

## 10 Infosüsteemid

Infosüsteemi all mõistetakse andmete hõivamise, säilitamise ja töötlemise kompleksi, mis annab elektrivõrgu juhtimiseks vajalikku teavet. Infosüsteemi tuumiku moodustavad andmebaasid. Vajalik on andmebaaside ja tööjaamade vaheline andmeside, hajusandmebaasidel ka andmebaasisisene andmeside.

### 10.1 Jaotusvõrgu infosüsteemid

Elektrivõrgu juhtimiseks vajalik infosüsteemide arv on küllalt suur. Probleemiks on andmete dubleerimine, kus põhimõtteliselt sama info on salvestatud mitmel viisil eri andmebaasidesse. Raskusi tekitab ka andmebaaside omavahe-line ühildamine. Püritakse nii vertikaalselt (andmehierarhia) kui horisontaalselt (andmeside) integreeritud infosüsteemide poole, kus samalaadseid andmeid sisestatakse vaid üks kord. Andmebaaside ühilduvuse tagab nende koostamise ühtne strateegia, avatud arhitektuur.

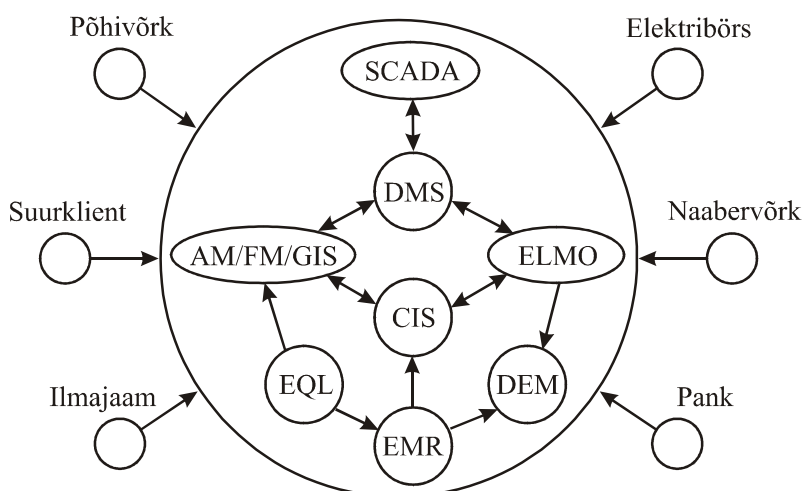
#### 10.1.1 Infosüsteemidevahelised seosed

Jaotusvõrgu talitluse ja käidu juhtimisel rakendatakse järgmisi infosüsteeme (joonis 10.1):

- võrguinfosüsteem (*AM/FM*)
- geoinfosüsteem (*GIS*)
- dispetšisüsteem (*SCADA*)
- talitluse tugisüsteem (*DMS*)
- energia mõõtesüsteem (*EMR*)
- kliendiinfosüsteem (*CIS*)
- koormuse seiresüsteem (*ELMO*)
- elektri kvaliteedi seiresüsteem (*EQL*)
- energiaohjesüsteem (*DEM*).

Võrguinfosüsteem (*automated mapping and facilities management, AM/FM*) haldab ennekõike teavet võrguelementide (liinid, trafod, lülitid jm) kohta. Jaotusvõrkudes näidatakse võrguelementide andmeid sageli geograafilisel taustal, mistõttu võrguinfosüsteem ja geoinfosüsteem (*geographical information system, GIS*) moodustavad ühtse kompleksi (*AM/FM/GIS*). Dispetšjuhtimisüsteemi (*supervisory control and data acquisition, SCADA*) abil toimub elektrivõrgu operatiivjuhtimine. Võrgu talitluse arvutamine, rikete haldamine ja muud sellised ülesanded kuuluvad talitluse tugisüsteemi (*distribution management system, DMS*). Elektri tarbimise andmeid haldab kliendiinfosüsteem (*customer information system, CIS*). Vajalik on elektriarvestite näitude kauglugemine tegeliku energiavahetuse kindlakstegemiseks (*energy meter reading, EMR*, ka *automatic meter reading, AMR*). Energiamõõtmisi täiendab elektri

kvaliteedi mõõtesüsteem (*electricity quality and load, EQL*). Koormuse seiresüsteem (*electrical load monitoring, ELMO*) võimaldab energia mõõtesüsteemi ja kliendiinfosüsteemi andmetel modelleerida jaotusvõrgu koormusi prognoosimise ja analüüsimise eesmärgil. Elektrituru toeks on jaotusvõrgu energiaohjesüsteem (*distribution energy management, DEM*), mis peab arvet turuosaliste kohta, edastab teavet elektrituru osapooltele, annab elektrimüüjatele bilansiselgitusi, hindab võrgukadusid jm.



Joonis 10.1 Elektrivõrgu infosüsteemide vahelised seosed

Jaotusvõrgu talitluse ja käidu juhtimisel on kesksel kohal võrguinfosüsteem, mis sisaldab andmeid nii seadmete hetkeseisu kui dünaamika (minevik, tulevik) kohta. Need andmed on vajalikud seadmete hoolduse ja uuendamise korraldamisel, aga ka võrgu talitluse arvutamisel. Eesti Energia (EE) jaotusvõrgus täidab võrguinfosüsteemi ülesandeid infohaldussüsteem *Xpower*. Kuna kasutusel on veel rida andmebaase, mis *Xpower*'isse ei kuulu, on kavas koondada kõik vajalik ühtsesse võrguhaldussüsteemi.

Elektrivõrgu dispetšisüsteem (*SCADA*) kogub alajaamadest operatiivjuhtimiseks vajalikke andmeid, edastab need reaajas dispetšikeskustesse, kus andmeid töödeldakse ja kujundatakse operatiivjuhtimiseks sobiv kasutajaliides. Võimalik on ka lülitusseadmete kaugjuhtimine ning regulaatorite ja releekaitse sättesuuruste asetamine. Dispetšisüsteem, EE jaotusvõrgus *MicroSCADA*, katab otseselt siiski vaid jaotusvõrgu põhilise operatiivselt vaadeldava osa, mis haarab EE jaotusvõrgu umbes 18 000 alajaamast vaid 350. Andmeid ülejäänud operatiivselt mittevaadeldava võrgu talitluse kohta haldab infohaldussüsteem *Xpower*. Talle kuuluvad ka talitluse tugisüsteemi (*DMS*) funktsioonid. Kuna operatiivjuhtimisel vajatakse teavet kogu võrgu kohta ning tehakse ka arvutusi, on vajalik reaajas toimiv side dispetšisüsteemi ja infohaldussüsteemi vahel. Talitluse arvutamiseks hangitakse staatilised andmed võrguinfosüsteemist.

Elektrienergia kommertsimõõtesüsteem (*EMR*) on ennekõike ette nähtud arvelduste korraldamiseks elektri müüja ja tarbijate vahel, mis vabal elektriturul sisaldab ka bilansiselgitust. Elektri tarbimist mõõdetakse enamasti tunnitaseemel. Kui energia eest tasumiseks piisab kuuenergiate fikseerimisest, siis toimub bilansiselgitus ja tarbimise seire tunniandmete alusel. Tõsi, andmete edastamine on tunniandmete korral tunduvalt kallim. Elektrienergia kommertsimõõtmiseks kasutab EE peamiselt Soome firma Enermet kaugmõõtesüsteemi *AIM*. Rakendatud on ka Eesti firmade Treng ja Ektaco kauglugemissüsteeme.

Nüüdisaegsed elektriarvestid võimaldavad energia kõrval fikseerida ka põhilised elektri kvaliteedi näitajad, nagu pinge tase ja elektrikatkestuste kestus. Tarbijate elektrivarustuse kvaliteedi tagamiseks on vajalik ka muude näitajate, nagu pingelohud, harmoonikud, ebasümmeetria, flikker jm jälgimine. Selliseid näitajaid fikseerivad vaid kvaliteedimõõturid. Vaja on paigaldada kohtkindlad kvaliteedimõõturid, mis sidesüsteemi kaudu ühendatakse keskusega, kus toimub andmete töötlemine. Eeskujuks võib tuua Soome firma MX Electrix kvaliteediseiresüsteemi *EQL*. Eestis kohtkindlad kvaliteedimõõturid seni puuduvad.

Mitmel põhjusel on vaja jälgida ja prognoosida jaotusvõrgu koormust. Ennekõike vajavad kontrollimist mõõteandmeid. Nii võib *SCADA*-andmetes esineda andurite ja sidekanalite rikete tõttu süstemaatilisi vigu, mis jäävad pikka aega märkamata. Tarbimisandmed, mida *EMR* ei mõõda, võivad olla tahtlikult moonutatud jms. Võrgu talitluse arvutamine lähtub sõlmekoormustest, mida tuleb nii prognoosida kui imiteerida. Tarbimise prognoos on aluseks elektrituru toimingutele. Loetletud ja rida muidki vajadusi rahuldab viiendas peatükis kirjeldatud koormuse seiresüsteem *ELMO*. Koormuste matemaatiliseks modelleerimiseks pakuvad tunniandmeid *SCADA* ja *EMR*. Üldandmed tarbijate kohta leiab kliendiinfosüsteemist. Kliendiinfosüsteemi andmetel võib sobitada tüüpudeleid tarbijatele, kelle energiakulutust tunnitaseemel ei mõõdata.

Kliendiinfosüsteemis säilitatakse elektritarbijate liitumispunktide ja arvestite asukoha andmeid, infot arvestinäitudest ja maksete sooritamisest jm. Kliendiinfosüsteem seob klienti (tarbijat) elektrivõrguga infotasandil, s.t määrab tarbija liitumispunkti ja arvesti asukoha elektrivõrgus. Liitumispunkti asukoha järgi saab määrata kindlaks uue kliendi liitumise maksumuse ja tehnilise lahenduse ning plaanida töögraafikuid. Kliendiinfosüsteemi on vaja ka elektriliinide lähedal tehtavate tööde kooskõlastamiseks kliendiga ja kliendile elektrikatkestustest teatamiseks. EE kliendiinfosüsteemi nimetus on *Tarbel*.

Vaba energiaturg pole mõeldav ilma operatiivse infosüsteemita, mis ühendab arvukaid elektrituru osapooli. Jaotusvõrgu piires toimivad elektrimüüjad ja bilansihaldurid, kes on tihedalt seotud nii elektri tarbijate kui tootjatega. Elektri tarbimise vajaliku prognoosi annab *ELMO*. *EMR* jagab teavet hilisema bilansiselgituse tarvis. Energiaohjesüsteem *DEM* peab pidama arvet üksikute tarbijate ning energia väiketootjate energia ostu ja müügi kohta.

Elektrivõrgu operatiivjuhtimisel vajatakse teavet ka võrguettevõttevälisest infosüsteemidest. Vaja läheb reaajas andmevahetust nii sama kui erineva taseme-ga võrkude (nt põhi- ja jaotusvõrk) ning suurte klientide infosüsteemide vahel. Pidev ühendus peab olema elektribörsiga ja muude elektrituru osapooltega. Operatiivne ühendus on vajalik ka ilmajaamaga ja muude ettevõtetega. On veel teisigi infosüsteeme, mida kasutatakse näiteks ettevõtte administratiiv- ja finantsjuhtimisel. Ettevõtte juhtkonnale vahendatakse teavet andmeida kaudu, kuhu kogutakse muudest infosüsteemidest ainult juhtimisotsusteks vajalik info.

Allpool vaadeldakse lähemalt võrgu-, geo- ja kliendiinfosüsteemi ning elektri kvaliteedi seiresüsteemi. Põhjalikumalt käsitletakse dispetsisüsteemi *MicroSCADA*, energia mõõtesüsteemi *AIM* ja infohaldussüsteemi *Xpower*.

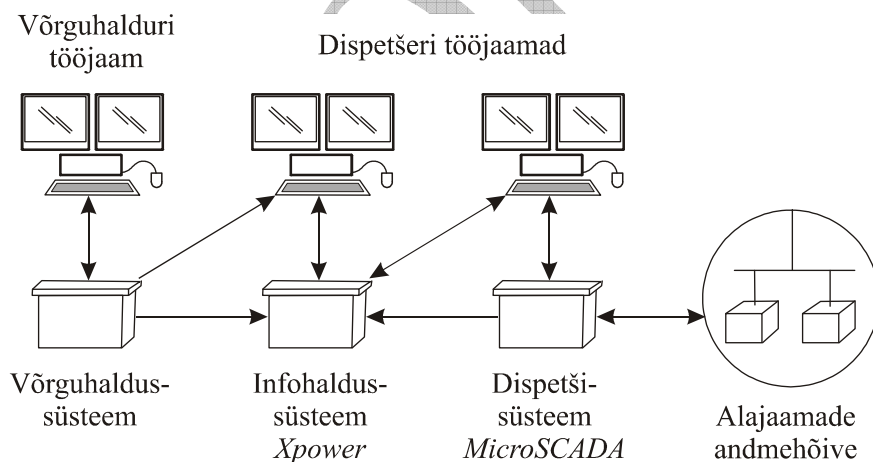
### 10.1.2 Võrguinfosüsteem

Võrguinfosüsteem sisaldab andmeid elektrivõrkude ehituse ja remondi kohta ning muid tehnilisi näitajaid. Geoinfosüsteemiga integreerituna kuuluvad siia ka kaardid ja skeemid. Võrguinfosüsteemis säilitatakse järgmisi andmeid.

- Liini (liinilõigu) andmed:
  - otspunktide koordinaadid
  - juhtme (kaabli) tüüp
  - pikkus
  - konstruktsioon
  - masti andmed
  - hoolduse ja ülevaatusandmed.
- Alajaama andmed:
  - alajaama nimi
  - trafode identifikaatorid
  - konstruktsioon
  - alajaama skeem.
- Trafo andmed:
  - asukoht
  - tootja seerianumber ja trafo ehitamise aasta
  - tehniline spetsifikatsioon (võimsus, takistused, gabariit jm)
  - hoolduse andmed.
- Lüliti andmed:
  - identifikaator
  - tüüp
  - pinge ja voolu parameetrid
  - ehitusaasta
  - releesätted
  - statistilised andmed (töotsüklite arv jm)
  - hoolduse andmed.

Lisaks säilitatakse veel maandusseadmete, arvestite ja muude seadmete andmeid ning teavet objekti staatuse (plaanitud, olemasolev), majanduslike näitajate jms kohta.

Võrguinfosüsteemi andmeid kasutatakse võrgu talitluse arvutamiseks vajalike elektriskeemide koostamisel. Aluseks on staatiline võrguühenduste mudel. Jooksev (dünaamiline) skeem saadakse, kui arvestatakse lülitite tegelikke asendeid. Andmeid ja võrguinfosüsteemi funktsioone vajatakse ka võrgu käidu haldamiseks ning võrgu plaanidel ja projekteerimisel. Elektrivõrgu käiduga seondub remondi-, hooldus- ja ülevaatus- ja kalkulasioonide koostamine ja realiseerimine, samuti aruannete ja dokumentatsiooni koostamine. Plaanimise eesmärk on tagada võrgu talitluskindlus ja optimaalsus. Plaanitakse nii staatiliselt, näiteks talitlust tippkoormuse korral, kui dünaamiliselt, arvestades koormuse ja muude tegurite muutusi vaadeldaval ajavahemikul. Andmed koormusgraafikute kohta hangitakse kliendiinfosüsteemist. Elektriliinide projekteerimisel on suureks abiks olemasoleva elektrivõrgu ja taustakaardi andmed. Projektdokumentatsioonile lisatakse ülevaate- ja detailkaart, konstruktsiooni joonised, materjalide mahud ja tööde kirjeldused. Vajaduse korral täpsustatakse tulevase liini asukohta globaalse positsioneerimissüsteemi (*global positioning system, GPS*) mõõteandmetega.



