Indukcijas plīts	Rokām – līdz 500	Ķermenim - līdz 40	1-3
Elektrometināšana (100A)	Pie kabeļa - 200	20 cm distancē - 20	

Tā sauktajās ekonomiskajās spuldzēs ir strāvas –sprieguma pārveidotājs. Tāpēc nav ieteicams šādas lampas izmantot, piem., par galda lampām, jo parastajā galda lasīšanas lampu lietošanas attālumā lauki var sasniegt 30% un vairāk no Eiropas Padomes Ieteikumā [6] norādītajām robežvērtībām. Ja paredzēts, ka lampas atradīsies tuvu cilvēkam, tad kā alternatīvu var izmantot īpašās maza starojuma (low radiation) ekonomiskās spuldzes, kuru stiklam ir īpašs pārklājums un enerģijas pārveidotājā tiek izmantotas speciālas komponentes, kas rada mazāku lauku. Reizēm arī modernajās virtuvēs izmanto tā sauktās indukcijas plīti. Kā jau rāda nosaukums, tad to darbība pamatojas uz metāla sasilšanu izmantojot magnētiskā lauka inducētu virpuļstrāvu iedarbībā. Līdz ar to būtu ieteicams personām, kurām nepieciešama īpaša aizsardzība, ievērot vismaz 30 cm distanci no indukcijas plīšu sildzonas.

Zemas frekvences (50 Hz) lauku iedarbība uz cilvēku

Kā jau normēšanas sadaļā norādīts, tad pie zemajām frekvencēm elektrisko un magnētisko lauku iedarbība pamatā izpaužas, kā ķermenī inducētās strāvas un ja tās ir pietiekami lielas (pārsniedz tā saukto sliekšņa vērtību), tad tās izsauc nervu šķiedru un muskuļu kairinājumu.



Attēls 4: zemas frekvences lauku (50 Hz) izsuktās strāvas cilvēka ķermenī: a) elektriskā lauka izsuktās strāvas; b) magnētiskā lauka inducētās strāvas [11]

Sakarā ar to, ka ķermeņa audu dielektriskās īpašības būtiski atšķiras no gaisa (audiem, salīdzinot ar gaisu, ir raksturīga liela elektrovadāmība un dielektriskā caurlaidība), tad ārējais elektriskais lauks perturbējas cilvēka ķermeņa tuvumā tā, lai tā līnijas būtu perpendikulāras ķermeņa virsmai un ķermenī tā lielums ir miljoniem reižu mazāks par ārējo lauku. Elektriskais lauks ķermenī rada nobīdes jeb kapacitatīvās strāvas. Pretstatā elektriskajam, magnētiskais lauks iet cauri ķermenim praktiski neizmainoties un rada (inducē) virpuļstrāvas strāvas audos un iekšējos orgānos. Arī sadzīvē tam ir nozīme, jo magnētiskais lauks praktiski nemainīgs iet cauri arī sienām, līdz ar to, ja vienā telpā pie sienas būs nozīmīgs magnētiskā lauka avots (skatīt Tabulu 5), bet otrā telpā sienas tuvumā būs cilvēki, tad uz viņiem iedarbosies magnētiskais lauks, kura lielumu noteiks ierīces tips un attālums līdz tai. Tāpēc arī dzīvokļos magnētiskā lauka lielumi stipri mainās atkarībā no tuvuma dažādām elektroierīcēm. Parasti dzīvojamajā zonā tas ir neliels; no 0.01- 0.4 μT , bet atsevišķos gadījumos var būt pat vairākas μT .

Tabula 6: Ķermenī inducētās strāvas blīvuma iedarbība uz cilvēku [11]

Strāvas blīvums (mA/m^2)	Iedarbība
< 1	Efekti nav novēroti
1 - 10	Novēroti nenozīmīgi efekti, nav konstatētas nevēlamas sekas

10 - 100	Skaidri zināmi efekti (vizuāli – magnetofosfēni), iespējama iedarbība uz nervu sistēmu, veicina kaulu lūzumu saaugšanu
100 - 1000	Izmaiņas centrālajā nervu sistēmā – mainās tās reaģētspēja, nav izslēgts kaitējums veselībai
> 1000	Bīstami veselībai, ekstra sistoles, iespējama ventrikulārā vibrilācija

Attiecībā uz iespējamo lauku kancerogenitāti nav pārliecinošu pierādījumu, ka tāda pastāv, bet nevēlamu iedarbību nevar arī viennozīmīgi izslēgt. Līdz ar to Starptautiskā vēža pētniecības aģentūra (IARC) balstoties uz ļoti plašu informācijas klāstu ir ierindojusi zemas frekvences magnētiskos laukus kategorijā 2B [12].

Paskaidrojumam: pavisam IARC aģentus un vielas klasificē pēc 5 ballu skalas: 1 – pierādīta kancerogenitāte; 2A – iespējama kancerogenitāte; 2B – varbūtēja kancerogenitāte; 3 – nav klasificējams; 4 – ticami, ka nav kancerogēns.

Salīdzinājumam var minēt, ka IARC arī kafiju ir ierindojusi kategorijā 2B. Bez tam, kopš 2001. gada ir veikti daudzi pētījumi, bet IARC, izvērtējot to rezultātus, nav konstatējusi, ka būtu iegūti kādi nozīmīgi kancerogēnumu pierādoši dati un tāpēc nav atradusi par iespējamu mainīt doto vērtējumu zemas frekvences magnētiskajiem laukiem.

Augstsprieguma gaisvadu līniju elektrisko un magnētisko lauku ietekmējošie faktori

Augstsprieguma gaisvadu elektropārvades līniju elektriskā lauka lielumu pirmām kārtām nosaka līnijas spriegums un attālums līdz tai. Analogi magnētiskā lauka plūsmas blīvumu nosaka strāva un attālums līdz līnijai. Taču ir daudz citu faktoru, kas arī tieši vai netieši ietekmē vienu vai otru, vai arī abus laukus.

Tabula 7: Augstsprieguma gaisvadu līniju elektrisko un magnētisko lauku ietekmējošie faktori

