



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

**Tänapäevaste kaugloetavate elektrienergia arvestite  
erinevate andmeedastuse tehnoloogiate analüüs**

**Analysis of various data transmission technologies of modern  
remotely electricity meters**

EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine  
ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Artur Tatur

Üliõpilaskood: 183431EDJR

Juhendaja: Tatjana Baraškova

## AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"...." ..... 20.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." ..... 20.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." ..... 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Artur Tatur (sünnikuupäev: 23.02.1999)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Tänapäevaste kaugloetavate elektrienergia arvestite erinevate andmeedastuse tehnoloogiate analüüs, mille juhendaja on Tatjana Baraškova.

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Artur Tatur, 183431EDJR

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine

Juhendaja(d): vanemlektor, Tatjana Baraškova, tatjana.baraskova@taltech.ee

Konsultant: Stepan Pidvysotskiy, osakonnajuhataja

VKG Elektrivõrgud, +372 5692 0210, stepan.pidvysotskiy@vkg.ee

### Lõputöö teema:

(eesti keeles) Tänapäevaste kaugloetavate elektrienergia arvestite erinevate andmeedastuse tehnoloogiate analüüs

(inglise keeles) Analysis of various data transmission technologies of modern remotely electricity meters

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Andmeedastustehnoloogiate analüüs.
2. Kaugloetavate arvestite kasutamise väljavaated.
3. Andmeedastustehnoloogiate võrdlus

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Tööstruktuuri koostamine	12.02.2022
2.	Informatsiooni otsimine	25.02.2022
3.	Teooria kirjutamine	31.03.2022
4.	Andmeedastustehnoloogiate võrdlus	07.04.2022
5.	Praktilise töö tegemine	28.04.2022
6.	Eestikeelne tõlkimine	05.05.2022
7.	Töö vormistamine	12.05.2022
8.	Lõputöö valmimise tähtaeg	19.05.2022

**Töö keel:** Eesti keel

**Lõputöö esitamise tähtaeg:**

“08” Juuni 2022a

**Üliõpilane:** .....  
/allkiri/

“.....” ..... 2022a

**Juhendaja:** .....  
/allkiri/

“.....” ..... 2022a

**Konsultant:** .....  
/allkiri/

“.....” ..... 2022a

**Programmijuht:** .....  
/allkiri/

“.....” ..... 2022a

# SISUKORD

EESSÕNA .....	8
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU .....	9
SISSEJUHATUS .....	12
1 ADDAX NP-07 SEADMED .....	13
1.1 Elektriarvesti .....	13
1.1.1 Arvesti põhifunktsioonid .....	13
1.1.2 Struktuurne skeem .....	14
1.2 Ruuter .....	15
1.2.1 Ruuteri põhifunktsioonid .....	15
1.2.2 Struktuurne skeem .....	16
2 ADDAX NP-07 SÜSTEEMI ARHITEKTUUR .....	18
2.1 Mõõtu mõju signaalile .....	19
2.1.1 Ruuter NP-07 .....	20
2.1.2 Ruuter NP-05 .....	21
3 ANDMESIDESÜSTEEM .....	23
4 ETHERNET .....	24
4.1 Keerdpaar .....	24
4.1.1 Keerdpaaride kategooriad .....	25
4.1.2 Keerdpaari kaitse .....	26
4.1.3 Eelised ja puudused .....	26
4.2 Kiudoptiline kaabel .....	27
4.2.1 Kiudoptiliste kaablite kategooriad .....	28
4.2.2 Eelised ja puudused .....	29
4.3 Koaksiaalkaabel .....	30
4.3.1 Koaksiaalkaablite kategooriad .....	30
4.3.2 Eelised ja puudused .....	31
5 PLC .....	32
5.1 Tööpõhimõte .....	32
5.2 Tehnilised omadused .....	33
5.3 Kasutusvaldkonnad .....	33
5.4 Eelised ja puudused .....	34
6 MOBIILSIDE .....	35
6.1 Mobiilside peamised valdkonnad .....	35
6.2 Mobiilside põlvkonnad .....	35

6.3	Mobiilside omadused .....	37
6.4	Eelised .....	38
7	LPWAN .....	39
7.1	Omadused .....	39
7.2	Tehnoloogia pakkujad .....	40
7.3	Eelised ja puudused .....	40
8	TRAADITA SIDE TEHNOLOOGIAD ZIGBEE JA WI-FI.....	41
8.1	ZigBee .....	41
8.1.1	Eelised ja puudused .....	41
8.2	Wi-Fi.....	42
8.2.1	Eelised ja puudused .....	42
9	ANDMEEDASTUSTEHNOLOOGIATE VÕRDLUS .....	43
9.1	Traadita andmesidetehnoloogiate võrdlus .....	43
9.2	Ethernet, Wi-Fi ja PLC võrdlus.....	44
10	AMR JA AMI TEHNOLOOGIAD .....	45
10.1	AMR JA AMI VÕRDLUS .....	45
10.2	AMR tüübid.....	46
10.3	Eelised .....	47
	KOKKUVÕTE .....	48
	SUMMARY.....	49
	KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	50
	LISAD .....	52

## **EESSÕNA**

Käesoleva lõputöö teema pakkus välja VKG Elektrivõrgud osakonnajuhataja Stepan Pidvysotskiy. Lõputöös uuritakse erinevaid andmeedastustehnoloogiat ja nende võrdlus. Teema loomise, lõputöö eesmärkide ja ülesannete püstitamise ajal viibis lõputöö autor erialapraktikal ettevõttes VKG Elektrivõrgud.

Autor soovib tänada oma juhendajat Tatjana Baraškovat ja ettevõttepoolset juhendajat Stepan Pidvysotskiyt, kes aitasid kaasa käesoleva lõputöö kirjutamisele.

Võtmesõnad: elektriarvesti, andmeedastus, energiatehnoloogia, diplomitöö.



## LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

VKG – Viru Keemia Grupp

USB – Universal Serial Bus – Universaalne seeriabuss

GSM – Global System for Mobile Communications – Ülemaailmne mobiilsidesüsteem

GPRS – General Packet Radio Service – Üldine paketttraadioteenus

CDMA – Code Division Multiple Access – Koodipõhine mitmekordne juurdepääs

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System – Universaalne mobiilsidesüsteem

PLC – Power Line Communication – Elektriliinise

RTC – Real Time Clock – Reaalajas kella

DCU – Data Concentrator Unit – Andmekontsentraatori seade

IPSec – Internet Protocol Security – Interneti-protokolli turvalisus

IP – Internet Protocol – Internetiprotokoll

CPU – Central Processing Unit – Keskne protsessor

S-FSK – Spread Frequency Shift Keying – Sagedusülekandega manipuleerimise levik

OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing – Ortogonaalne sagedusjaotusega multipleksimine

vt – vaata

VPN – Virtual Private Network – Virtuaalne privaatvõrk

ID – Identifiers – Identifikaatorid

1G, 2G, 3G, 4G, 5G – Generation – Põlvkond

AMR – Automated Meter Reading – Automaatne arvesti lugemine

AMI – Advanced Metering Infrastructure – Laiendatud salvestamise infrastruktuur

Wi-Fi – Wireless Fidelity – Traadita side

ZigBee – Zonal Intercommunication Global standard – Vööndi koostoime ülemaailmne standard

LPWAN – Low power Wide area Network – Madala energiatarbimisega ülemaailmne võrk

LAN – Local Area Network – Kohalik võrk

WAN – Wide Area Network – Ülemaailmne võrgustik

jne – ja nii edasi

kHz, MHz, GHz – kiloherts, megaherts, gigaherts

Kbps, Mbps, Gbps – kilobitti sekundis, megabitti sekundis, gigabitti sekundis

N – Njuuton

V – Volt

TP – twisted pair – Keerdpaar

UTP – Unshielded twisted pair – Varjestamata keerdpaar

FTP või F/UTP – Foiled twisted pair – Fooliumiga keerdpaar

STP – Shielded twisted pair – Varjestatud keerdpaar

S/FTP või SSTP – Screened Foiled twisted pair – Fooliumiga varjestatud keerdpaar

U/STP – Unshielded Screened twisted pair – Varjestamata kaabel koos keeratud paari varjestusega

SF/UTP või SFTP – Screened Foiled Unshielded twisted pair – Kaitsega varjestatud keerdpaar

µm – mikromeeter

RG – Radio Guide – Raadio kasutusjuhend

Prime – Power Line Intelligent Metering Evolution – Aruka mõõtmise areng

HPLC – Hybrid Power Line Communication – Hübriidne elektriliinide

HD-PLC – High Definition Power Line Communication – Kõrglahutusega elektriliinide

TCP/IP – Transmission Control Protocol / Internet Protocol – Edastus juhtimisprotokoll / internetiprotokoll

RAN – Radio Access Network – Raadiojuurdepääsuvõrk

AMPS – Advanced Mobile Phone System – Täiustatud mobiiltelefonisüsteem

NMT – Nordic Mobile Telephony – Põhjamaade mobiilside

TACS – Total Access Communication System – Täieliku juurdepääsuga sidesüsteem

C-Netz – Radio Telephone Network C – Raadiotelefonivõrk C

D-AMPS – Digital Advanced Mobile Phone System – Täiustatud digitaalne mobiiltelefonisüsteem

IS-95 A – Interim Standard 95 A – Vahepealne standard 95 A

CDMA2000 – Code Division Multiple Access 2000 – Mitmekordne juurdepääs koodijagamisega 2000

LTE – Long Term Evolution – Pikaajaline areng

NR – New Radio – Uus raadio

EDGE – Enhanced Data GSM Environment – Laiendatud GSM-keskkond koos laiendatud andmetega

IS-95 B – Interim Standard 95 B – Vahepealne standard 95 A

HSPA – High Speed Packet Access – Kiire juurdepääs pakettidele

Km – kilomeeter

GPS – Global Positioning System – Globaalne positsioneerimissüsteem

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers – Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut

## **SISSEJUHATUS**

Käesoleva töö eesmärk on „Tänapäevaste kaugloetavate elektrienergia arvestite erinevate andmeedastuse tehnoloogiate analüüs. Millised on olemas praegu ja milliseid tehnoloogiaid on turule oodata lähima 10 aasta jooksul ning mis on erinevate tehnoloogiate plussid ja miinused“. See teema pakuti välja kolledži ja VKG Elektrivõrgud ühise töö tulemusena.

Iga võrguteenuse osutaja ja elektrimüügiettevõtte eesmärk on saavutada elektrivõrgu optimaalne toimimine ning olla võimeline suure täpsusega määrama aktiivvõimsuse kadusid ja kompenseerivate seadmete võimsust. Ettevõtte võrk on väga pikk ja see on eripära, mis toob kaasa liigse reaktiivvõimsuse tootmise ja elektrikadusid. Eelnevast lähtuvalt määratleti diplomitöö eesmärgid, milleks on: andmeedastustehnoloogiate analüüs, kaugloetavate arvestite kasutamise väljavaated ja andmeedastustehnoloogiate võrdlus. Käesoleva lõputöö teema on väga aktuaalne, sest elektrienergia mõõtmise ja energiakadude tähtsus on elektriturul kasvanud mitte ainult ettevõtete, vaid ka iga tarbija jaoks. On teada, et arvestid näitavad teatud aja jooksul tarbitud energiakogust ja kui varem oli vaja tarbimise kontrollimiseks pidevalt kohal olla ja arvestit jälgida, siis tänapäevases maailmas saab kogu selle teabe kaugjuhtimise teel telefoni või arvutisse. Kaugandmete kogumine ei võimalda mitte ainult saada teavet eemalt, vaid ka jälgida tarbimist palju täpsemalt.

# 1 ADDAX NP-07 SEADMED

Praegu VKG Elektrivõrgud kasutab hübriidsüsteemi, mis koosneb 5. ja 7. arvestite ja ruuterite mudelist. Praegu on ettevõttel 37800 ühendatud arvestit. Enamik arvesteid on 7. versiooni, kuid umbes 12% arvesteid on endiselt 5. versiooni ja nende arv väheneb järk-järgult. Üks ettevõtte probleemidest on see, et on olemas 2 tüüpi arvestid, 5 versioon on palju primitiivsem, mis ei võimalda neid konfigurereida.

## 1.1 Elektriarvesti

### 1.1.1 Arvesti põhifunktsioonid

- Koostalitlusvõime

Toetab mõõtjate ühilduvust teiste tootjate standardlahendustega.

- Multifunktsionaalsus

AMI-lahenduste puhul on toetatud arukate arvestite funktsionaalsus.

- Mitmetariifne mehhanism

Paindlik tariifipoliitika vähendab tippkoormust ja võimaldab tarbimise tasandamist intervalliandmete alusel.

- Kahesuunaline side

Võimaldab mõõtja integreerida mõõtesüsteemi ilma täiendavate sidekanalite loomise ja litsentsimisega seotud kuludeta.

- Kaks mõõtekanalit

Faas ja neutraaljuhe – täiendav mõõtmine neutraaljuhtmes tagab nõuetekohase mõõtmise ja kaitse võltsimise eest.

- Varavool

Säilitab loenduri kella ja mõned funktsioonid, kui peamine toiteallikas ei ole kättesaadav.

- Arvesti võltsimisandurid

Võimaldab jälgida võltsimiskatseid.

- Ettemaksu ja krediidi režimi toetus

Võimaldab tarbijal valida kõige sobivama elektrivarustuse viisi.

- Integreeritud releed

Tagab elektritarbimise tõhusa järelvalve ja nõudluse juhtimise.

- Lüüs

Pakub tuge kolmanda osapoole nutiseadmetele.

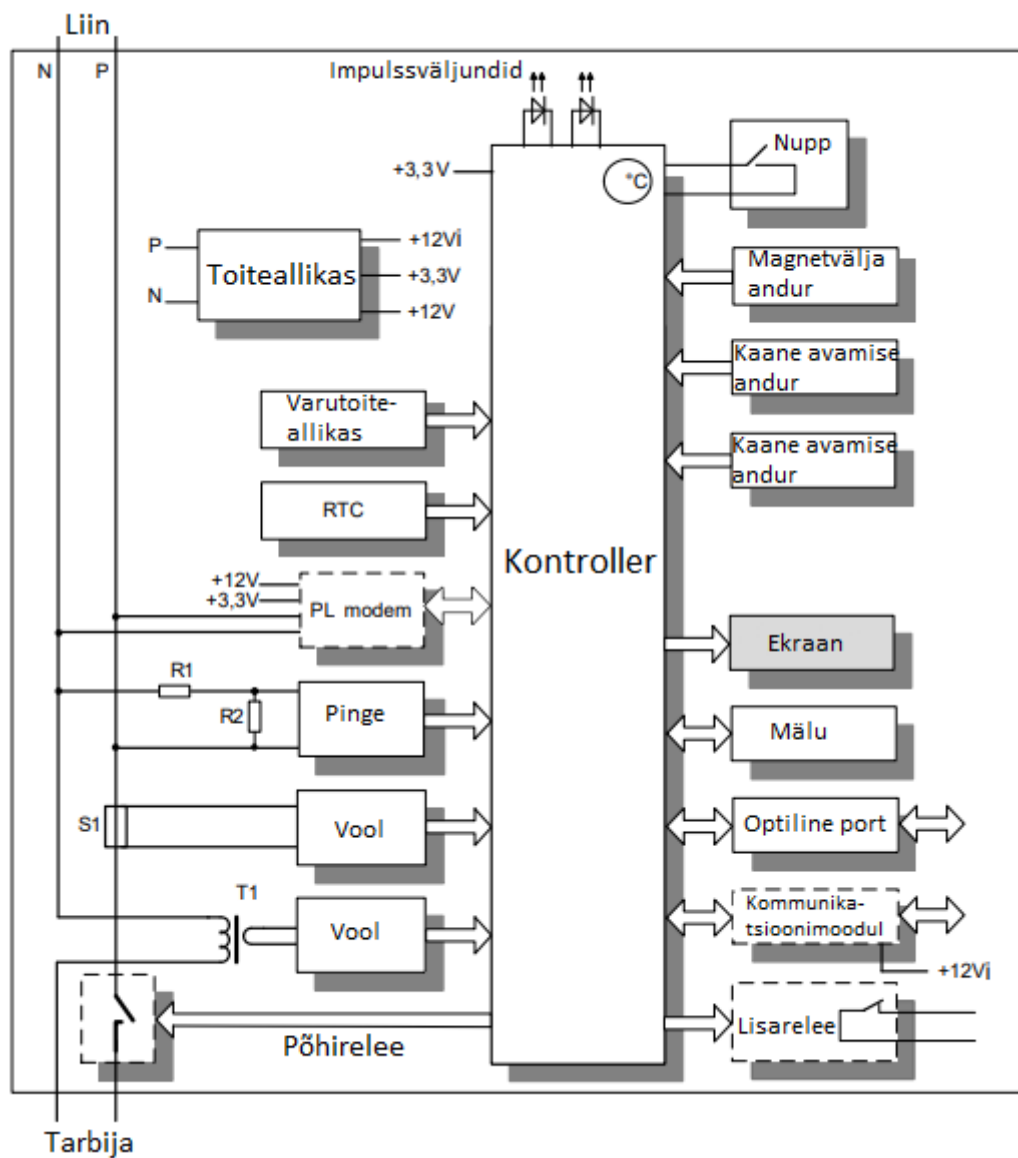
- USB-liides

Pakub sidekanalit kolmanda osapoole seadmetega.