**Joonis 10.2 EE jaotusvõrgu ühtne infosüsteem**

EE jaotusvõrgu haldamise, käidu ja operatiivjuhtimise ühtse infosüsteemi (joonis 10.2) komponentideks on võrguhaldussüsteem, infohaldussüsteem *Xpower* ja dispetšisüsteem *MicroSCADA*. Seni veel kavandatav võrguhaldussüsteem töötleb edaspidi võrgu kõiki staatilisi andmeid. Dünaamilisi andmeid võrgu operatiivselt vaadeldava osa kohta kogub ja töötleb dispetšisüsteem. Andmeid operatiivselt mittevadeldava võrgu talitluse kohta töötleb *Xpower*, kellele kuuluvad ennekõike talitluse tugisüsteemi (*DMS*) funktsioonid. Võrgu

hoolduse, plaanimise ja projekteerimise toiminguid rakendatakse niivõrd, kuiivõrd neid ei täideta võrguhaldussüsteemi vahenditega. Võrgu staatiline info, mis seni sisestati *Xpower*'i vahenditega, kantakse edaspidi *Xpower*'i andmebaasi võrguhaldussüsteemist. Dünaamilised andmed hangitakse ka edaspidi dispetsisüsteemist.

### 10.1.3 Geoinfosüsteem

Geoinfosüsteem (*GIS*) on ruumiliselt kindlaks määratud andmete kogumise, salvestamise, töötlemise ja esitamise automatiseeritud süsteem. Graafiliselt kujutatavad joon-, punkt- või pindgeomeetriaga objektid võivad olla elektriliin, mastid või alajaama territoorium (joonis 10.3). Alajaama territooriumil paiknevate elektriseadmete kujutamiseks kasutatakse keerukama struktuuriga graafilisi objekte. Geoinfosüsteemis on graafiline joonis ja muud andmed seotud. Graafiline kasutajaliides loob soodsa keskkonna päringute koostamiseks ja andmetele juurdepääsuks. Ka ei pea näiteks võrgumudeli topoloogia kirjeldamiseks sisestama andmebaasi eraldi informatsiooni, sest graafiliste objektide vahel kujunevad seosed automaatselt. Geograafilise infosüsteemi kuuluvad ennekõike mitmesugused kaardid, aga ka skeemid, joonised, pildid ja muu graafiline materjal. Rakendusprogrammid võimaldavad kaartide ja muu materjali esitamist kuvaril eri vormingus, väljatrüki printeril, plotteril jm.



Joonis 10.3 Elektrivõrgu piirkonna kaartskeem

*GIS* aitab vaadelda, mõista, esitada küsimusi, tõlgendada ja visualiseerida andmeid viisil, mis ridade ja veergude kujul pole võimalik. *GIS* aitab leida

korrapära andmete suurest hulgast, mida ilma kaardita leida ei saa. *GIS* rakendusi:

- maamõõdutööd
- üldplaneeringud (maastiku ja ehitiste planeering)
- demograafilised ja infrastruktuuri analüüsid ja planeeringud (kommunikatsioonid, rahvastik, krundid, kinnistud, ehitised)
- operatiivset tegutsemist nõudvad alad, objekti ja andmete kiire leidmine (inimese nimi, maja number jm)
- tehnoarvutuste tegemine ja projekteerimine, sh energeetikaettevõtted (gaas, elekter, nafta)
- logistika, maa-, vee- ja õhustranspordiettevõtted.

Geoinfosüsteem on palju enam kui digitaalkujul esitatud pilt või andmebaas. Kõiki objekte, mis on digitaalkaardil, on võimalik siduda objekti kohta käivate andmetega. Kaardipildiga seotud andmebaas võimaldab

- siduda objekti või piirkonnaga muud teavet, näiteks võib elektrivõrgu liitumispunktiga siduda kliendi tehnilised andmed
- otsinguid ka andmebaasi põhjal ning tulemuste vaatamist kaardil
- valida kinnistu andmetele toetudes kaardil välja ehitatava liini alla jääv maa-ala, saada nimekiri maaomanikest, kellele tuleb kompensatsiooni maksta, ning arvutada kompensatsioonimakse suurust.

Geograafilise infosüsteemi andmete hulka kuuluvad ennekõike kaardid. Eristatakse **raster-** ja **vektorkaarte**. Rasterkaart saadakse olemasolevate paberkaartide skaneerimisega või aerofotode töötlemisega. Rasterkaardil moodustavad objekti kõrvuti asetsevad ruudud, pikselid. Igal pikseli tunnusel võib olla naabritest sõltumatu väärtusi, näiteks värvus.

Vektorkaardil kirjeldatakse andmeid punktide, joonte ja pindadena ning nende kuju ja vormi määravate matemaatiliste funktsioonidena ehk vektorandmetena. Alajaama territooriumil paiknevate elektriseadmete kujutamiseks kasutatakse keerukama struktuuriga graafilisi objekte. Vektorkaart saadakse vektoriseerimise teel rasterkaartidest või moodustatakse geodeetiliste mõõtmiste käigus. Vektorkaartide puhul on tavaks paigutada sama tüüpi objektid omaette kaardikihtidesse, mida võib eraldi töödelda ja kuvada. Vektorkaardi objektidega seotakse andmeid ja omadusi. See annab võimaluse manipuleerida objektidega kui eraldi üksustega. Kuigi rasterkaartide soetamiskulud on madalad, nõuavad need rohkesti arvutiressurssi ja pakuvad vähe võimalusi. Erinevaid kaarditüüpe on mõnikord otstarbekas kombineerida nii, et taustaks on rasterkaart ja elektrivõrgu skeem esitatakse ühe vektorkaardi kihina.

Digitaalkaarte iseloomustab andmeformaad – andmete kodeerimise ja pakkimise meetod, ning projektsioon – parameetrite hulk, mis näitab, kuidas on tasapinnal kujutatud maakera ellipsoidaalset pinda. Digitaalkaardi puhul ei ole mõtet rääkida mõõtkavast, vaid ainult kaardi täpsusest. Nii võib mõõtkavas 1:10 000

kaardi täpsuseks pidada  $\pm 10$  m, kuigi seda on võimalik kuvada ja printida ka näiteks mõõtkavas 1:5000. Kaardid rasteriseeritakse üldjuhul lahutusvõimega 1016 dpi, s.t kaarti on võimalik viimistleda 1/1016 tolli ehk 0,025 millimeetri suuruste täppidena.

Peamised geoinfosüsteemi päringu liigid on asukoha-, otsingu-, trendi-, teekonna-, klassifitseerimis- ja modelleerimispäring. Elektrivõrgus kasutatavad kaardid luuakse valmiskaartide, nende andmebaaside ning objekte tähistavate tingmärkide alusel. Kaardid on staatilised, dünaamilised või moodustatud päringu tulemusel. Staatilised kaardid ei muutu. Dünaamiline kaart muutub, kui muutuvad andmed andmebaasis. Päringuga loodud kaart sõltub etteantud reeglitest ja andmebaasi andmetest.

Elektrivõrgus on peamisteks teede-, maakatastri ja ehitiste registri kaardid. Vajatakse ka taimestiku kaarti metsa ja võsaga kaetud alade kindlakstegemiseks ning pinnase- ja muid kaarte ehitiste projekteerimisel. Neile kaartidele kantakse elektrivõrgu objektid: alajaamad, liinid, lülitid, juhtimis- ja releekaitseseadmed. Kihte ja filtreid kasutades saab objekte ekraanil kuvada või peita näiteks pinge, tarbitava võimsuse või elektriühenduste järgi.

Elektrivõrgus kasutatakse enamasti tuletiskaarte, mis saadakse teiste kaartide töötlemisel. Tuletiskaardid tuleb formeerida nii, et lähtekaartide muudatused saaks tuletiskaardile automaatselt üle kanda. Peamisteks üldotstarbega kaartideks on baaskaart mõõtkavas 1:50 000 ja põhikaart mõõtkavas 1:10 000. Baaskaart sobib üldise suuri liine ja alajaamu tähistava kaardi valmistamiseks. Põhikaart on keskpingeliinide ja jaotusalajaamade märkimiseks. Madalpingevõrgu jaoks eriti tarbijatega liitumise punktides vajatakse kaarte mõõtkavas 1:250. Elektrivõrgu kujutamiseks on olemas järgmised võimalused:

- topoloogiline kaart mõõtkavas 1:500, 1:2000 ja 1:10 000
- mitmekihilised elektrivõrgu skeemid
- põhikaart koos taustakaardiga.

Ühe osa geoinfosüsteemist moodustab navigatsioonisüsteem, mis on mõeldud asukoha kindlakstegemiseks ning etteantud liikumisteed mööda soovitud punkti suundumiseks. Satelliitnavigatsioonisüsteem (*GPS*) tugineb tehiskaaslastele ja nende signaale vastuvõtivatele tööjaamadele. Sõltuvalt seadmete kvaliteedist ja mõõdistamise meetodikast on asukoha täpsus 100 m kuni 1 cm. Elektrivõrkude käit nõuab täpsust kuni üks meeter näiteks kaablite asukoha määramisel.

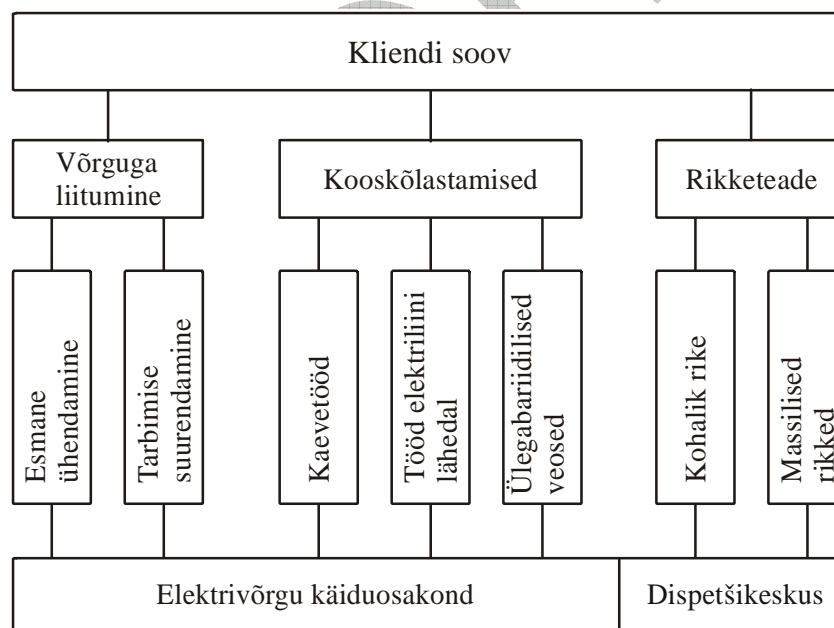
### 10.1.4 Kliendiinfosüsteem

Kliendiinfosüsteem haldab elektritarbijate liitumispunktide ja arvestite asukoha andmeid, infot arvestinäitudest ja maksete sooritamisest jm. Kliendiinfosüsteem koosneb klientide andmebaasist, elektrivõrgu töötajate kontaktandmetest ja andmeanalüüsi tarkvarast. Klienti teenindades saab teha järgmisi päringuid:



- kliendi esindaja kontaktandmed
- liitumispunkti koordinaadid
- peakaitsme suurus
- lepingukohased nõuded energia kvaliteedile
- andmed energiatarbimise kohta maksetähtaegade kaupa
- andmed maksete tasumise kohta
- andmed plaaniliste ja tegelike elektrikatkestuste kohta
- tariif
- tüüpkoormusgraafik.

Tüüpkoormusgraafiku abil analüüsitakse ja prognoositakse energiatarbimist. Analüüsitakse muuhulgas esitatud arvestinäitude tõepärasust. Prognoosimise üheks eesmärgiks on leida maksimaalkoormuse võimalik väärtus. Mõlemal juhul on vaja arvestada koormuse regulaarseid muutusi, stohhastilisust ja temperatuurisõltuvust. Seega on vajalikud nii koormusgraafik (koormuse matemaatiline ootus) kui koormuse hajuvuse ja temperatuurisõltuvuse näitajad, mis üheskoos moodustavad koormuse matemaatilise mudeli. Koormusandmeid on vaja ka võrguinfosüsteemiga ja talitluse tugisüsteemiga seonduvate ülesannete lahendamisel.



**Joonis 10.4 Kliendi soovide rahuldamise skeem**

Klienditeeninduse ülesanne on rahuldada klientide soov, mis puudutavad liitumist elektrivõrguga, elektriliini lähedal tööde tegemist ning riketest ja remonditöödest tingitud elektrikatkestuste selgitamist (joonis 10.4). Nii esmasel

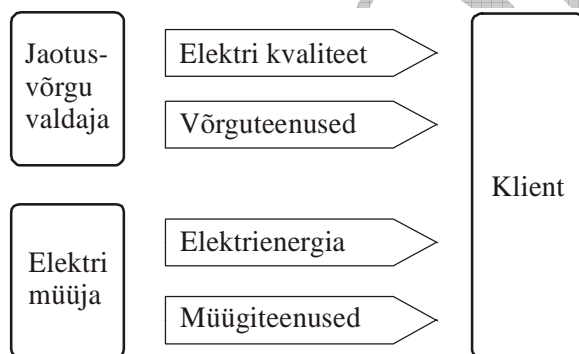
liitumisel kui elektritarbimise suurendamise soovi korral tuleb tarbijal maksta liitumistasu, mida arvestatakse peakaitsme ühe ampri kohta. Kaeve- ja muud tööd tuleb kooskõlastada, kui need on elektriliinide lähedal. Orienteerivad kaugused on esitatud tabelis 10.1. Kooskõlastamist vajavad ka ülegabariidilised veosed, mille kõrgus ületab paikkonnast sõltuvalt 4...4,5 m. Kliendipoolse rikketeate korral tuleb selgitada, kas elektrikatkestus puudutab ainult ühte klienti või on tegemist ulatuslikuma rikkega. Mõlemal juhul peab klient saama ammendava vastuse. Vajaduse korral kooskõlastatakse vastused kohaliku elektrivõrgu käidu- ja operatiivpersonaliga.

Tabel 10.1 Tööde kaugus elektriliinist

Liini pingeline kV	<1	3...20	35...110	220...330
Kaugus liini teljest m	2	10	25	40

### 10.1.5 Elektri kvaliteedi seiresüsteem

Elektrienergia kasutamise efektiivsus sõltub elektri kvaliteedist. Elektri pingeline ja sagedus peavad olema lähedased nimiväärtusele, pingeline peab olema siinuseline ja kolmefaasilises süsteemis sümmeetriline. Tegelikuses esineb tegureid, mis põhjustavad nende näitajate kõrvalekaldeid.