Konstruktīvās izbūves faktori	Iedarbības vispārīgs apraksts
Elektropārvades līnijas balsta (vadu) augstums	Gan magnētiskā, gan elektriskā lauka intensitāte krītas līdz ar attālumu no vadiem – tātad, jo augstāk masts, jo tālāk no zemes virsmas būs arī vadi un lauki 1 m augstumā būs zemāki
Attālums starp balstiem	Attālums starp balstiem un to augstums nosaka strāvas vadu nokari (to nosaka arī vadu materiāls, strāva (termiskā sasilšana), vides apstākļi); balstu zemējums to tuvumā ietekmē elektrisko lauku
Balstu konstrukcija	Balstu konstrukcija nosaka vadu un ķēžu konfigurāciju
Uzlikto sistēmu (ķēžu) skaits	Ja balstā ir izvietotas vairākas sistēmas, tad to radītie elektriskie un magnētiskie lauki pārklājas, atkarībā no fāzu izvietojuma lauki var summēties vai daļēji kompensēties; Ja sistēma (ķēde) ar zemāku spriegumu ir izvietota zem augstāka sprieguma sistēmas, tad pēdējās radītais elektriskais lauks daļēji tiek ekranēts
Uzlikto sistēmu konfigurācija	Atsevišķo sistēmu elektriskā un magnētiskā lauka pārklāšanos nosaka to savstarpējā izvietojuma kārtība un attālums (kā arī fāzu nobīde)
Vienas sistēmas vadu izvietojums	Atsevišķo fāzu vadu elektriskā un magnētiskā lauka pārklāšanos nosaka to savstarpējā izvietojuma kārtība un attālums (kā arī fāzu nobīde)
Vadu nokare	Palielinoties nokarei samazinās attālums līdz zemei, kā rezultātā pieaug elektriskie un magnētiskie lauki; vadu distanci no zemes nosaka balstu augstums, attālumi starp balstiem, vadu materiāls, strāva un vides ietekme
Zemējuma vadu izvietojums	Zemējuma vadi ietekmē magnētisko lauku, jo tajos inducējas elektriskā strāva; Ja zemējuma vadi tiek izvietoti zem līnijas vadiem, tad notiek daļēja elektriskā lauka ekranēšana

Ekspluatācijas faktori	
Ekspluatācijas spriegums	Elektriskā lauka intensitāte viena vada gadījumā ir tieši proporcionāla līnijas ekspluatācijas spriegumam; Spriegums bez tam nosaka nepieciešamos attālumus starp līnijas vadiem un izolatoru garumu
Ekspluatācijas strāva	Viena atsevišķa vada gadījumā magnētiskās plūsmas blīvums ir tieši proporcionāls strāvai, kas pa t plūst; Ja palielinās strāva, tad aug arī vada temperatūra un līdz ar to tā nokare
Fāzu attiecības vienā sistēmā (ķēdē)	Atsevišķo fāzu vadu radītie magnētiskie lauki pārklājas; Ja fāzu nobīde ir ideāla (0, 120, 240) un strāvas vienādas, tad neiespējamā situācijā, kad starp vadiem nebūtu distances, to radītie magnētiskie un elektriskie lauki savstarpēji kompensētos
Strāvas noslodze atsevišķos fāzu vados	Atsevišķo fāzu vadu radītie magnētiskie lauki pārklājas; Ja fāzu nobīde ir ideāla (0, 120, 240) un strāvas vienādas, tad neiespējamā situācijā, kad starp vadiem nebūtu distances, to radītie magnētiskie un elektriskie lauki savstarpēji kompensētos
Fāzu nobīde starp dažādām sistēmām	Dažādu sistēmu radīto magnētisko lauku pārklāšanās (stiprums un telpiskais izvietojums) ir atkarīga no šo sistēmu relatīvo fāzu nobīdes
Vides faktori	
Zemes reljefs	Reljefs saistībā ar augsnes elektrovadītspēju ietekmē elektriskā lauka telpisko izvietojumu
Augsnes sastāvs	Elektriskā lauka telpiskā izplatība ir atkarīga no augsnes vadītspējas
Dažādi objekti	Objekti no feromagnētiskiem materiāliem ietekmē magnētiskā lauka telpisko izvietojumu; Elektrovadoši objekti (cilvēki, mājas, veģetācija, citi masti) ietekmē elektriskā lauka telpisko izvietojumu
Gaisa temperatūra	Gaisa temperatūra atstāj ietekmi uz termiskās izplešanās nosacīto līnijas vadu nokari un sekojoši uz elektrisko un magnētisko lauku
Gaisa kustība	Vējš atkarībā no tā virziena un spēka izraisa līnijas vadu nobīdi, šūpošanos un līdz ar to arī izmaiņas elektriskā un magnētiskā lauka telpiskajā izvietojumā
Nokrišņi	Lietus izmaina augsnes elektrovadītspēju, sniega sega var nosacīti tuvināt cilvēkus līnijas vadiem (slēpotāji), līnijas vadu apledošums var novest pie palielinātas vadu nokares un līdz ar to izraisīt izmaiņas elektriskā un magnētiskā lauka telpiskajā izvietojumā

Elektrisko lauku ietekmējošie faktori

Elektriskie lauki ir tīkri ap gaisvadu līnijām, ap zemes kabeļiem to praktiski nav, jo to nodrošina vada aizsargapvalks un zemes slānis. Elektrisko lauku intensitāte un telpisko izvietojumu pirmkārt nosaka izmantotais spriegums un arī ģeometriskie faktori (līnijas vadu augstums un savstarpējais izvietojums, kā arī attālums līdz konkrētajai vietai). Taču elektriskā lauka intensitāti ietekmē arī apkārtnes elektriskās īpašības, it sevišķi augsnes elektrovadītspēja, elektrovadošu objektu (koki, cilvēki, dažādas mašīnas) esamība ASGV elektropārvades līnijas tuvumā. Nākošais faktors, kas varētu ietekmēt lauka intensitāti ir atsevišķo fāzu vadu izvietojums. Tā kā sprieguma vērtību un fāzi katrā atsevišķajā fāzes vadā trīsfāzu maiņstrāvas tīklā praktiski nosaka ģeneratori elektrostacijās (protams jāņem vērā apakšstaciju iekārtu ietekme), tad parasti starp viena sprieguma līmeņa dažādām sistēmām nepastāv būtiskas sprieguma vai fāzu nobīdes atšķirības. Neliela sprieguma asimetrija (parasti ne lielāka par 5%, ja vadi ir vismaz 10 un vairāk metru augstumā) var veidoties dažādā augstumā esošo fāzes vadu atšķirīgās kapacitatīvās saites ar zemi iespaidā. Šo efektu var samazināt ik pēc zināma attāluma mainot atsevišķo fāzes vadu izvietojumu. Netieši elektrisko lauku

ietekmē arī līnijas vadu noslodze, t.i., tajos plūstošā strāva. Tas notiek tāpēc, ka, palielinoties strāvai, vadi sasilst, termiski izplešas (pagarinās), līdz ar to palielinās nokare un elektriskais lauks, jo vadi ir tuvāk zemei. Šis efekts kļūst būtisks, ja līnijā slodze mainās ļoti krasi. Nelabvēlīgos apstākļos elektriskais lauks var mainīties līdz par 40%-50% (tieši zem ASGV elektropārvades līnijas trases), taču attālinoties no trases efekta radītās izmaiņas strauji samazinās – trases platumā attālumā no trases vidus efekts jau nokrīt zem 10%. Līdzīgi uz vadu nokari (un tāpat arī elektrisko lauku) iespaidu atstāj arī gaisa temperatūra un tā kustības ātrums.

Magnētisko lauku ietekmējošie faktori

Magnētiskā lauka plūsmas blīvumu (indukciju) galvenokārt nosaka pa vadiem plūstošās strāvas stiprums un distance līdz tiem. Tā kā strāvas stiprums elektropārvades līnijās ir atkarīgs no enerģijas patēriņa attiecīgajā brīdī, tad atšķirībā no elektriskā lauka intensitātes magnētiskā lauka plūsmas blīvums līdz ar laiku mainās daudz straujāk.

