

9 Eesti energiasüsteemi operatiivjuhtimine

9.1 Eesti energiasüsteem

9.1.1 Ajalugu

Teated elektrienergia kasutamisest Eesti territooriumil pärinevad 19. sajandi 80. aastatest. 1882 seati üles generaatorid Tallinnas F. Wiegandi tehases (hilisem Ilmarine) ja Narvas Kreenholmi Manufaktuuris. Esialgu kasutati elektrienergiat ainult valgustuseks. Esimeseks tööstuslikuks elektrijaamaks võib pidada Kunda tsemenditehase 200 kW võimsusega elektrijaama, mis alustas tööd 1893. aastal. Järgnevatel aastatel rakendati paljudes tehastes tööle mõnekümne- kuni mõnesajakilovatiseid elektrijaamad, mis töötasid enamasti auru jõul. Kõik need jaamad tootsid alalisvoolu. Esimene vahelduvvoolugeneraator võeti kasutusele Dvigateli tehases 1899, selle võimsus oli 450 kW.

Tallinna elektrijaama ehitust Suure Rannavärava läheduses alustati 1912. aasta alguses. Jaamas seati üles kolm 166 kW vahelduvvoolugeneraatorit. Jaama juurde kuulus elektrivõrk, milles oli 9 km 3 kV kõrgepingekaablit, 10 km madalpingekaableid ning 24 trafokioskit trafode koguvõimsusega 525 kVA. Esimene abonent ühendati elektrijaamaga 24. märtsil 1913. 1907. aastal alustas Pärnus tööd Eestis esimene üldkasutatav jaam, järgnesid jaamad Tartus (1910), Viljandis (1913), 1918. aastal Narvas. Rakvere sai 1918. aastast alates elektrienergiat Kunda-Aru elektrijaamast Eesti esimese 15 kV kõrgepingeõhuliini (16,5 km) kaudu. Üldkasutatavaid elektrijaamu ehitati seejärel veel Kuressaarde, Paidesse, Põltsamaale, Tapale, Petserisse, Haapsallu ja mujale.

Eesti Vabariigi esimese kümne algusaasta jooksul kasvas elektrijaamade ülesseatud võimsus üle 10 korra, olles 1930. aastal 35,5 MW. Ehitati või laiendati mitut elektrijaama¹:

- Tallinna Elektriijaam (19 200 kW, põlevkivi)
- Ellamaa Elektriijaam (8500 kW, turvas)
- Ulila Elektriijaam (5250 kW, turvas)
- Narva Hüdroelektriijaam (3520 kW)
- Püssi Elektriijaam (3800 kW, põlevkivi).

Samal ajal rajati elektriliine ja ehitati alajaamu. Esimene 35 kV liin Ellamaa Tallinna vahel võeti kasutusele 1924. aastal ja 55 kV liin Kreenholmi Kiviõli vahel 1931. aastal.

Kindlustamiseks energeetika arengut asuti ühtse elektrivõrgu väljaehitamisele. Koordineerivaks keskuseks sai 1936. aastal loodud Eesti Rahvuslik Jõukomitee. 1938 valmis üksikasjalik Eesti elektrifitseerimise plaan, mille aluseks said järgmised

¹ Andmed jaamade võimsuste kohta on hilisematelt aastatelt.

progressiivsed põhimõtted:

- luua ülemaaline ühtne elektrivõrk
- jagada koormus elektrijaamade vahel optimaalselt
- ühendada suuremad jaamad töökindluse tagamiseks magistraalliinidega.

Kavandatut hakati kohe ellu viima. Algas kõrgepingevõrkude kiire areng. Elektri- jaamade koguvõimsus tõusis 1939. aastal 77 MW-ni ning kogutoodang 197 GWh-ni. Ühtsele juhtimisele allutati vabariigi energeetika 1939. aastal, mil loodi aktsiaselts Elektrikeskus. Plaanipärase arengu katkestas Eesti okupeerimine 1940. aastal ning sellele järgnenud Teine maailmasõda.

Sõja lõpuks oli Eesti energeetika põhjalikult purustatud. Enam-vähem tervena olid säilinud vaid Tallinna (aastal 1944 6 MW, hiljem 17 MW) ja Ellamaa elektrijaam (7 MW). Algas taastamisajajärk. 1950. aasta lõpuks oli pärast sõda loodud energeetikavalitsuse Eesti Energia elektrijaamade koguvõimsus 50 MW, millele lisandus umbes sama palju Eesti Energiale mittealluvate jaamade võimsust.

Põlevkivi suurenergeetika areng algas 50. aastatel. Valmisid Ahtme (läks käiku 1951, lõplik võimsus 72,5 MW) ja Kohtla-Järve (1949, 48 MW) elektri ja soojuse koostootmisjaamad ning Ahtme–Tallinna ja Ahtme–Narva 110 kV elektriliinid. 1955. aastal võeti kasutusele Narva Hüdroelektrijaam võimsusega 120 MW, mis, tõsi küll, jäi Lenenergo alluvusse. Eesti oludes ülisuured Balti ja Eesti soojus- ja elektrijaam võimsusega vastavalt 1625 ja 1610 MW ehitati aastatel 1956...1973. Samal ajavahemikul vähendati juba amortiseerunud Ahtme ning Kohtla-Järve elektrijaama tegevust ning suleti Tallinna ja Püssi elektrijaam. Tallinna linna soojus- ja elektrienergiaga varustamiseks alustati 1974. aastal Iru koostootmisjaama ehitamist, mille võimsuseks kujunes 200 MW.

Elektrijaamade ehitamise kõrval arendati elektrivõrke. Aastatel 1960...1961 ühendati Balti Soojuselektrijaam Eestis esimeste 220 kV liinidega Riiaga, Leningradiga ja Tallinnaga. Balti Soojuselektrijaama Riia liin lülitati 1962. aastal pingele 330 kV. 330 kV liinide ehitamine jätkus: Eesti Elektrijaam – Paide – Kiisa (1970...1973), Eesti Elektrijaam – Valmiera (1973), Balti Soojuselektrijaam – Püssi – Kiisa (1987). Koos liinide ehitamisega rajati alajaamu: Tartu 330/110/35/6 kV (1968), Aruküla 220/110/10 kV (1969), Paide 330/110/35/10 kV (1969), Kiisa 330/220/110/10 kV (1973), Sindi (1996). Seni diiselektrijaamast elektrienergiat saanud Hiiumaa ja Saaremaa ühendamiseks ühtsesse elektrivõrku paigaldati aastatel 1964...1981 Suurde väina neli ja Soela väina kaks 35 kV merekaablit. 1988 lisati Suurde väina veel kaks kaabelliini. Eesti kõrgeima pingega kaabelliiniks sai Mäe – Ranna 110 kV (2×4 km) liin, mis paigaldati Tallinna 1980. aastal. Aastal 2005 rajati Harku alajaam, millega ühendati 350 MW alalisvooluliin Estlink 1. Alalisvooluliin võeti töösse järgmisel aastal. Samal aastal valmis taasiseseisvumisaja suurim kõrgepingeliini ehitusprojekt Balti – Kiisa õhuliin.