Joonis 10.5 Elektrivarustuse võrgu- ja müügiteenused

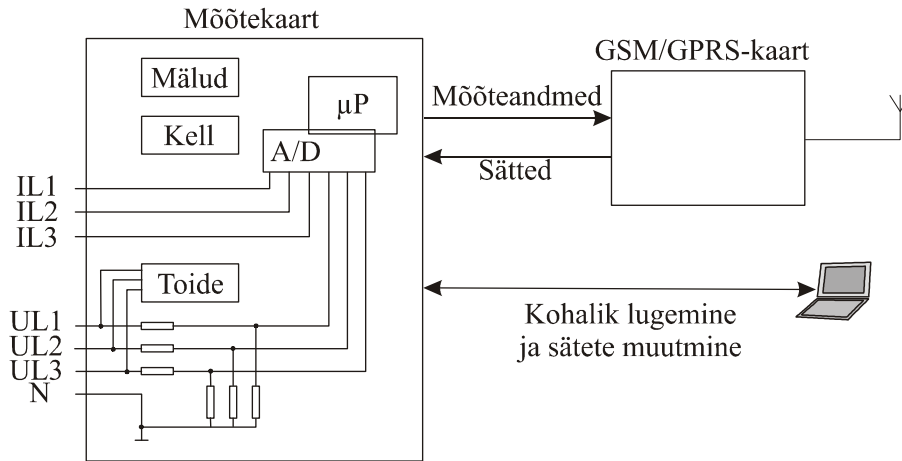
Elektri kvaliteedi (välja arvatud sagedus) kindlustamine kuulub jaotusvõrgu ülesannete hulka (joonis 10.5). Jaotusvõrk on kohustatud tagama standardi EVS-EN 50160 kohase elektri kvaliteedi. Kõrvalekallete korral on jaotusvõrgu valdaja kohustatud välja selgitama põhjused ja tegema elektrivõrgus vajalikud parandused või nõudma

muudatuste tegemist tarbijate juures, sest sageli on elektri halvas kvaliteedis süüdi tarbijad ise. Mõnel juhul on tarbijal õigus saada rahalist kompensatsiooni.

Traditsiooniliselt on elektri kvaliteedi üle otsustatud jaotusvõrgu talitluse mõõte- ja arvutustulemuste ning rikkestatistika alusel. Täpsemat teavet annavad nüüdisaegsed elektriarvestid (p 10.3), mis tarbitud elektrienergia kõrval fikseerivad ka andmed pingehälvete ja toitekatkestuste kohta. Muude näitajate registreerimiseks on vaja kvaliteedimõõtureid.

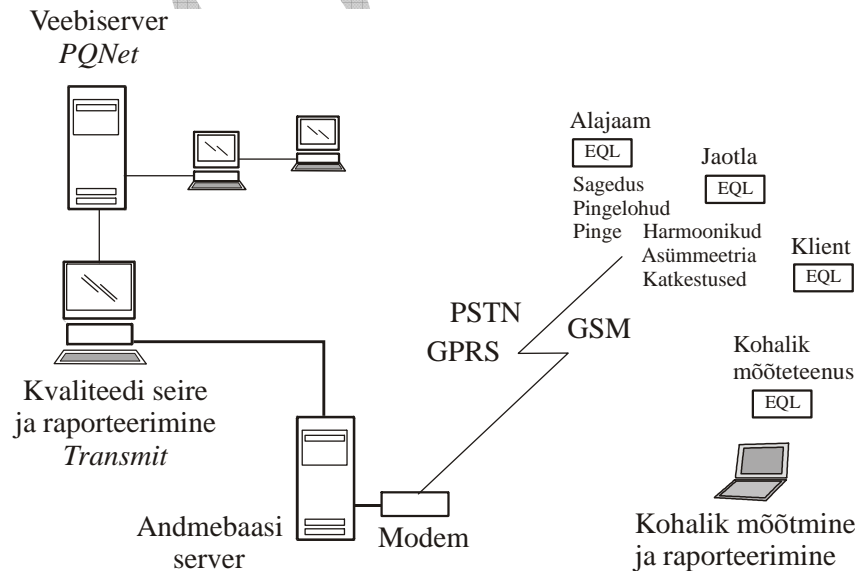
Kvaliteedimõõtureid tööpõhimõte seisneb pingeline ja voolu tihedas mõõtmises sagedusega 1 kHz ja enam. Mõõteandmeid töödeldakse mikroprotsessoriga selle-

kohase algoritmi alusel, tulemuseks kvaliteedinäitajate väärtused. Probleeme võib tekkida kiirete protsesside nagu transiendid, pingelohud, flikker, harmoonikud jm eristamisega.



Joonis 10.6 Kvaliteedimõõturi EQL põhimõtteskeem

Joonisel 10.6 on kvaliteedimõõturi *EQL* põhimõtteskeem. Analoogkujul mõõdetavad pinged ja voolud teisendatakse digitaalseks ja töödeldakse mikroprotsessoris. Leitud kvaliteedinäitajad salvestatakse mällu. Andmed edastatakse nõudmise korral *GSM*-side (*global standard for mobile communication*), sealhulgas *SMS*-lühisõnumi (*short message service*) kujul, telefonivõrgu (*public switched telephone network, PSTN*) või paketttraadiovõrgu



Joonis 10.7 Elektri kvaliteedi seiresüsteem

(*general paket radio service, GPRS*) kaudu. Andmeid võib vaadelda sülearvuti abil ka kohapeal. Sideliinide või sülearvuti kaudu muudetakse ka mõõturi sätteid.

Elektri kvaliteedi jälgimiseks kogu võrgu ulatuses ja kvaliteedihälvete põhjuste väljaselgitamiseks on vaja seiresüsteemi, mis tugineb kohtkindlatele kvaliteedimõõturitele. Andmed kvaliteedimõõturitelt, mis on paigaldatud kõikidesse toite- ja vahealajaamadesse ning suurematesse jaotusalajaamadesse, edastatakse telefoni- või *GSM*-võrgu, viimasel ajal ka paketraadiovõrgu kaudu andmebaasi-serverisse ja sealt kohtvõrgu abil tööjaamadesse (joonis 10.7). Mõõtureid paigaldatakse ka ajutiselt, kusjuures andmeid loetakse sülearvuti abil. Tööjaamades toimub kvaliteedi seire ja raportite koostamine programmipaketi *Transmit* abil. Kvaliteediraporteid töödeldakse täiendavalt ja salvestatakse veebiserverile programmipaketiga *PQNet*. Brauseri vahendusel saavad siit vajalikku teavet elektri kvaliteedi kohta nii elektrivõrgu personal kui elektritarbijad, aga ka uurimis- ja projekteerimisasutused, ametivõimud ning muud asjast huvitatud isikud.

## 10.2 Dispetšisüsteem MicroSCADA

Elektrisüsteem ei ole teatavasti võimeline akumulierima elektrienergiat, mistõttu tuleb igal hetkel tagada elektri tootmise ja tarbimise tasakaal. Elektrisüsteemi talitlus on pidevalt muutuv elektri tarbimise aga ka olukorra muutumise tõttu elektriturul, mis mõjutab elektri genereerimist. Kõik see nõuab elektrisüsteemi talitluse pidevat operatiivjuhtimist.

### 10.2.1 Dispetšisüsteemi struktuur ja funktsioonid

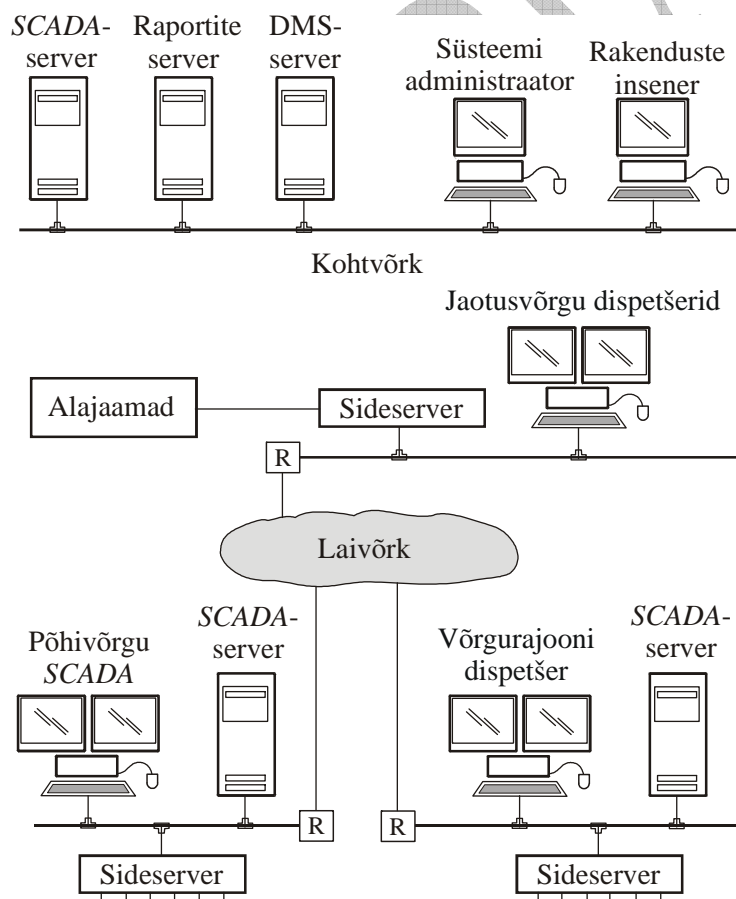
Elektrisüsteemi talitluse juhtimisega tegeleb põhivõrgu juhtimiskeskus, mis

- jälgib riigi elektrisüsteemi ühendatud elektrijaamade, põhivõrgu ja jaotusvõrgu koostööd, korraldab ja jälgib lülitamisi ning põhivõrgus tekkinud häirete ja rikete kõrvaldamist
- koordineerib tehnilist koostööd suurtarbijatega ja teiste riikide elektrisüsteemidega
- koordineerib elektrisüsteemi kaitse- ja automaatikasüsteemide tööd elektrijaamades ja -võrkudes ning suurtarbijate juures ning kooskõlastab toimingu teiste elektrisüsteemidega
- tagab vaba elektrituru, kindlustades elektrienergia ülekande, tootmise ja tarbimise bilansi ning töökindluse.

Elektrisüsteemi operatiivjuhtimine on eraldatud administratiivjuhtimisest ja moodustab iseseisva käsuliini, mis tegutseb ööpäeva läbi kõikidel nädalapäevadel. Süsteemi juhib operatiivpersonal, keda jaotatakse juhtivaks ja alluvaks valvepersonaliks. Juhtiva valvepersonali moodustavad näiteks ühendsüsteemi, põhivõrgu ja võrguettevõtete valvedispetšerid ning elektrijaamade

vahetusülemad. Alluvaks operatiivpersonaliks võib lugeda elektritsehhi vahetusülemat, energiaploki vahetusülemat, elektrijaama valveelektrikuid, alajaamade valvureid, operatiivbrigaadide liikmeid jm. Valvepersonali vastastikused õigused, kohustused, käsuliini detailid ja muud tingimused sätestatakse operatiivpersonali ametijuhenditega.

Olemuselt on põhivõrgu ja jaotusvõrgu operatiivjuhtimise eesmärgid ja vahendid sarnased. Põhivõrgu korral on tegemist võrguga, kus toimub elektrienergia genereerimine ja ülekanne, jaotusvõrgus jaotatakse põhivõrgust ostetud elektrienergiat. Sisuliselt ei erine ka jaotusvõrgu erinevate tasemete (kesk- ja madalpingevõrk) juhtimine. Jälgida tuleb võrgu talitlust, koguda mõõte- ja olekuandmeid, pidada arvet sündmuste ja häirete kohta, juhtida lüliteid, trafoastmeid, muuta relekaitse sätteid jm. Elektrienergia seisukohast on jaotusvõrgul ja selle juhtimisel otsustav tähtsus, kuna seal kujuneb lõplikult välja elektrienergia hind ja kvaliteet. Elektrienergia koguhinnast moodustavad kulud jaotamisele umbes 50%.



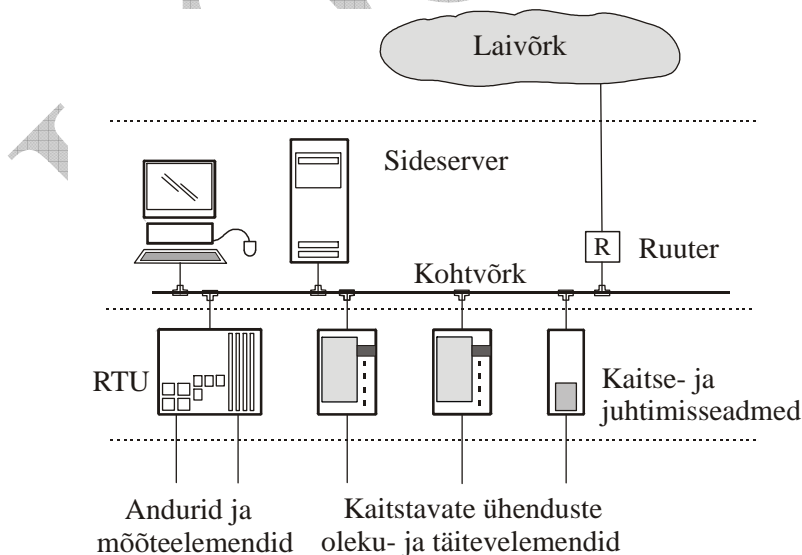
Joonis 10.8 Dispetšisüsteemi struktuur

Dispetšisüsteem on hajus, heterogeenne süsteem, mille tasanditeks on

- kohtsüsteemid
- andmeedastussüsteemid
- kesksüsteemid.

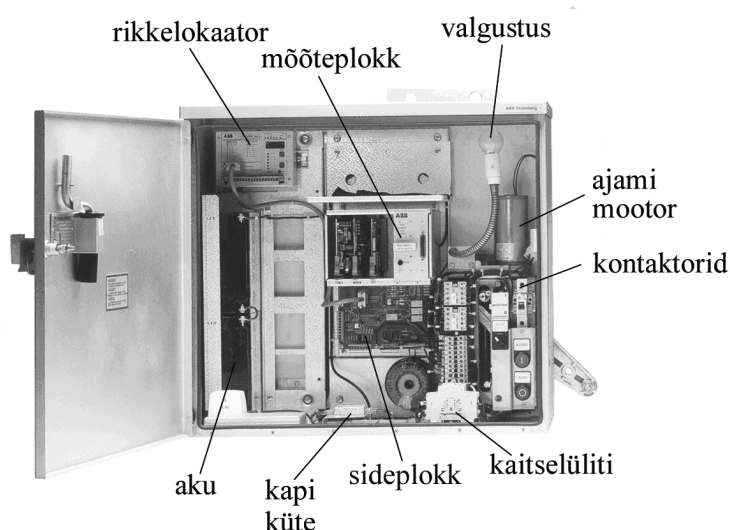
Joonisel 10.8 on jaotusvõrgu hajusa dispetšisüsteemi struktuur. Andmed suubuvad kohtsüsteemidest (alajaamadest) kohalike sideliinide kaudu sideserveritesse, kust need suunatakse SCADA-serverisse. Vastassuunas edastatakse lülitite ja muude seadmete juhtimiskorraldused. Andmete pikaajaline säilitamine juba töödeldud kujul toimub raportite ja muudes serverites. Laivõrgu abil ühendatakse jaotusvõrgu juhtimiskeskus võrgurajoonide dispetšipunktidega ja põhi- võrgu dispetšisüsteemiga. Koht- ja laivõrkude ühenduslülina toimib ruuter *R*.

Kohtsüsteemides, mille moodustab alajaamade automaatika, ning muudes elektrivõrgu lülitus- ja jaotuspunktidest, toimub andmehõive ja täidetakse juhtkorraldused. Mõõteanduritest saabuval signaalid teisendatakse seal edastamiseks sobivale (digitaalsele) kujule, töödeldakse ja salvestatakse. Vajalik info edastatakse kõrgemale juhtimistasemele sobivas mahus ja vajalikul momendil. Seadet, mis infot edastamiseks ette valmistab, nimetatakse **kaugterminaliks** (*remote terminal unit, RTU*), jaotusvõrkude lülituspunktidest paiknevaid seadmeid ka **jaotusterminalideks** (*distribution terminal unit, DTU*). Kaugterminal vahendab ka kõrgemalt tasemelt tulevaid juhtkorraldusi, milleks on näiteks lülitite sisse- ja väljalülitamise käsud. Kaugjuhitavad on nüüdisaegsete releekaitse- ja automaatikaseadmete sätted, eriti kui tegemist on mikroprotsessoritel põhinevate **kohtterminalidega** (*intelligent electronic device, IED*), mis ühendavad nii releekaitse, automaatika kui ka andmehõive funktsioone.