- Sidemoodulid GSM / GPRS, CDMA, UMTS

Tagab otsese suhtluse keskuse rakendustega, olles alternatiivne PLC-kanal. [1]

### 1.1.2 Struktuurne skeem



Joonis 1.1 Ühefaasilise arvesti skeem koos abireleega [1]

Loenduri peamised sõlmed on:

- mõõtmissõlm;
- mikrokontrolleri blokk;
- toide, sealhulgas varutoiteallikas;
- sidesõlm:
  - PLC modem;
  - täiendav sidemoodul;
  - optiline port;
- koormuse juhtseade:
  - pearelee (ainult otse ühendatud arvestite jaoks);
  - lisarelee (üks või kaks olenevalt arvesti tüübist);
- ekraan;
- impulssväljundid;
- varguse faktide paljastamise skeem;
- andurid:
  - arvesti kaane/klemmide avanemisandurid;
  - temperatuuriandur;
  - magnetvälja andur;
- nupp (suletud valikuliselt, olenevalt arvesti mudelist). [1]

## 1.2 Ruuter

### 1.2.1 Ruuteri põhifunktsioonid

- Võrguseadmete haldus

Tuvastab uued/kadunud seadmed.

- Aja sünkroonimine

Sünkroonimine RTR/DCU kell NTP serveri abil süsteemi ajaga. Pidev kaugmõõtja kella sünkroonimine.

- Info kogumine

Iga mõõtepunkti mõõtmisandmete, häirete, sündmuste kogumine. Plaanilised andmepäringud, kogutud andmete säilitamine.

- DCU sündmuste logimine

RTR/DCU logib oma sündmused, mida võib saata kaugserverisse, kui edastamissuvand on lubatud.

- Kordamismehhanismi tugi

Võimaldab parandada arvesti kättesaadavust, kasutades repiiterina ADDAX seadmeid.

- Lõppseadmete tarkvara kaugvärskenduse tugi

Püsivara kujutis ja värskendatavate seadmete loend kantakse keskusest üle RTR/DCU-ssse. Seejärel edastab RTR/DCU selle pildi vastavasse seadmesse või seadmete rühma.

- Andmete salvestamine püsimälus

Pikaajaline andmesalvestus DCU jaoks. Salvestusaeg sõltub ühendatud arvestite arvust ja liitumisandmete mahust.

- Tagab turvalise andmeedastuse

Toetab turvalist IPsec andmeedastusprotokolli.

Ruuteri ja jaoturi funktsionaalsuse tugi – ruuteri ja andmekontsentraatori töörežiimide vahel vahetamine toimub veebiliidese abil.

- Staatiliste ja dünaamiliste IP-aadresside tugi

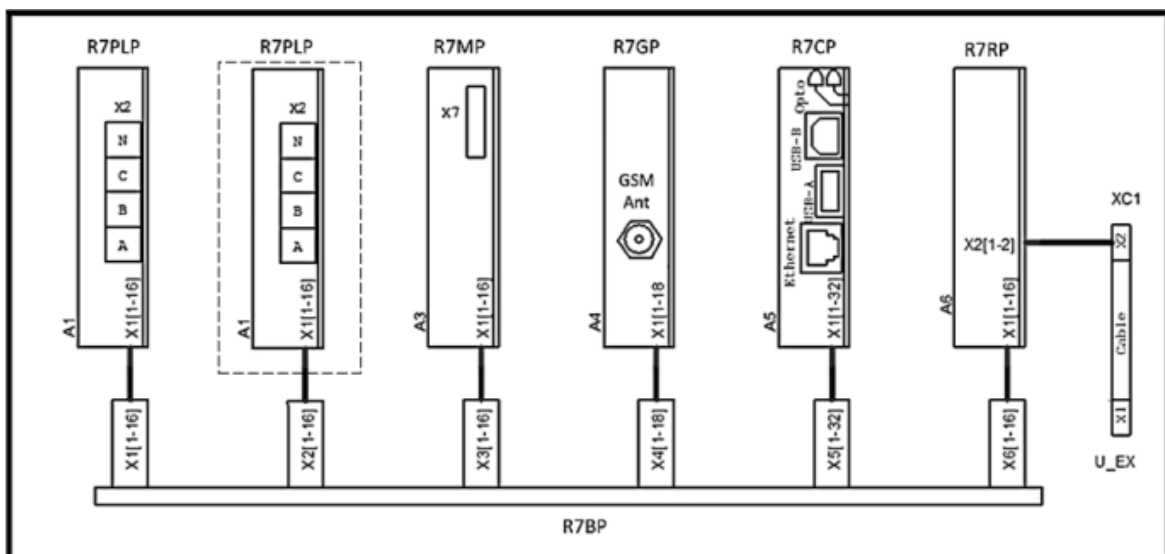
Kasutaja saab veebiliidese kaudu kaugjuhtimise teel valida RTR/DCU jaoks staatilise või dünaamilise IP-aadressi.

- Seadme tugi

Toetatavate seadmete arv sõltub kogutud andmete hulgast ja võrgutingimustest. Jaotur suudab stabiilse ühendusega koguda igapäevaseid andmeid kuni 1000 meetri kauguselt. Võimaldab toetada erinevate tootjate arvestid, millel on samad standardid.

[2]

### 1.2.2 Struktuurne skeem



Joonis 1.2 Ruuteri plokk skeem [2]

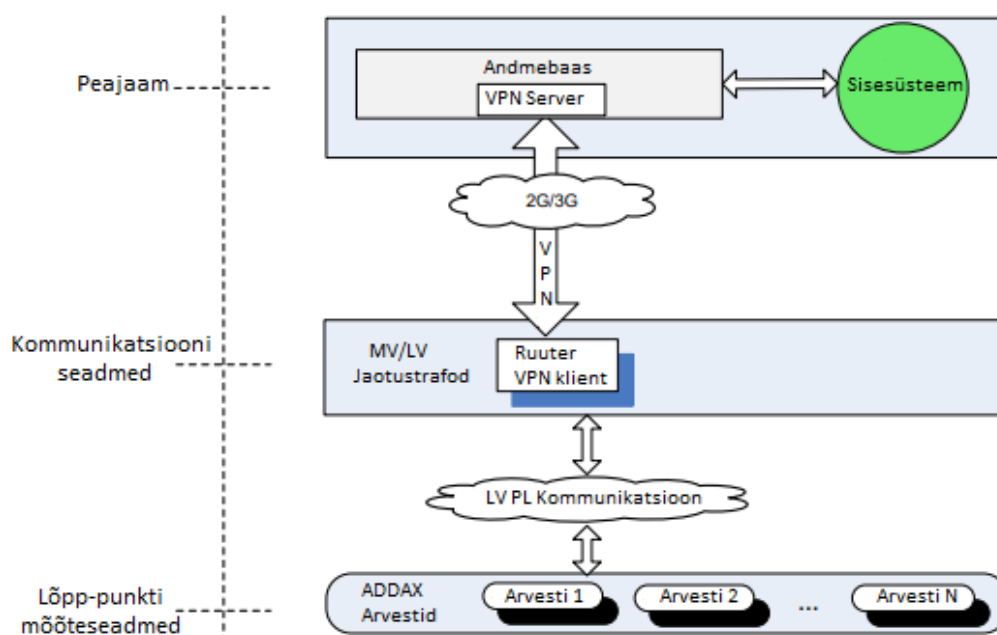


RTR/DCU sisaldab erinevaid plaatide komplekte, mis võivad olenevalt ruuteri tüübist erineda:

- alusplaat R7BP;
- mikrokontrolleri plaat (CPU) R7CP;
- põhitoiteplokk R7PLP – Tagab arvesti töö tavatingimustes. R7PLP plaat võib integreerida PL LV modemi (olenevalt ruuteri tüübist). Kahe toiteallika jaoks kasutatakse kahte R7PLP-d;
- varutoiteplaat kondensaatoripangaga R7RP. Üleliigne toiteallikas toetab järgmisi funktsioone:
  - reaalajakella töötamine pinge puudumisel;
  - kogu süsteemi jaoks talub toite väljalülitamisel 10 sekundit, mis võimaldab protsessoril salvestada kõik vajalikud andmed ja töö õigesti lõpetada;
  - kondensaator: hoiab RTC-d töös umbes 15 päeva voolukatkestuse korral;
  - võimalus ühendada välise katkematu toiteallikaga;
- PL LV – modem (S-FSK/OFDM modulatsioon) – pakub sidet üle PL LV. Võimalik integreerida samale plaadile põhitoiteallikaga (valikuline);
- GSM modem ja väline antenn - R7GP plaat;
- PL MV modem (OFDM modulatsioon) R7MP;
- ruuteri põhikomponendid saab paigutada erinevatele tahvlitele (klassikaline) või ühele tahvlile (õhuke disain). [2]

## 2 ADDAX NP-07 SÜSTEEMI ARHITEKTUUR

Teave edastatakse kahe tehnoloogia PLC ja GPRS abil (vt Joonis 2.1). Elektriarvestid on ühendatud ruuteriga, mis paigaldatakse alajaamas. Ruuter võtab arvestitelt andmeid vastu PLC tehnoloogia abil. Seejärel saadetakse ruuteri andmed GPRS tehnoloogia abil VPN kanali kaudu andmebaasi. Andmebaasist jagatakse kogu info erinevatele ettevõtetele erinevatele vajadustele. Teavet on andmebaasis hoitud alates 2016. aastast.



Joonis 2.1 ADDAX NP-07 süsteemi arhitektuur [2]

VKG Elektrivõrgud töötleb andmebaasist saadud infot spetsiaalses programmis (vt Joonis 2.2). Programm võimaldab jälgida ühendatud arvestid ja ruuterid. Programmi vasakus servas on näidatud alajaamad, kuhu ruuterid on paigaldatud. Valides alajaama, võib jälgida selle alajaamaga ühendatud arvestid. Programm näitab loendurisüsteemi numbrit, ressursi, ID, nimetust, staatust, konfiguratsiooni ja versiooni. Samuti võib programmi abil loendurid kaugjuhtimisega konfigurereida ja välja lülitada.

#	Resource	DeviceID	LogID	EAN Code	Point Name	Customer Code	Device Type	Device Status	Soft ver.
2539	Electro	10387651	ADD103...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2540	Electro	10844901	ADD108...		VABA		NP71L-1-8-1(7...	Verified	39
2541	Electro	11399783	ADD113...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2542	Electro	11399774	ADD113...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2543	Electro	10387615	ADD103...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2544	Electro	10387460	ADD103...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2545	Electro	10387470	ADD103...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2546	Electro	10387660	ADD103...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2547	Electro	11399759	ADD113...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2548	Electro	11399781	ADD113...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2549	Electro	10390061	ADD103...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28
2550	Electro	10387449	ADD103...		vaba		NP73L-2-5-2	Verified	28

Joonis 2.2 SIMS programm ühendatud arvestite vaatamiseks.

Tänapäeval on üks olulisemaid nõudeid elektriarvestitelt andmete edastamine 15 minutilise intervalliga elektritarbimise täpsemaks graafikuks. Hetkel toimub andmeedastus kord 60 minuti jooksul. Programm jagab tundi neljaks osaks ja saadab andmed ühe korra. Võimaldab läheneda 15 minutilisele nõudele. 15 minutilise intervalliga süsteem töötab ainult mõne ettevõtte puhul, kus see on kõige nõudlikum.

Probleemid seisnevad selles, et ruuteritest andmete edastamiseks andmebaasi kasutatakse mobiilioperaatorit. Kuid lähiajal lülitavad mobiilioperaatorid 3G võrgu välja ja ruuterid saavad toetada ainult 2G-d. 2G andmeedastuskiirus on palju aeglasem kui 3G võrkude puhul. Laboratoorses tingimustes on ruuter mõeldud 1500 samaaegselt ühendatud arvestite jaoks, kuid tegelikes tingimustes ühendab see ainult 500 - 600 arvestit. 2G ei tule sellise teabemahuga toime, sest andmeid tuleb edastada 4 korda sagedamini.

Samuti võib probleeme tekkida PLC tehnoloogiaga, mis ei ole andmeedastuseks ideaalne tehnoloogia. Elektrivõrkudes tekkiv müra mõjutab suuresti andmete korrektset edastamist.

## **2.1 Müra mõju signaalile**

Tänapäeval on peamine andmeedastustehnoloogia PLC. See tehnoloogia võimaldab signaale edastada olemasolevate juhtmete kaudu, mida juba kasutatakse elektrienergia jaoks. See võimaldab säästa juhtmete paigaldamisel ja kiirendab arvestite ühendamist, kuid tehnoloogial on üks suur puudus. See tehnoloogia on müra suhtes väga haavatav, müra põhjustab andmeedastusprobleeme, mis võivad kohale jõuda hilja või üldse mitte tulla.

Müra mõju uurimiseks PLC signaalile viidi läbi mitmeid katseid kõrge müra tingimustes, kuna elektrivõrku ühendatud on palju erinevaid seadmeid. Praktilise osa eesmärk oli uurida, kuidas müra graafikul välja näeb ja kuidas see müra häirib ruuterist loenduritele tulevaid signaale.

Praktiline osa on jagatud kaheks osaks:

- esimene osa hõlmas mudeli 7 ruuteri ühendamist;
- teine osa hõlmas mudeli 5 ruuteri ühendamist.

Igal graafikul on 3 erinevat värvi joont:

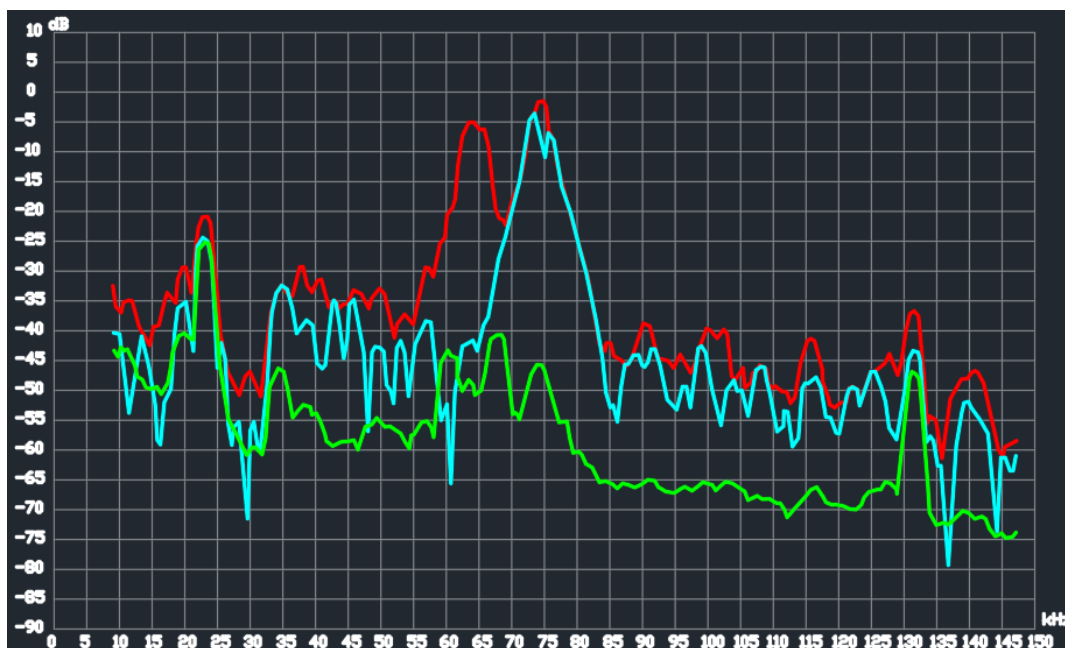
- Punane värv – tippväärtus
- Sinine värv – hetkeline väärtus
- Roheline värv – keskmine väärtus

### 2.1.1 Ruuter NP-07

Mudeli 7 ruuteri omadus on tähega „M” sarnane signaal.