Magnētiskā lauka plūsmas blīvumu vienam (bezgalīgi garam, taisnam) vadītājam, izmantojot Bio-Savāra likumu var aprēķināt, izmantojot šādu vienkāršotu formulu:

$$B = \mu_0 / (2\pi) * (I/r) \quad \{4\}, \text{ kur } I \text{ ir pa vadu plūstošā strāva, bet } r - \text{attālums no vada.}$$

Lai aprēķinātu magnētiskā lauka plūsmas blīvumu trīsfāzu sistēmai šo vienādojumu var sadalīt Teilora rindā. Pirmajā tuvinājumā, neņemot vērā zemējuma troses un citas ietekmes, iegūst, ka magnētiskās plūsmas blīvumu var izteikt ar diviem saskaitāmajiem, kur pirmais sakrīt ar {3}, tikai strāva I šajā saskaitāmajā ir trīs vienas sistēmas vadu strāvu summa, ņemot vērā fāzi. Simetriskas slodzes gadījumā tā tuvosies 0 un līdz ar to arī pirmais saskaitāmais līdzsvarotas slodzes gadījumā tuvosies 0. Otrais saskaitāmais raksturo papildus lauku, ko nosaka apstākļi, ka atsevišķo fāzu strāvas neplūst vienā vietā, bet ir telpiski atdalītas. Tas ir proporcionāls attālumam starp atsevišķo fāzu vadiem d un pa tiem plūstošo strāvu vidējai vērtībai I_v un apgriezti proporcionāls attāluma kvadrātam no 3 vadu viduspunkta r. Ja vadi izvietoti vienādmalu trīsstūrī, tad tas ir:

$$B_r = (3/2)^{0.5} * \mu_0 / (2\pi) * (I_v * d / r^2). \quad \{5\}$$

Ja vadi nav izvietoti vienādmalu trīsstūrī, bet gan uz vienas taisnes, tad lauks palielinās $\sqrt{2}$ reizes. Formula simetriskas slodzes gadījumā attālumiem r, kas lielāki par trīskāršu vadu attālumu (pie $r > 3d$) ir pietiekami precīza – kļūda nepārsniedz 2.5%. To iespējams vēl precizēt, veicot pie zināmas strāvas zināmā attālumā reālu mērījumu, salīdzinot ar {5} un atrodot nepieciešamo koeficientu, kas ņemtu vērā reālo vadu izvietojumu. Veicot šādus vienkāršotus aprēķinus paredzētajai 330/110 kV līnijai (pie maksimālās strāvas fāzē 665 A) var iegūt, ka uz aizsargjoslas ārējās malas sliktākajā gadījumā, esot vidū starp balstiem, pie minimālā noteiktā attāluma magnētiskās plūsmas blīvums nepārsniegs 6 μT , Taču reālos apstākļos šis lielums vidēji varētu būt vismaz 5, ja ne vairāk reizes mazāks. . Skatīt konservatīva aprēķina rezultātus tabulā:

Tabula 8: Magnētiskās plūsmas blīvums uz 330 kV līnijas aizsargjoslas ārējās malas 1 m augstumā

Vieta	Zemākā vada augstums, m	Magnētiskās plūsmas blīvums, μT	
		Ievērojot tikai tuvāko ķēdi	Ievērojot abas ķēdes
Tieši pretī balstiem ārpus apdzīvotām vietām	19.5	1.0	1.6
Tieši pretī balstiem apdzīvotās vietām	19.5	2.0	3.2
Vidū starp balstiem ārpus apdzīvotām vietām	9	1.3	2.0
Vidū starp balstiem apdzīvotās vietās	10	3.7	5.3

Savukārt rēķinot magnētisko lauku tieši zem trases ārpus apdzīvotām vietām (zemākā vada augstums 9 m), ņemot vērā abas ķēdes, sliktākajā gadījumā iegūst **15.4** μT .

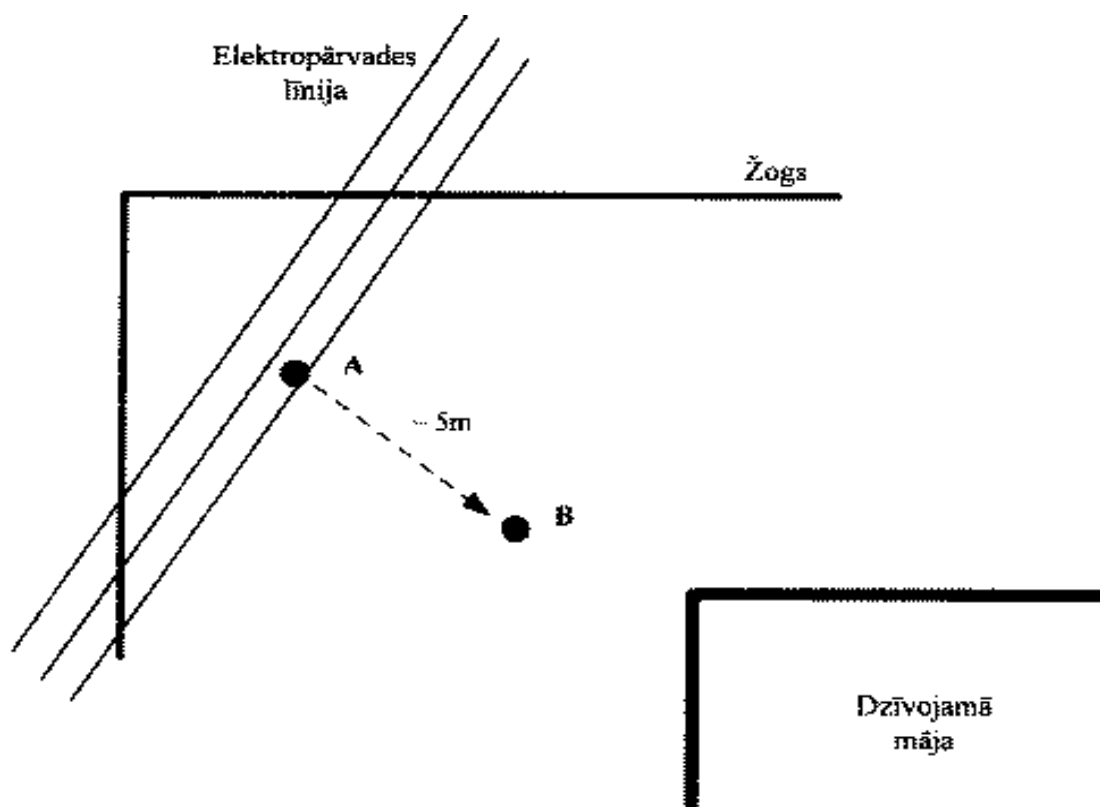
Jāatzīmē, ka aprēķins, ievērojot arī otras puses ķēdi, veikts, pieņemot maksimāli sliktāko gadījumu, kāds reāli ir visai maz varbūtīgs.