Joonis 10.9 Alajaama automaatikasüsteem

Alajaamade automaatikasüsteem (joonis 10.9) täidab ennekõike kohalike seadmete kaitse-, mõõte- ja juhtimistoiminguid. Dispetšisüsteemi edastatava info valmistab ette kaugterminal *RTU*. Vajaduse korral lisatakse sideserver. Väiksemates alajaamades võib nii kaugterminal, sideserver kui juhtarvuti hoopiski puududa. Nende funktsioone täidab siis mõni muu mikroprotsessor-seade. Joonisel 10.10 on jaotusvõrgu kaugjuhitava lülituspunkti kaugterminal, mida nimetatakse ka jaotusterminaliks. Jaotusterminal juhib kohalikku lahk-lüliti, mõõdab talitlust (pinge, vool) ning rikkeindikaatorite olemasolu korral annab teavet võimaliku rikkekoha kohta. Sidet kesksüsteemiga peetakse enamasti raadiovõrgu kaudu või mobiiltelefoni abil.



Joonis 10.10 Firma ABB jaotusterminal

Andmeedastuseks on vaja sidesüsteemi. Kuna elektrivõrgud paiknevad ulatuslikul territooriumil ja edastatavad andmehulgad võivad graafiliselt esitatud andmete (skeemid, kaardid) korral olla suured, on probleemiks sideliinide läbilaskevõime. Kuigi fiiberoptilised kaablid tagavad nii vajaliku läbilaskevõime kui ka suure häirekindluse, ei ole need veel piisavalt levinud. Teine probleem on, kuidas eri aegadel toodetud erinevate ettevõtete sideaparatuuri kokku sobitada. Alles viimasel ajal on hakatud andmevahetust korraldavaid sideprotokolle standardima. Kuna andmeside ühendab ennekõike arvuteid, räägitakse ka arvutivõrkudest, mille levinud vormid on kohtvõrk ja laivõrk.

**Kohtvõrk** (*local area network, LAN*) on piiratud alal (kuni 1 km) toimiv arvutivõrk, mis rahuldab ühe kindla töөрühma tarbed. Kohtvõrku kuuluvad arvutitele (tööjaamadele) lisaks serverid, printerid, massmälu ja muu vajalik. Võrgu toimimiseks vajalikud elektronlülitused ja tarkvara kuulub enamjaolt tööjaamade (arvutite) juurde. Kasutusel võib olla võrgu talitlust korraldav seade (jaotur).

Sidet kohtvõrgu ulatuses peetakse varjestatud või varjestamata keerdpaari või ka kiudoptilise kaabli kaudu.

**Laivõrgud** (*wide area network, WAN*) moodustavad suuri heterogeenseid süsteeme. Maailma suurimaks laivõrguks on avalik telefonivõrk (*public switched telephone network, PSTN*). Globaalseks laivõrguks on ka Internet. Elektrivõrgu operatiivjuhtimiseks on vaid selleks otstarbeks moodustatud laivõrk. Tõsi, üksikud sideliinid võivad olla ka muus kasutuses. Eesti Energia põhi- ja jaotusvõrgu andmeside eest hoolitseb EE Televõrk.

Andmeside aluseks on sideliinid ja -võrgud. Kasutusel on nii traatside (kaabliga side) kui raadioside. Põhiliinideks on

- vaskjuhtmetest keerdpaar (tavaline telefoniliin)
- koaksiaalkaabel
- valguskaabel (kiudoptiline kaabel)
- kõrgsagedusside
- mobiiltelefon
- raadioside
- paketraadiovõrk
- mikrolaineside
- satelliitside.

Avaliku telefonivõrgu rakendamine operatiivjuhtimisel on võimalik sideliinide (juhtmepaaride) jäiga ühendamise, mis tagab viivituseeta side. Koaksiaalkaablit kasutatakse kohtvõrkudes vaskjuhtmetest keerdpaari asemel. Valguskaablis levivad digitaalid optilist kiudu pidi valgusimpulssideks modelleerituna. Valguskaablit iseloomustab eriti suur läbilaskevõime ja häiringukindlus. Puuduseks on kõrge hind, mis suurte vahemaade korral on tingitud signaali vahepealse võimendamise vajadusest. Kõrgsagedusside (*power line carrier, PLC* või *distribution line carrier, DLC*) kasutab side otstarbeks elektriliine, kus andmed edastatakse kandesagedusega 3...150 kHz. Mobiiltelefoni rakendatakse operatiivjuhtimisel vähetähtsate kaugel asetsevate lülituspunktide korral. Raadioside eeliseks on operatiivsus, nupule vajutusega või sündmusest ajendatuna võib teate hetkega edastada. Raadioside erijuhuks on paketraadiovõrk, kus rakendatakse pakettkommuteerimise põhimõtet. Jaotusvõrkudes kasutatakse paketraadiovõrku ühenduse pidamiseks lülituspunktidega. Mikrolaineside on eriti kõrgel sagedusel (1 GHz) toimiv raadioside, kus raadiolained kulgevad sirgjoont pidi ühest paraboolantenniga terminalist teise. Satelliitside kasutamist operatiivjuhtimisel raskendab kõrge hinna kõrval vähene töökindlus.

Andmete edastamist arvutivõrkudes korraldavad **sideprotokollid**. Kuna seadmed peavad oskama üksteisega suhelda, läheb vaja kindlaid reegleid. Keerukaks teeb sideprotokollid mitut tüüpi seadmete ühendamise vajadus ning andmete edastamine füüsiliselt erisuguste sidekanalite kaudu. Sideprotokollide arendamise eesmärgiks on avatud süsteemide loomine, millega võib liita põhimõte-



teliselt mis tahes tootja seadmed. Ülesande hõlbustamiseks töötas *ISO* (*International Organization for Standardization*) välja avatud süsteemide ühendamise seitsmekihilise arhitektuuri, mida tuntakse *OSI*-mudelina (*open system interconnection*). Sideprotokollistik jagatakse *OSI*-mudelis seitsmeks protokollikihi, kus madalamal tasemel on füüsiline kiht ja kõrgemal rakenduskiht. Füüsiline kiht määrab ülekande elektriliselt ja mehaaniliselt. Järgnevates kihtides andmeid kontrollitakse, moodustatakse datagrammid – andmeid ja marsruuditeavet sisaldavad edastamisüksused rakenduskihis, ning täidetakse muud ülesanded kuni faili- ja andmebaasihalduseni välja. Taustal on muuhulgas **pakettkommuteerimise põhimõte**, kus sõnum jaotatakse plokkideks, millest igaüks edastatakse sobivat marsruuti pidi.

Igas protokollis on reeglid ja protseduurid, mis on vajalikud kindla ülesande täitmiseks, kasutades madalama kihi tulemusi, ja pakkudes omakorda teenuseid kõrgemale kihile. Iga kihile vastab harilikult üks kindel protokoll, kuid on ka selliseid protokolle, mis vastavad korraga mitmele kihile. Tuntuimaks protokolliks on *TCP/IP* (*transmission control protocol/internet protocol*), mis toimib andmeedastuse kahes keskses kihis. Elektrisüsteemides tuntud protokoll on *ELCOM-90* (*European electrical communication standard*), mis toimib *ISO*-mudeli kõrgemas kihis, rakenduskihis. Protokoll on koostatud info vahetamiseks dispetšisüsteemide, tugisüsteemide ning energia haldus- ja arveldussüsteemide vahel, mida on tarninud erinevad firmad. Protokoll *ELCOM-90* kasutatakse ka EE põhi- ja jaotusvõrgu dispetšisüsteemidevahelisel infovahetusel.

Laivõrgu moodustavad sideliinide kõrval järgmised seadmed:

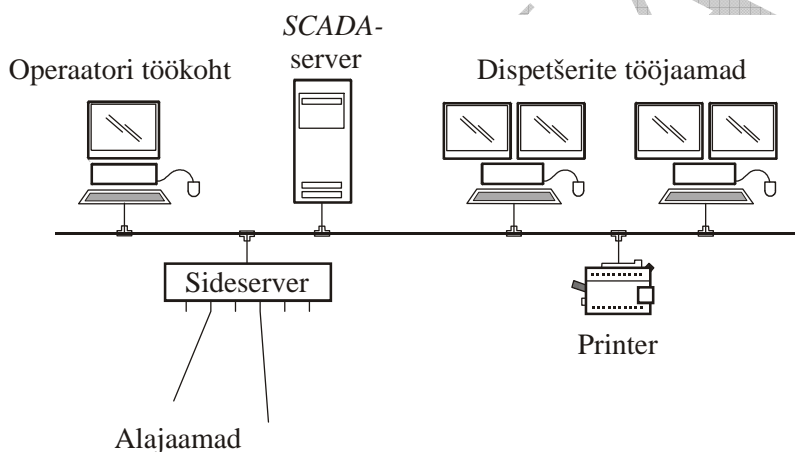
- järgur (*repeater*)
- jaotur (*hub*)
- sild (*bridge*)
- ruuter (*router*)
- lüüs (*gateway*).

Need võrgu laiendamise seadmed toimivad *OSI*-mudeli erinevatel tasemetel. Füüsilisel tasandil toimivad järgurid ning passiivsed, intelligentsed või aktiivsed jaoturid. Sild võib nagu järgurgi ühendada võrguelemente või üksikuid kohtvõrke. Sildade võimalused on järguritega võrreldes laiemad. Silla üheks funktsiooniks on juhtida andmete pakettedastust. Ruuterid on suutelised pakette ümber adresseerima. Nad võivad kasutada andmeid marsruutide seisundi kohta ja selle alusel aeglastest või vigastest sidekanalitest mööda minema. Lüüsid on võrgu laiendamise tippvahendid. Nad toimivad *OSI*-mudeli kolmes ülemises kihis ja ühendavad süsteeme, millel on erinevad sideprotokollid, andmestruktuurid ja -vormingud, keeled ning arhitektuur. Lüüse tuntakse ka protokollikonverterite nime all. Laivõrk on niisiis sidevõrk, mille seadmed paiknevad hajali suurel territooriumil ja ühendusteks on kas telefoniliinid, raadio- või kiudoptilised kanalid. Laivõrgu selgrooks on suure läbilaskevõimega sidekanalid, mille otstes olevad ruuterid suhtlevad kohtvõrkudega, kontrollivad side

võimalikkust sihtpunktiga, optimeerivad sideseansse ja teenindavad kanalit. Kanali teenindamise seadmed valmistavad ette elektriimpulsse võrku saatmiseks. Nad hoolitsevad, et signaalil oleks õige tugevus, formaat ja madal müranivoo. Laivõrk suhtleb kohtvõrkudega, kasutades erinevaid tehnikaid.

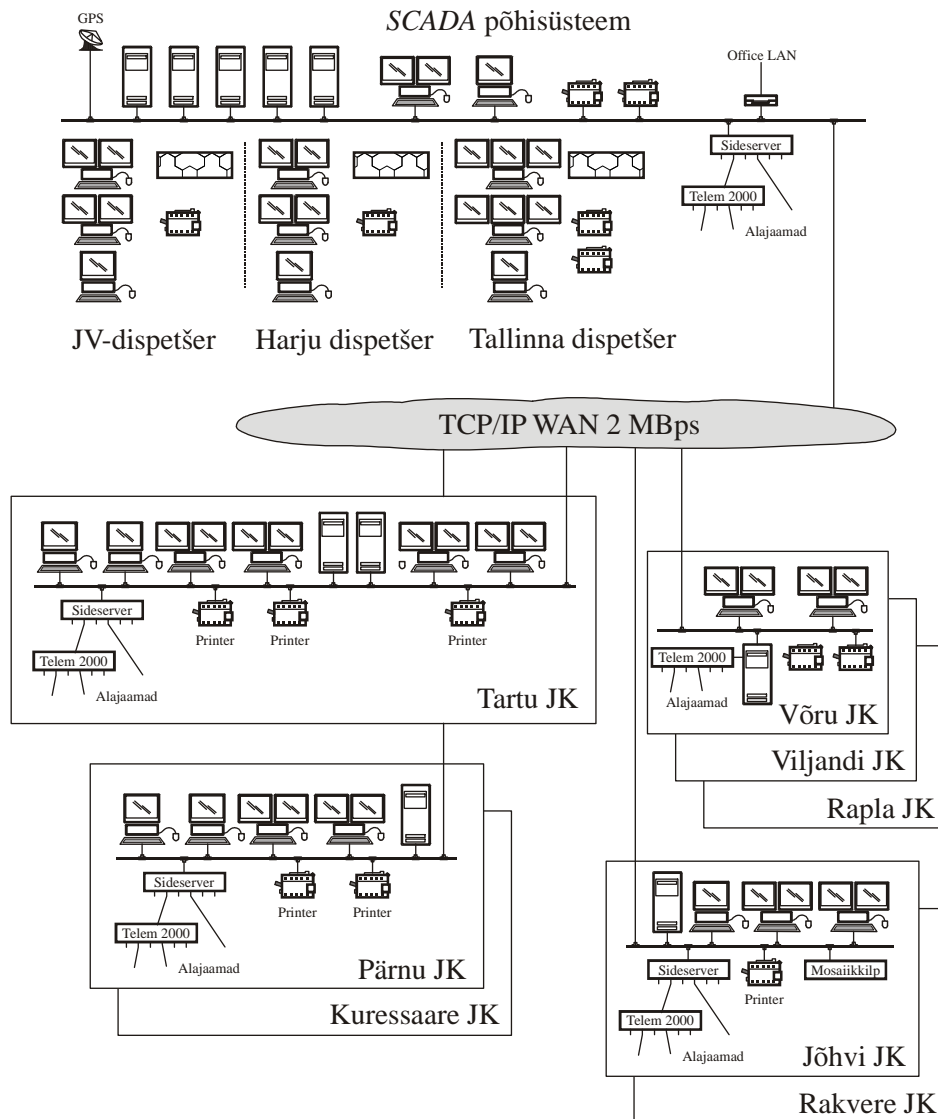
## 10.2.2 Jaotusvõrgu dispetsšisüsteem

Kesksüsteemi moodustab juhtimiskeskuses (dispetsšipunktis) paiknev riist- ja tarkvara, mis võimaldab elektrivõrgu juhtimiseks vajalikke andmeid säilitada ja töödelda ning operatiivpersonalile sobivas vormis edastada. Jooksvad andmed esitatakse ennekõike graafiliselt skeemide ja diagrammide kujul. Tähtsal kohal on sündmuste, eriti alarmide haldamine. Kesksüsteemist lähtuvad ka juhtkorraldused lülititele ning relekaitse- ja automaatikaseadmetele.



Joonis 10.11 Dispetšisüsteemi MicroSCADA konfiguratsioon

Eesti Energia jaotusvõrgus kasutatav dispetsšisüsteem *MicroSCADA* (joonis 10.11) koosneb baassüsteemist (*SCADA*-serverist), süsteemi operatori töökohest, dispetšeri tööjaamadest, sideserverist, mis võib olla omaette arvuti või asuda *SCADA*-serveriga ühises korpuses, ja välisseadmetest (printerid, helisignaal, magnetofon, kettaseadmed jm). *SCADA*-server, operatori töökoht, dispetšerite tööjaamad ja sideserver moodustavad arvutite kohtvõrgu. *SCADA*-serveri ülesandeks on mõõteandmete ja signaalide salvestamine ja jälgimiseks ettevalmistamine, sündmuste registreerimine, alarmide ja juhtimiskorralduste moodustamine, sündmuse põhjustanud mõõtmise või signaali asukoha lokaliseerimine, arhiveerimine, aruandlus jm. Sideserver korraldab andmete kogumist alajaamadest ja juhtimiskorralduste edastamist. Sideserver suhtleb sidevõrgu kaudu alajaamade kaugterminalidega ja edastab info baassüsteemile. Skeemil näidatud operatori töökoht on *SCADA* süsteemi administreerimiseks, funktsioonide konfigureerimiseks ja häälestamiseks.