- See katse viidi läbi filtri abil (vt Joonis 2.3).

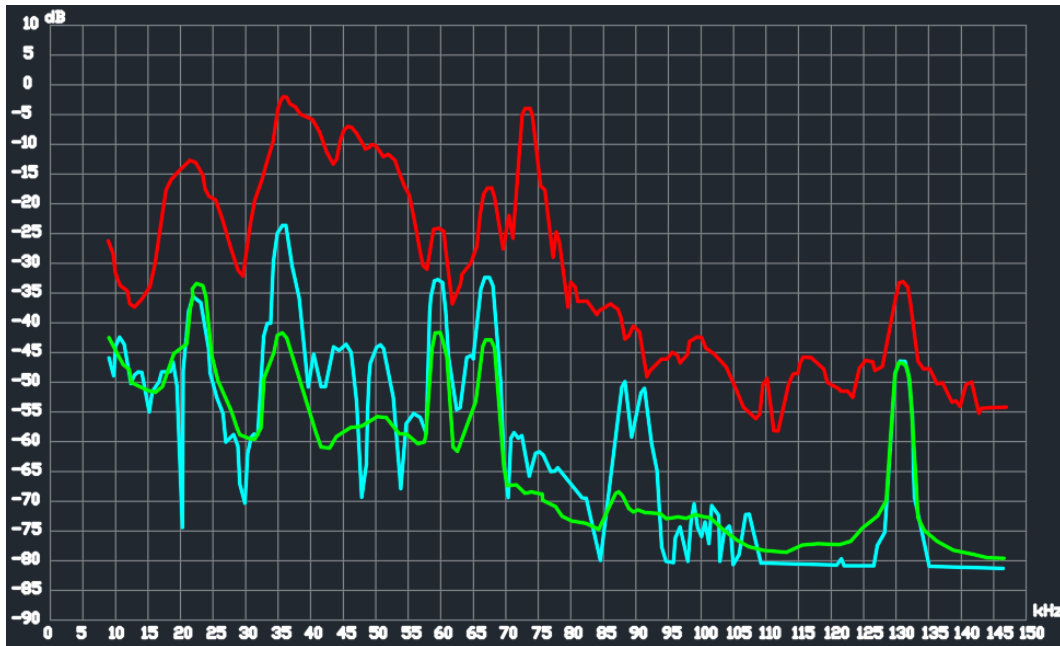
Joonis 2.3 näitab ruuterilt arvestisse tulevat signaali. Graafik näitab tähega „M” sarnast signaali sagedusvahemikus 55 kHz kuni 80 kHz. Seda tüüpi signaal on kõige tippväärtus, mis võimaldab signaalil edastada andmeid ruuterist arvestisse ilma probleemide ja viivitusteta. Graafik näitab, et sageduse kasvades müra tugevus väheneb.



Joonis 2.3 Ruuteri NP-07 signaal filtriga

- See katse viidi läbi ilma filtrit (vt Joonis 2.4).

Joonis 2.4 näitab ruuterilt arvestisse tulevat signaali. Diagrammi järgi on tähega „M” sarnast signaali palju keerulisem määrata. Eeldatavasti peaks soovitud signaal olema vahemikus 60 kHz kuni 80 kHz, kuid signaal ei ole nii selge kui eelmisel graafikul (vt Joonis 2.3). Seda tüüpi signaal ei ole kõige tippväärtus, mis võib mõjutada ruuterist arvestisse edastatavaid andmeid. Sellisel juhul jõuavad andmed kohale hilinemisega või veelgi suurema müraga ei pruugi andmed üldse kohale jõuda. Graafik näitab, et sageduse kasvades müra tugevus väheneb.



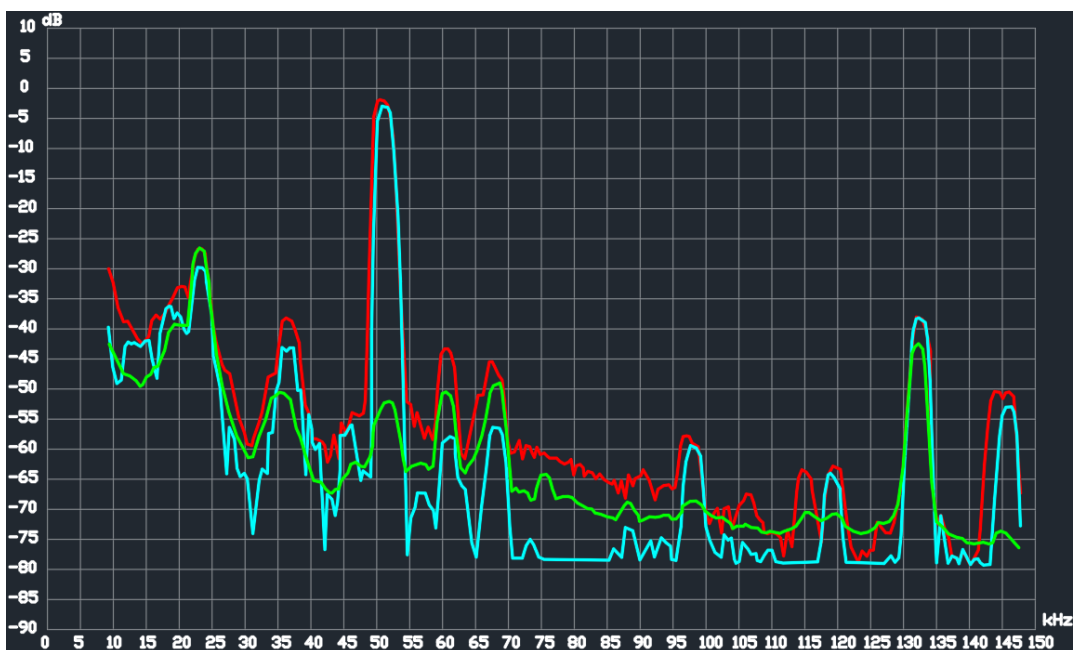
Joonis 2.4 Ruuteri NP-07 signaal filtrita

### 2.1.2 Ruuter NP-05

Mudeli 5 ruuteri omadus on üks tippsignaal.

- See katse viidi läbi filtri abil (vt Joonis 2.5).

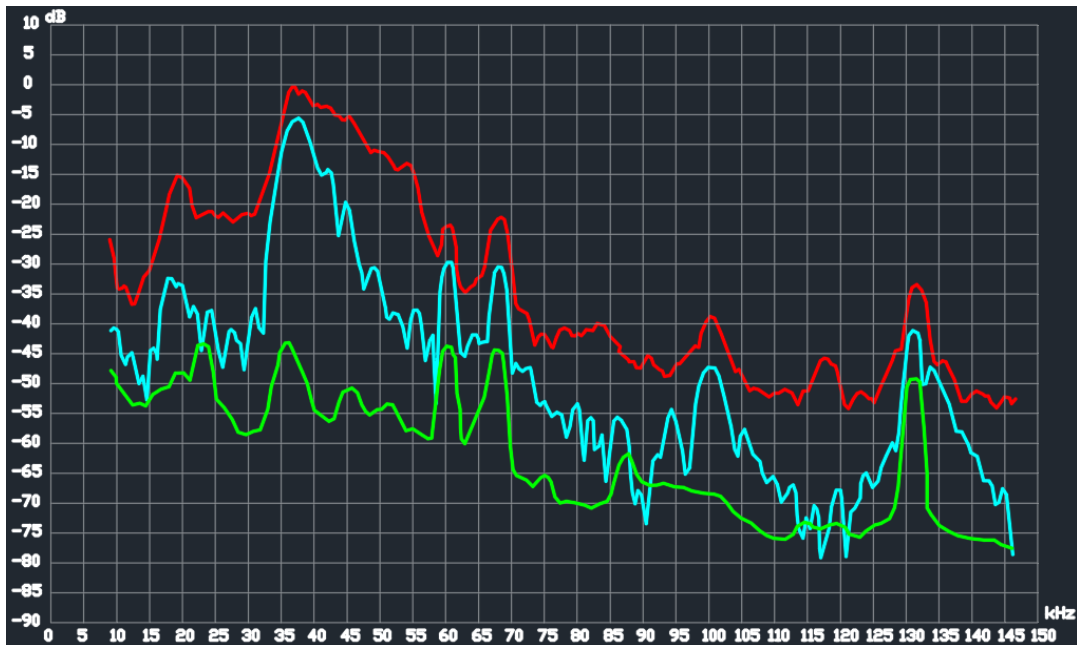
Joonis 2.5 näitab ruuterilt arvestisse tulevat signaali. Graafik näitab ühte tippsignaali sagedusvahemikus 45 kHz kuni 55 kHz. Seda tüüpi signaal on kõige tippväärtus, mis võimaldab signaalil edastada andmeid ruuterist arvestisse ilma probleemide ja viivitusteta. Graafik näitab, et sageduse kasvades müra tugevus väheneb.



Joonis 2.5 Ruuteri NP-05 signaal filtriga

- See katse viidi läbi ilma filtrit (vt Joonis 2.6).

Joonis 2.6 näitab ruuterilt arvestisse tulevat signaali. Graafikult on võimatu näha ühtki tippsignaali, mis peaks tulema ruuterilt. Sellisel juhul jõuavad andmed kohale hiline misega või veelgi suurema müraga ei pruugi andmed üldse kohale jõuda. Graafik näitab, et sageduse kasvades müra tugevus väheneb.

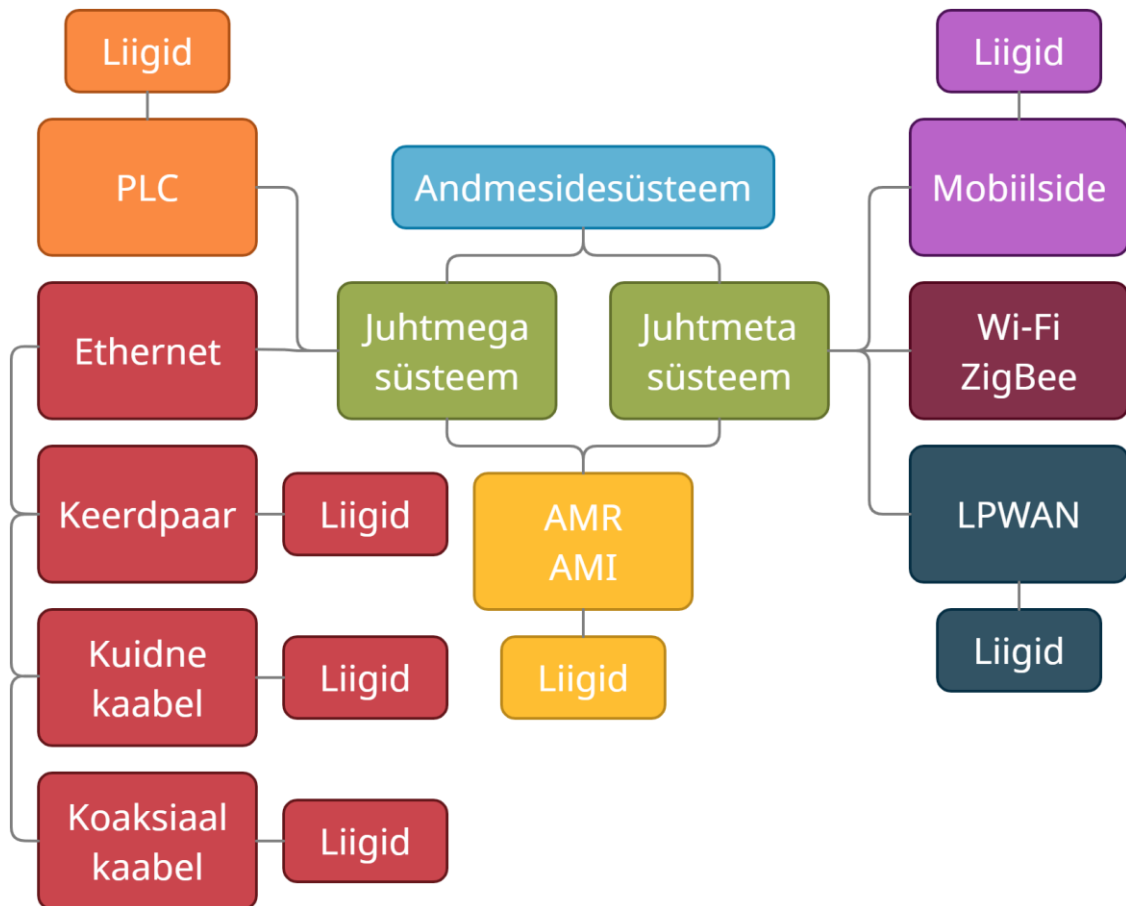


Joonis 2.6 Ruuteri NP-05 signaal filtrita

Selleks, et saavutada nõue edastada andmeid iga 15 minuti järel, tuleb otsida alternatiivseid andmeedastusviise, mis suudavad käsitleda suuri andmemahte minimaalsete probleemidega.

### 3 ANDMESIDESÜSTEEM

Andmeedastus liike on palju, kuid mitte kõik neist sobi elektriarvestitelt andmete edastamiseks. Näidatud on peamised meetodid, mida tööteema puhul arvesse võtta (vt Joonis 3.1).



Joonis 3.1 Andmesidesüsteemide klaster

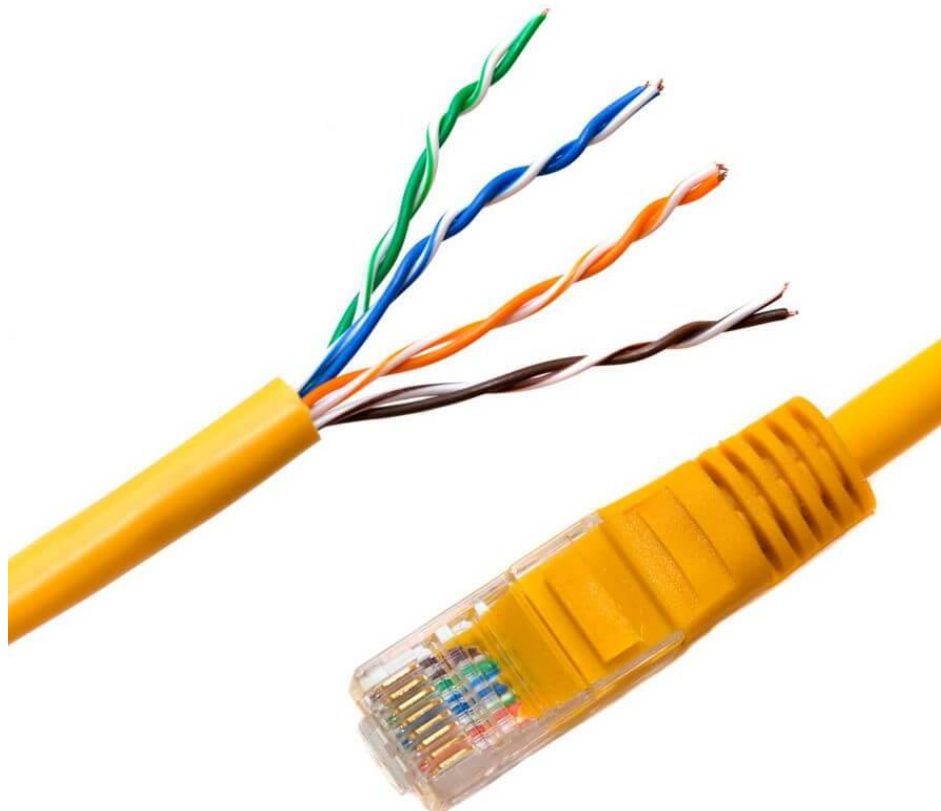
## 4 ETHERNET

Ethernet on traditsiooniline tehnoloogia, mida kasutatakse seadmete ühendamiseks juhtmega kohtvõrgus (LAN) või laivõrgus (WAN), võimaldades neil üksteisega protokollide (reeglistiku või ühise võrgukeele) kaudu suhelda. [3]

Etherneti kasutatakse seadmete ühendamiseks ühisesse kohtvõrku, mida usaldusväärseks, turvaliseks ja kiireks andmeedastuseks toetavad erinevad organisatsioonid, näiteks kontorid, haiglad, ettevõtted, firmad jne. Ethernet säilitab tasakaalu kulude, paigaldamise lihtsuse ja kiiruse vahel. Kaabel on kohalike võrkude loomisel üks olulisemaid komponente, mistõttu tuleb kaabli valikule läheneda hoolikalt, valides vajalikele nõuetele ja kasutustingimustele vastavad parameetrid. Etherneti kaudu andmete edastamiseks kasutatakse kolme tüüpi kaableid.