Salīdzinājumam – gan ICNIRP, gan ES par references līmeni iedzīvotājiem, kas ietver 24 stundu ilgu pakļaušanu šādam laukam, ir noteikuši 100 μT . (Arī Polijā, ko parasti min kā piemēru, ka tur ir par ICNIRP un ES Ieteikumu stingrākas prasības, šī robežvērtība iedzīvotājiem 50 Hz gadījumā ir noteikta 75 μT .) Līdz ar to ir skaidrs, ka ievērojot Aizsargjoslu likumā noteiktos aprobežojumus ir nodrošināta vairāk kā desmitkārtīga iedzīvotāju aizsardzība. Pie tam jāņem vērā, ka aprēķini tika veikti pie projektētāju uzdotās maksimālās strāvas, taču parasti sagaidāms, ka elektropārvades līnijas noslodze un līdz ar to arī magnētiskās plūsmas blīvums lielāko laika daļu būs zemāks.

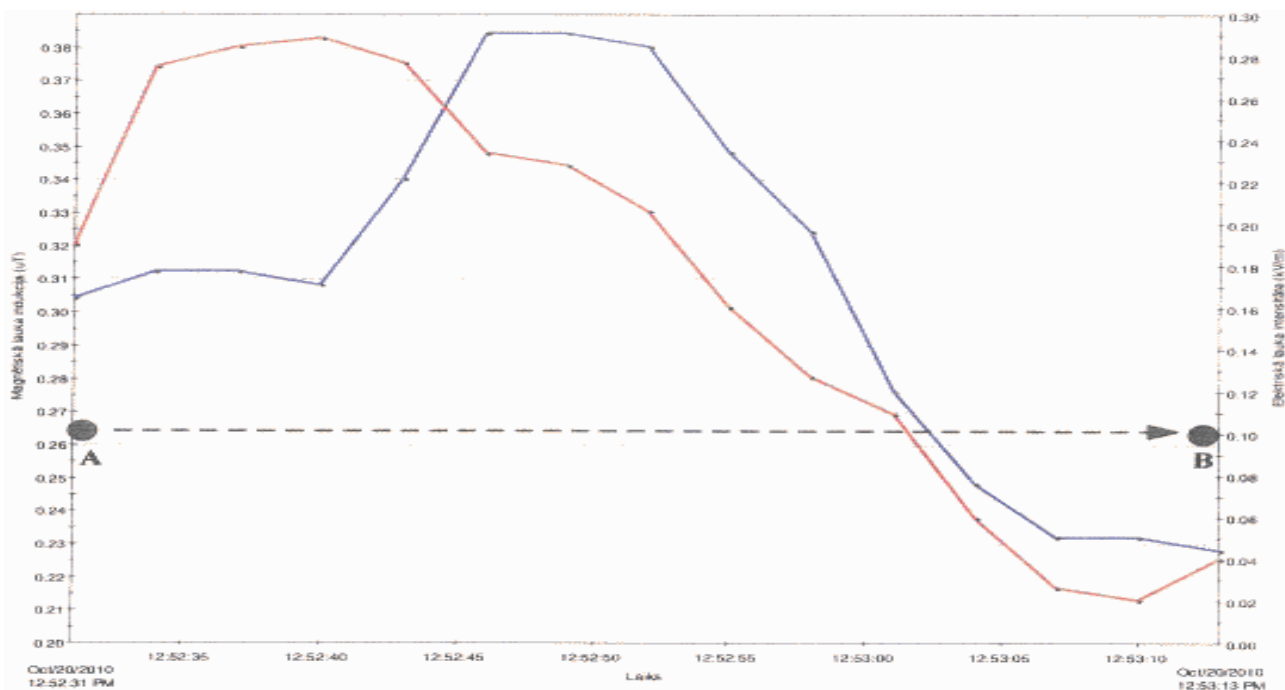
Mērījumu rezultāti Latvijā

Veicot mērījumus ap apakšstacijas žogu, no kuras iziet divas 330 kV līnijas 1.8 m augstumā tika iegūti sekojoši rezultāti: magnētiskā lauka plūsmas blīvuma mazākā, maksimālā un vidējā vērtība tika iegūta attiecīgi 0.01, 8.51 un 1.45 μT . Tātad pat maksimālā vērtība bija vairāk kā 10 reizes zemāka par Eiropas Padomes Ieteikumā 1999/519/EK doto references vērtību. Savukārt līdzīgi veicot elektriskā lauka mērījumus tika iegūti sekojoši rezultāti (minimālā, maksimālā un vidējā vērtība): 0.00, 3.99 un 0.77 kV/m.

Tārgales pagastā tika veikti mērījumi zem esošas 110 kV līnijas ar strāvu 32 A.. Mērījumiem tika izmeklēta maksimāli nelabvēlīga vieta- līnija iet pāri lauku mājas pagalma stūrim, ar attālumu no mājas aptuveni 10 m.