Joonis 10.12 Jaotusvõrgu SCADA konfiguratsioon

Jaotusvõrgu dispetšisüsteem koosneb Tallinnas jaotusvõrgu juhtimiskeskuses asuvast peasisüsteemist ja seitsme piirkonna dispetšipunktidesse paigaldatud alamsüsteemidest (joonis 10.12). Süsteeme ühendab sideprotokoll *TCP/IP* alusel toimiv andmesidelaivõrk (*WAN*). Juhtimiskeskus koordineerib 35 kV elektrivõrgu ning enamiku 6...20 kV trafode ja latisüsteemide talitlust. Jaotusvõrgu juhtimiskeskus teeb koostööd põhivõrgu ning EE koosseisu mittekuuluvate Haapsalu ja Narva võrkude juhtimiskeskustega. Piirkondlikud dispetšipunktid juhivad kohalikku võrku ja toimivad küllaltki iseseisvalt.

Andmeside katkemisel võib jaotusvõrgu dispetšer anda korraldusi 35 kV võrgu juhtimiseks ka telefoni teel.

Arusaamatuste vältimiseks jaotatakse dispetšisüsteemi *MicroSCADA* kasutajad kuude kategooriasse, mis erinevad õiguste taseme poolest.

- 0 tasemel on vaid jälgimise õigus, lubatud on päringud, kuid mingeid muudatusi või juhtimistegevusi seal teha ei saa
- 1. tasemel, millel toimivad dispetšerid, on seadmete juhtimise ning mõningate piirangute ja sätete muutmise õigus, kuid süsteemi ja rakenduste kujundamise vahendid pole seal kättesaadavad
- 2. tasemel, mis on mõeldud süsteemiinseneridele, on eelmiste tasemete õigused, millele lisandub õigus kujundada süsteemi ja rakendusi
- 3. ja 4. tase on reserveeritud tuleviku jaoks
- 5. tase on ette nähtud süsteemi administraatorile, kes saab koostada ja muuta *SCADA* kasutajate nimekirja, lisada ja kustutada seadmete gruppe ning määrata kasutajate õigusi.

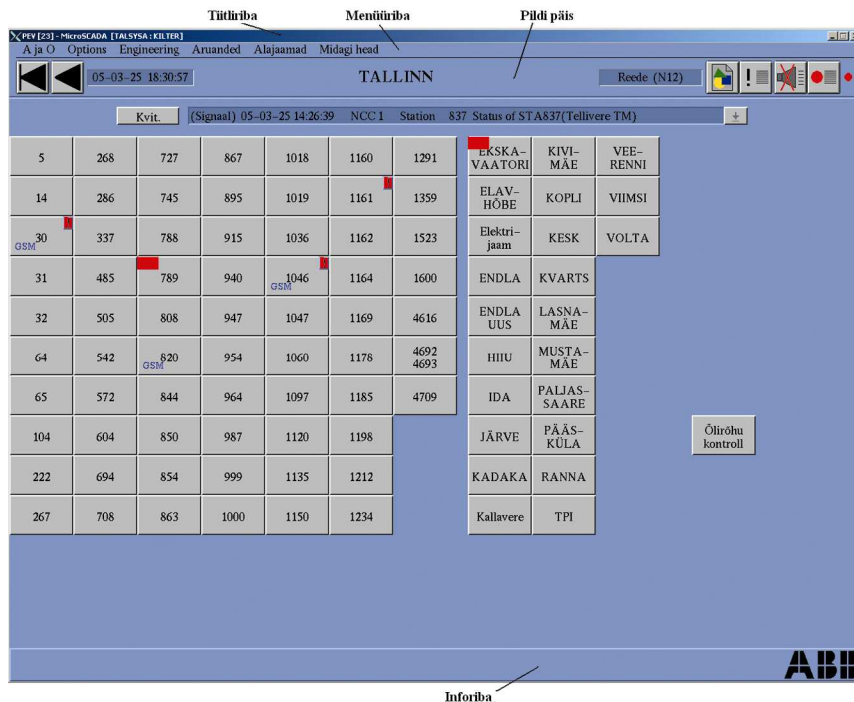
Lisaks tasemetele rühmitatakse seadmeid juhtimisõiguse järgi, näiteks üldine tase, releesäted, 10 kV lülitid, 35 kV lülitid jm. Konsoolikohased õigused määravad, milliseid operatiivjuhtimise tegevusi saab antud töökohal täita. Nimetatud õigused nagu kasutajate nimekirja ja juhtimisõigused määrab kindlaks süsteemi administraator.

### 10.2.3 Dispetšisüsteemi *MicroSCADA* kasutajaliides

Kasutajaliidese abil toimub suhtlus dispetšisüsteemiga. Erinevate õiguste tasemetega kasutajatele on kättesaadavad liidese erinevad omadused ja osad. Vaatleme esimesele (dispetšeri) tasemele vastava kasutajaliidese enam kasutatavaid toiminguid. Kasutajaliidese selle osa abil jälgitakse ja juhitakse elektrisüsteemi ning suheldakse andmebaaside ja arhiividega. Kasutajaliidese piltidel kujutatakse alajaamade elektrilist skeemi ja seadmeid, sündmusi ja alarme, blokeeringuid ning mõõtmiste trende ja mõõtearuandeid.

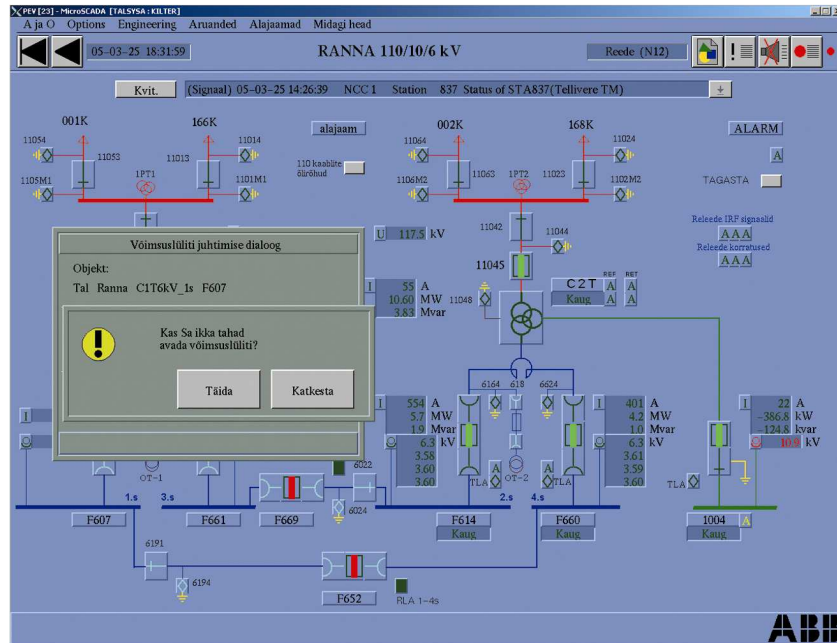
Kasutajaliidese dünaamiline pilt koosneb põhikuvast ja selle taustal näidatavatest aktiivkuvadest. Kõikide pilditüüpide kuvade kujundamise põhimõtted on sarnased. Igal pildil (joonis 10.13) on akna nihutamise rida (tiitliriba), mille äärmine vasakpoolne väli avab *SCADA*-välised võimalused, muuhulgas pildi salvestamiseks faili või printimiseks. Samal real esitatakse ka spetsiifiline informatsioon, nagu rakenduse nimetus, monitori number ja kasutaja nimi. Rea lõpus on *Windows*'ist tuntud nupud akna vähendamiseks ikooniks ja akna maksimaalseks suurendamiseks. Kõikidel piltidel on sama päis, mille menüüriba koosneb kõikidele piltidele ühisest menüüosast, igale pilditüübile spetsiifilisest menüüosast ja abistavate selgituste osast. Menüüribast allpool on ikoonide ja infoakende piirkond. Kaks äärmist vasakpoolset ikooni on rakenduse sätetes määratud esimese pildi ja aknas olevale pildile eelnenud pildi kuvamiseks. Neli parempoolset ikooni on ekraanikoopia tegemiseks, sündmuste pildi kuvamiseks,

helisignaali kviteerimiseks ja alarmide pildi kuvamiseks. Igas pildis on päise all reserveeritud piirkond, kus saab näidata ja ka kviteerida esiletulevaid alarme. Et kasutajal ei jääks piltides liikumisel märkamata äsja tekkinud alarmid, on kasutusel indikatsioon, milleks on punane täpp, mis plingib seni, kuni alarm monitorilt kviteeritakse. Pildi keskosa on igale pilditüübile eriomane. Pildi alumine riba on inforiba, kuhu ilmuvad selle pildiga seotud süsteemsed teated.



Joonis 10.13 Dispetšisüsteemi MicroSCADA kasutajaliidese põhiaken

*MicroSCADA* eeldab, et elektriseadmed klassifitseeritakse alajaamade ja nende elektriliste ühenduste (fiidrite) kaupa. Selline jaotus ühtib ka kohtsüsteemide toimimise põhimõtetega. Fiidriterminalid edastavad suurel hulgal mitmesuguseid signaale, mistõttu uute alajaamade käikuandmine, testimine ja ka remonditööd häirivad dispetšerite igapäevatööd. Mittevajaliku info mahasurumiseks ja mingil põhjusel alajaamast saamata jäänud info küsimiseks on *MicroSCADA*'s sellekohased alajaama- ja fiidrifunktsioonid. Seadmeid võib põhimõtteliselt juhtida mitmest kohast, kuid vaid ühest kohast korraga. Alajaama ja fiidri kaugja kohalik võti on juhitud nii, et juhtimist on võimalik üle võtta vaid alajaamas, kuid võtme olek on jälgitav ka kesksüsteemis. Kui alajaamas on fiidri juhtimine üle võetud, blokeeritakse selle fiidri juhtimine mujalt, luues sellega täiendavad turvameetmed alajaamas töötajatele.

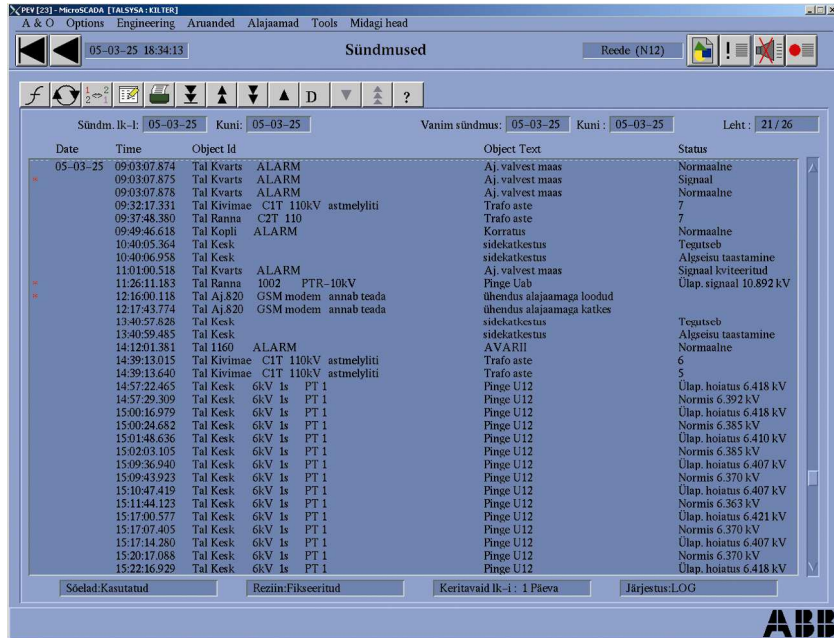


Joonis 10.14 Alajaama pilt koos juhtimisaknaga

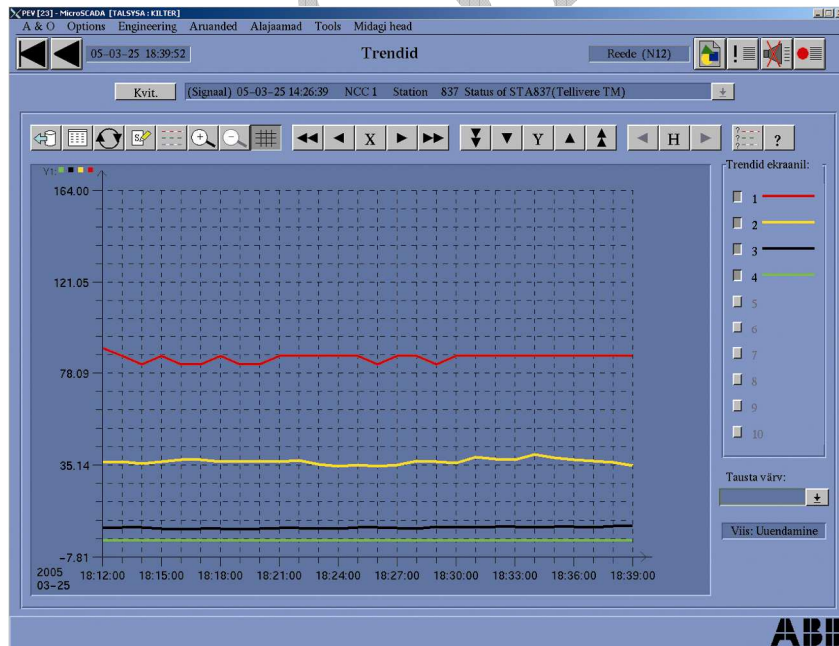
*MicroSCADA* võimaldab kaugjuhtida elektrivõrgu seadmeid, lülitada lüliteid, reguleerida võrgu pingeid trafoastmete muutmise teel ning muuta releekaitse ja automaatika sätteid. Lülitamised toimuvad alajaama pildi (joonis 10.14) kaudu järgmiste etappidena:

- alajaama skeemilt valitakse lüliti, ilmub lülitamise dialoogiaken
- lülitamisest kas loobutakse või antakse lülitele sisse- või väljalülitamiskäsk, mis saadetakse alajaama
- alajaamadest saadetakse keskusesse vastus selle kohta, kas juhtimistegevus on lubatud vastavalt lüliti asendile ja muudele tingimustele
- lubava seisundi korral asendub esmane dialoogiaken kinnitusaknaga, kus sama tegevust tuleb korrata. Eitava vastuse puhul ilmub ekraanile veateade. Kui dispetšer teab, et eitav vastus ei ole põhjendatud, võib ta teha sundlülituse, mis täidetakse, kui see on füüsiliselt võimalik.

Sündmuste registreerimise pildi (joonis 10.15) ülesanne on teavitada kasutajat sündmustest süsteemis ning anda tagasisidet juhtimiskorralduste täitmisest ja nendega kaasnenud muudatustest võrgus. Iga sündmuse kohta antakse teada mis, kus ja millal see juhtus. Sündmused salvestatakse arhiivi ja neid on sealt võimalik hiljem kuvada. Kuna registreeritavate sündmuste arv on suur, võib neid kuval esitamiseks valida (sõeluda) objekti nime, ajapiiride, valdkonna, talitluspirkondade jm järgi.



Joonis 10.15 Sündmuste registreerimise pilt



Joonis 10.16 Mõõtmiste trendipilt

Alarmideks loetakse olulisi sündmusi, mis on SCADA konfigureerimisel selliseks määratletud. Alarmiks võib olla näiteks lüliti asendi spontaanne muutus, releekaitse toimimine, alajaamaga side katkemine, mõõtmise lubatud piiridest väljumine jm. Alarmeid peab dispetšer kviteerima näitamaks, et on olukorrast teadlik. Alarm võib mõne aja pärast ka kaduda ning normaalolukord taastuda (maaihendused ja edukad taaslülitused). Alarmeid liigitatakse kviteerimata, aktiivne kviteeritud, mitteaktiivne kviteerimata ja mitteaktiivne kviteeritud signaaliks. Alarmipilt sarnaneb sündmuste registreerimise pildiga. Erinev on alarmide liigitus, mis kajastub ka nende kuvamise värvitoonides. Alarmeid võib kviteerida ühekaupa, leheküljekaupa või kõik alarimid korraga

Mõõdetavate suuruste muutumist näeb trendipildilt kas graafiliselt (joonis 10.16) või tabelina. Kasutaja võib muuta kuvatavate suuruste arvu, telgede mastaape, joonte stiili, jämedust ja värvi ning andmete uuendamise intervalli.

Aeg (Märge)	2s pinge kV	7111 F606	11706 F608	7212 F610	C2T6-2s F614	12221 F626	12004/12005 F630	6918A/B F634	6617/6618 F636	7109 F638
00:00 -	6.3	54	17	71	455	28	50	53	167	0
01:00 -	6.3	50	17	62	423	26	46	51	158	0
02:00 -	6.3	49	17	62	412	26	47	49	153	0
03:00 -	6.3	48	17	59	405	25	47	49	150	0
04:00 -	6.3	48	15	58	401	24	49	48	144	0
05:00 -	6.3	48	17	63	418	24	54	53	141	0
06:00 -	6.3	46	17	65	428	25	57	53	139	0
07:00 -	6.3	60	17	89	503	28	64	65	157	0
08:00 -	6.2	73	19	111	586	31	78	69	186	0
09:00 -	6.2	83	23	124	653	34	84	74	209	0
10:00 -	6.2	87	23	124	667	35	85	76	223	0
11:00 -	6.2	86	24	123	683	34	85	76	235	0
12:00 -	6.2	87	23	125	686	34	83	79	235	0
13:00 -	6.2	88	23	124	690	33	85	76	237	0
14:00 -	6.2	86	24	123	684	34	84	79	228	0
15:00 -	6.2	85	25	128	686	35	83	74	222	0
16:00 -	6.2	82	24	128	671	35	80	74	222	0
17:00 -	6.2	84	23	127	658	33	75	74	217	0
18:00 -	6.3	83	22	131	648	37	69	72	216	0
19:00 -	6.2	82	22	132	639	41	66	73	208	0
20:00 -	6.3	78	19	130	618	39	63	71	201	0
21:00 -	6.3	72	19	117	584	37	56	71	197	0
22:00 -	6.3	64	19	93	539	36	49	69	190	0
23:00 -	6.3	59	16	84	494	32	45	58	178	0
Min	6.2	46	15	58	401	24	45	48	139	0
Keskm	6.3	70	20	102	568	32	66	66	192	0
Max.	6.3	88	25	132	690	41	85	79	237	0

Joonis 10.17 Mõõtearuande pilt tabeli kujul

Mõõteandmed esitatakse mõõtearuandena, agregeerides ja arhiveerides neid perioodiliselt etteantud ajavahemike (3, 15, 30 min, 1 tund, 1 kuu) kaupa või seoses mingite sündmustega. Näiteks lühisekoha arvutamiseks vajalikud andmed (lühisvoolud ja lühise liik) säilitatakse siis, kui voolutugevus ületab fiidri maksimaalvoolukaitse sätte. Andmed esitatakse graafiliselt või tabelina (joonis 10.17). Tabeli andmed on käsitsi redigeeritavad tunnusena *m*. Kui sidehäirete või mõnel muul põhjusel on andmed laekunud lünklikult või need pole usaldatavad, lisatakse tunnus *?*, fataalsete vigade korral tunnus *Error*.



## 10.3 Elektrienergia mõõtesüsteem Enermet AIM

Elektrienergia mõõtmiste asjakohane korraldamine on elektrivõrgu majandusliku tegevuse alus. Traditsiooniliselt kuude kaupa toimuvale elektrivõrgu ja elektritarbijate vahelisele arveldusele lisandub vabal elektriturul dünaamiline, tunnipõhine elektrienergia mõõtmine. See eeldab senisest täiuslikumat mõõtesüsteemi, kuhu kuuluvad nüüdisaegsed arvestid, andmesidevõrk ning andmete säilitamise ja töötlemise vahendid. Väiketarbijad, kelle arvestite kauglugemist on kulukas korraldada, on seni Põhjamaade elektriturul osalenud tüüpkoormusgraafikute vahendusel. Bilansiselgituse õiglaseks korraldamiseks minnakse seal lähiaastatel üle ka väiketarbijate energia tunniandmete kauglugemisele. Sama on kavas ka Eesti Energial.

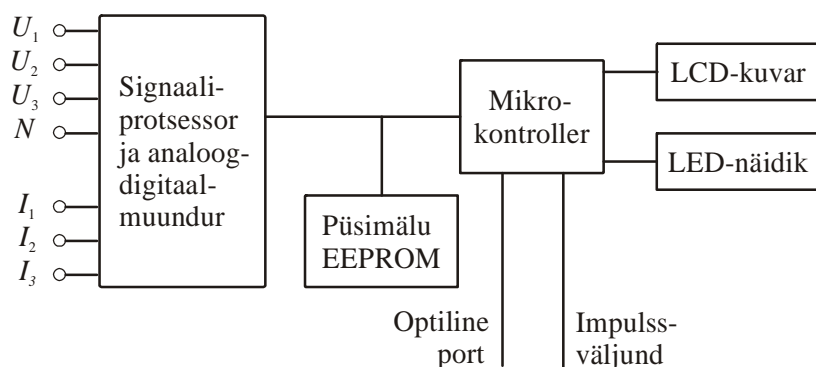
### 10.3.1 Elektrienergia mõõtmine

Nii võrku siseneva kui sealt väljuva energia ja ka üksiktarbijate elektritarbimise mõõtmine on võrguettevõtja ülesanne. Nõuded mõõtmiste korraldamise ja mõõteseadme kohta on sätestatud elektrituru seaduses ning rahvusvahelistes ja ettevõtte standardites. Kõik kommerts mõõtmise seadmed (arvestid, mõõtetrafod, terminalid jm) peavad nii mõõtetäpsuse kui töökindluse poolest vastama nõuetele. Nii peab arvestite täpsusklass olema kodutarbijatel vähemalt 2 ja suurtarbijatel 1, mõõtetrafode vajalik täpsusklass on 0,2. Mõõteterminali varutoiteallikas peab tagama toite katkemise korral andmete säilimise vähemalt kahe nädala jooksul. Elektriarvesti ja temaga komplektis olevad tariifjuhtimiskellad peavad kindla aja tagant läbima metrooloogilise kontrolli ehk taatluse. Omad nõuded on andmete ülekandele ja säilitamisele kesksüsteemis.

Elektrienergia mõõtmiseks vahelduvvooluvõrkudes kasutati varem üksnes **induktsioonarvesteid**, tunnusena pöörlev alumiiniumketas. Sellised arvestid on praegugi laialdaselt kasutusel. Nüüdisajal toodetakse ja paigaldatakse **elektroonseid** ehk **staatilisid arvesteid**, mis põhinevad analoog-digitaalmuunduritel ja mikroprotsessoritel. Väikestel võimsustel on kasutusel vahetult ühendatavad mõõtetrafodeta ühe- ja kolmefaasilised aktiivenergiaarvestid. Suurte voolude (nt üle 100 A) ja kõrgete pingete korral, kus on vajalikud voolu- ja pingetrafod, mõõdetakse aktiivenergia kõrval ka reaktiivenergiat, vajaduse korral nii tarbimise kui võrku andmise suunas. Arvestid võivad olla ühe- ja kahetariifsed, suurtarbijaid mõõtvad kombiarvestid võivad olla ka mitmetariifsed (nt neljatarifiifsed).

Mikroprotsessoripõhise multifunktsionaalse elektriarvesti plokk skeem on joonisel 10.18. Voolu- ja pingetrafodest või anduritest lähtuv analoogsignaali suubub integraallülitusse, mis koosneb signaaliprotsessorist ja analoog-digitaalmuundurist. Signaaliprotsessor arvutab energiakoguse ja väljastab sellega võrdelise arvu impulsse (nt 250 impulssi 1 kWh kohta). Impulsid võtab vastu mikrokontroller, mis nende alusel leiab aktiiv- ja reaktiivenergia ja salvestab

tulemuse juba numbrilisel kujul. Andmed väljastatakse numbriliselt ning impulssväljundina optilise jadapordi kaudu, kus igale kilovatt-tunnile vastab kindel arv impulsse. Mikrokontroller juhib vedelkristallkuvarit (*liquid crystal display, LCD*), millel kajastuvad arvesti andmed ja olekud, ning valgusdiodnäidikut (*light emitting diode, LED*) energiatarbimise osutamiseks. Kõik algväärtustamise ja kalibreerimiskonstandid säilitatakse programmeeritavas elekterkustutusega püsimälus (*electrically erasable programmable read-only memory, EEPROM*). Komplekti kuulub veel toiteplokk ja aku. Võimalikud on lisalülitused (suvandikaardid) relekaitsele ja automaatjuhtimisele.



Joonis 10.18 Multifunktsionaalse elektriarvesti plokskeem

Multifunktsionaalne elektriarvesti annab mitu mõõtmisvõimalust, mis on programmeeritavad vajaduse kohaselt. Mõõta võib nii tarbitud kui võrku antud aktiiv- ja reaktiivenergiat. Olulisemad lisavõimalused on järgmised:

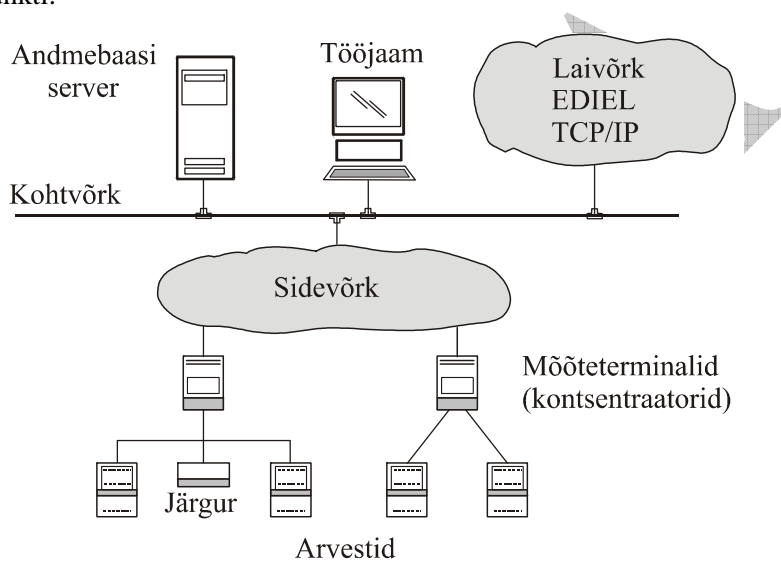
- koormustipu fikseerimine kindla intervalliga (1...60 min) etteantud ajavahemiku (tavaliselt üks kuu) kohta
- tariifvahemike sättimine kellaegade, nädalapäevade ja aastaegade kaupa, arvestades kalendrit
- koormuse seire aja, tariifvahemiku ja maksimaalväärtuse alusel
- andmed elektri kvaliteedi (pinge tase, toitekatkestused) kohta.

Arvesti tariifvahemike ja koormuse kontrolli sätteid saab muuta optilise pordi kaudu, mis töötab mõlemas suunas.

Arvestid paigutatakse liitumiskilpi. Arvestite hankimine, paigaldamine ja hooldamine on võrguettevõtja kohus. Kõigile keskpingel mõõdetavatele tarbijatele ning väikeelektrijaamadele paigaldatakse kahesuunaline aktiiv- ja reaktiivvõimsuse mõõtur ning koormusgraafiku salvesti koos kauglugemis-seadmega.

### 10.3.2 Arvestite kauglugemissüsteem

Eesti Energia on Soome firma Enermet kauglugemissüsteemi *Avalon* kõrval rakendanud ka Eesti firmade Treng ja Ektaco süsteeme vastavalt 18 600 ja 16 500 arvestiga. Ühte majja on paigutatud Taani firma Kamstrup raadiosüsteem 80 arvestiga. Esimeses 1996. aastal paigaldatud kauglugemissüsteemis kasutati Soome firma Enermet süsteemi *Centrapuls*. Vahepeal olid kasutusel süsteemid *Avalon Tele* (äritarbijatele) ning *Avalon LON* (kodutarbijatele). Nüüd on Enermet üle läinud ühtsele süsteemile *AIM* (*active information management*), mis sisaldab hetkel 14 500 arvestit. Iga kuu lisandub 20...30 uut kaugloetavat mõõtepunkti.

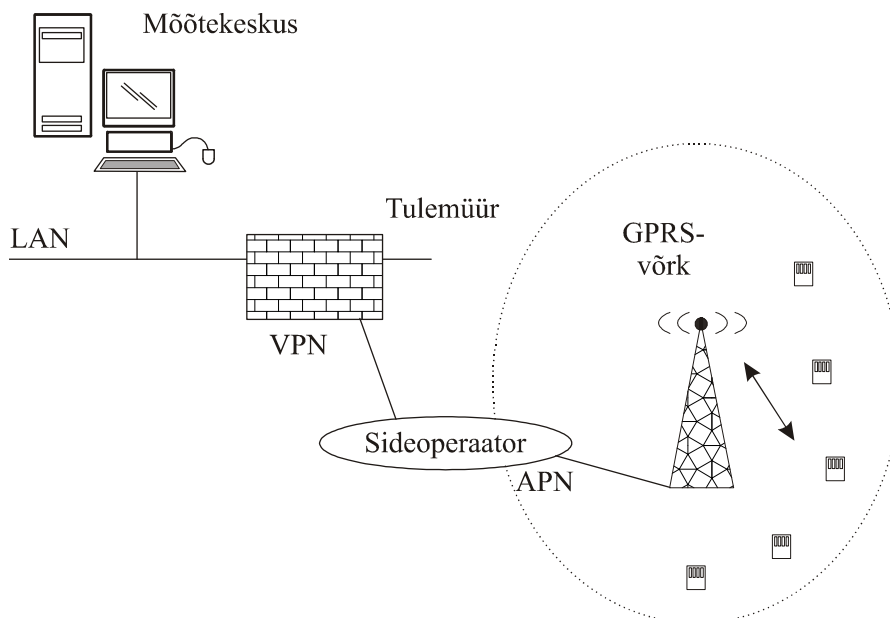


**Joonis 10.19 Elektrienergia kaugmõõtesüsteem**

Kaugmõõtesüsteemis (joonis 10.19) edastatakse arvestite andmed mõõteterninali (kontsentraatorisse). Kohalik andmeside toimub elektrivõrgu kaudu kõrgsageduskanali (*distribution line carrier, DLC*), telefonivõrgu või kaabeltelevisioonikanali abil. Andmesidet korraldab arvestile lisatav kauglugemisplokk (impulsside loendurseade). Elektrivõrgus võib sidesignaalide sumbumise kompenseerimiseks rakendada järgurit. Mõõteterninal saab andmeid ühelt või mitmelt andurarvestilt. See toimub enamasti impulsside kujul, mis summeeritakse ja muudetakse seejärel digitaalsuurusteks. Mõõteterninal võib hajaasustuspriirkonnas ka puududa ning arvestid ühendatakse sidevõrguga modemi abil. Tarbimisandmed registreeritakse näiteks tunnikaupa, säilitatakse vahemälus ja edastatakse nõudmisel kesksüsteemile.

Andmesidet mõõteterninalide ja mõõtekeskuse vahel peetakse ka telefoni- või elektrivõrgu kaudu. Võimalik on *GSM*-põhine side. Väiketarbijatega võib sidet pidada *SMS*-lühisõnumitega. Selline side toimib ka kahesuunaliselt. Siis on

mõõteandmete edastamise kõrval võimalik kaugjuhtida koduautomaatikat. Andmesideks sobib ka telefonivõrk või nimelt selleks otstarbeks rajatud paketttraadiovõrk (*general packet radio service, GPRS*).



**Joonis 10.20 Energia kaugmõõtesüsteemi andmeside**

*Enermet AIM* andmeside aluseks on sideprotokoll *TCP/IP*, mis toetab andmete pakattedastuse põhimõtet ja võimaldab samadel alustel vaid *IP*-aadressi põhjal andmeid üle kanda mis tahes seadmete vahel erinevate sideliinide (raadioside, telefoniside, kohtvõrk jm) kaudu. Joonisel 10.20 näidatud andmeside tugineb paketttraadiovõrgule *GPRS*. Raadiovõrgu kõrval võib olemas olla ka telefoniside või muu sidevõrk, väikeste vahemaade korral ka kohtvõrk. Sideteenuseid pakkuv sideoperaator on virtuaalse privaativõrgu<sup>1</sup> (*virtual private network, VPN*) kaudu ühenduses mõõtekeskusega, kus serverid ja tööjaamad on ühendatud kohtvõrgu (*local area network, LAN*) kaudu. Vajaliku andmeturbe tagab tulemüür. Raadioside on taas korraldatud privaatse pääsuõiguse (*access point node, APN*) põhimõttel, mis tagab, et sidet kasutatakse vaid mõõteandmete edastamiseks.

Mõõtekeskus korraldab energiaandmete tsüklilise kogumise. Tsükli kestus on kolm minutit, tund või ööpäev. Eesti Energias kogutakse praegu andmeid kaugloetavate kodutarbijate kohta kord kuus, äritarbijate kohta kord ööpäevas. Plaanitava kauglugemisprojekti raames loetakse kõigi tarbijate andmeid kord

<sup>1</sup> Avalikke sideliine ning eaturvalist internetiühendust kasutav virtuaalne ettevõtte-sisene andmevõrk. Turvalisus tagatakse andmete krüpteerimisega.

ööpäevas, vajadusel ka tihedamini. Andmed salvestatakse pikaajaliseks säilitamiseks *Oracle*-tüüpi relatsioonandmebaasi. Kui andmeid kogutakse reaalajas näiteks kolmeminutilise tsükliga, võib relatsioonandmebaasi töökiirus osutada väikeseks ja rakendada tuleb objektorienteeritud reaalajaandmebaasi. Mõõtekeskuses töödeldakse andmeid nii kohalike arvelduste kui energiaturu infovarustuse ja bilansiselgituste tarvis. Energiaturu vajaduste rahuldamiseks edastatakse andmed asjaosalistele laivõrgu kaudu, milleks kasutatakse sobivaid sideprotokolle (nt *EDIEL* Põhjamaades) või ka veebipõhist andmeedastust (protokoll *TCP/IP*). Eesti Energias edastatakse andmeid seni tekstifailide abil.

### 10.3.3 Multifunktsionaalne kaugmõõtesüsteem

Kaugmõõtesüsteemil on mikroprotsessoripõhiste arvestite programmeeritavuse tõttu elektrienergia mõõtmise kõrval muidki funktsioone, nagu

- jaotusvõrgu seisundi seire
- elektri kvaliteedi seire
- rikete lokaliseerimine
- koormusgraafikute koostamine
- koormuste juhtimine
- elektrituru tegevuse toetamine
- klienditeenindus.

Jaotusvõrgu seisundi seire tähendab seisundiparameetrite mõõtmist, estimateerimist ja prognoosimist. Elektrivõrgus, kus kaugmõõtesüsteemi on ühendatud enamik elektritarbijaid, võimaldab see vähima määramatusega jooksvalt minimeerida võrgukadusid pinge reguleerimisega, reaktiivvõimsuse kompenseerimisega ja võrgu optimaalse skeemi valikuga.

Elektri kvaliteedi tagamise tähtsus on tõusnud arvutustehnikal põhinevate seadmete lisandumise tõttu. Teisalt on sellised seadmed ise häiringute allikad. Jälgitavateks kvaliteedinäitajateks on pingehälbed, pinge kõikumine (sh väreelus), toitekatkestused, liigpinged, pinge asümmeetria ning mittesiinuselisus jm.

Tihe kaugmõõtevõrk on tõhus elektrivõrgu rikete lokaliseerimise vahend juhul, kui andmeside säilib ka elektrikatkestuse ajal. Praktiliselt on see võimalik, kui side on korraldatud telefoni- või GSM-võrgu kaudu. Piisava mälumahu korral võib arvesti täita ka rikkemeeriku ülesandeid.

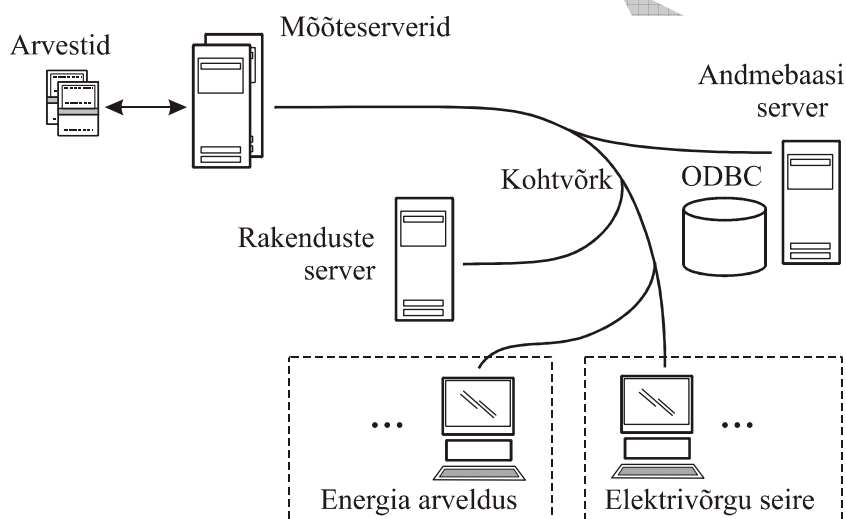
Koormusgraafikuid on hädavajalik tunda nii elektrivõrgu arendamise kui talitluse plaanimise seisukohalt. Ka väiketarbijate elektriturg põhineb koormuse tüüpgraafikutel. Koormusgraafikute koostamine kuulub nüüdisaegsete arvestite põhifunktsioonide hulka.

Koormusi juhitakse kas kaudselt dünaamiliste tariifide rakendamisega või ka otse. Madala ja kõrge tariifiga ajavahemike jooksev muutmine ei tekita kaugmõõtevõrgu olemasolul raskusi. Küll aga peab tarbija saama teavet ja olema võimeline muutma koormust näiteks akumuleeriva elekterkütte abil. Elekter-

kütet ja sauna elektrikeriseid võib jaotusvõrgu dispetšer juhtida ka otse. Kaugmõõtevõrk annab selleks vajaliku sidekanali.

Elektriturgu saab dünaamiliste tariifide ja tüüpkoormusgraafikute rakendamise kõrval toetada ka muul viisil. Vajadusel võib ostu-müügilepinguid muuta või ühekordselt suurematele elektritarbijatele elektrienergiat osta või müüa elektribilansi üles- ja allareguleerimiseks.

Kaugmõõtesüsteemi vahendusel saavad jaotusvõrgu kliendid oma elektritarbimisest ammendava teabe. Jaotusvõrgu dispetšerid võivad osutada ka valve- ja muid teenuseid. Selleks on aga vaja asjakohast **tarbijaterminali** (*customer terminal unit, CTU*).



Joonis 10.21 Multifunktsionaalne kaugmõõtesüsteem

Multifunktsionaalsesse kaugmõõtesüsteemi (joonis 10.21) kuuluvad arvestite ja mõõteterminalide kõrval andmebaasi- ja rakendusserverid ning tööjaamad. Sama kohtvõrgu kaudu toimub nii energia arveldus, elektriturg kui ka elektrivõrgu ja talitluse seire ja juhtimine.

## 10.4 Infohaldussüsteem Xpower

Infohaldussüsteem *Xpower* on Soome firma Tekla OYJ toode, mis toetab koostöös dispetšisüsteemiga jaotusvõrgu operatiivjuhtimist. *Xpower* võib toimida ka iseseisva võrguinfosüsteemina, mida kasutatakse varade haldamisel ja elektrivõrgu arengu ning remontide plaanidel. *Xpower*'i vahendid sobivad põhimõtteliselt mis tahes tasemega elektrivõrkude käsitlemiseks. Põhirõhk on siiski jaotusvõrkudel, mis piirnevad toitealajaamadega ning teisalt madalpinge- ja välisvalgustusvõrkudega (joonis 10.22). Ülesannete lahendamisel kasutatakse

ära võrgu staatiline ja dünaamiline (talitluse) info ja ka andmed elektritarbijate kohta (kliendiinfo).

	Toite- alajaamad	Keskpinge- võrk	Jaotus- alajaamad	Madalpinge- võrk	Välis- valgustus
Varade haldamine	Infosüsteem				
Elektrivõrgu plaanimine	Talitluse arvutused				Koormus- graafikute redaktor
		Tehnilis-majanduslik plaanimine			
Rajatiste projekteerimine	Rajatiste plaanimine				
Operatiiv- juhtimise tugi	DMS			Rikketelefon	
Hoolduse plaanimine		Võrgu hoolduse ja ülevaatus plaanimine			

Joonis 10.22 Jaotusvõrgu infohaldussüsteemi Xpower struktuur

### 10.4.1 Xpoweri infosüsteem

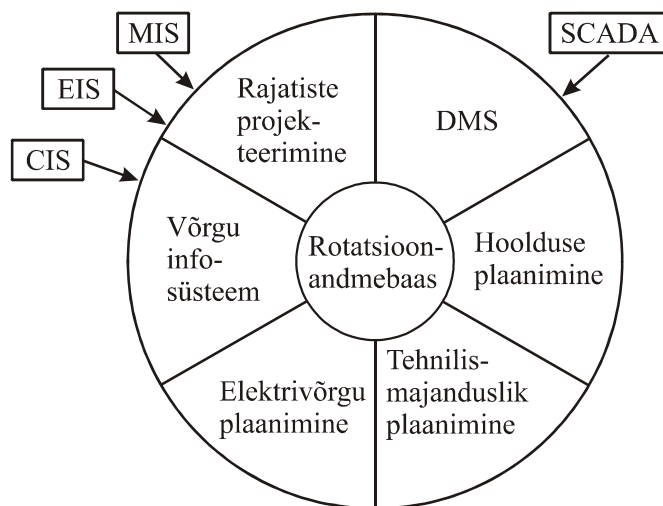
Xpower'i keskmeks on relatsioonandmebaas (nt *Oracle* või *OpenIngres*). Täiendavat teavet saadakse ennekõike dispetšisüsteemist (*SCADA*), aga ka kliendiinfosüsteemist (*CIS*) ning materjalide infosüsteemist (*material information system, MIS*) ja majandusinfosüsteemist (*economical information system, EIS*). Joonisel 10.23 on Xpower'i komponendid.

Kuigi Xpower'i lähtekohaks on geoinfosüsteem (*GIS*), on tegemist laiema tervikuga, mille lisavõimalusteks on

- elektrivõrgu plaanimise, käidu ja hoolduse tugi
- võrgu elutsükli jälgimise tugi
- rakenduste integreerimine
- liidesed muude vajalike infosüsteemidega.

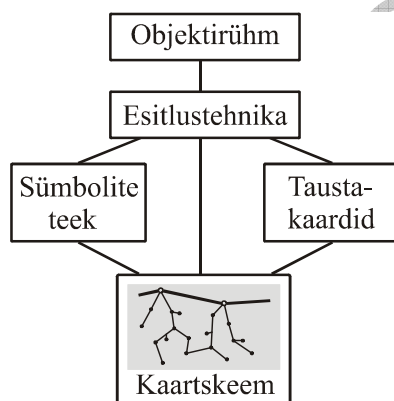
Seetõttu nimetatakse Xpower'it **elektrivõrgu infohaldussüsteemiks** (*network information management system, NIMS*).

Xpower kasutab ühtset andmebaasi, kuhu andmed salvestatakse ainult üks kord. Selle tõttu on välistatud andmete liiasus ning vasturääkivused. Samade andmete põhjal on rakendustes võimalik esitada võrgukaardid kui elektriskeemid, alajaamade ja jaotlate skeemid jm.



Joonis 10.23 Elektrivõrgu infohaldussüsteem

*Xpower*'is on kasutusel unikaalne andmete esitamise tehnika (andmemudel), mida võib iseloomustada kui koordinaat- ja objektseotuse segasüsteemi. Kõik objektid jagatakse klassideks ja need omakorda rühmadeks. Elektrivõrku kujutatakse eri tüüpi **vaadete** abil. Vaate all mõistetakse võrgu skeemi esitamise viisi ja andmete töötlemise vahendite kompleksi.



Joonis 10.24 Skeemide moodustamine Xpoweris

Vaadeteks on

- digiteerimisvaade andmete sisestamiseks
- plaanimisvaade võrgu plaanimisülesannete lahendamiseks
- trükivaade kaartide ja skeemide väljatrukkimiseks.

Vaate aluseks on etteantud objektide rühm, millele on lisatud viited objektide graafilise esituse kohta.

*Xpower*'i visualiseerimisvahendid koosnevad põhiliselt kahest kihist:

- taustakaartide kihist, millel on sõltuvalt mõõtkavast omakorda mitu kihti
- võrguelementide kihist, mis sisaldab erinevaid graafilisi objekte, mida presentatsioonitehnika abil defineeritakse võrguelementideks.

Nende kahe kihiga on võimalik lokaliseerida võrguelemente geograafiliselt ning kujutada visuaalselt elektrivõrgu skeemi ning dokumenteerida protsesse ja seisundeid, salvestada, printida jne. Graafilisi kujundeid andmebaasis otseselt ei säilitata. Näidatakse ära vaid objektide tüübid ja koordinaadid. Skeemid



moodustatakse elektrivõrgu laadimisel arvutisse. Vajalikud graafilised kujundid saadakse sümbolite teegist, millele lisandub esitlustehnika (joonis 10.24). Elektrivõrgu taustakaardid võivad olla nii raster- kui vektortüüpi. Lubatud on ka nende kombinatsioonid. Kogu elektrivõrk moodustub üksikutest elementidest, mille seosed on ära näidatud. Seega ei ole ka võrgutopoloogia andmebaasis eraldi esitatud, vaid moodustub programmi käivitamisel. Soovi korral arvestatakse võrgutopoloogia moodustamisel dispetšisüsteemi kaudu saadud reaalaja andmeid.

Elektrivõrgu skeemi esitusvõimalused:

- geograafilised kaartskeemid
- võrgu kaartskeemid
- võrguskeemid
- alajaamade ja jaotlate skeemid.