### 4.1 Keerdpaar

Keerdpaar on teatud tüüpi kaasaegne struktureeritud kaabel, mis koosneb paarikaupa keeratud isoleeritud juhtmetest. Seda kaablit kasutatakse laialdaselt telekommunikatsiooni- ja arvutivõrkudes füüsilise signaaliedastuskandjana. Kasutatakse Etherneti, Arcneti, Token ringi, USB tehnoloogiates.



Joonis 4.1 Keerdpaar ja keerupaari pistik [4]



### **4.1.1 Keerdpaaride kategooriad**

CAT 1 – (0,1 MHz) kaabel koosneb ühest juhtmepaarist, mida kasutati ainult telefonijuhtmete jaoks. Ei ole täna aktuaalne.

CAT 2 – (1 MHz) kaabel koosneb 2 paarist, mis on mõeldud TokenRingi ja Arcneti võrkude jaoks. Kiirus saavutati kuni 4 Mbps. Ei ole täna aktuaalne.

CAT 3 – (16 MHz) esimene 4-paariline kaabel, mis on mõeldud 10Base-T LAN-i jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 10 Mbps või 100 Mbps, kasutades tehnoloogiat 100BASE-T4 kuni 100 meetri kaugusel. Ei ole täna aktuaalne.

CAT 4 – (20 MHz) kaabel koosneb 4 paarist, mõeldud 10BASE-T ja 100BASE-T4 LAN-ide jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 16 Mbps ühe paari kohta. Ei ole täna aktuaalne.

CAT 5 – (100 MHz) kaabel koosneb 4 paarist, mis on mõeldud 100BASE-TX LAN-i jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 100 Mbps 2 paari kasutamisel.

CAT 5e – (125 MHz) kaabel koosneb 2 - 4 paarist, mis on mõeldud 100BASE-TX LAN-i jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 100 Mbps 2 paari kasutamisel ja 1000 Mbps 4 paari kasutamisel. See on kõige levinum ja seda kasutatakse arvutivõrkude jaoks.

CAT 6 – (250 MHz) kaabel koosneb 4 paarist, mis on mõeldud Fast Ethernet ja Gigabit Ethernet LAN-ide jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 10Gbps, kuid ainult lühikese vahemaa puhul kuni 55m. Mõeldud alternatiiviks CAT 5e kaablile.

CAT 6a – (500 MHz) kaabel koosneb 4 paarist, mis on mõeldud Etherneti jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 10 Gbps.

CAT 7 – (600 MHz) kaabel koosneb 4 paarist, mis on mõeldud 10GBASE-T LAN-i jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 10 Gbps. Algselt oli see CAT 6 võimsam versioon, kuid pärast CAT 6a tulekut muutus see ebaoluliseks.

CAT 7a – (1000 MHz) kaabel koosneb 4 paarist, mis on mõeldud 25G Etherneti jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 25 Gbps. Võimaldab edastada 40G Etherneti signaali kuni 15 meetri kaugusele.

CAT 8.1 – (1600 - 2000 MHz) kaabel koosneb 4 paarist, mis on mõeldud 40GBASE-T LAN-i jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 25 Gbps ja 40 Gbps. Võimaldab edastada 40G Etherneti signaali kuni 42 meetri kaugusele.

CAT 8.2 – (1600 - 2000 MHz) kaabel koosneb 4 paarist, mõeldud Etherneti jaoks. Andmeedastuskiirus kuni 25 Gbps ja 40 Gbps.

### **4.1.2 Keerdpaari kaitse**

TP – keerdpaar keerdumise tüübi järgi.

UTP – koosneb lihtsast kestast, kasutatakse ainult ruumides.

FTP või F/UTP – koosneb ühisest alumiiniumfooliumist ekraanist.

STP – koosneb võrgu kujul olevast välisest kaitsest ja iga paar asetatakse eraldi alumiiniumfooliumist ekraani.

S/FTP või SSTP – koosneb kahest varjest, ühest ühisest varjest, mis katab kogu kaabli ja eraldi varjestest iga juhtmepaari jaoks.

U/STP – koosneb eraldi varjestest iga alumiiniumfooliumist juhtmepaari jaoks.

SF/UTP või SFTP – koosneb kahest varjest täielikult kaabli kohta, üks varjestus on valmistatud vaskvõrgust ja teine varjestus on valmistatud alumiiniumfooliumist.

### **4.1.3 Eelised ja puudused**

Eelised:

- Mitmekülgsus

Seda tüüpi kaablit kasutades võib ühendada suure hulga erinevaid seadmeid, kuna keerdpaare on palju erinevaid. Võib valida õige seadme jaoks sobiva kaabli.

- Paigaldamise lihtsus

Kaabli struktuur on paindlik, mis võimaldab luua kohalikke võrke raskesti ligipääsetavates kohtades.

- Mitmekülgsus

Kaabel võimaldab edastada erinevat tüüpi signaale, välistades vajaduse täiendavate juhtmete paigaldamiseks.

- Suhteliselt madalad kulud.

Puudused:

- Mehaanilised kahjustused

Väikesed kahjustused põhjustavad tõenäoliselt signaali kadumise.

- Võimalik infoleke

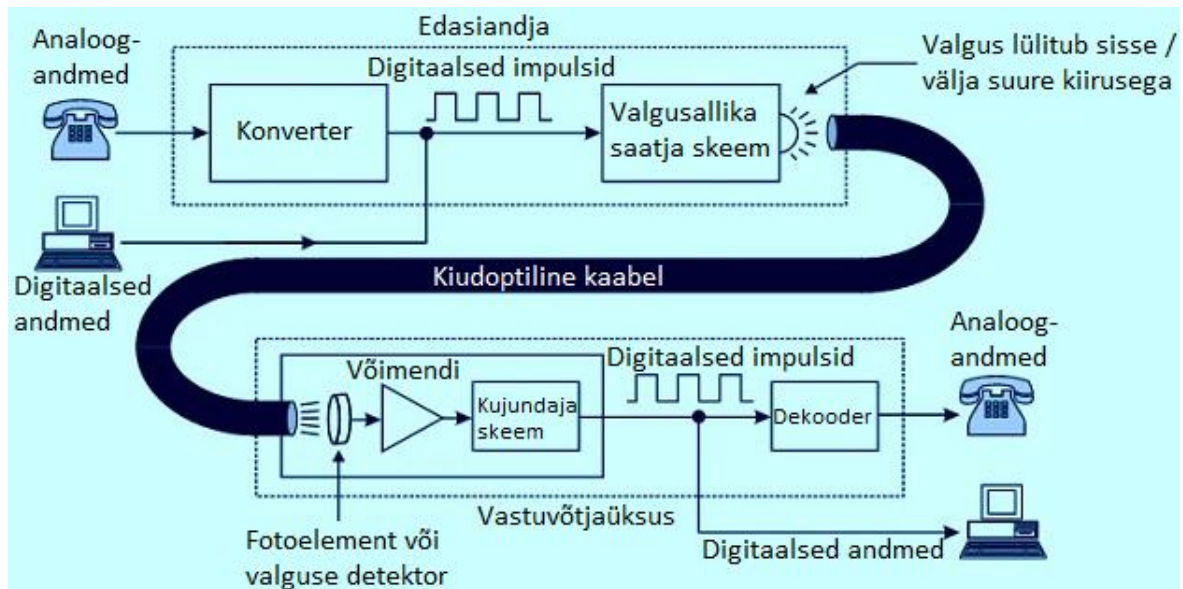
Võimalus kinni püüda keerdpaari väljastatav signaal ja pääseda ligi edastatavatele andmetele.

- Elektromagnetlainete mõju

Halveneb signaali kvaliteet, tekivad häired ja võib tekkida andmekadu.

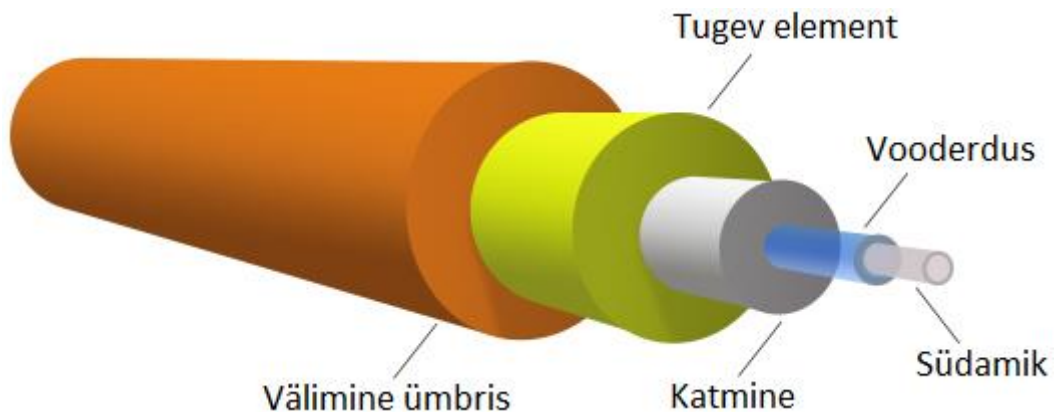
## 4.2 Kiudoptiline kaabel

Kiudoptiline kaabel on vaieldamatult kiireim andmeedastustehnoloogia. See uuenduslik tehnoloogia võimaldab edastada signaali valguslaine kiirusel. Optilise kiu kaudu edastatav signaal muundatakse elektrilisest signaalist valguseks ja vastuvõtuotsas taas valgusest elektrisignaaliks (vt Joonis 4.2).



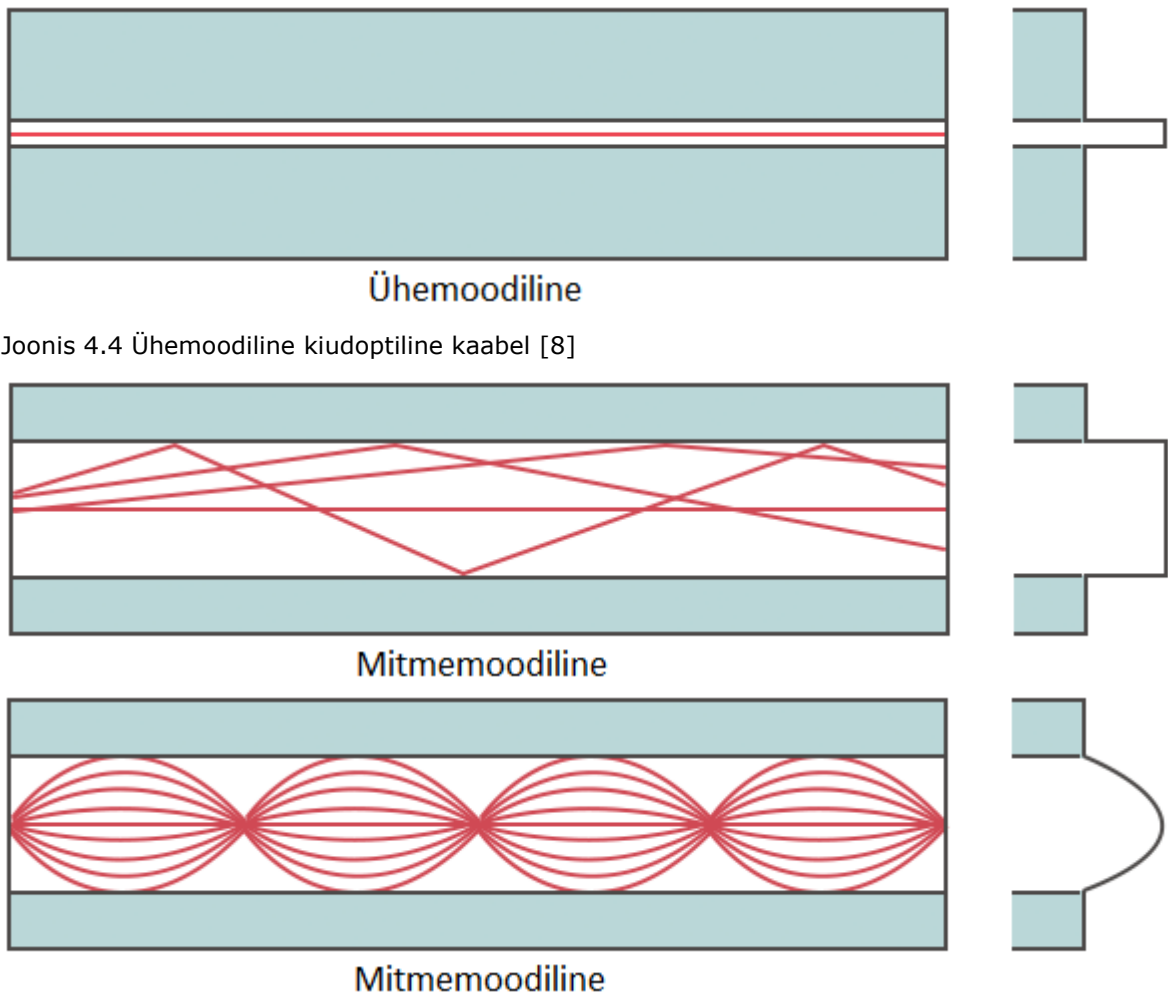
Joonis 4.2 Elektrilise signaali muundamine valgussignaaliks ja vastupidi [7]

Kaabel koosneb väga õhukestest juhtmetest, mis on valmistatud läbipaistvast klaaskiust ja on ümbritsetud neid üksteisest eraldava plastkestaga (vt Joonis 4.3).



Joonis 4.3 Kiudoptilise kaabli struktuur [8]

Kiudoptilisi kaableid on kahte tüüpi, nende erinevused on südamiku läbimõõdus. Ühemoodilise kiu läbimõõt on ligikaudu 9  $\mu\text{m}$  (vt joonis 4.4) ja mitmemoodilise kiu läbimõõt on 50 või 62,5  $\mu\text{m}$  (vt joonis 4.5). Mida väiksem on südamiku läbimõõt, seda väiksem on dispersioon (valgusimpulsi hägustumine) ja seda kaugemale saab signaali edastada.



Joonis 4.4 Ühemoodiline kiudoptiline kaabel [8]

Joonis 4.5 Mitmemoodiline kiudoptiline kaabel [8]

#### 4.2.1 Kiudoptiliste kaablite kategooriad

Sisepaigaldamiseks – kaabel peaks olema kerge, õhuke ja paindub, et seda võiks lühikese vahemaa jooksul siseruumides paigaldada.

Paigaldus ekraanimata kaablikanalitesse – soomustamata kaabel paigaldatakse selleks ette nähtud kaablikanalitesse. Optiline kiud ei tohiks saada väljastpoolt mehaanilisi mõjusid, samuti tuleb seda kaitsta niiskuse eest.

Ekraanitud paigaldus kaablikanalitesse – soomusega kaabel paigaldatakse spetsiaalselt selleks ette nähtud kaablikanalitesse, kus võivad tekkida väljastpoolt tulevad mehaanilised mõjud. Kaablikaitsena saab kasutada gofreeritud või siledast terastorst. Kaabli kaitse valitakse vastavalt vajadusele. Tuleb kaitsta niiskuse eest.

Maasse paigaldamine – kaabli paigaldamisel maapinnale kasutatakse metallist soomusega suletud kaablit. Soomus võib olla valmistatud traadist, mis peab vastu 80 kN koormusele või lintsoomusega, mis peab vastu väiksemale koormusele kuni 2,7 kN. Kui temperatuur on alla -10 kraadi, tuleb kaabel eelsoojendada. Tuleb tagada kaitse niiskuse eest.

Peatatud kaabel – kaablid paigaldatakse side- või elektriliinide tugele. Selline paigaldus on lihtsam ja mugavam. On paar olulist piirangut: kaabli paigaldamise ajal ei tohi temperatuur langeda alla -15 kraadi ja tugele vaheline kaugus ei tohi ületada 100 meetrit. Kui jõuelementides kasutatakse aramiidkiude, võib tugele vaheline kaugus suureneeda kuni 1000 meetrini.

Peatatud kaabel trossiga – trossi kasutatakse piksekaitseks, loomade poolt kahjustamise ohu korral ja pikkade vahemaade taha paigaldamisel. Kaabli vaba ruumala on täidetud hüdrofoobse ainega. Piiranguks on see, et seda ei saa paigaldada elektriliinidele.