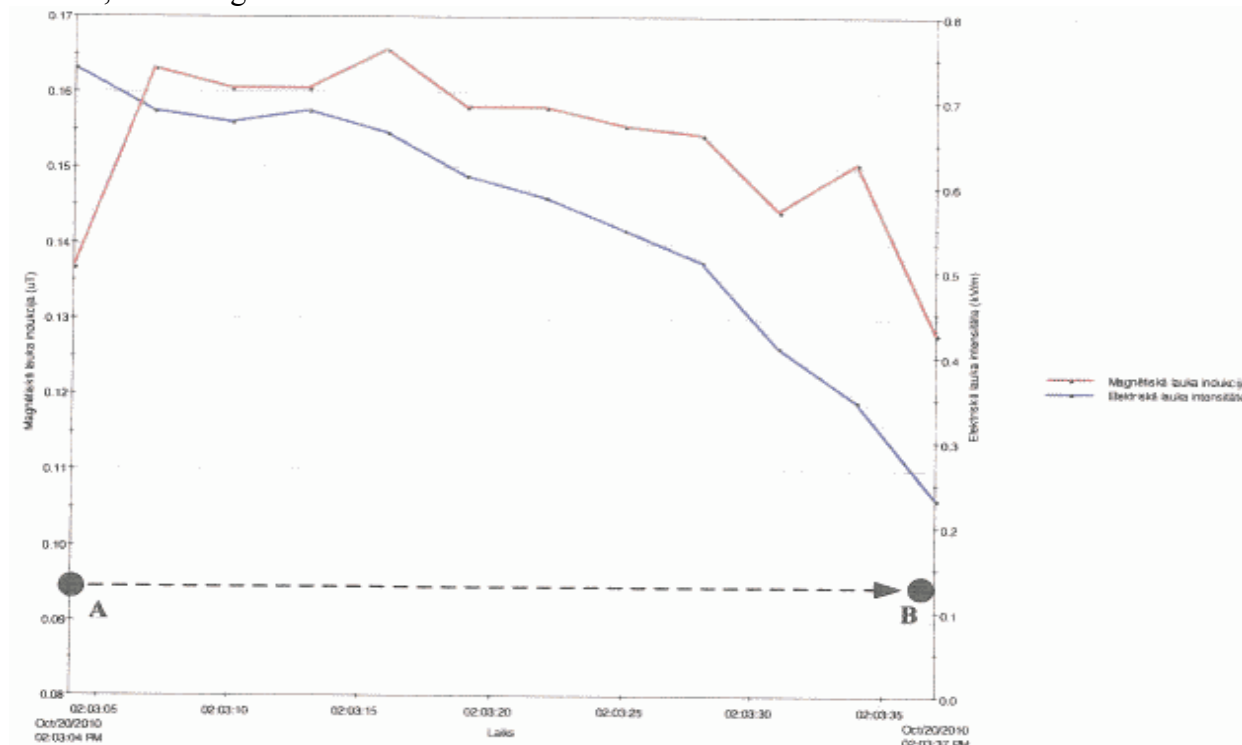
Attēls 4: Mērījumu maršruta shēma



Attēls 5: Mērījumu rezultāti situācijai, kas dota attēlā 4. Sarkanā līnija –magnētiskais lauks, zilā - elektriskais

Redzams, ka magnētiskā lauka plūsmas blīvums pat zem 110 kV līnijas vadiem nesasniedz 0.4 μT, bet apmēram 5 m attālumā tas jau ir nokritis zem gandrīz 2 reizes un ir mazliet virs 0.2 μT. Savukārt elektriskā lauka maksimālās vērtība ir mazliet zem 300 V/m, bet 5 m attālumā tā jau ir nokritisies zem 50 V/m, tas ir, aptuveni 6 reizes.

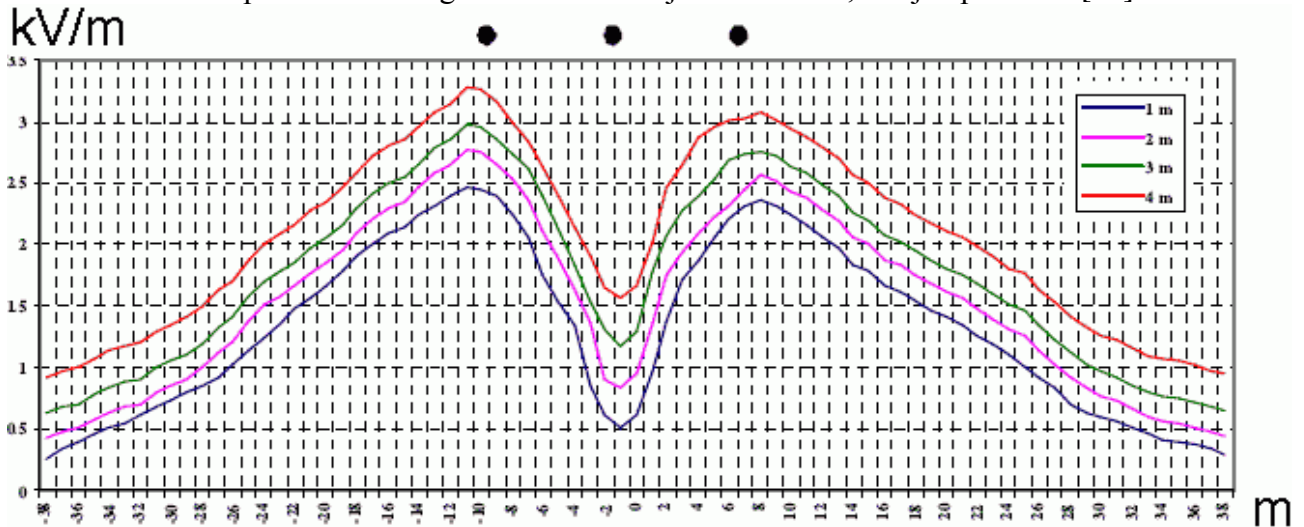
Attēlā 6 attēloti mērījumu rezultāti 2 paralēlām 110 kV līnijām (30 un 40 A strāvas katrās līnijas fāžu vados), uz vadu virzienam perpendikulāras 15 m garas līnijas, kas sākas pie malējiem vadiem, 1.8 m augstumā.



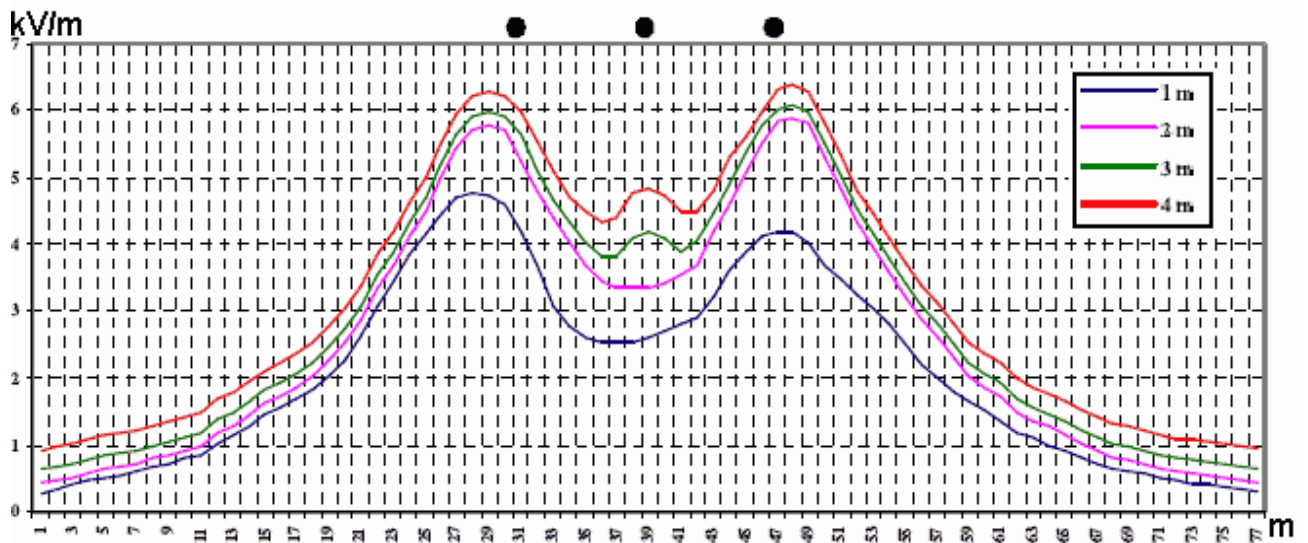
Attēls 6: Mērījumu rezultāti 15 m posmā perpendikulāri 2 augstsprieguma līniju virzienam.

No attēlā redzamajām līknēm redzams, ka maksimālais magnētiskās plūsmas blīvums ir tikai 0.17 μT , ar tendenci samazināties, palielinoties distancei no līnijām (15 m attālumā no malējiem vadiem jau vairs tikai $\sim 0.12 \mu\text{T}$). Elektriskais lauks turpretī samazinās straujāk, no 740 V/m zem malējā līniju vada līdz 230 V/m 15 m attālumā zem malējā līnijas vada.