Korralduslikult on tähelepanuväärne aasta 1998, mil Eesti Energia otsustab ühendada viis regionaalset elektrivõrku ning moodustada nende põhjal eraldi struktuuriüksused –

jaotusvõrk ja põhivõrk. Sellest algab põhi- ja jaotusvõrgu iseseisev majandustegevus. Lõplikult luuakse OÜ Põhivõrk ja OÜ Jaotusvõrk, kes saavad tegevusloa võrguteenuse osutamiseks 2004.

Arendatakse koostööd naabersüsteemidega. Aastal 1992 sõlmitakse energiasüsteemide paralleeltöö leping Eesti, Läti ja Leedu vahel. 2001. aastal allkirjastatakse paralleeltöö leping Balti riikide, Valgevene ja Venemaa vahel ning luuakse koostööorganisatsioon BRELL. 2006 asutatakse Eesti, Läti ja Leedu põhivõrkude koostööorganisatsiooni BALTSO.

9.1.2 Tänapäev

Põhivõrk eraldus lõplikult Eesti Energia AS-ist aastal 2009. Ühtlasi sai ettevõtte uue nime – Elering OÜ. Eraldumise põhjuseks oli vaba elektrituru nõue, mis eeldas, et elektri ülekanne toimub kõigi turuosaliste vahel võrdsetel alustel. Jaotusvõrk jäi endiselt Eesti Energia alluvusse.

Eesti Energia AS-i (EE) iseloomustab ettevõtte juhtimise struktuuriskeem joonisel 9.1. EE põhitegevuseks on elektrienergia ja soojuse tootmine põhiliselt Narva Elektri jaamades. Eesmärgiks on võetud rajada tuumaelektri jaam. Toimivad energiamüük ja jaotusvõrk. Televõrk pakub elektri jaamale ja suurematele alajaamadele sideteenust. Aastast 1998 kuuluvad Eesti Energiale ka põlevkivikaevandused ja õlitööstus. EE kaupleb elektrienergiaga Nord Pooli elektribörsil tegutsedes ka avatud tarnijana ja bilansihaldurina ning pakub elektrituruga seotud nõustamisteenusid. EE haldab Eesti ja Soome vahelist merekaablit Estlink 1. EE tegutseb ka Eesti piiride taga, müües Lätis ja Leedus elektrit. Kavas on alustada põlevkivi tootmist Jordaaniais.

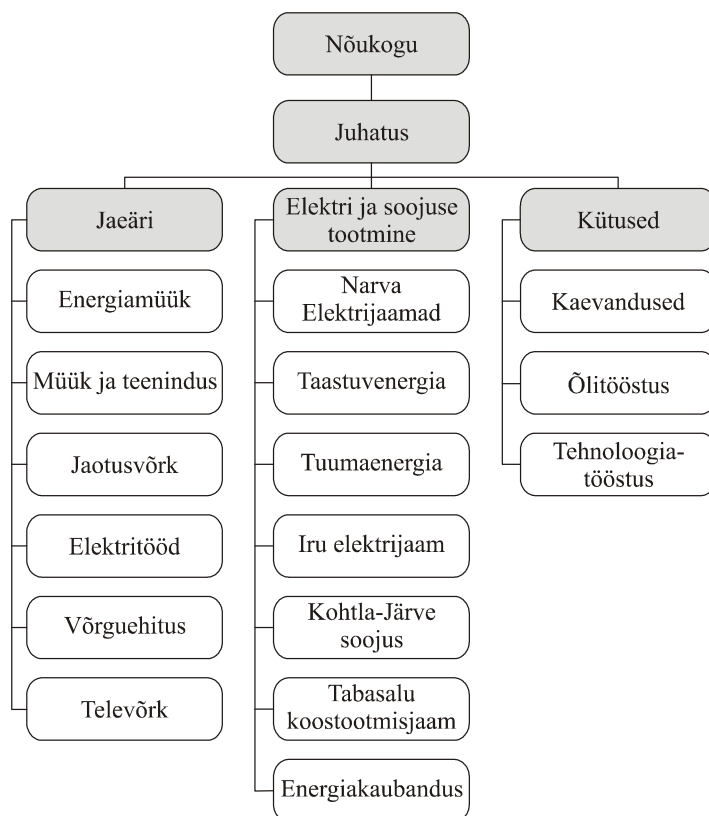
Tabel 9.1 Eesti energeetika eesmärgid

Aasta	2010	2011	2012	2013	2015	2020
Elektrituru avanemine	35%			100%		
Taastuvelektri osakaal elektri brutotarbimises	5,1%				8%	
Koostootmise osakaal elektri brutotarbimises					18%	20%
Biokütuste osakaal transpordikütuste tarbimises		5,8%		6%		10%
Taastuenergia osakaal energia lõpptarbimises		19,6%	19,9%	20,3%	21%	25%

Aastaks 2016 on Eesti Energia kavandanud rajada koostootmisjaamu 100 MW, maismaa tuuleparke 200 MW ja avamere tuuleparke 400 MW. Kolm suuremat

käigusolevat tuuleparki on hetkel Aulepa 39 MW, Viru-Nigula 24 MW ja Pakri 18,4 MW. Eesti energeetika eesmärged lähiaastateks on tabelis 9.1.

Elering OÜ on elektri ülekandega tegelev ettevõtte, mis ühendab terviklikuks energiasüsteemiks Eesti suuremad elektrijaamad, jaotusvõrgud ja suurtarbijad.