Veealuseks paigaldamiseks – erinevalt metallkaablitest sõltub kiudoptilise soomuse suurus ainult reservuaari elanikest, mitte selle reservuaari sügavusest.

#### **4.2.2 Eelised ja puudused**

Eelised:

- Kerge kaal

Kiudoptika on palju kergem kui elektrikaablid.

- Vastupidavus

Lubatud piire ületavate välismõjude puudumisel vähemalt 25 aastat.

- Suur läbilaskevõime

Kaabli struktuur võimaldab saavutada mitu korda suurema andmeedastuskiiruse kui läbi metallkaabli.

- Turvalisus

Võimaldab programmidel tuvastada koheselt volitamata juurdepääsu andmetele.

- Kõrge häirekindlus

Vastupidavus elektrikaablitega tekkivatele probleemidele, nagu maandusahelad või elektromagnetilised häired.

Puudused:

- Haprus

Kiudoptiline kaabel on mehaaniliste kahjustuste suhtes haavatavam kui metallkaabel.

- Väike võimsus

Valgust kiirgavad allikad on piiratud väikese võimsusega. Võimsuse suurendamiseks on vaja lisavarustust.

- Teeninduspersonal

Vajadus spetsialistide järele kaabli paigaldamiseks ja hooldamiseks.

## 4.3 Koaksiaalkaabel

Koaksiaalkaabel on elektrijuht, mis koosneb kesksüdamikust ja ekraanist. Need on eraldatud isoleeriva materjali või õhukambriga, kuid asuvad samal teljel. See edastab raadiosageduslikke elektrisignaale. [10]

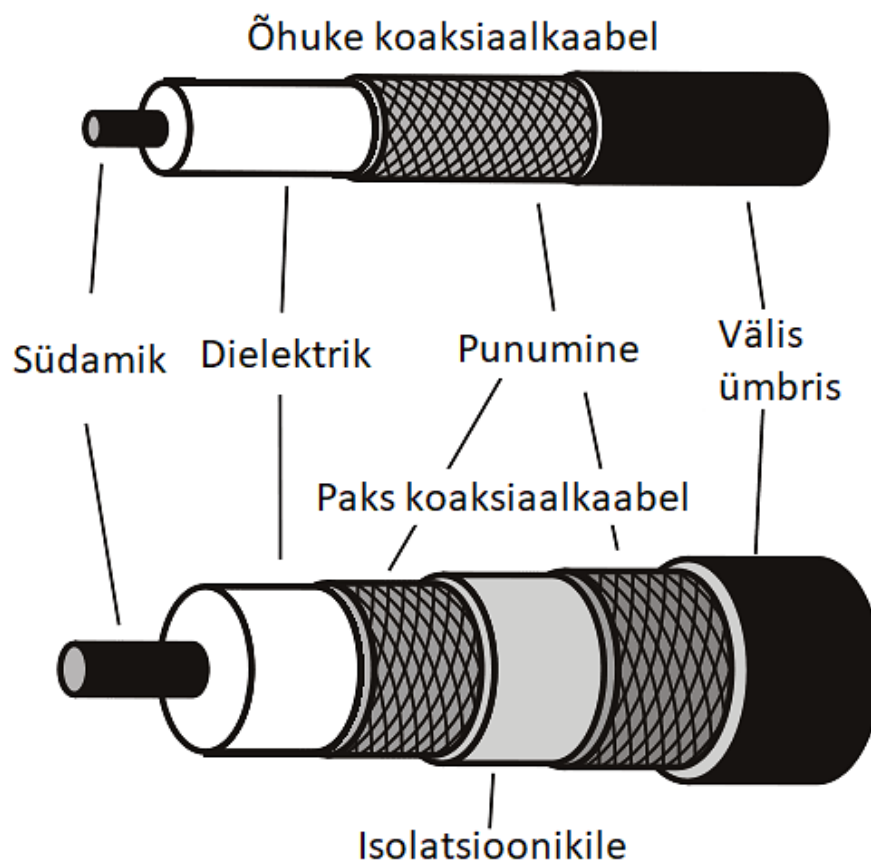
### 4.3.1 Koaksiaalkaablite kategooriad

Koaksiaalkaableid on palju, kuid kõik tüübid võib jagada kahte tüüpi: õhukesed ja paksud (vt Joonis 4.6).

Kaabel valitakse vastavalt võrguparameetritele. Koaksiaalkaablid on tähistatud RG numbriga, mis eristab kaablitüüpe, kuid need on määratud juhuslikult ja neil ei ole mingit konkreetset tähendust.

Kõikidest nimetustest on RG-6 ja RG-59 kaks kõige levinumat koaksiaalkaablitüüpi.

- RG-6 on suurema läbimõõduga kaabel, millel on paksem isolatsioonikiht ja parem varjestus.
- RG-59 peetakse standardkaabliks. Kaabel on õhukese südamiku läbimõõduga, õhukese isolatsioonikihiga ja väiksema varjestusega.



Joonis 4.6 Kahe tüüpi koaksiaalkaablid [10]

### 4.3.2 Eelised ja puudused

Eelised:

- Sumbumine

Madal sumbumine võrreldes keerdpaariga.

- Sagedus

Toetab kõrgsagedust kuni mitmesaja meetrini kuni 4 GHz.

- Stabiilsus

Stabiilsed omadused laiade töösageduste korral.

- Läbilaskvus

Suurem kui keerdpaaril.

- Paigaldus

Suhteliselt lihtne paigaldada.

Puudused:

- Haprus

Suhteliselt kergesti mehaanilise koormuse poolt kahjustatav.

- Paigaldus

Keerulisem paigaldada kui keerdpaar.

- Lisad probleemid

Ühendused on kallid ja neid on raske paigaldada.

- Hind

Paksude kaablite paigaldamine on kallis.

- Läbilaskvus

Halvem kui kiudoptilise kaabli puhul.

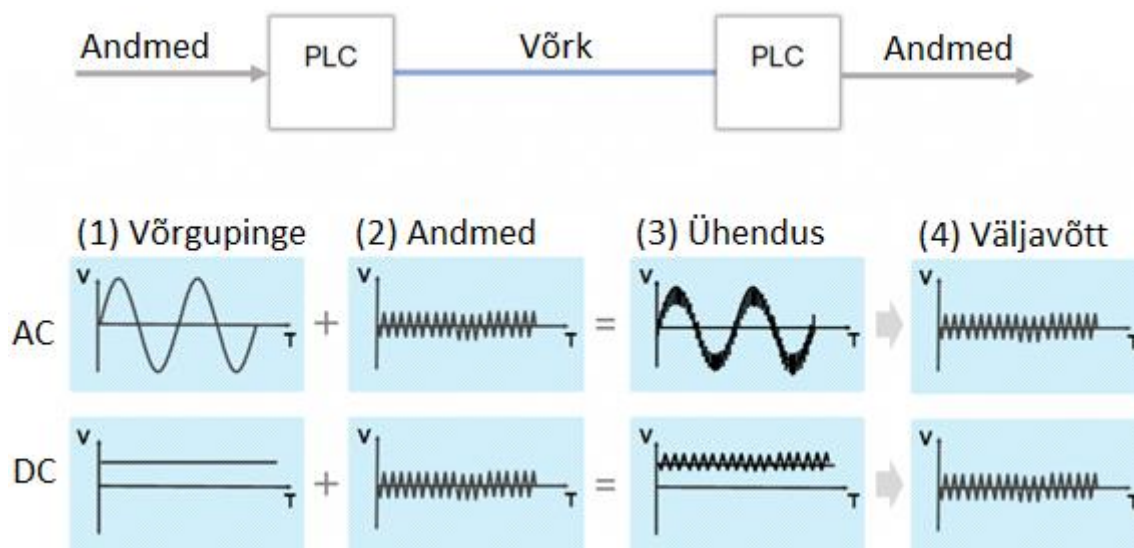
## 5 PLC

PLC tehnoloogia on telekommunikatsioonitehnoloogia, mis põhineb andmete edastamisel olemasolevate elektrivõrkude abil. Kasutades olemasolevaid kaableid ülekandevahendina, on võimalik kiiresti ja odavalt ehitada võrk. Võrku on võimalik ehitada mitte ainult elektriliinide, vaid ka koaksiaalkaablite, keeratud paarikaablite jne abil. PLC kasutamine ei mõjuta elektri ülekandmist juhtmete kaudu. Mõiste PLC on üldmõiste, mis hõlmab igasugust andmeedastust elektrivõrgu kaudu. [14]

### 5.1 Tööpõhimõte

PLC tehnoloogia aluseks on signaali sagedusjaotuse kasutamine, mille käigus kiire andmevoog jagatakse mitmeks suhteliselt väikese kiirusega vooks, millest igaüks edastatakse eraldi alamkandja sagedusel ja seejärel ühendatakse üheks signaali (vt Joonis 5.1).

PLC koosneb saatjast, mis moduleerib andmed ja saadab need läbi sidevahendi ja vastuvõtjast, mis demoduleerib andmed edasiseks kasutamiseks (vt Joonis 5.1).



Joonis 5.1 PLC tehnoloogia tööpõhimõte [15]



## 5.2 Tehnilised omadused

Tabel 5.1 PLC tehnoloogiate variandidid. [15]

Sagedusgrupp	Nimetus	Sagedus	Kaugus	Kiirus
Kitsas sagedusala	G3-PLC	<148.5 kHz (EU) <490 kHz (FCC)	Pikk	<280 kbps
	Prime			<1 Mbps
Keskmine sagedusala	HPLC	0.7 – 12 MHz	Keskmine	150 kbps – 10 Mbps
Lai sagedusala	HD-PLC	1.8 – 100 MHz	Lühike – keskmine	62.5 Mbps – 1 Gbps
	HomePlug	1.8 – 50 MHz	Lühike	200 Mbps – 1.3 Gbps
	G.hn	2 – 200 MHz		300 Mbps – 2 Gbps

## 5.3 Kasutusvaldkonnad

PLC tehnoloogia on ajalisel tunnustatud, mis võimaldab seda tehnoloogiat kasutada paljudes tööstusharudes. Seda tehnoloogiat võib kasutada järgmistes tööstusharudes:

- Kohalik kontorivõrk

Annab võimaluse kasutada kohalike võrkude loomiseks väikestes kontorites, kus eeliseks on võrgustamise lihtsus, seadmete mobiilsus ja võimalus võrku laiendada.

- Tark maja

Annab uusi võimalusi „tark maja“ süsteemi loomiseks. Põhimõte on see, et kõik seadmed peaksid olema ühendatud ühtsesse infovõrku koos tsentraliseeritud juhtimise võimalusega. Selleks sobivad väga hästi 230 V elektrivõrgud.

- Linnaautomaatika

Annab võimaluse kasutada olemasolevat elektrivõrku protsesside automatiseerimiseks, st teabe automatiseeritud kogumiseks reaajas TCP/IP põhiste süsteemide kaudu. Teavet võib koguda trafoalajaamade jälgimiseks, linnavalgustuse koordineerimiseks ja automaatse energiamõõtmis süsteemi jaoks.

- Ohutussüsteem

Annab võimaluse luua videovalvesüsteem, kus peamisteks nõueteks saab olema võrgustamise lihtsus, seadmete mobiilsus ja võrgu laiendamise võimalus.

- Internetiühendus

Võimaldab luua internetiühenduse, kui interneti kaablit ei ole võimalik kasutaja asukohta paigaldada. Võimaldab kasutada ära igas hoones olemasolevat elektrilist kommunikatsioonisüsteemi. Tänu PLC adapteritele saab iga hoone pistikupesa muuta Interneti-ühenduspunktiks.

## 5.4 Eelised ja puudused

Eelised:

- Kulud

Ei nõua kaablite paigaldamise kulusid, kasutab olemasolevaid kaableid.

- Paigalduskiirus

Võimaldab kiiret ühendamist olemasolevatesse võrkudesse ja sama kiiret demonteerimist ja konfigureerimist.

- Turvalisus

Tänu kaasaegsetele krüpteerimisalgoritmidele on andmeedastus turvaline.

Puudused:

- Läbilaskvus

Läbilaskvus on kehv, kuna seda jagatakse kõigi võrgus osalejate vahel.

- Sõltuvus

Süsteemi kiirus ja stabiilsus sõltub kasutatava elektrijuhtmestiku kvaliteedist.

- Võrgufiltrid

PLC probleem on see, et võrgufiltrid tajuvad andmeedastust häiretena ja hävitavad need andmed. Nõuab spetsiaalsete lisavarustust.

## 6 MOBIILSIDE

Mobiilside on telekommunikatsiooni liik, mille puhul edastatakse kõne-, teksti- ja pilditeavet abonentide traadita lõppseadmetele, mis ei ole seotud konkreetse asukoha või territooriumiga. [19]

Kogu mobiilside põhineb suure hulga tugijaamade kasutamisel, millest igaüks katab väikese piirkonna ehk raku. Mobiilside jaoks luuakse jaamade võrk, millest iga jaam pakub juurdepääsu piiratud piirkonnas toimuvale sidepidamisele. Kogu mobiilsidewõrk on jagatud piirkonnarakkudeks, mis moodustavad leviala. Ühe jaama leviala sõltub mägedest, hoonetest ja muudest objektidest, mis põhjustavad signaali nõrgenemist ja vähenemist igas suunas erinevalt. Samuti on väga raske määrata raku täpset serva. Signaali tugevus väheneb järk-järgult ja raku serva suunas väheneb jõudlus. Mobiilside pidevaks toimimiseks peavad rakud tingimata üksteisega kattuma. Kogu piirkonna katmiseks paigaldavad operaatorid lisaks tugijaamadele oma jaamad nii tööstushoonetele, büroohoonetele, kauplustele, elamutele jne. Operaatorite täiendavad jaamad võimaldavad katta ala ühtlasemalt ja lünkadeta, et tagada stabiilne ja pidev töö.

### 6.1 Mobiilside peamised valdkonnad

Mobiilsidesüsteemil on mitu erinevat valdkonda, millel on erinevad funktsioonid. Mobiilside jaguneb 3 peamiseks valdkonnaks:

- Mobiiltelefon ja kasutajaseade (UE) on mobiilsidesüsteemi element, mida kasutaja näeb. Ala, mis võimaldab kasutajal juurdepääsu kõne- ja andmeteenustele. Seda süsteemi saab ühendada aruka arvestiga, et automaatselt näitusid saata.
- Raadio juurdepääsuvõrk (RAN) on ala, mis pakub sidet kasutajaseadmete ja võrgu enda vahel.
- Põhivõrk on ala, mis haldab kogu süsteemi, salvestab kasutajaandmeid, haldab juurdepääsu kontrolli ja muid funktsioone. [21]

### 6.2 Mobiilside põlvkonnad

Mobiilside paraneb pidevalt ja hetkel on olemas 5 põlvkonda. Mobiilside põlvkond on teatud standardite raames toimivate võrkude funktsionaalsuse kogum. Iga uue põlvkonna mobiilside puhul muutuvad ja paranevad erinevad standardid. Mobiilsidewõrgud võib jagada peamisteks põlvkondadeks nende arengu järgi: 1G, 2G, 3G, 4G ja 5G. Igal mobiilsidewõrkude põlvkonnal on rida nõudeid, mida vastav mobiilsidetehnoloogia täidab, neid nõudeid nimetatakse standarditeks (vt Tabel 6.1).