Situācijas ar elektriskajiem un magnētiskajiem laukiem augstsprieguma elektropārvades līniju tuvumā un zem tām izprašanai noderīgi varētu būt mērījumu rezultāti, kas jau publicēti [13].

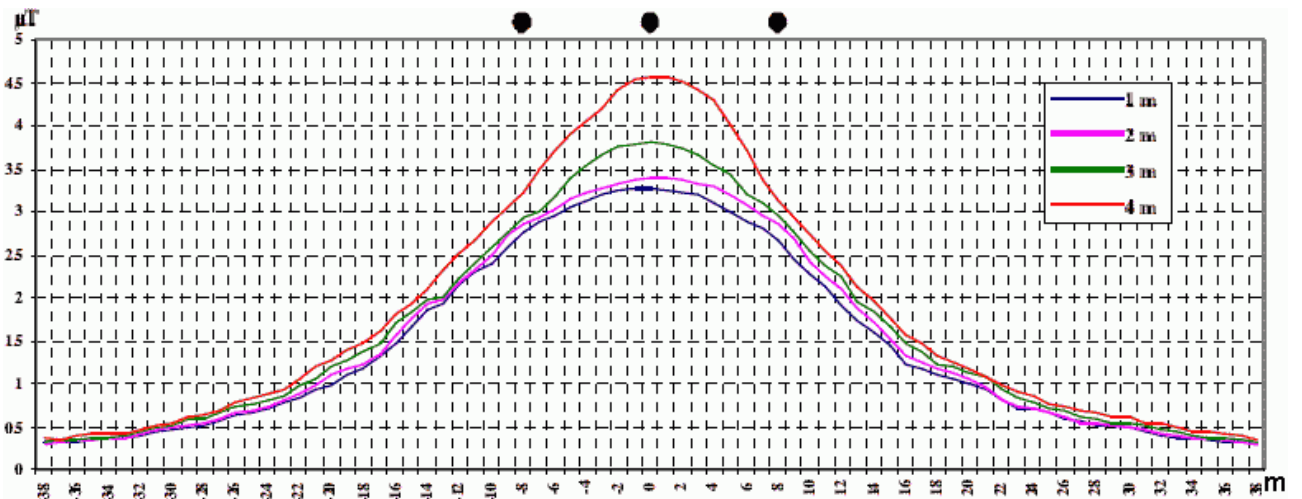


Attēls 7: Elektriskā lauka intensitāte pie 330 kV līnijas balsta, perpendikulāri līnijas virzienam līdz 38 m attālumam no trases vidus [13]



Attēls 8: Elektriskā lauka intensitāte starp 330 kV līnijas balstiem, perpendikulāri līnijas virzienam līdz 38 m attālumam no trases vidus [13]

No attēliem 7 un 8 redzams, ka elektriskā lauka intensitāte vislielākā ir vietās, kur vadu nokare ir maksimālā (vidū starp balstiem) zem malējiem līnijas vadiem. Apmēram 6 m no trases vidus Eiropas Padomes Ieteikuma 1999/519/EK references līmenis ir nedaudz pārsniegts mērījumu līmeņiem 2 m, 3 m un 4 m virs zemes, maksimumā sasniedzot gandrīz 6.5 kV/m. Turpretī magnētiskā lauka vērtības arī zem 330 kV līnijas (strāva katrā fāzē 160 A) kā parāda mērījumi (Attēls 9) ir stipri zem valstī izmantotajām references vērtībām.

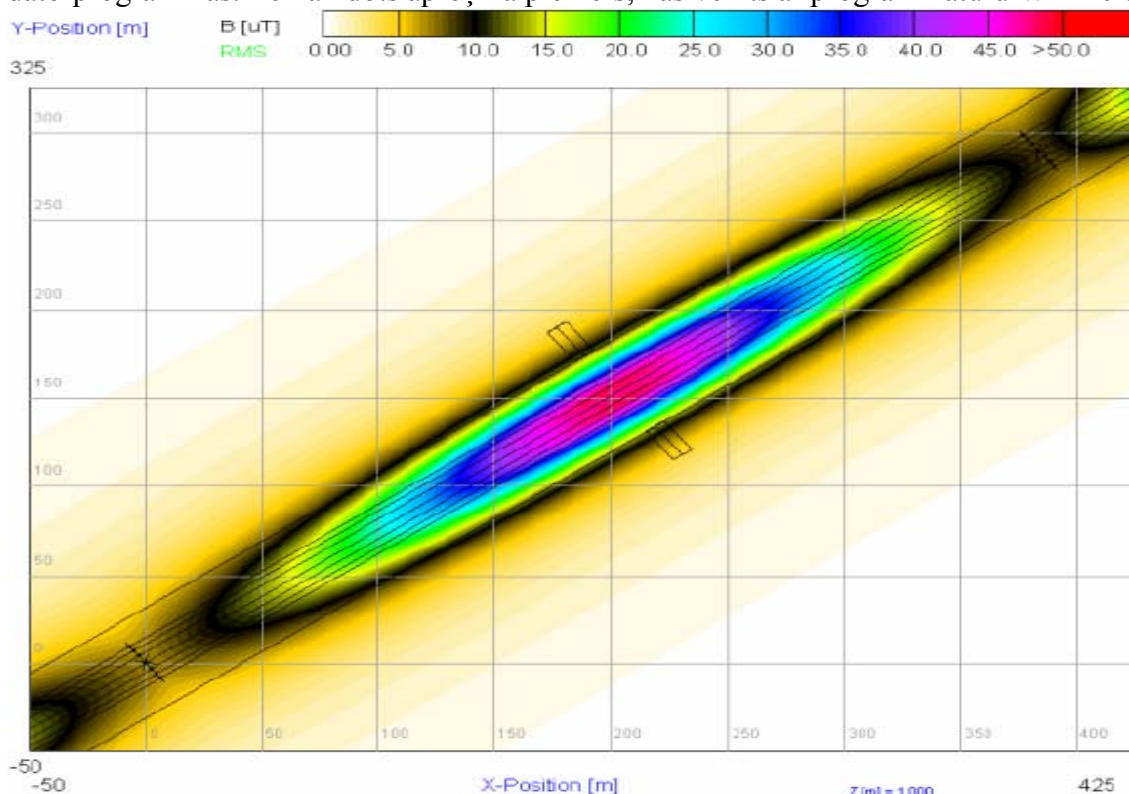


Attēls 9: Magnētiskā lauka plūsma B vidū starp 330 kV līnijas balstiem, perpendikulāri līnijas virzienam līdz 38 m attālumam no trases vidus

Maksimālās vērtības ir trases vidū 1 m augstumā virs zemes sasniedzot 3.3 μT , bet 4 m augstumā 4.7 μT . Toties aizsargjoslas ārējā malā pie dotās slodzes (160 A) magnētiskās plūsmas blīvuma vērtības jau ir nokritušas zem 0.4 μT , pie tam praktiski vairs nav nozīmes kādā augstumā virs zemes veikti mērījumi.