Geograafilised kaartskeemid näitavad lisaks taustakaardile (teed, rajatised jm) võimalikult täpselt elektriliinide ja alajaamade asukohti. Võrgu kaartskeemil paiknevad elektrilised objektid taustakaardi kohaselt, kuid taust ise puudub. Kuna põhirõhk on pandud elektriliste ühenduste selgele kujutamisele, ei pruugi objektide asukohad kaartskeemidel olla täpsed. Võrgu ning alajaamade ja jaotlate skeemid on elektrilised. Objektide ruumilist asetust neil ei jälgita. Kaabelliinide puhul näidatakse soovi korral ära ka kaablikraavide lõiked.

Andmebaas jaguneb loogiliselt põhi- ja projektiandmebaasiks. Lisaks vaadeldakse veel virtuaalset andmebaasi. Põhiandmebaas sisaldab elektrivõrgu lähtevarianti, projektiandmebaas mitmesuguseid töövariante – plaane. Kuna põhiandmebaasi jooksvalt ei muudeta, siis ei ole ka takistusi selle ühiskasutuseks. Virtuaalandmebaasi moodustavad kasutaja arvuti põhimällu laaditud andmed. Sel teel tagatakse kuni tuhat korda suurem töökiirus, võrreldes korduva pöördumisega välismälus paikneva andmebaasi poole. Andmebaasi salvestatakse

- geograafilised andmed
- atribuutide andmed
- tehnilise seisukorra andmed
- ajaloolised andmed
- arvutustulemused.

*Xpower*'i kasutajaliides tugineb üldtuntud akna- ja menüütehnikale. Lisaks on võimalik

- väljastada aruandeid andmebaasisüsteemi *Access* vahendusel
- teha graafilist analüüsi, mis põhineb automaatselt moodustatavatel andmebaasipäringutel
- analüüsida võrgu plaanimise ja talitluse arvutamise tulemusi elektrivõrgu komponentide seire erivahendi, võrgunavigaatori abil.

Skeeme, kaarte ja graafilist materjali on võimalik printida piirkondade, vaadete, taustakaartide ja muul kujul. Graafilisi andmeid sisestatakse ja redigeeritakse tuntud vahendi *GISBase* abil. Võrguinforele pääseb juurde ka *Oracle*- ja *Access*-

andmebaasi vahenditega. Dokumentatsioon võrgu objektide kohta võib sisaldada teksti, tabeleid ja pilte, mis on loodud väliste rakendustega näiteks *Word*, *Excel* jm. Võimalik on andmete jälgimine veebibrauseri vahendusel.

### 10.4.2 Elektrivõrgu ja rajatiste plaanimine

Elektrivõrgu ja rajatiste plaanimiseks on *Xpower*'is järgmised moodulid:

- alternatiivsete plaaniversioonide haldamine
- võrgu talitluste arvutamine
- koormusgraafikute redaktor
- tehnilis-majanduslik plaanimine
- rajatiste projekteerimine.

Plaaniversioonide haldamine tugineb juba mainitud andmebaasi loogilisele jaotamisele põhi- ja projektiandmebaasiks, mida töö käigus toetab veel virtuaal-andmebaas. Põhiandmebaas sisaldab andmeid olemasoleva võrgu kohta. Jooksva plaaniversiooni andmeid säilitatakse selle töötlemise ajal virtuaal-andmebaasis. Töötlemise lõppedes salvestatakse projektiandmebaasi ainult need andmed, mis erinevad põhiversioonist. Niiviisi saab võimalikuks säilitada suurt hulka plaaniversioone, mis muuhulgas võivad kajastada muutusi võrgus pika ajavahemiku vältel.

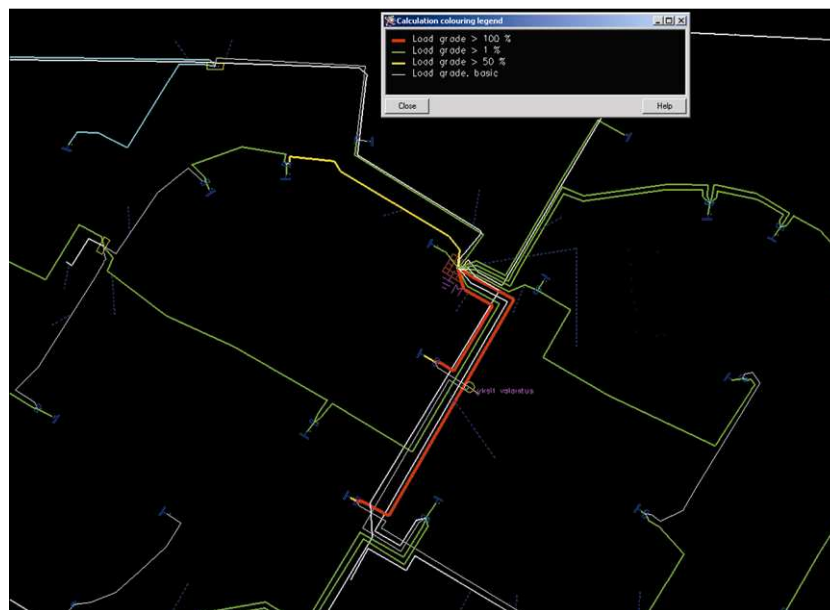
Võrgu talitluse arvutusmoodul on integreeritud elektrivõrgu versioonidega ja ka koormusgraafikute redaktoriga. Võimalik on arvutada normaaltalitlust ning lühis- ja maauhendusvoole. Normaaltalitlust arvutatakse, et leida võimsuste jagunemist, pingetaset ja -kadu ning võrgukadusid. Lühis- ja maauhendusvoolude alusel kontrollitakse releekaitse selektiivsust. Normaaltalitlust ja lühisvoole võib arvutada nii radiaal- kui silmusvõrgule. Radiaalskeemi kohaselt arvutatakse jaotusvõrgu tegeliku käidu alusel talitlus enamasti pika ajavahemiku, näiteks aasta igale tunnile. Seejuures arvestatakse koormuse muutusi tüüpgraafikute alusel. Koormust saab varieerida etteantud temperatuurihälbe ja koormuse hajuvuse (ruuthälbe) järgi. Arvutustulemuste põhjal võib leida aasta raskeimad käidutingimused või integraalseid suurusid, näiteks võrgukadusid. Lühis- ja maauhendusvoolude massilised arvutused võimaldavad kontrollida releekaitsetsätete sobivust etteantud ajavahemikus.

Silmusvõrku arvutatakse kas Gaussi-Seideli või Newtoni-Raphsoni meetodiga. Jaotusvõrgus on sellised arvutused vajalikud lahutuspunktide valikul või ümberlülitamistel tekkivate olukordade (sh releekaitse selektiivsuse) analüüsimisel.

Normaaltalitluse ja lühisvoolude arvutustulemusi on võimalik esitada mitmesuguses vormingus. Joonisel 10.25 on elektriliine kuvatud nende koormatuse järgi.

Tehnilis-majanduslike arvutuste alusel koostab süsteem dokumentatsiooni, millele toetub otsuste langetamine ja projektide seire. *Xpower* võimaldab plaanimise käigus jälgida ressursside paigutamise otstarbekust. Ühendused

finants- ja kliendiinfosüsteemiga ning muude rakendustega kindlustavad ressursside kõige tulemuslikuma jaotuse. Investeeringute kõrval saab arvestada ka võrgukadude maksumust. Projekti arengut võib jälgida kogu elutsükli jooksul.



Joonis 10.25 Normaaltalitluse arvutustulemuste esitamine

Peale võrgu arenguplaani valimist on loogiliselt järgmine samm rajatiste projekteerimine. Esimeses lähenduses määratakse projekti üldmaksumus objektide vaikehindade alusel. Järgmises etapis arvutusi täpsustatakse. Kulutused leitakse objektide alternatiivseid lahendusi ja seadmete oodatavat tööaega arvestades. Viimases etapis määratakse kindlaks objektide konkreetne konstruktsioon, valitakse materjalid ja tehakse projekti täpne kalkulatsioon. Ühtlasi koostatakse kogu projekti dokumentatsioon.

### 10.4.3 Operatiivjuhtimise tugisüsteem

*Xpower* pakub järgmisi jaotusvõrgu operatiivjuhtimise tugifunktsioone:

- võrgutopoloogia haldamine
- rikete asukoha lokaliseerimine
- rikete haldamine
- rikketelefon.

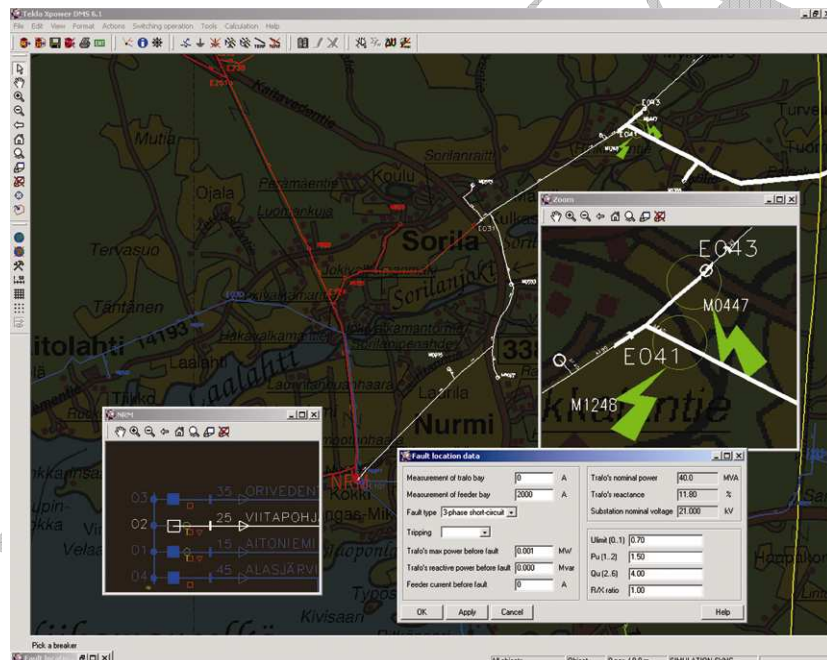
Traditsiooniliselt kuulub operatiivjuhtimise tugisüsteemi (*DMS*) funktsioonide hulka püsitalituse ja lühisvoolude arvutamine. *Xpower*is on need tegevused arvatud elektrivõrgu plaanimismoodulisse, kuid on kasutatavad ka operatiivjuhtimisel.

*Xpower*'i andmebaas on ühiste andmetabelite kaudu seotud dispetšisüsteemiga. Andmevahetus tugineb sideprotokollidele *ELCOM-90* ja *TCP/IP*. Jaotusvõrgu lülituste jooksvat seisu saab jälgida kaardiaknast. Ajutised lülitid, maandused jms võib ära näidata ka käsitsi.

Võrgutopoloogia visualiseeritakse elektriliinide kujutamise eri värvitoonides ja erinevas vormingus:

- toiteta liine näidatakse valgena
- naaberfiidrid esitatakse eri värviga
- võrgusilmustesse kuuluvaid liine kuvatakse paksema joonega
- maandatud liine näidatakse punktiirjoonega.

Samu visualiseerimise võtteid kasutatakse normaaltalitluse kuvamisel ja ka rikete haldamisel ja nende asukoha lokaliseerimisel.



Joonis 10.26 Rikke lokaliseerimise tulemused

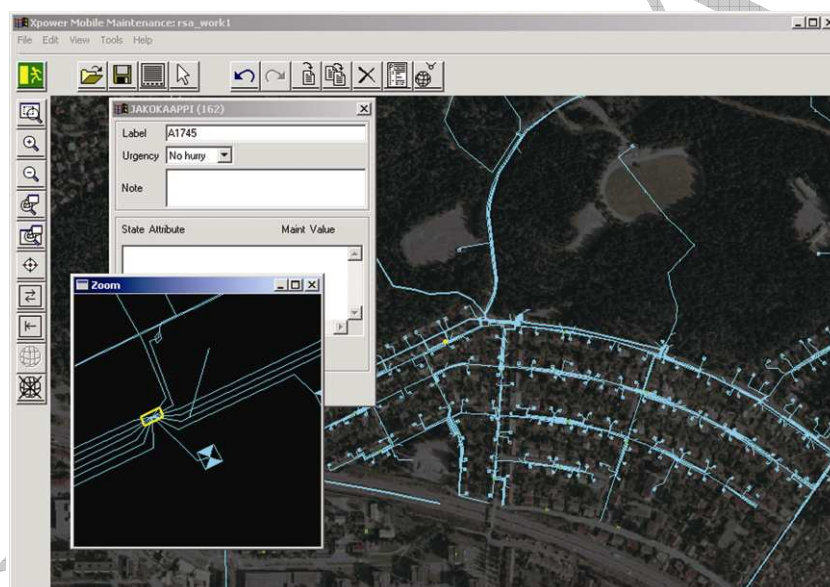
Rikete asukoha lokaliseerimine põhineb dispetšisüsteemi kaudu saadud rikkevoolu ja releekaitse toimimise andmetel. Arvutusliku rikke asukohale lisaks näidatakse ära selle isoleerimiseks vajalikud lülitused. Joonisel 10.26 on rikke tagajärjel pingeta jäänud liinid esitatud valgena. Näidatud on kahte võimaliku rikkekohta ja nende isoleerimisel väljalülitamisele kuuluvaid lülitid.

Rikete haldamine haarab lisaks rikkekohta lokaliseerimisele rikke isoleerimiseks ja toite taastamiseks vajalikke tegevusi. Lülituste plaani koostamisel tuginetakse lülituste imiteerimisele, mis tagatakse vajalike normaaltalitluste ja lühisvoolude

arvutustega. Imiteerimine võimaldab optimeerida rikete haldamise tegevusi. Ühtlasi määratakse kindlaks üksikute elektritarbijate toitekatkestuse aeg, andmata jäänud energia maksumus jms. Samad tegevused sobivad ka plaaniliste lülituste korral.

#### 10.4.4 Hooldustööde haldamine

*Xpower* võimaldab lihtsalt ja aega säästvalt korraldada hooldustööde juhtimist ning kontrollida jaotusvõrke. Süsteemis on ette nähtud võrguelementide ülevaatus koos seisukorra kirjelduste ja hooldustööde tellimisega. *Xpower* on suuteline töötama suure arvu võrgu komponentidega, mis on hajutatud laiale territooriumile.



Joonis 10.27 Madalpingejaotla kontrollimine väliarvutiga

Võrgu ülevaatomisel tuleb kindlaks määrata kontrollitavate objektide nimekiri ning ülevaatusel iseloom ja tähtsused. Ülevaatusel tulemuseks on objektide seisundi kirjeldused ja klassifitseerimine. Vaja läheb ka eelmiste ülevaatusel tulemusi ja muid andmeid objektide kohta. Kuna kontrollitavate objektide arv on suur (üksnes elektriliini mast võib olla kümneid tuhandeid), kulub selleks traditsiooniliselt palju paberit. *Xpower*'is säilitatakse kõiki andmeid andmebaasis. Kohapeal võib seniseid andmeid jälgida ja uusi sisestada väliarvutite abil. Ühendades väliarvuti GPS-seadmega, on ülevaatusel käigus võimalik täpsustada ka objekti koordinaate. Kontoris ühendatakse väliarvutid kohtvõrgu kaudu keskse andmebaasiga, kus uuendatakse vananenud andmed ülevaatusel saadutega. Paberkandjat läheb vaja vaid lõpparuannete esitamiseks. Joonisel

10.27 on kontrollitav võrk aerofoto taustal. Taustaks võib olla ka geograafiline kaart. Elektriliinid on rohelised, kontrollitav objekt (madalpingejaotla) kollane. Andmevahetus toimub ekraanile ilmuva akna kaudu.

KOOPLA