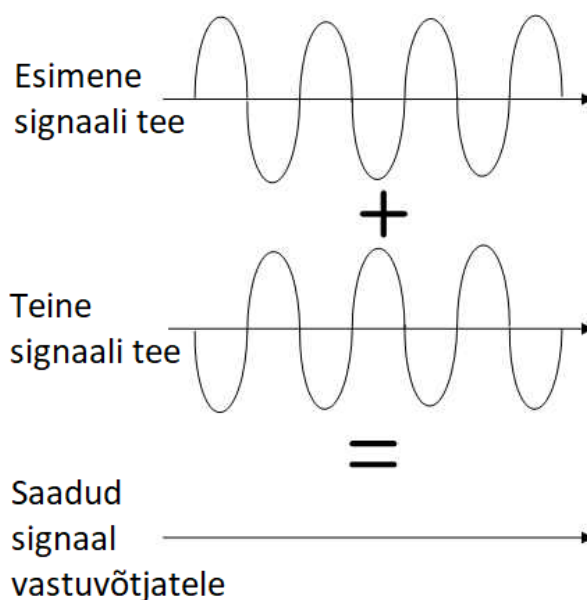
Tabel 6.1 Mobiilside põlvkonnad ja nende omadused [22]

	1G				2G			3G		4G	5G	
Standard	AMPS	NMT	TACS	C-Netz	GSM	D-AMPS	IS-95 A	UMTS	CDMA2000	LTE	NR	
Signaal	Anaalog				Digitaalne			Digitaalne		Digitaalne	Digitaalne	
Väljalaske-aasta	1980				1990			2000		2010	2020	
Parandamine	-				GPRS		IS-95 B	HSPA	EVDO Rev. 0	LTE-Advanced		
					EDGE			HSPA+	EVDO Rev. A EVDO Rev. B	LTE-Pro		
Võimalused	Ainult hääl				Hääl + SMS + Andmed							
Maksimaalne allalaadimis-kiirus	-				GPRS	171.2 kbps		UMTS	2 Mbps	LTE	300 Mbps	10 Gbps
					EDGE	384 kbps		HSPA	14.4 Mbps			
					IS-95 A	14.4 kbps		HSPA+	42 Mbps	LTE-A	1 Gbps	
					IS-95 B	115 kbps		CDMA2000	153 kbps	LTE-Pro	3 Gbps	
								EVDO 0	2.4 Mbps			
								EVDO A	3.1 Mbps			
								EVDO B	14.7 Mbps			

- Esimene põlvkond (1G):

Esimene põlvkond on analoogsignaali standard, mille tõttu tekivad selle põlvkonna peamised probleemid: halb häirekindlus, šifreerimise puudused, madal andmeside maht ja kiirus. Suur probleem on ka signaali segamise mõju, millega ei saa tõhusalt toime tulla.

Signaali segamine toimub siis, kui signaali koopiat on hilinenud signaali perioodiga mitmekordselt, mille puhul võivad kaks signaali vastuvõtjas kuhjuda ja üksteist neutraliseerida (vt Joonis 6.1). See probleem toob kaasa kommunikatsiooni kvaliteedi halvenemise ja vigade arvu suurenemise.



Joonis 6.1 Signaali hääbumine [23]

- Teine põlvkond (2G):

Teine põlvkond on juba digitaalsignaali standard. Digitaalsignaali on võimaldanud andmeedastust, suurendanud võrgu läbilaskevõimet, parandanud mürakindlust ja uusi

võimalusi teabe krüpteerimiseks edastamise ajal. Samuti on võimalik luua rändlussüsteem, mis võimaldab teenuste osutamist väljaspool abonendi põhivõrgu piirkonda.

- Kolmas põlvkond (3G):

Kolmanda põlvkonna mobiilsidevõrk töötab pakettandmeside põhimõttel, mis mõjutab oluliselt selle võrgu funktsionaalsust. Tänu suuremale andmeedastuskiirusele võib lisaks SMS-i saatmisele kasutada ka lisafunktsioone, näiteks filmide vaatamist, videokonverentse jne.

Kolmanda põlvkonna peamised eelised on see, et andmeedastuskiirused on suurenenud, häirekindlus on paranenud, signaali turvalisus on parem ja energiatarbimine on vähenenud.

- Neljas põlvkond (4G):

Neljas põlvkond töötati välja eesmärgiga suurendada oluliselt andmeedastuskiirust, kasutades digitaalset signaalitöötlust ja lihtsustades võrguarhitektuuri, et vähendada andmete viivitust.

Neljanda põlvkonna eelised seisnevad selles, et andmeedastuse kiirus oluliselt suurenenud aga viivitus on oluliselt vähenenud.

- Viies põlvkond (5G):

OFDMA põhinev tehnoloogia NR, nagu LTE, mis põhineb mitmekordsel juurdepääsul, ortogonaalsel sagedusjaotusel. See erineb eelmiste põlvkondade mobiilsidevõrkudest selle poolest, et tänu sisseehitatud paindlikkusele võib see teenindada mitmesuguseid kasutusviise. Võimaldab töötada erinevates sagedusalades, sealhulgas kõrgetel ja madalatel sagedustel.

## **6.3 Mobiilside omadused**

- Suure võimsusega koormuse tasakaal

Kui üks juurdepääsupunkt on ülekoormatud, võimaldab kasutajatel minna üle teisele juurdepääsupunktile vastavalt olemasolevale võimsusele.

- Ulatus

Võimaldab katvust ja võimsust laiendada vastavalt vajadusele, ei ole vaja teha põhjalikku kapitaalremonti ega luua täiesti uut võrku.

- Võrguhaldussüsteem

Võimaldab kogu traadita võrgu haldamist ühest tsentraliseeritud punktist.

- Rollipõhine juurdepääsukontroll

Võimaldab määrata võrgule juurdepääsu jaoks rolle vastavalt sellele, milliseid eesmärke kasutaja või seadmed püüavad saavutada.

- Kattevõimalused

Võimaldab katta nii sisemist kui ka väliskülge, et süsteem püsivalt toetada.

- Võrgu juurdepääsu kontroll

Võimaldab registreerida seadmeid turvalisuse ja võrgule juurdepääsu kontrollimiseks, määraotes kasutajatele rolle ja rakendades võrguühenduse poliitikaid.

- Rändlussüsteem

Võimaldab kasutajatel edukalt liikuda ühest juurdepääsupunktist teise, ilma jõudluse halvenemise.

- Broneerimine

Võimaldab reserveerida traadita süsteemi jaoks vajalikke täiendavaid andmemahte sõltuvalt konkreetsest keskkonnast ja vajadustest.

- Kaitse

Võimaldab kaitsta kasutajaid tuntud ja tundmatute ohtude eest. [24]

## **6.4 Eelised**

- Paindlikkus

Traadita side võimaldab inimestel suhelda üksteisega sõltumata asukohast.

- Kulutõhusus

Kulud vähenevad tänu traadita sidepidamisele, mis ei nõua füüsilist infrastruktuuri (juhtmed või kaablid) ega hooldusmeetodeid.

- Kiirus

Iga uue põlvkonnaga suureneb andmeedastuskiirus ja paraneb võrguühendus.

- Juurdepääs

Traadita tehnoloogia võimaldab lihtsat juurdepääsu kaugetele piirkondadele.

- Pidev side

Seadmed suudavad säilitada pidevat sidet isegi siis, kui seadet liigutatakse ühest kohast teise. [24]

## **7 LPWAN**

LPWAN on traadita võrgu tüüp, mis on mõeldud erinevate seadmete, sensorite, andurite ja mõõteseadmete telemeetriaandmete edastamiseks pikkade vahemaade taha. Tehnoloogia on spetsiaalselt loodud selleks, et pakkuda lihtsat, usaldusväärset ja kuluefektiivset sidevahendit anduritele, mis on levinud suurtel aladel ja katab kiirusest sõltumatute rakenduste vajadused. [25]

Selle tehnoloogia peamised omadused vähene energiatarbimine ja laiaulatuslik leviala. LPWAN-i andmeedastuseks kasutatav lähenemisviis on väga sarnane mobiilsidevõrkude lähenemisviisiga, kuid kasutab erinevaid andmeedastusprotokolle.

### **7.1 Omadused**

- Andmeedastus

Tehnoloogia põhineb andmete vahetamise põhimõttel väikeste andmepakettidena. See on ideaalne andurite ja seadmete jaoks, mis peavad edastama väikese andmehulgaga signaale. Andmeedastuskiirus sõltub konkreetsest rakendusest ja ulatub mõnest bitist kuni mitmesaja bitini.

- Kaugus ja leviala

Madala andmeedastuskiiruse tõttu võimaldab suurendada raadiosignaali võimsust ja suurendada oluliselt signaali ulatust ning vähendada suure ala katmiseks vajalike tugijaamade arvu. LPWAN-i leviala on tunduvalt pikem kui mobiiltelefoniside ja ulatub mõnest kilomeetrist kuni mitmekümne kilomeetrini.

- Läbilaskvus

Kõrge läbilaskvus võimaldab stabiilset tööd isegi linnakeskkonnas, kus signaal peab läbima hoonete seinad.

- Jõudlus

Andmeedastusprotokollid võimaldavad signaali töödelda, kasutades paralleelseks signaalitöötluseks suure jõudlusega protsesse, ning tänu raadiosignaalide suurele levialale on võimalik vähendada tugijaamade arvu, mis omakorda vähendab võrgu ülalpidamiskulusid.

- Energiatõhusus

Seadmed on võimelised töötama pikka aega tänu nende suurele võrguautonoomiale, mis on saavutatud suure võimsusega akude ja madala energiatarbimisega. Seadmed tarbivad andmeedastuseks mõne sekundi jooksul väga vähe energiat ja ülejäänud aja on nad puhke olekus, mis tarbib veelgi vähem energiat.

- Viivitusae

Andmeedastuse viivitusae on ligikaudu paar sekundit. See ei ole kriitiline andurite ja loendurite puhul, mis ei vaja andmete vastuvõtmisel ja saatmisel väga suurt täpsust.

## 7.2 Tehnoloogia pakkujad

- Sigfox

Tehnoloogia, mille on välja töötanud Prantsuse ettevõtte, mis opereerib Euroopas LPWAN võrke ja mis põhineb nutiseadmete sideteenuste pakkumisel.

- LoRa

Semtech-i poolt välja töötatud tehnoloogia, mis kasutab signaali lairibamoduleerimist. LoRa võrkude jaoks peavad seadmed olema projekteeritud Semtech-i transiiverite baasil.

- Ingenu

USA ettevõtte poolt välja töötatud tehnoloogia, mis kasutab patenteeritud edastamisprotokolli RPMA. Ettevõtte tegeleb võrkudega USA-s.

- „Стриж“

Vene ettevõtte poolt välja töötatud tehnoloogia, mis kasutab patenteeritud kitsasriba raadioülekandeprotokolli. Selle tehnoloogia eripära on NVIDIA CUDA GPU-d kasutavate jaamade täiustamine.

## 7.3 Eelised ja puudused

Eelised:

- Kaugus

Signaali leviala 5 km kuni 30 km.

- Energiatõhusus

Võrk tarbib vähe energiat ja tagab pikk kasutusiga.

- Läbilaskvus



Madalate sageduste kasutamine muudab süsteemi usaldusväärseks ka raskel maastikul ning võimaldab tal tungida hoonete seintesse ja keldritesse.

- Juhtimise lihtsus

Lihtne võrgu haldamine tänu intelligentsele arhitektuurile.

- Turvalisus

Turvaline andmeedastus krüpteerimisalgoritmide abil.

Puudused:

- Kiirus

Väga madal andmeedastuskiirus.

- Viivitus

Suur viivitus lõpp-punktide vahel, mis ei sobi kõigile seadmetele.

## **8 TRAADITA SIDE TEHNOLOOGIAD ZIGBEE JA WI-FI**

Traadita kohtvõrkude loomiseks kasutatakse 2 kõige levinumat andmeedastustehnoloogiat.

### **8.1 ZigBee**

ZigBee on traadita side standard seadmete vaheliseks suhtluseks, mis kasutab standardit IEEE 802.15.4. See tehnoloogia kasutab madala energiaga raadiolainete abil seadmete omavahelist ühendamist ja seega luua väikese traadita võrgu. ZigBee standardi kaudu omavahel ühendatud seadmed kasutavad ühist suhtluskeelt, mis võimaldab teabe edastamist seadmete vahel ilma ruuterit ühendamata, kuid kasutades kesk seadet, mis jaotab signaali seadmete vahel. Tehnoloogia eeliseks on see, et võimaldab ühendada suure hulga seadmeid.

#### **8.1.1 Eelised ja puudused**

Eelised:

- Energiatõhusus

Madal energiatarbimine.

- Kanalid

Fikseeritud kanalid sagedusalas 2,4 GHz.

- Sagedus

Alla 1 GHz sagedusalade tugi. [28]

Puudused:

- Keeruline süsteem

Kompleksne süsteem, mis koosneb rakkudest.

- Ribalaius

Väike ribalaius [28]

## **8.2 Wi-Fi**

Wi-Fi on traadita kohtvõrgu standard erinevate seadmete vaheliseks suhtlemiseks, mis kuulub standardikomplekti IEEE 802.11. Wi-Fi kasutab raadiolainete nagu mobiilsidevõrgud aga väikeses ulatuses, näiteks: majades, kaubanduskeskustes, platsidel jne. [30]

Wi-Fi on praegu kõige populaarsem traadita tehnoloogia teabe edastamiseks lühikeste vahemaade taha. Seda traadita tehnoloogiat täiustatakse pidevalt ja praegu on 6 erinevat põlvkonda, Wi-Fi 1, Wi-Fi 2 jne. Igal uuel põlvkonnal on oma eelised suurema andmeedastuskiiruse, leviala ja võimalike ühendatud seadmete arvu näol.

### **8.2.1 Eelised ja puudused**

Eelised:

- Kiirus

Kohalike traadita võrkude andmeedastuskiirused on kõige suurem.

- Kanalid

Kanalite tugi 2,4 GHz ja 5 GHz sagedusalades.

- Kaitse

Suurenenud kaitse [28]

Puudused:

- Kaugus

Väheneb leviala, kui andmeedastuskiirused suurenevad või kui liigutakse 5 GHz sagedusalasse.

- Kokkusobimatus

Sobib halvasti akutoitega anduritele.

Kiiruse sõltuvus

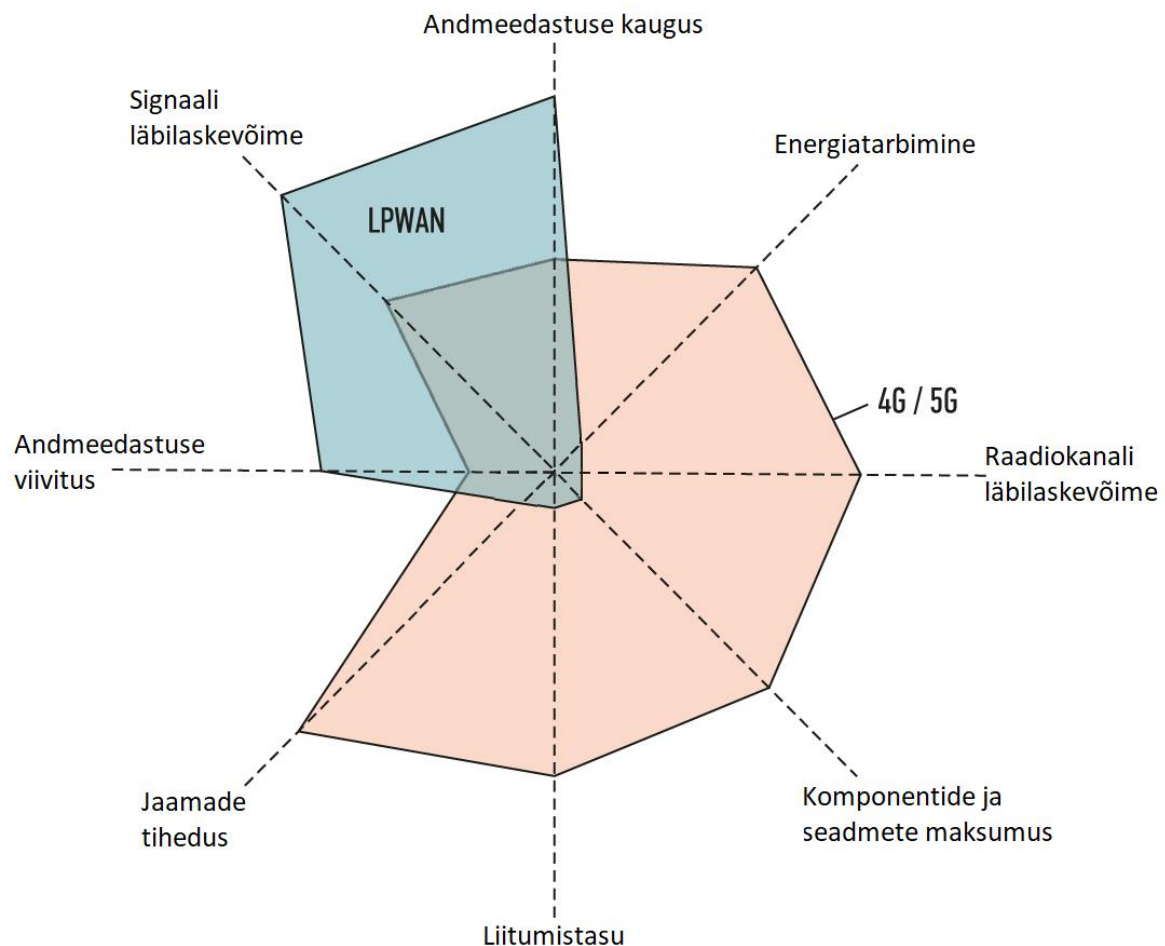
Andmeedastuse kiirus sõltub kaugusest, takistustest, elektromagnetilistest häiretest ja võrku ühendatud seadmete arvust. [28]

## 9 ANDMEEDASTUSTEHNOLLOOGIATE VÕRDLUS

Erinevaid andmeedastustehnoloogiaid võrreldakse erinevate parameetrite alusel.