Informācija par augstsprieguma līniju laukiem

Pasaulē elektriskā un magnētiskā lauka aprēķinam plaši tiek izmantotas dažādas datorprogrammas. Zemāk dots aprēķina piemērs, kas veikts ar programmatūru WinField®.

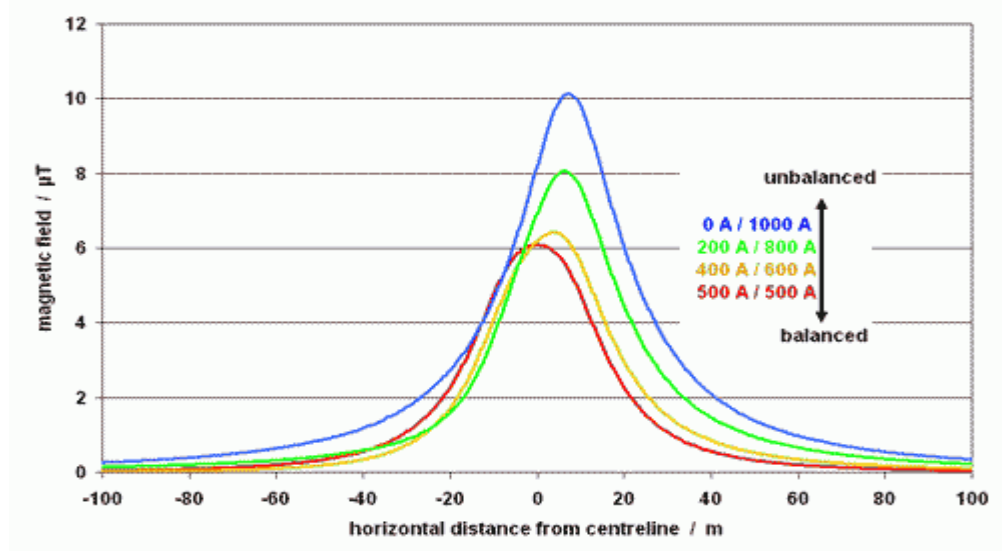


Attēls 10: Magnētiskā lauka plūsmas blīvums 380 kV elektropārvades līnijai, pie 2520 A lielas strāvas, uz balsta 2 ķēdes, kas sabalansētas [14]

Attēlā 10 vizuāli attēlotajā aprēķina piemērā maksimālais magnētiskās plūsmas blīvums 1 m virs zemes līmeņa trases vidū tieši vidū starp balstiem, kad mazākā distance no zemākā vada līdz zemei

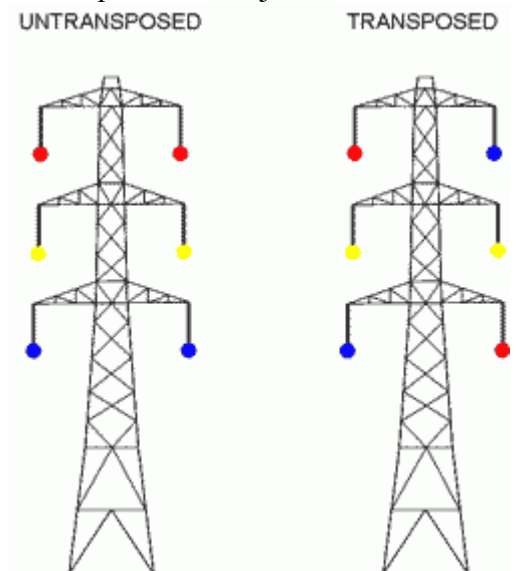
ir 9.7 m bija 48.7 μT . Taču, ja līnijas slodze būtu tikai 30% (jeb strāva katrā vadā 756 A), tad šajā pašā situācijā aprēķinātais magnētiskās plūsmas blīvums būtu tikai 11.7 μT . Maksimālā elektriskā lauka intensitāte šajā pašā punktā būtu 8.4 kV/m. Jāatzīmē, ka situācija 30% noslodzes gadījumā tikai par kādiem 15% pārsniedz parametrus, kas paredzēti projektējamai līnijai (330 kV un 665A). Tāpēc var izdarīt secinājumu, ka arī maksimālie lauku līmeņi paredzētajai līnijai būs apmēram par 15% zemāki.

Ja uz viena balsta ir 2 ķēdes, tad lauks būs atkarīgs arī no tā vai strāvas šajās ķēdēs ir sabalansētas. Zemāk attēlots kā strāvu atšķirības dažādās ķēdēs var ietekmēt lauku (www.emfsinfo)[15]

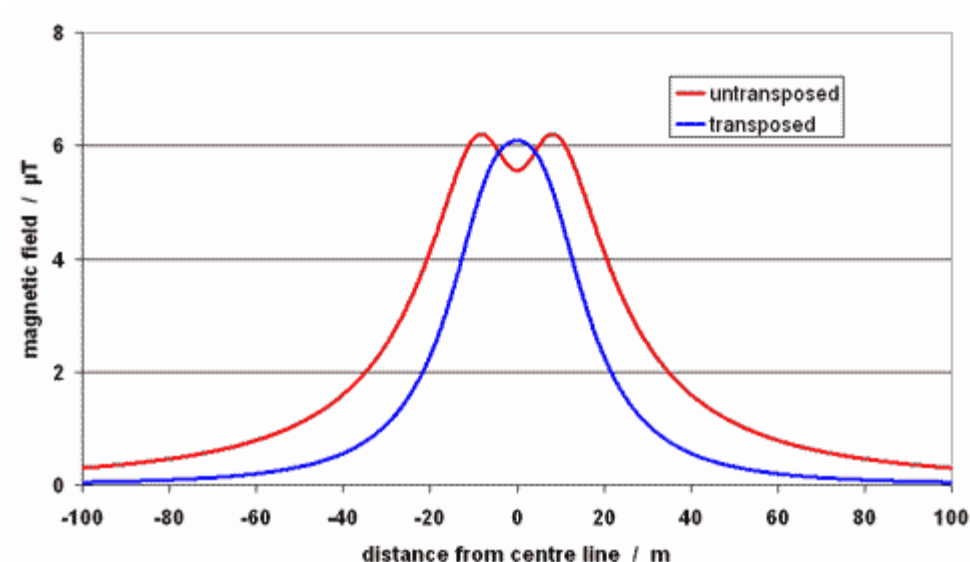


Attēls 11: Strāvu disbalansa starp ķēdēm ietekme uz magnētiskā lauka lielumu

[15] arī uzskatāmi parādīta atšķirība starp transponētu un netransponētu fāzu izvietojumu elektropārvades līnijā.