Joonis 9.1 Eesti Energia AS-i juhtimise struktuuriskeem

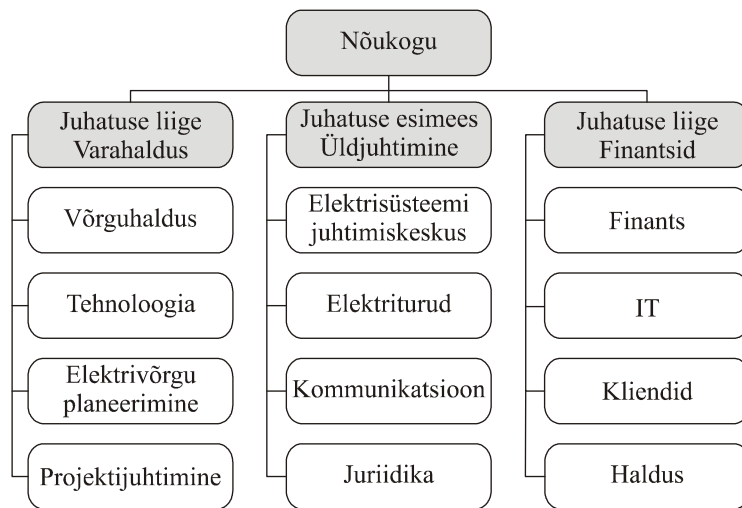
Eleringi põhitegevuseks on

- elektrienergia ülekande pingel 110–330 kV tootjatelt jaotusvõrkudeni ning suurte tööstustarbijateni
- Eesti 110–330 kV elektrivõrgu arendamine ja käit
- koostöös naaberriikide elektrisüsteemidega. Eesti elektrisüsteemi toimimise tagamine
- elektrisüsteemi võimsusbilansi hoidmine ning reaalajas Eesti elektrisüsteemi juhtimine
- Eesti energiabilansi tagamine koostöös bilansihalduritega.

Elering OÜ juhtimise struktuuriskeem on joonisel 9.2.

2008/2009. majandusaasta lõpu seisuga haldas Elering OÜ Eestis 147 kõrgepinge alajaama. Erineval pingel kõrgepinge õhu- ning kaabelliine oli kokku 5272 km. Muuhulgas kuuluvad Eleringile ka kõrgepingeliinidele paigutatud kiudoptilised kaablid, mida renditakse Televõrgu AS-ile. 330 kV võrgu tugevdamiseks on rajatud Narva – Tallinna ning kavandatud Tartu – Sindi – Harku liinid. Lähiaastatel rekonstrueeritakse seniseid liine. Võimalik on ka uute 330 kV liinide rajamine. Vaja on näiteks tugevdada sidemeid Lätiga. Kavandatud teine alalisvooluühendus Estlink 2 Soomega lubab märgatavalt tõsta elektrisüsteemi talitluskindlust.

Aastatel 2011...2017 on Eestis kavandatud investeeringuid uutesse tootmis- seadmetesse 896 MW ulatuses, kuhu kuuluvad ka Eleringi ehitatavad 250 MW avariijaamad, mis käivitatakse vaid avariiolukorras ja elektriturul ei osale. Samuti on arvestatud kahe uue 600 MW plokki lisandumisega Narva Elektriijaamadesse . Tootmisvõimsusi kavandatakse sulgeda 1358 MW. Kriitiline on 2016. aasta, mil tuleb kogu elektritootmine harmoniseerida Euroopa Liidu nõuetega ning rakenduvad piirangud Narva Elektriijaamades kasutatavatele tootmis- seadmetele. Kavandatud on seisata kuus energiablokki olemasolevast kaheteistkümnest ja paigaldada neljale plokile väävlipuhastusseadmed.

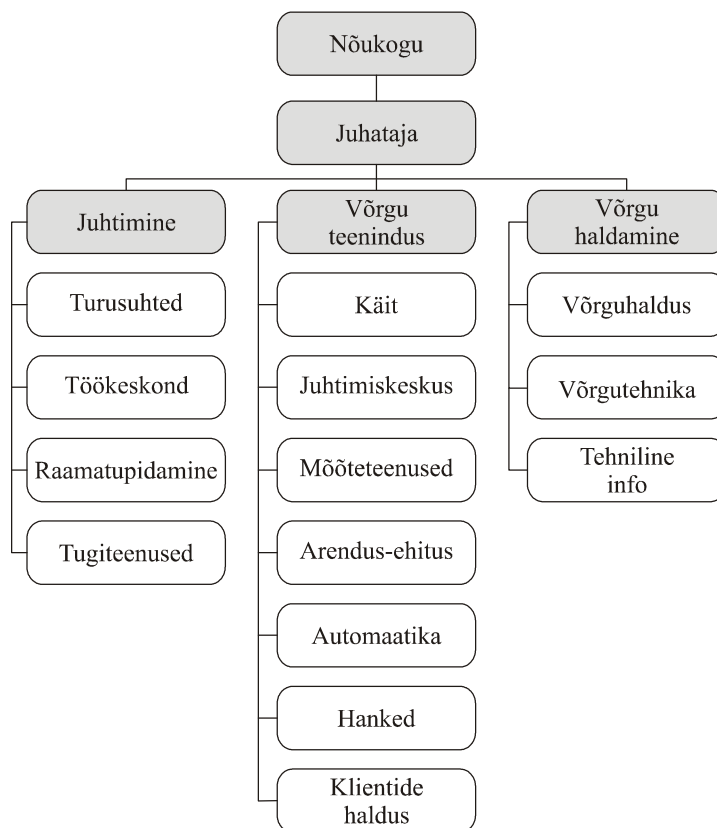


Joonis 9.2 Elering OÜ juhtimise struktuuriskeem

Jaotusvõrk OÜ vastutab jaotusvõrgu käidu ja arendamise eest ning elektri ostu- müügi ja klienditeeninduse eest suuremas osas Eestist. 2010. aasta seisuga oli Eesti Energiale kuuluvas jaotusvõrgus 495 000 klienti (sh 198 suurklienti). Energia müük aastas ulatus 5100 GWh (suurklientidele 1 880 GWh).

Jaotusvõrk hõlmab Eestis keskpinge- võrke nimipingega 35, 20, 15, 10 ja 6 kV ning 0,4 kV madalpinge- võrke. Jaotusvõrgud saavad toite peamiselt põhivõrgu 110 kV

alajaamadest. Põhi- ja jaotusvõrgu vaheliseks piiriks on 110 kV trafode kesk- ja alampinge läbiviikude välisklemmid, millest toidetakse keskpingejaotusvõrke. Kui keskpingejaotusvõrkude (6...35 kV) liinide kogupikkus on ca 24 tuhat km (sellest ca 5 tuhat km kaabelliine), siis madalpingevõrkude kogupikkus on üle 35 000 km (ca 7 tuhat km kaabelliine). Alajaamu on jaotusvõrgus üle 21 500 ja trafosid üle 24 400 koguvõimsusega 7432 MVA.



Joonis 9.3 Jaotusvõrk OÜ juhtimise struktuuriskeem

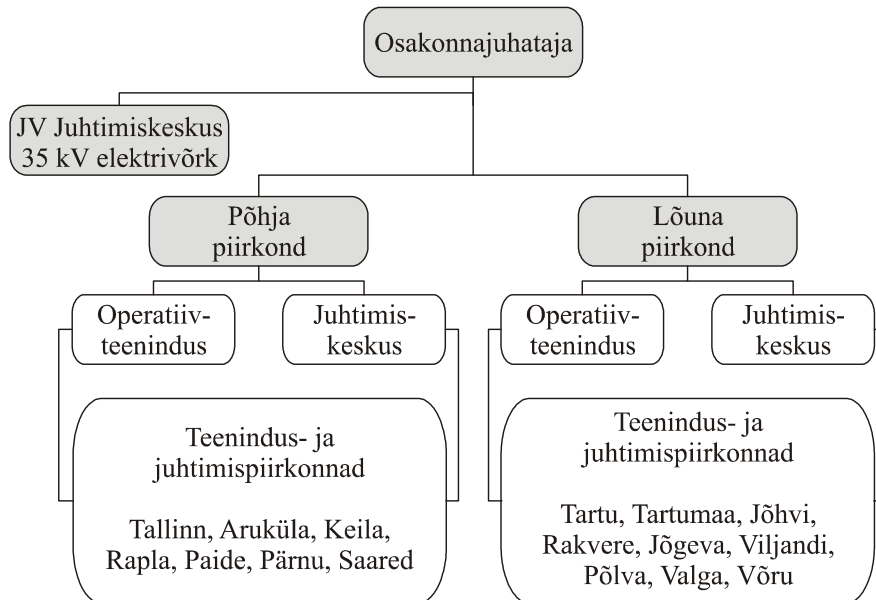
Jaotusvõrgud on võrreldes põhivõrguga halvemas tehnilises seisukorras. Eriti halvas olukorras on suhteliselt pikkade liinidega madalpingevõrgud, mis põhjustavad suuri ja energia- ja pingekadusid. Viimastel aastatel rakendatud kadude vähendamise programmi ja pingeprogrammi tõttu on olukord siiski paranenud. Keskpingejaotusvõrkudes on ajalooliselt välja kujunenud liiga palju nimipingeid. Seetõttu on perspektiivis likvideerida nimipinged 6, 15 ja 35 kV. 35 kV elektrivõrk viiakse üle 110 või 20 kV-le. Linnade 6 kV elektrivõrk viiakse üle 10 kV-le (kaabelliinid) ja maa ning asulate 6, 10 ja 15 kV elektrivõrk 20 kV nimipingele (õhuliinid). Uute

alajaamade ehitamisel ja vanade rekonstrueerimisel seatakse üles nüüdisaegsed releekaitse-, andmehõive- ja andmesideseadmed. Täielikult uuendatakse elektrienergia kommerts-mõõtesüsteem. Aastaks 2017 on kavas viia kõik arvestid kauglugemisele.

Jaotusvõrgu juhtimise struktuuriskeem on joonisel 9.3. Käiduosakond tegeleb elektrivõrgu ja alajaamade korrashoiuga. Vaja on perioodiliselt kontrollida elektriliinide ja seadmete seisundit ning koostada vajalike hooldustööde plaan ja seda täita. Suuremad remonditööd ja hanked tehakse alltöövõtu korras. Käiduosakond analüüsib seadmete rikete põhjusi ja teatab tarbijatele vajalikest toitekatkestustest.

Juhtimiskeskuse ülesandeks on jaotusvõrgu operatiivjuhtimine. Keskusel on kaks osakonda, milles kummaski on kaks teenistust: dispetšiteenistus, mis jälgib ja juhib võrku, ja operatiivteenistus, mis tagab vajalike lülitamiste tegemise võrgus. Kogu võrk on jagatud teenindus- ja juhtimispiirkondadeks (joonis 9.4). Üks juhtimiskeskuse osakond asub Tallinnas ja teine Tartus.

Mõõteteeenuste osakond vastutab elektrienergia tarbimise kaugmõõtmiste kogumise ja mõõtesüsteemi arenduse eest. Hetkel haarab arvestite kauglugemissüsteem üle 52



Joonis 9.4 EE jaotusvõrgu operatiivjuhtimise skeem

tuhande tööstus- ja kodutarbija. Eesmärgiks on võetud EE Jaotusvõrgu kõigi umbes 620 tuhande arvesti kauglugemine.

Võrguehituse osakond realiseerib koostöös hangete osakonnaga võrgu investimisprojektid. Osakond kindlustab ka uute tarbijate ühendamise võrguga.

Automaatikaosakond hoolitseb võrgu releekaitse ja automaatika eest. Arendatakse kaugjuhtimissüsteeme, muuhulgas ka SCADA-süsteemi.

Kliendihalduse eesmärk on rahuldada igakülgset elektritarbijate nõudlust. Osakond kogub andmeid elektri tarbimise kohta ja vahendab tarbijaid elektriturul.

Võrguhalduse, võrgutehnika ja tehnilise info osakonnad tegelevad jaotusvõrgu varadega, plaanivad võrgu arendamist ning üldist tehnoloogiapoliitikat. Kavandatakse meetmeid elektri varustuskindluse ja kvaliteedi tõstmiseks. Tehnilise info osakonna haldusesse kuulub geoinfosüsteemi, elektrivõrgu skeemide ja muu võrguinfo arendamine, aga ka jaotusvõrgu tehniline kontroll.

Eesti elektroenergeetika ei piirdu nüüdisajal ainult Eesti Energiaga ja Eleringiga. Toimivad 17 koostootmisjaama ja tuuleelektrijaamad koguvõimsusega 108 MW. Ette on näha nii koostootmisjaamade kui tuuleelektrijaamade lisandumine.

Eestis toimivad ka väiksemad jaotusvõrgud, nagu Soome firmale Fortum alluvad võrgud Haapsalus ja Viimisis ning iseseisev AS Narva Elektrivõrk, lisaks veel 37 pisivõrku. Fortumile kuulub aastast 1998 Läänema ja aastast 2000 Viimisi võrk. 2002. aastast moodustavad need ühtse Fortum Elekter AS-i, kuhu kuulub kolm 35/10 kV toitealajaama ning 1256 jaotusalajaama. Klientide arv on 24 000. Fortum Elektris on kasutusel Eesti ettevõtte AS Martem koostatud dispetšisüsteem *TELEM*.

Iseseisev Narva Elektrivõrk Eesti Energia koosseisus moodustati 1993. aastal. Lõplikult eraldus Narva Elektrivõrk AS Eesti Energiast 1997. aastal. Võrgu omanikud on vaheldunud. 2006. aastal ostis Narva Elektrivõrgu Viru Keemia Grupp AS (VKG). Hetkel on Narva Elektrivõrgul 35 020 klienti. Ka siin on kasutusel dispetšisüsteem *TELEM*:

9.2 EE põhivõrgu operatiivjuhtimissüsteem

9.2.1 Ajalugu

Põhivõrgu nüüdisaegse dispetšisüsteemi eelkäija oli 1983. aasta sügisel kasutusele võetud tehniliste vahendite kompleks, mis koosnes väikearvutitest SM-4 (põhi- ja reservarvuti), mikroarvutitest SM-1800, mis ohjasid juhtkilpi, ning sideserveritest EPT-80. 1984. aasta alguses käivitus programmipakett, millega oli võimalik täita mõningaid dispetšjuhtimise tegevusi. Kompleksi loojaks oli N Liidu Energeetika Ministeeriumi instituut ja esmajuurutajaks Eesti Energia.

Dispetšisüsteem võimaldas reaajas jälgida 256 telemõõtmist ja 256 telesignaali ning registreerida kuni 512 operatiivsündmust. Andmeid talletati jooksvasse, minuti- ja tunniandmete arhiivi. Võimalik oli kontrollida telemõõtmiste püsivust lubatud piirides ja jälgida genereeritava võimsuse vastavust kavandatud graafikule. Veidi hiljem lisandus võimalus juhtida graafilisi kuvareid ja teha kauglülitamisi. Eesti Energia programmeerijad koostasid tarkvara mõõteandmete ja signaalide esitamiseks kuvatavatel elektriskeemidel.

Järgnevatel aastatel uuendati tarkvara korduvalt, mis suurendas jälgitavate telemõõtmiste arvu 1024-ni ning tõstis töökiirust. Koostati programmid elektrisüsteemi põhiseadmete ja liinide oleku jälgimiseks, võrgukadude arvutamiseks ning mõõtesüsteemi korrasoleku kontrollimiseks. Elektrisüsteemi talitluse arvutamiseks loodi vahendid andmete ülekandmiseks ja säilitamiseks suurarvutil, milleks oli tolleaegne ühtsusseeria arvuti ES-1033.

1991. aastal uuendati dispetšisüsteemi keskseadmed. Koostöös Tallinna Tehnikaülikooliga juurutati programmpaketid elektrivõrgu talitluse estimateerimiseks ja koormuse optimaalseks jaotamiseks. Samal aastal hakati talitluse arvutamisel kasutama personaalarvuteid. Selleks loodi andmete ülekandmiseks ja säilitamiseks arvutivõrgu serveritel reaalsajas toimiv süsteem.

Aja jooksul oli senine dispetšisüsteem nii füüsiliselt kui moraalselt vananenud. Süsteemi põhilised puudused:

- mõõteseadmete täpsusklassid ei rahuldanud
- olemasolevad kaugterminalid ei vastanud nõuetele
- sideprotokollid ei võimaldanud andmeid edastada nõutava kiirusega ja vajalikus mahus
- sideserverid ei võimaldanud uuendada sideprotokolle
- dispetšikeskusesse edastatavate kaugmõõtmiste ja -signaalide hulk ei olnud piisav



Joonis 9.5 Eesti Energia põhivõrgu juhtimiskeskus

- andmetöötlustarkvara oli aegunud ja riistvarapõhine
- süsteem ei võimaldanud luua sidet uue, mikroprotsessoripõhise releekaitsega
- andmetöötluse tehnoloogia nõudis suuri käidukulusid riist- ja tarkvara

ülalpidamiseks ning andmete administreerimiseks.

1997. aastal kuulutati välja konkurss uue operatiivjuhtimissüsteemi hankimiseks. Enne seda oli välismaiste konsultantide abiga koostatud süsteemi eelprojekt ja tehniline spetsifikatsioon. Pakkumise esitasid neli firmat, kellest valiti välja USA firma GE Harris. 3. aprillil 1998 kirjutati alla leping uue operatiivjuhtimissüsteemi XA/21 ning 13 D20 tüüpi kaugterminali ostmiseks GE Harrise'lt.

Operatiivjuhtimissüsteem XA/21 seati üles põhivõrgu juhtimiskeskuse uutesse ruumidesse (joonis 9.5) Tallinnas Kadaka teel, kus ta alustas tööd 1999. aasta 15. novembril. Uuendati ka väljaspool Tallinna paiknev reservjuhtimiskeskus.

9.2.2 Operatiivjuhtimissüsteem XA/21

Harrise loodud XA/21 oli üheksakümnendate lõpus üks eesrindlikumaid operatiivjuhtimissüsteeme. Erinevalt paljudest konkurentidest kasutati avatud arhitektuuri, mille tõttu XA/21 oli ja on veelgi üks müüdavamaid süsteeme. Enne Eesti Energiat oli sama süsteemi ostnud Soome põhivõrk Fingrid, Leedu Lietuvos Energija, Tšehhi CEP ning veidi hiljem ka Rootsi Svenska Kraftnät ja Läti Latvenergo.

Põhivõrgu operatiivjuhtimissüsteem XA/21 põhineb SUN-riistvaral – kõik tööjaamad ja serverid on SUNi Ultra seeriast. Andmehõiveseadmed on tootnud Motorola. Süsteemi kuuluvad tööjaamad, rakendus- ja kasutajaliidese serverid ning sideserverid, lisaks printerid, logerid, ruuterid jm. Andmete salvestamine ja arhiveerimine põhineb RAID-tehnoloogial. XA/21 võimaldab vajaduse korral kasutada ka IBM-i, HP või teiste firmade riistvara.

Süsteemi XA/21 serverid võib jagada kolme gruppi:

- rakendusserverid, mille ülesanne on käivitada rakendusprogrammid ja edastada tulemused teistesse serveritesse, juhtida andmebaase, jälgida süsteemi korrasolekut ja konfiguratsiooni, avastada ja kõrvaldada vigu ning juhtida perifeeriaseadmeid ja muid ressursse
- sideserverid, mis töötlevad mõõteandmeid ja signaale ning edastavad kaugjuhtimiskorraldusi, kontrollivad andmete püsimist lubatud piirides, organiseerivad andmevahetust teiste dispetšisüsteemidega, määravad õige aja ja sageduse
- kasutajaliidese serverid, mis töötlevad ja salvestavad kuvafaile ning säilitavad andmebaasis tööjaamakohaseid koopiaid.

Süsteem XA/21 kasutab kohtvõrguna dubleeritud Ethernet'i. Kohtvõrgu kaudu edastatakse dünaamiliselt muutuvat informatsiooni. Staatilised ja struktuursed andmed, nagu andmebaaside kirjeldused ja parameetrid, kuvade definitsioonid ja andmed, mida kasutatakse vaid spetsiifilistes süsteemi sõlmedes, on salvestatud lokaalsetesse serveritesse.

Süsteem XA/21 on varundatud nii, et ühe serveri väljalangemine ei põhjusta süsteemikriitiliste funktsioonide lakkamist ega andmevahetuse katkemist. Kõik

seadmed peale tööjaamade on varundatud kas teise protsessori, kohtvõrgu või ruuteri kaudu.

Süsteemi XA/21 tarkvara võib jaotada järgmiselt:

- dispetšisüsteem (*SCADA*)
 - andmehõivesüsteem
 - andmebaasisüsteem
 - kasutajaliides
- põhivõrgu juhtimise tugi (*EMS*)
 - energia tootmise ohjamine
 - elektrivõrgu talitluse tugi
 - agregaatide koosseisu plaanimine
 - koormuse prognoosimine
- lisavahendid
 - dispetšivalmendi
 - elektrituru tugi
 - veebipõhise andmeedastuse vahendid.

Andmehõivesüsteem kogub ja töötleb mõõteandmeid ja signaale ning edastab juhtimiskorraldusi, kontrollib andmete õigsust ja terviklikkust, talitusparameetrite lubatavust, alarmide genereerimist. Kaugjuhtimistegevusteks võib lisaks lülitustele olla juhitavate suuruste (nt pinge) üles- ja allareguleerimine ning releekaitse ja automaatika sätete muutmine. Põhivõrgu dispetšisüsteemi andmehõive toimub jaotusvõrgu regionaalsete keskustega ning elektri jaamade ja alajaamade kaugerminalide kaudu. Sidet peetakse jaotusvõrgu juhtimiskeskustega ningnaabersüsteemidega. Sidekanalite töökiirus on enamasti 9600 bit/s, mis piisab mõõteandmete ja signaalide edastamiseks.

XA/21 andmebaasisüsteemist on esmase tähtsusega siderserveris paiknev reaalaaja-andmebaas, kuhu salvestatakse andmeedastussüsteemi kaudu saabuval mõõtenndmed ja signaalid. Seda andmebaasi kopeeritakse ka kasutajaliidese serverisse ja rakendusserveritesse. Rakendusserverites paiknev *Oracle*-tüüpi põhiandmebaas haarab operatiivjuhtimiseks vajalikud jooksvad andmed ja seadmete parameetrid. Rakendusprogrammide genereeritud andmed paiknevad rakendusandmebaasis. Jooksvaid andmeid, talitluse planeerimistulemusi ning arhiivandmeid säilitatakse temporaalandmebaasis. Lisaks esitatule on süsteemis veel kuvafailide andmebaas, kasutajate poolt defineeritud andmebaasid jm. Reaalaajaandmebaas on objekt-orienteeritud, muud relatsioonilised. Lihtsustamaks rakendustele juurdepääsu andmetele on koostatud andmeredaktor, mis kujutab füüsiliselt heterogeenset andmebaasisüsteemi ühtse loogilise süsteemina. Rakendused suhtlevad selle süsteemiga klient-server-põhimõttel *SQL*-keele abil. Andmeredaktor võimaldab moodustada ka hajusandmebaasisüsteemi. Lisaks tavapärasele andmete semantisele ja süntaksilisele kontrollile võimaldab XA/21 andmebaasisüsteem süvendatud kontrolli teadmusbaasis paiknevate heuristiliste reeglite alusel.

Kasutajaliidese abil saab visualiseerida elektrisüsteemi seisundeid ja täita juhtimis- orraldusi. Kasutusel on *X-Windows*'i aknatehnika. Piltide kujundamisel kasutatakse raalprojekteerimissüsteemi *AutoCAD*. Kasutajaliidese tarkvara võimaldab rakendada projektsioonekraane, mis põhivõrgu juhtimiskeskuses kasutusel ka on.

Energiatootmise ohjamise põhifunktsioon on genereeriva võimsuse automaatjuhtimine (*AGC*), mille eesmärk on reguleerida elektrisüsteemi sagedust ja vahetusvõimsust. Lisaks kütuse ja heitmete ohjamine, genereeriva- ja vahetusvõimsuse juhtimine, reservide ohjamine, energia maksumuse arvestamine jm.

Elektrivõrgu talitluse tugisüsteem annab operatiivpersonalile talitluse analüüsimise ja optimeerimise vahendid. On võimalik välja selgitada nii jooksvate kui saabuvate talitluste nõrkused ja võimalused avariolukordade ennetamiseks. Süsteemi võimalused:

- pinge ja reaktiivvõimsuse plaanimine ja reguleerimine
- häiringuanalüüs
- talitluse estimateerimine
- võrgu konfiguratsiooni määramine
- püsiseisundi arvutamine.

Agregaatide koosseisu plaanitakse, et minimeerida kulusid, arvestades kütusekulu ja kütuse piiranguid, plaanitud vahetusvõimsusi ja reserve ning heitmete minieerimise vajadust.

Koormuse lühiajaline (kuni 7 päeva) prognoos on aluseks nii agregaatide koosseisu kui elektrivõrgu talitluse plaanisel. Kasutusel on murdlineaarne regressioonimudel, mida adapteeritakse jooksva talitluse andmetel. Mudel arvestab ilmastikulusid ja erandpäevi.

Dispetšivalmendi võimaldab operatiivpersonalil harjutada elektrisüsteemi juhtimist nii normaal- kui avariolukorras. Valmendit rakendatakse ka uue tarkvara testimisel ning elektrivõrgu talitluse plaanisel. Valmendi põhikomponentideks on instruktoriliides, mis imiteerib võrgu talitlust ja võimalikke sündmusi, ning elektrisüsteemi komponentide (generaatorid, koormus, regulaatorid, releekaitse jm) simulaatorid. Muus osas kasutatakse ära traditsiooniline dispetšjuhtimise riist- ja tarkvara.

Veebipõhine andmeedastus on ette nähtud teabe edastamiseks reaalajas nii põhiõrgu enda mitteoperatiivsetele üksustele kui väljapoole võrguettevõtet. Andmed edastatakse Interneti või sisevõrgu kaudu *HTML*-vormingus nii, et neid võib vastu võtta ja käsitleda tavalise brauseriga. Probleemiks on andmeturve, mistõttu tuleb rakendada tulemüüri ja teisi turvet tagavaid vahendeid.

Eesti põhivõrguettevõttes Elering OÜ juhitakse dispetšisüsteem XA/21 abil ligi 150 alajaama.

Kuna ettevõttele Elering OÜ, ei kuulu elektri jaamu, siis ei ei rakendata siin ka genereeriva võimsuse automaatjuhtimist (*AGC*), samuti ei plaanita elektri jaamade

agregaatide koosseise. Küll aga

9.3 EE jaotusvõrgu operatiivjuhtimissüsteem

9.3.1 Ajalugu

Kuni aastani 1961 tegeles kogu Eesti elektrivõrgu operatiivjuhtimisega energia- ja keskdspetsitalitus. Vajalikud toitekatkestused kooskõlastas tarbijatega Energiamüügi talitusgrupp. Balti elektrijaama ja uute 220...330 kV liinide käikuandmise ning elektrivõrkude pideva kasvu tõttu tekkis vajadus luua dispetšitalitus võrguettevõtte juurde, sest keskdspetsitalituse töökoormus oli kasvanud liiga suureks. Detsentraliseeritud dispetšjuhtimine oli vajalik ka tollaegsete sidevahendite küündimatuse tõttu.

Tallinnasse loodi tollaegse Põhja Kõrgepingevõrkude dispetšipunkt 1961. aasta oktoobris. Dispetšipunkti asukohaks sai Veskimetsa alajaam, kuhu aja jooksul sisustati vajalik ruum ja paigaldati seadmed, muuhulgas elektrivõrkude makettskeem ja dispetšikommutaator. 1973. aastal paigutati sinna Leningradi tehase Elektropult mosaiiktüüpi dispetšikilp võrgu mnemoskeemiga ja juhtimispuul. Samalaadsed dispetšipunktid moodustati linnavõrkude juhtimiseks ka Tallinna ning Tartusse, Jõhvi ja Kuressaarde. Dispetšjuhtimise operatiivsus tõusis tunduvalt pärast raadioside juurutamist 1962. aastal Tallinna piirkonnas ja hiljem ka mujal. Süsteemiline mitme vahetusega dispetšiteenistus jaotusvõrkudes hakkas kujunema aastast 1966 jaotusvõrkude operatiivpunktide moodustamisega.

Dispetšitalituse põhiülesanded:

- seadmete talitluse jälgimine (võrguelementide koormused ja ülepinged)
- elektrienergia kvaliteedi (pinge) kontrollimine ja reguleerimine
- operatiivlülitamiste juhtimine
- seadmete remonti ja reservi viimine või töölepanemine
- avariide lokaliseerimine ja nende likvideerimise juhtimine.

Tehnilise varustatuse suhtes kujunes dispetšitalitlustes pöördepunktiks 1985. aasta, mil lasti käiku jaotusvõrkude esimene kaasaegne dispetšisüsteem tollaegse nimega operatiivinformatsiooni kompleks (*OIK*). Dispetšisüsteem tugines miniarvutile *CM-4*, millele lisandus 4 mikroarvutit *CM-1800*. Andmehõive põhines kaugterminalidel *TM-120* ja *MKT*. Kasutajaliides tugines kuvaritele, mis võimaldasid tuua ekraanile automaatselt või küsitluse alusel teavet, mis võis olla nii võrgu jooksva talitluse kohta kui ka retrospektiivne. Võimalikuks sai seadmeid kaugjuhtida. Kuvaril esitati alajaamade skeeme ning mitmesuguseid tabeleid, nimekirju ja signaale, nagu

- mõõteandmed – liinide ja trafode aktiiv- ja reaktiivvõimsused või voolud ning trafode pinged
- signaalid – lülitusaparaatide asendid
- alarmid, lubatud piire ületanud talitusparameetrid, võimsuslülitite operatiiv-

asendite muutused jm.