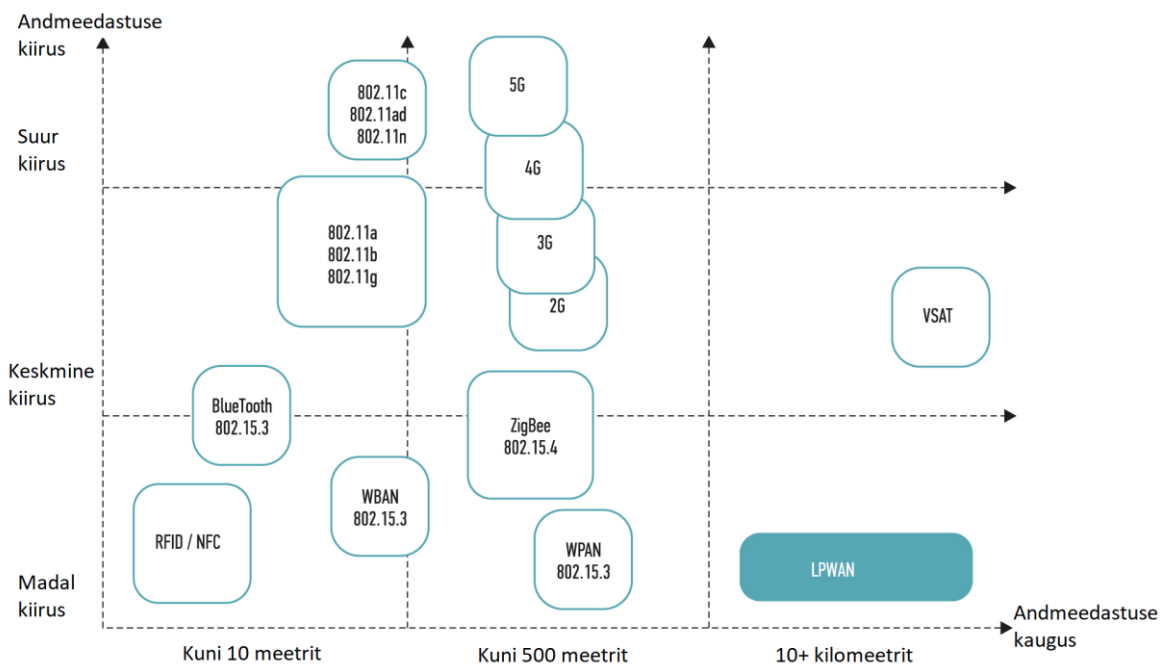
### 9.1 Traadita andmesidetehnoloogiate võrdlus

Võrreldakse 2 traadita kaugandmetehnoloogiat, mida võib kasutada andmete edastamiseks ruuterist andmebaasi. Neid kahte tehnoloogiat võrreldakse 8 erineva kriteeriumi alusel (vt Joonis 9.1).



Joonis 9.1 LPWAN-i ja mobiilside võrdlus [25]

Võrreldakse palju erinevaid traadita andmesidetehnoloogiaid kiiruse ja kauguse järgi (vt Joonis 9.2). Võib eristada kahte tehnoloogiat: mobiilside (2G, 3G, 4G, 5G) ja LPWAN, mis sobivad kõige paremini andmete edastamiseks ruuterist andmebaasi. Kuid LPWAN-tehnoloogia peamine probleem on see, et andmeedastuskiirus on liiga madal ja seega on parim mobiilside.

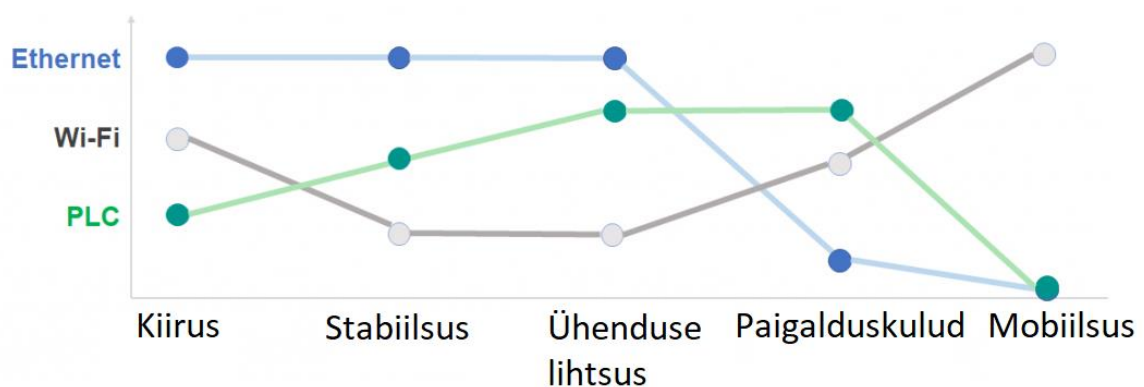


Joonis 9.2 Traadita andmesidetechnoloogiate võrdlus kiiruse ja kauguse järgi [25]

## 9.2 Ethernet, Wi-Fi ja PLC võrdlus

Võrreldakse 3 andmeedastustehnoloogiat kohtvõrgu loomiseks, mida võib kasutada andmete edastamiseks elektriarvestitelt ruuterisse. Kolme tehnoloogiat võrreldakse viie erineva kriteeriumi alusel (vt Joonis 9.3).

Kohalike võrkude elektrimõõtjatelt teabe saamiseks on kaks peamist kriteeriumi: kiirus ja stabiilsus. Ethernet on kiiruse ja stabiilsuse poolest parim tehnoloogia, mis võimaldab luua kõige sobivama lokaalse võrgu elektrimõõtjate andmete edastamiseks (vt Joonis 9.3).



Joonis 9.3 Andmeedastustehnoloogiate võrdlus kohtvõrgu jaoks [15]

## 10 AMR JA AMI TEHNOLOOGIAD

AMR on tehnoloogia, mida kasutatakse gaasi-, elektri- või veearvestitelt tarbimis-, diagnostika- ja olekuandmete automaatseks kogumiseks. Seejärel edastab AMR need andmed kesksesse andmebaasi arveldamiseks, tõrkeotsinguks ja analüüsiks. AMR süsteem kogub reaalajas andmeid ning salvestab ja analüüsib andmeid erinevate rakenduste jaoks. [31]

AMR on seade, mida võib paigaldada olemasolevale arvestile ja muuta tavaline arvesti arukaks arvestiks, mis on juba võimeline saatma andmeid ühendatud võrgu kaudu. AMR on ühesuunaline side, mis võimaldab andmeid mõõteriist saata, kuid ei võimalda neid vastu võtta.

AMI on tehnoloogia, mis kasutab valmis nutikaid arvestid. Sellised arvestid edastavad andmeid võrku tavaliselt üks kord päevas ja ilma võimaluseta andmeid reaalajas vaadata. AMI on kahe-suunaline side, mis võimaldab andmete saatmist ja vastuvõtmist. [31]

### 10.1 AMR JA AMI VÕRDLU

AMR-i või AMI ostmine sõltub tarbija vajadustest, eelarvest ja kommunaalteenuse pakkujast. Kui tarbija arvesti on heas seisukorras, muudab AMR-i lisamine selle kiiresti ja ökonoomselt arukaks arvesti, mis suudab andmeid reaalajas jälgida. AMI ostmine on vajalik, kui kliendi olemasolev arvesti on vananenud või ebausaldusväärne, kui on vaja kahepoolset sidet ja kui on vaja üksikasjalikumate teavete (vt Tabel 10.1).

Tabel 10.1 AMR ja AMI võrdlus [31]

	AMR	AMI
Kommunikatsioon	Ühepoolne	Kahepoolne
Teave esitatud	Tarbimine, maksimaalne tarbimine	Tarbimine, igapäevane kasutamine, tipp-tarbimine, pingeteave, katkestuse teave, kasutamise aeg, loata juurdepääsu teatamine
Mugavus	Informatsioon kogutakse eemalt	Informatsioon kogub kolmas osapool ja saadab need tarnijale
Eelarve	Prognoosimine ja kulude vähendamine	Prognoosimine ja kulude vähendamine
Mitmekülgus	+	-
Moderniseerimine	+	-
Reaalajas režiim	+	-

## 10.2 AMR tüübid

Erinevaid AMR-tehnoloogiaid saab kasutada eri viisil loetud arvestite puhul:

- Sensori tehnoloogia

Puutekraaniga arvuti, mis võtab näitu mõõteseadmega tihedalt kokku puutudes. Mõõtuuri näitu sobitatakse andmebaasis oleva seerianumbriga ja salvestatakse, et neid hiljem arvutisse laadida arveldamiseks või andmete kogumiseks [31]. Seda tehnoloogiat võib nimetada ka „kohalikuks või lokaalseks“, sest kasutaja peab olema mõõtja paigaldamise koha lähedal.

- Raadiosagedusvõrk RF

Raadiosagedusvõrk saab vastu võtta eri tüüpi raadiosagedusi: kaasaskantavad, mobiilsed, satelliit- ja püsivõrgu lahendused. Tehnoloogia peamine eelis on see, et kasutaja saab andmeid eemalt. Kauglugemine suurendab andmete lugemise kiirust, kaotades vajaduse isikliku kohaloleku järele ja vähendades vahelejäänud lugemiste arvu. Seda tehnoloogiat kasutatakse ühesuunalise, kahesuunalise ja hübriidse andmeedastuse jaoks.

- Manuaalne AMR

Manuaalset AMR-i võib nimetada „mööda kõndimist“. Inimene käib ringi käsiarvutiga, millel on sisseehitatud saatja, et koguda arvestite näitusid.

- Mobiilne AMR

Saatja-vastuvõtja asub sõidukis. Seade loeb arvestid, kui sõiduk möödub läheduses. Seadmed sisaldavad GPS- ja kaardistamistarkvara abil pakutavaid navigatsioonifunktsioone. Juht peab sõitma läbi teenindusala, kuni kõik arvestid on loetud. Mobiilne AMR koosneb järgmistest osadest: sülearvuti või arvuti, tarkvara, RF-saatja ja väline autoantenn.

- Satelliidi AMR

Mõõtjatele on paigaldatud satelliitsaatjad, mis koguvad ja edastavad teavet paiksete või mobiilsete satelliidivõrkude kaudu. Sobib eriti hästi madala asustustihedusega piirkondadele.

- Wi-Fi AMR

Võimaldab teabe edastamist Wi-Fi vastuvõtjate abil.

- PLC AMR

Võimaldab andmete edastamist elektriliinide abil. Seda tehnoloogiat kasutatakse peamiselt elektriarvestite puhul, kuna need arvestid töötavad elektriyaotusvõrkudes.

## 10.3 Eelised

- Täiustatud koormuse juhtimine

Suur hulk andmeid võimaldab energiaettevõtetel pakkuda linnas või riigis usaldusväärsemat ja stabiilsemat energiat.

- Ettevalmistus tulevikuks

Rohkem andmeid võimaldab kommunaalettevõtetel paremini valmistuda mastaapsuse ja muude energiavarustust ja kulusid mõjutavate tegurite jaoks.

- Kommunikatsioon

Võimaldab AMI-d kasutavatel energiaettevõtetel andmeid SIM-kaartide abil edastada.

- Efektiivne probleemide lahendamine

Loodav suur andmemaht võimaldab kommunaalteenustel avastada katkestusi ja tegeleda ennetavalt hooldusega, ootamata, kuni klient probleemist teatab. Aitab kiirendada remondiaega ja vähendada hoolduskulusid

- Täiustatud arvelduse täpsus

Vähem arveldusvigu ja vähendab uuesti arveldamise vajadust. Kõrvaldab vead, mis võivad ilmned a andmete käsitsi salvestamisel ja arvutamisel.

- Paindlikum protsesside komplekt

Võimaldab hinnata elektritarbimist erinevatel kellaaegadel, nädalas, kuus ja aastas. Nende andmete kättesaadavus võimaldab energiaettevõtetel struktureerida oma hindu ja lepinguid, pakkudes tarbijatele erinevaid vastastikku kasulikke võimalusi.

- Täiustatud klienditeenindus

Võimaldab energiaettevõtetel kaotada vahe arvestinäitude ja klienditeeninduse vahel. Kiirem juurdepääs tarbimisandmetele vähendab lugemise ja arveldamise vahelist viivitust.

- Energiasäästu

Kliendid, kes näevad reaajas kasutust ja sellega seotud kulusid vähendavad suurema tõenäosusega oma tarbimist. [31]

## KOKKUVÕTE

Tänapäeva maailma on raske ette kujutada ilma elektrita. Elektrienergia stabiilse ülekande tagamiseks püüavad võrguteenuse osutajad ja elektrienergia müüjad tagada võrgu optimaalse toimimise ning võime määrata suure täpsusega aktiivvõimsuse kadusid ja kompensatsiooniseadmete võimsust. Võrgustik optimaalse toimimise ja energiakadude määramiseks on vaja kiiresti ja probleemideta saada andmeid elektriarvestitelt.

Andmed edastamiseks on mitmeid viise, kuid mitte kõik neist sobivad elektriarvestitest andmete edastamiseks. Dokumendis tuuakse esile ja kirjeldatakse peamisi andmeedastusmeetodeid ning iga tehnoloogia omadusi, et oli võimalus tehnoloogiaid paremini tutvuda ja valida konkreetse olukorra jaoks midagi sobivat.

VKG Elektrivõrkude eesmärk on saada elektrimõõtjatelt stabiilseid andmeid. Arvestid näitavad teatud aja jooksul tarbitud energia kogust ja kui varem oli vaja saada andmeid vähemalt kord kuus, siis tänapäeval on vaja saada kogu vajalik teave elektrimõõtjatelt iga 15 minuti tagant. Tehtud tööde põhjal on kõige paljulubavamad ülekandemeetodid Ethernet kohalike võrkude loomiseks mitmekorruselistes hoonetes ning 4G ja 5G mobiilside ruuterite jaoks, mis edastavad teavet andmebaasi üsna pika vahemaa taha. Kaks meetodit parandavad andmeedastussüsteemi ja kõrvaldavad PLC tehnoloogias esinevad probleemid ning 2G ja 3G mobiilside puudused. Ethernet ja täiustatud mobiilside võimaldavad elektriarvestitelt saada stabiilset teavet mitte iga 60 minuti tagant, nagu praegu, vaid iga 15 minuti tagant, mille poole tuleks püüelda.



## **SUMMARY**

It is difficult to imagine today's world without electricity. In order to ensure the stable transmission of electrical energy, network service providers and electricity retailers strive for an optimal network operation and the ability to determine active power losses and the capacity of compensation devices with great accuracy. In order to create an optimal network operation and determine power losses, it is necessary to obtain data from electricity meters quickly and without problems.

There are many ways of transmitting information, but not all methods are suitable for transmitting data from electric meters. In this document, the main data transmission methods are highlighted and described, as well as the features of each technology, so people can become more familiar with the technology and choose something appropriate for a particular situation.