Attēls 12: Netransponēts (pa kreisi) un transponēts (pa labi) fāzu izvietojums [14]



Attēls 13: Magnētiskā lauka izmaiņu raksturs transponētam (zila līnija) un netransponētam (sarkana līnija) fāzu izvietojumam [14]

Paredzētās 330/110 kV līnijas iespaids no elektriskā un magnētiskā lauka viedokļa novērtējums

Veiktie aprēķini (tabula 8) un pieejamie mērījumu rezultāti parāda, ka elektriskā un magnētiskā lauka vērtības ārpus aizsargjoslām **nepārsniegs** [7] noteiktos references līmeņus. Vēl vairāk – references līmeņi netiks pārsniegti arī tieši zem paredzētās trases. Izņēmums varētu būt tikai elektriskais lauks ārpus apdzīvotām vietām zem trases vidū starp balstiem apstākļos, kad ir maksimāla nokare - tas ir, kad vadi ir vistuvāk zemei (9 m). Taču pat tad, kad maksimāli nelabvēlīgos apstākļos elektriskais lauks tuvotos 7 kV/m, ir jābalstās uz tabulu 4, no kuras izriet, ka pamatierobežojums arī tādā gadījumā **tieks ievērots**. Bez tam jāatceras, ka ierobežojumi iedzīvotājiem noteikti, pieņemot, ka apstarojums notiek visu diennakti. Taču parasti lai šķērsotu augstsprieguma elektropārvades līniju, ir nepieciešams salīdzinoši īss laiks (maksimāli 5- 10 minūtes). Tā kā jau kopš 2009. gada 10. jūnija ir stājušās spēkā izmaiņas aizsargjoslu likumā, kas paplašināja 110 kV līniju aizsargjoslu platumu ārpus apdzīvotām vietām no 20 uz 30 m, tad, ņemot vērā, ka paredzētā trase pamatā ies pa jau esošās 110 kV trases vietu, tās platums pēc rekonstrukcijas praktiski nemainīsies un elektriskā un magnētiskā lauka lielumi ārpus aizsargjoslām praktiski būs tādas pašas kārtas, kā sastopamies ikdienā (skatīt tabulu 5). Iespējamie pasākumi paredzamās elektropārvades līnijas radīto lauku samazināšanai:

- 1) palielināt balstu augstumu, līdz ar to vadu attālumu no zemes;
- 2) izvēlēties tādus balstus, kas ļauj vadus izvietot maksimāli izdevīgā konfigurācijā, lai dažādo fāzu radītie lauki vien otru maksimāli kompensētu;
- 3) elektriskā lauka samazināšanai iespējams izmantot gan papildus zemējuma vadus zem fāzes vadiem, gan arī apsverama iespēja, ka zemākie vadi tiek izmantoti 110 kV ķēdei (līnijai).

Vēlreiz jāuzsver, ka arī bez šiem pasākumiem [6] un [7] noteiktais pamatierobežojums iedzīvotāju aizsardzībai no potenciālās elektriskā un magnētiskā lauka iedarbības paredzētās augstsprieguma elektropārvades līnijas gadījumā tiks ievēroti ar būtisku drošības rezervi. . Taču saprotot iedzīvotāju bažas un neticību līnijas īpašniekam, būtu vēlams apsvērt, vai pēc līnijas nodošanas ekspluatācijā nebūtu nepieciešams veikt elektriskā un magnētiskā lauka mērījumi tipiskās trasi raksturojošās vietās, kā arī no iedzīvotāju viedokļa sensitīvās vietās. :Lai palielinātu iedzīvotāju uzticēšanos būtu lietderīgi apsvērt iespēju, ka mērījumus veic neatkarīga trešā persona, ievērojot atbilstošo standartu prasības un iesniedzot rezultātus izvērtēšanai Veselības inspekcijā. Tām pašvaldībām, kuru teritoriju

skars jaunā 330 kV līnija līdz ar to varētu tikt iesniegtas gan testēšanas pārskatu, gan arī Veselības inspekcijas atzinumu par tiem kopijas. Tas noteikti atvieglotu komunikāciju ar iedzīvotājiem.. Praktiski neviens vairs savu dzīvi nespēj iedomāties bez elektriskās enerģijas radītajām ērtībām. Pārsvārā gadījumu elektriskā enerģija tiek ražota un patērēta dažādās vietās. Tāpēc tiek izmantotas elektropārvades līnijas, lai enerģiju novadītu tur, kur tā būs vajadzīga. Izvēlēto risinājumu, ka jaunā 330 kV līnija pamatā ies pa jau esošās 110 kV līnijas trasi var uzskatīt par optimālu gan no vides, gan iedzīvotāju interešu aizsardzības viedokļa. Ieguvumi vienmēr ir saistīti ar zaudējumiem, vai nu reāliem, vai arī šķietamiem un nenozīmīgiem, kā varētu raksturot to, ka sakarā ar 330 kV līnijas ierīkošanu esošās trases vietā nedaudz izmainīsies elektriskā un magnētiskā lauka vērtības trases tiešā tuvumā. Būtiski ir tas, ka valstī izmantotie pamatierobežojumi gan attiecībā uz elektrisko, gan vēl jo vairāk uz magnētisko lauku tiks ievēroti. Magnētiskā lauka gadījumā, kas parasti ir galvenais iedzīvotāju šaubu avots, ar daudzkārtēju rezervi tiks ievēroti arī valstī izmantotie references līmeņi.

Izmantotie avoti:

- [1]. Norbert Leitgeb „Strahlen, Wellen, Felder” München/Stuttgart Deutscher Taschenbuch Verlag/GeorgThiemeVerlag 1990., 310 S.
- [2] Vadlīnijas Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret elektromagnētiskā lauka radīto risku darba vidē, Rīga 2006, LR Valsts darba inspekcija
- [3] MK 2006.gada noteikumi Nr. 745 „Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret elektromagnētiskā lauka radīto risku darba vidē” [
- [4] MK 2010 noteikumi Nr.273 "Mērvienību noteikumi
- [5] Eiropas Parlamenta un Padomes 2004.gada 29.aprīļa direktīva 2004/40/EK par obligātajām drošības un veselības aizsardzības prasībām attiecībā uz darbinieku pakļaušanu riskam, ko rada fizikāli faktori (elektromagnētiskie lauki) (18. atsevišķā direktīva Direktīvas 89/391/EEK 16. panta 1. punkta nozīmē)
- [6] 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)
- [7] 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
- [8] (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.
- [9] LVS EN 50499 *Procedūra kā novērtēt darbinieku pakļautību elektromagnētiskajiem laukiem*
- [10] *Elektromagnetische Felder im Alltag* LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 2009, 144 Seiten,
- [11] Fachverband für Strahlenschutz e.V *Leitfaden „Nichtionisierende Strahlung” Elektromagnetische Felder*,. FS-05-135-AKNIR 2005, Köln, 86 s.
- [12] 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).
- [13] SIA „Firma L4” *IETEKMES UZ VIDĪ NOVĒRTĒJUMS ELEKTROPĀRVADES TĪKLU SAVIENOJUMA „KURZEMES LOKS” 1.POSMA REKONSTRUKCIJAI* Darba ziņojums Rīga, 2010
- [14] www.bfs.de
- [15] www.emfs.info/What+are+EMFs/Measuring/