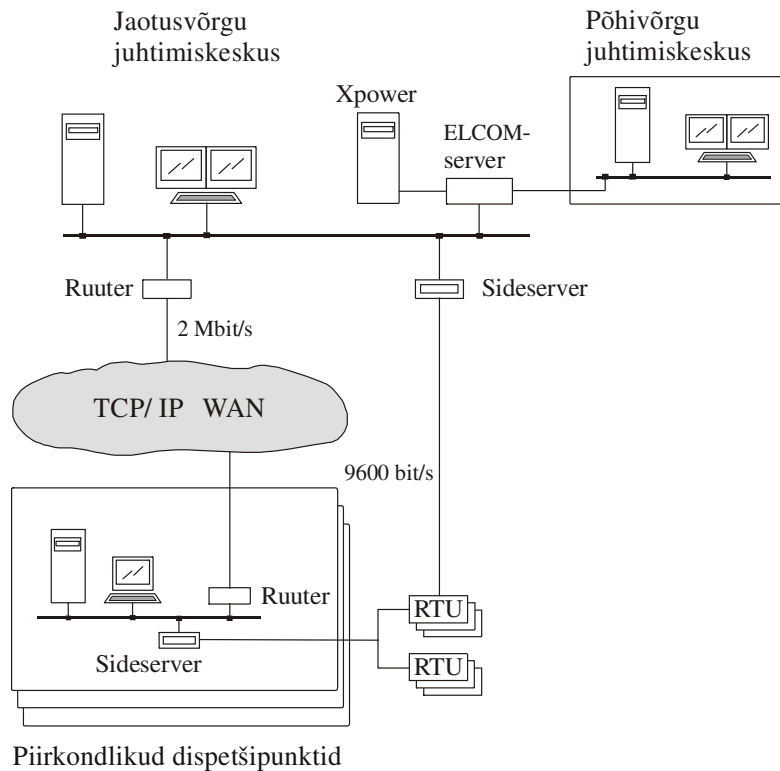
Aja jooksul vananes palju aastaid töötanud süsteem füüsiliselt ja moraalselt ning selle remondiks ja hoolduseks kulus palju aega ja vahendeid. 1996. aasta lõpul käivitati Põhja Elektrivõrkudes firma ABB dispetsisüsteem *MicroSCADA*, mille sobitas olemasoleva andmehõivesüsteemiga Eesti ettevõtte AS Martem. Uus personaalarvutitel töötav süsteem oli esimene omataoline Balti riikides. Dispetšisüsteem *MicroSCADA*, mille uuendatud versioon on kasutusel ka tänapäeval, võimaldab jälgida ja juhtida toliaegse Põhja Elektrivõrkude teenindusterritooriumil paiknevat jaotusvõrku. Dispetšisüsteemil *MicroSCADA* on senisega võrreldes palju tehnilisi eeliseid ja lisavõimalusi elektrivõrgu talitluse analüüsimiseks ja juhtimiseks. Kui 1999. aastal moodustati EE Jaotusvõrk, tekkis vajadus ühtse dispetsisüsteemi järele, sest omaaegsetel elektrivõrkudel olid nii teostuse kui ka võimaluste poolest erinevad juhtimissüsteemid. 2001. aastal kuulutati välja riigihange ühtse, hajutatud juhtimissüsteemi saamiseks, mille võitis ABB *MicroSCADA*.

9.3.2 Dispetšisüsteem *MicroSCADA*

Nüüdisajal moodustab Eesti Energia Jaotusvõrk ligi 500 tuhande kliendiga ettevõtte, mille teenindusterritoorium on 40,9 tuhat km². 0,4...35 kV liine on 60 tuhat km, kaabelliine 12 tuhat km, alajaamu 21 500 ja trafosid 24,4 tuhat. Teeninduspiirkond on jagatud kaheks regiooniks, milles on kokku 8 juhtimispiirkonda (joonis 9.4). Kogu 35 kV võrku juhitakse jaotusvõrgu juhtimiskeskusest, juhtimispiirkondade dispetserid juhivad kohalikke 6...20 kV kõrgepinge- ja madalpingevõrke. Rajatud ühtne operatiivjuhtimissüsteem töötab hajutatuna arvutite laivõrgus, mis võimaldab kohalikel keskustel täita neile ettenähtud juhtimise ja jälgimisfunktsioone iseseisvalt. Laivõrku kasutatakse info vahetuseks, süsteemi hooldamiseks ja vajadusel ühe juhtimiskeskuse funktsioonide üleandmiseks teisele keskusele. Kuna dispetsisüsteem ei haara jaotusvõrgu kõiki liine ja alajaamu, täidab juhtimise ja jälgimise funktsioone telemehhaniseerimata võrgus firma Tekla infohaldussüsteem *Xpower*.

Kohalikud dispetsipunktid töötavad kas sõltumatute keskustena või mõne keskuse kaugterminalina. Kaugterminali variant on küll odavam, kuid sõltuv side kvaliteedist. Kaugterminalideks on ennekõike optilise sidekaabli trassile jäävad dispetsikeskused või -punktid, mis jaotusvõrgu tehnilise seisundi paranedes lõpetavad oma tegevuse. Kohaliku sõltumatu dispetsipunkti riist- ja tarkvara koosneb dispetserite töökohtade arvutitest, süsteemiserverist (*SYS-500*), millele on liidetud sideserveri (*COM-500*) funktsioonid. Süsteem töötab 100 Mbit/s kohtvõrguna, millel on 2 Mbit/s ühendused teiste keskustega. Süsteemi võib olla liidetud dispetsikilp või projektsioonekraan. Suuremates keskustes on ette nähtud ka rakendusinseneri ja süsteemihalduri töökoht ning veebibrauserite ühendused. Üldjuhul kaugterminale ei dubleerita, kohalikes dispetsikeskustes kasutatakse töökindluse suurendamiseks

RAID-süsteeme või serverite täielikku dubleerimist.



Joonis 9.6 Eesti Energia jaotusvõrgu dispetsšisüsteemi andmevahetus

Kuna *Xpower* suudab suhelda vaid ühe *ELCOM*-kliendiga, koondatakse vajalik info jaotusvõrgu keskuse serverisse, mille abil toimub kogu infovahetus. Sama *ELCOM*-server korraldab infovahetust ka põhivõrgu dispetsšisüsteemiga XA/21 (joonis 9.6). Andmevahetuse protokolliks *Xpower*'iga on *TCP/IP*, XA/21-ga X.25. Laivõrgus IEC 6870-5-104 protokolliga kasutamine võimaldab muuta kogu süsteemi hoolduse ja rakenduste loomise eriti paindlikuks. Ühes kohas loodud andmebaasi ja rakenduse osi saab peegeldada mujale, liites nõnda rakendusi ja andmebaase. Laivõrk võimaldab kontsentreerida süsteemi haldust ja tehnilist tuge, suurendades operatiivsust ilmnunud probleemide lahendamisel ja vähendades eriväljaõppe saanud personali vajadust. *COM-500* kasutamine sideks alajaamade kaugtermina-idega loob võimaluse laivõrgu reserveerimiseks telefonivõrgu kaudu, kuna võimaldab info jagamist erinevatesse suundadesse erinevate protokollidega, sealhulgas ka protokolliga IEC 6890-5-104.

2009. tehtud juhtimiskeskuse struktuurimuudatused (joonis 9.4), mis koondasid piirkondlikud juhtimiskeskused kahte keskusesse, võimaldades seeläbi tööjõu

paindlikumat kasutamist, tingis vajaduse muuta ka *SCADA* konfiguratsiooni. Uues konfiguratsioonis on kummaski juhtimiskeskuses server, mida dubleeritakse üle laivõrgu teises juhtimiskeskuses. Selline lahendus tagab süsteemi töö isegi siis, kui üks juhtimiskeskustest peaks füüsiliselt hävima. Samas tähendab see loobumist senisest püsiliinidega sidest ja üleminekut IP-põhisele andmesidele alajaamadega ja *SCADA* laivõrgu ja andmesidevõrgu koostööle.