The objective of VKG Elektrivörgud is to obtain stable data from electricity meters. The meters show the amount of energy consumed in a certain period of time, and while in the past it was necessary to receive data at least once a month, in today's world it is necessary to receive all the necessary information from electricity meters every 15 minutes. Based on the work done, the most promising transmission methods are Ethernet for creating local networks in buildings and 4G and 5G mobile communication for routers, which transmit information to the database over quite a long distance. Two methods will improve the data transmission system and eliminate the problems found in PLC technology and eliminate the drawbacks of 2G and 3G mobile communications. Ethernet and improved mobile communications will allow stable information from electricity meters not every 60 minutes, as is currently the case, but every 15 minutes, which should be strived for.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Sisedokument, Lisaseeria arvestid, ADDAX.
2. Sisedokument, Lisaseeria 7 ruuter / andmete jaotur, ADDAX.
3. Ethernet [Online] [Что такое Ethernet - энциклопедия lanmarket.ua](#) (19.05.2022)
4. Keerutatud paari tüübid ja seade [Online] [Типы витой пары, категории кабеля и другие отличия \(anlan.ru\)](#) (19.05.2022)
5. Ethernet kaablid ja nende kategooriad [Online] [Ethernet кабели и их категории \(volokno.kz\)](#) (19.05.2022)
6. Keerutatud paari ühendamise eelised ja puudused [Online] [Достоинства и недостатки подключения по витой паре — itcontent.net](#) (19.05.2022)
7. Kuidas kiudoptiline side töötab ja miks seda kasutatakse kiireks andmeedastuseks [Online] [Как работает волоконно-оптическая связь и почему она используется для высокоскоростной передачи данных » Digitrode.ru](#) (19.05.2022)
8. Optilise kiu eelised ja puudused [Online] [Преимущества и недостатки оптического волокна | FS Сообщество](#) (19.05.2022)
9. Kiudoptiline kaabel. Tüübid ja seade. Paigaldamine ja rakendamine [Online] [Оптоволоконный кабель. Виды и устройство. Установка и применение \(electrosam.ru\)](#) (19.05.2022)
10. Koaksiaalkaabel [Online] [Коаксиальный кабель. Технические характеристики, типы и правила выбора \(kabeltehsnab.ru\)](#) (19.05.2022)
11. Kuidas erinevad optiline kaabel, keerdpaar ja koaksiaalkaabel? [Online] [Чем отличаются оптический кабель, витая пара и коаксиальный кабель? | FS Сообщество](#) (19.05.2022)
12. Sideliinide tehnoloogia ja kaabli mõõtmine [Online] [Преимущества и недостатки коаксиального кабеля \(izmer-ls.ru\)](#) (19.05.2022)
13. Standardid Ethernet [Online] [Стандарты Ethernet \(IEEE 802.3\) \(sysadm.pp.ua\)](#) (19.05.2022)
14. Tehnoloogia PLC (Power Line Communication) [Online] [Технология PLC \(Power Line Communication\) \(xsp.ru\)](#) (19.05.2022)
15. Mis on elektriliinide (PLC)? [Online] [What is Power Line Communication \(PLC\)? - HD-PLC Alliance](#) (19.05.2022)
16. Tehnoloogia (Power Line Communication, PLC) [Online] [Часто задаваемые вопросы - Технологии связи по электросети \(Power Line Communication, PLC\) \(qtech.ru\)](#) (19.05.2022)

17. Mis on elektriliinise (PLC) ja kuidas see töötab [Online] [What is Power Line Communication \(PLC\) and How it works \(circuitdigest.com\)](#) (19.05.2022)
18. PLC standardite komitee [Online] [Published Standards - Power Line Communications Standards Committee \(ieee.org\)](#) (19.05.2022)
19. Mobiilside [Online] [МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ | Энциклопедия Кругосвет \(krugosvet.ru\)](#) (19.05.2022)
20. Mis mõjutab mobiilside kvaliteeti ja kuidas see töötab [Online] [Что влияет на качество сотовой связи и как она устроена | СВЯЗЬ ИНТЕГРАЦИЯ \(atc-spb.ru\)](#) (19.05.2022)
21. Mis on mobiilside: Mobiiltehnoloogia [Online] [What is Cellular Communications: Mobile Phone Technology » Electronics Notes \(electronics-notes.com\)](#) (19.05.2022)
22. Mida tähendavad terminid 1G, 2G, 3G, 4G ja 5G tegelikult? [Online] [What do the terms 1G, 2G, 3G, 4G and 5G really mean? – Commsbrief](#) (19.05.2022)
23. Signaali hääbumine [Online] [Замирания сигнала \(celnet.ru\)](#) (19.05.2022)
24. Sissejuhatus mobiilside valdkonda [Online] [Mobile Communication Introduction - Javatpoint](#) (19.05.2022)
25. Juri Šemtšuk, LPWAN ja muud traadita tehnoloogiad [Online] [LPWAN и другие беспроводные технологии - Control Engineering Russia \(controlengrussia.com\)](#) (19.05.2022)
26. LPWAN - mis see on? [Online] [LPWAN-технология: что это и как работает \(strij.tech\)](#) (19.05.2022)
27. LPWANi eelised / LPWANi puudused [Online] [Advantages of LPWAN | disadvantages of LPWAN \(rfwireless-world.com\)](#) (19.05.2022)
28. WiFi, Bluetooth või Zigbee - milline standard on parem? [Online] [WiFi, Bluetooth или Zigbee – какой стандарт лучше? \(automation.com\)](#) (19.05.2022)
29. WiFi, Bluetooth, Zigbee ja Z-Wave: erinevused ja omadused [Online] [WiFi, Bluetooth, Zigbee и Z-Wave: отличия и особенности | ITIGIC](#) (19.05.2022)
30. Mis on Wi-Fi? [Online] [Wi-Fi: что такое Wi-Fi? | TP-Link](#) (19.05.2022)
31. Arukad AMR-arvesti lugemissüsteemid vee, gaasi ja elektri jaoks [Online] [Smart AMR Meter Reading Systems for Water, Gas & Electricity \(smartertechnologies.com\)](#) (19.05.2022)

## LISAD

Lisa 1 Rahvusvahelised standardid ADDAX NP-07 loenduri puhul [1]

IEC 61010-1:2001-02	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use. Part 1. General requirements
IEC 62052-11:2003	Electricity metering equipment (AC) - General requirements, tests and test conditions - Part 11: Metering equipment Maintenance Result Date: 2012-02-01
IEC 62053-21:2005	Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements- Part 21: Static meters for active energy (classes 1 and 2)
EN 50470-1:2005	Electricity metering equipment (a.c.) Part 1: General requirements, test and test conditions-Metering equipment (class indexes A, B and C)
EN 50470-3:2005	Electricity metering equipment (a.c.) Part 3: Particular requirements – Static meters for active energy (class indexes A, B and C)
IEC 62056-61:2002	Electricity metering – Data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 61: Object Identification System OBIS
IEC 62054-21	Electricity metering (a.c.) Tariff and load control Part 21: Particular requirements for time switches
IEC 62055-31:2005	Electricity metering - Payment systems - Part 31: Particular requirements - Static payment meters for active energy (classes 1 and 2)
IEC 62055-41:2005	Electricity metering - Payment systems - Part 41: Standard transfer specification (STS) – Application layer protocol for one-way token carrier systems
IEC 62055-51:2005	Electricity metering – Payment systems – Part 51: Standard transfer specification – Physical layer protocol for one-way numeric and magnetic card token carriers
IEC 62056-21:2002	Electricity metering – Data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 21: Direct local data exchange
IEC 62056-61:2002	Electricity metering – Data exchange for meter reading, tariff and load control – Part 61: Object Identification System OBIS
EN 62053-52	Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Part 52: Symbols (IEC 62053-52)
IEC 62053-31	Electricity Metering Equipment (a.c.) - Particular Requirements – Pulse output devices for electromechanical and electronic meters (two wires only)
IEC 61038	Time switches for tariff and load control
IEC 62053-61	Electricity Metering Equipment (a.c.) - Particular Requirements – Power consumption and voltage requirements
EN 13757 series	Communication systems for remote reading of meters.

Safety	
IEC 61010-1	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use, Part 1 general requirements.
IEC 60529	Degrees of protection provided by enclosures
IEC 60695-2-2	Fire hazard testing. Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods-Glow-wire flammability test method for end-products
EMC and Immunity	
IEC-55022	Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of information technology equipment
IEC 61000-4-1	Testing and measurement techniques - Overview of IEC 61000-4 series
IEC 61000-4-2	Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity tests. Basic EMC publication
IEC 61000-4-3	Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test
IEC 61000-4-4	Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test. Basic EMC publication
IEC 61000-4-5	Testing and measurement techniques - Surge immunity test
IEC 61000-4-6	Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields
IEC 61000-4-8	Testing and measurement techniques - Power frequency magnetic field immunity test. Basic EMC publication
IEC 61000-4-11	Testing and measurement techniques Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests. Basic EMC publication
IEC 61000-4-12	Testing and measurement techniques - Oscillatory waves immunity test. Basic EMC publication
IEC 61326-1	Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements IEC 60060, series High-voltage test techniques
IEC 61334-5-1: 2001	Distribution automation using distribution line carrier systems - Part 5-1: Lower layer profiles – The spread frequency shift keying (S-FSK) profile
ETSI EN 300 220-1:2000	Electromagnetic compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM). Radio Equipment to be used in the 25 MHz to 1000 MHz frequency range with power levels ranging up to 500 mW. Part 1: Technical characteristics and test methods
Environmental conditions	
IEC 60721	Classification of environmental conditions. Limit range of operation: from -30oC to +50 °C. Limit range for transportation

	and storage: from -40 °C to + 60 °C
IEC 60068	Environmental Testing:
IEC 60068-2-1:1990	Part 2:Tests-Test A: Cold
IEC 60068-2-2:1974	Part 2: Tests – Test B: Dry heat
IEC 60068-2-6:1995	Part 2: Tests – Test Fc: Vibration (Sinusoidal)
IEC 60068-2-11:1981	Part 2: Tests – Test Ka: Salt mist
IEC 60068-2-27:1987	Part 2: Tests – Test Ea and guidance: Shock
IEC 60068-2-75:1997	Part 2: Tests - Test Eh: Hammer test
<b>Marking</b>	
IEC 62052-11:2003	Electricity metering equipment. General requirements, tests and test conditions
IEC 61334-5-1: 2001	Distribution automation using distribution line carrier systems - Part 5-1: Lower layer profiles – The spread frequency shift keying (S-FSK) profile
OFDM PRIME specifications	Draft Specification for Power line Intelligent Metering Evolution, R1.3.6, prepared by the PRIME Alliance Technical Working Group

Lisa 3 Rahvusvahelised standardid „Thick Ethernet” puhul [13]

Standard	Väljaande aasta	Protokolli tüüp	Kiirus (Mbit/s)	Maksimaalne pikkus (m)	Kaabli tüüp
IEEE 802.3	1983	10Base5	10	500	Koaksiaal
IEEE 802.3a	1985	10Base2	10	185	Koaksiaal
IEEE 802.3b	1985	10Broad36	10	3 600	Koaksiaal
IEEE 802.3e	1987	1Base5	1	250	UTP
IEEE 802.3e	1987	StarLan 10	10	250	UTP
IEEE 802.3d	1987	FOIRL	10	1 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3i	1990	10Base-T	10	100	UTP CAT 3.5
IEEE 802.3j	1993	10Base-F	10	2 000	Kiudoptiline

Lisa 4 Rahvusvahelised standardid „Fast Ethernet” puhul [13]

Standard	Väljaande aasta	Protokolli tüüp	Kiirus (Mbit/s)	Maksimaalne pikkus (m)	Kaabli tüüp
IEEE 802.3u	1995	100Base-FX	100	Ühemoodiline – 2 000 Mitmemoodiline – 400	Kiudoptiline
IEEE 802.3u	1995	100Base-T	100	100	UTP/STP CAT 5
IEEE 802.3u	1995	100Base-T4	100	100	UTP/STP CAT 3
IEEE 802.3u	1995	100Base-TX	100	100	UTP/STP CAT 5
IEEE 802.12	1995	100Base-VG	100	100	UTP CAT 3.5
IEEE 802.3y	1998	100Base-T2	100	100	UTP CAT 3.5

TIA/EIA-785	2001	100Base-SX	100	300	Kiudoptiline
IEEE 802.3ah	2004	100Base-LX10	100	10 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3ah	2004	100Base-BX10	100	10 000	Kiudoptiline

Lisa 5 Rahvusvahelised standardid „Gigabit Ethernet“ puhul [13]

Standard	Väljaande aasta	Protokolli tüüp	Kiirus (Gbit/s)	Maksimaalne pikkus (m)	Kaabli tüüp
IEEE 802.3z	1998	1000Base-CX	1	25	UTP/STP CAT 5, 5e, 6
IEEE 802.3z	1998	1000Base-LX	1	Ühemoodiline – 5 000 Mitmemoodiline – 550	Kiudoptiline
IEEE 802.3z	1998	1000Base-SX	1	550	Kiudoptiline
IEEE 802.3ab	1999	1000Base-T	1	100	UTP/STP CAT 5, 5e, 6
TIA 854	2001	1000Base-TX	1	100	UTP/STP CAT 5, 5e, 6
IEEE 802.3ah	2004	1000Base-LX10	1	10 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3ah	2004	1000Base-BX10	1	10 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3ap	2007	1000Base-KX	1	1	Ühendusplaadid
-	-	1000Base-EX	1	40 000	Kiudoptiline
-	-	1000Base-ZX	1	70 000	Kiudoptiline

Lisa 6 Rahvusvahelised standardid „10 Gigabit Ethernet“ puhul [13]

Standard	Väljaande aasta	Protokolli tüüp	Kiirus (Gbit/s)	Maksimaalne pikkus (m)	Kaabli tüüp
IEEE 802.3ae	2003	10GBase-SR	10	26 – 3 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3ae	2003	10GBase-LX4	10	Ühemoodiline – 10 000 Mitmemoodiline – 300	Kiudoptiline
IEEE 802.3ae	2003	10GBase-LR	10	10 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3ae	2003	10GBase-ER	10	40 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3ae	2003	10GBase-SW	10	26 – 40 000	Kiudoptiline

IEEE 802.3ae	2003	10GBase-LW	10	26 – 40 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3ae	2003	10GBase-EW	10	26 – 40 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3ak	2004	10GBase-CX4	10	15	Vaskkaabel CX4
IEEE 802.3an	2006	10GBase-T	10	100	UTP/STP CAT 6, 6a, 7
IEEE 802.3aq	2006	10GBase-LRM	10	220	Kiudoptiline
IEEE 802.3ap	2007	10GBase-KX4	10	1	Ühendusplaadid
IEEE 802.3ap	2007	10GBase-KR	10	1	Ühendusplaadid
IEEE 802.3av	2009	10GBase-PR	10	20 000	Kiudoptiline

Lisa 7 Rahvusvahelised standardid „40 Gigabit Ethernet“ puhul [13]

Standard	Väljaande aasta	Protokolli tüüp	Kiirus (Gbit/s)	Maksimaalne pikkus (m)	Kaabli tüüp
IEEE 802.3ba	2010	40GBase-KR4	40	1	Ühendusplaadid
		100GBase-KP4	100		
IEEE 802.3ba	2010	100GBase-KR4	100	1	Ühendusplaadid
IEEE 802.3ba	2010	40GBase-CR4	40	7	Kahesuunaline vaskkaabel
		100GBase-CR10	100		
IEEE 802.3ba	2010	40GBase-T	40	30	UTP CAT 8
IEEE 802.3ba	2010	40GBase-SR4	40	100	Kiudoptiline
		100GBase-SR10	100	125	
IEEE 802.3ba	2010	40GBase-LR4	40	10 000	Kiudoptiline
		100GBase-LR4	100		
IEEE 802.3ba	2010	100GBase-ER4	100	40 000	Kiudoptiline
IEEE 802.3bg	2011	40GBase-FR	40	2 000	Kiudoptiline



Lisa 8 Avaldatud PLC standardid [18]

[IEEE 1901.1.1-2020](#) – IEEE Standard Test Procedures for IEEE Std 1901.1(TM) for Medium Frequency (less than 15 MHz) Power Line Communications for Smart Grid Applications

[IEEE 1901-2020](#) – IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications

[IEEE 2413-2019](#) – Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)

[IEEE 1901a-2019](#) – IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications – Amendment 1: Enhancement for Internet of Things Applications

[IEEE 2030.5-2018](#) – IEEE Standard for Smart Energy Profile Application Protocol

[IEEE 1901.1-2018](#) – IEEE Standard for Medium Frequency (less than 12 MHz) Power Line Communications for Smart Grid Applications

[IEEE 1901.2a-2015](#) – Amendment to IEEE Standard 1901.2-2013 Standard for Low-Frequency (less than 500 kHz) Narrowband Power Line Communications for Smart Grid Applications

[IEEE 1909.1-2014](#) – IEEE Recommended Practice for Smart Grid Communication Equipment -Test methods and installation requirements

[IEEE 1905.1a-2014](#) – IEEE Standard for a Convergent Digital Home Network for Heterogeneous Technologies Amendment 1: Support of New MAC/PHYs and Enhancements

[IEEE 2030.5-2013](#) – Adoption of Smart Energy Profile 2.0 Application Protocol Standard

[IEEE 1905.1-2013](#) – IEEE Standard for a Convergent Digital Home Network for Heterogeneous Technologies

[IEEE 1901.2-2013](#) – IEEE Standard for Low-Frequency (less than 500 kHz) Narrowband Power Line Communications for Smart Grid Applications

[IEEE 1775-2010](#) – IEEE Standard for Power Line Communication Equipment – Electromagnetic Compatibility (EMC) Requirements – Testing and Measurement Methods

[IEEE 1901-2010](#) – IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications