



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

SUVILALE VÕRGUÜHENDUSETA
ELEKTRIVARUSTUSSÜSTEEMI PLANEERIMINE JA
PROJEKTEERIMINE
PLANNING AND DESIGN OF OFF-GRID POWER SUPPLY FOR A SUMMER
COTTAGE
MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Hergo Andruse

Üliõpilaskood: 153793 AAAM

Juhendajad: Vanemteadur Argo Rosin
Dotsent Madis Lehtla

Tallinn 2017

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.

“.....” 201.....

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendajad:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees
/ nimi ja allkiri /

Suvilale võrguühenduseta elektrivarustussüsteemi planeerimine ja projekteerimine.

Hergo Andruse, üliõpilaskood 153793AAAM, mai 2017. – 84 lk.

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Inseneriteaduskond

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendajad: vanemteadur Argo Rosin ja dotsent Madis Lehtla

Võtmesõnad: projekteerimine, elektripaigaldis, autonoomne (*off-grid*) elektrivarustus

Referaat:

Lõputöö on 84 lehel, sisaldab 14 tabelit, 24 joonist.

Lõputöö eesmärk on sisemaal paikneva suvila elektrivarustuse tehnilise lahenduse väljatöötamine. Hajaasustuses paiknev elamu elektripaigaldis toimiks seejuures võrguühenduseta (*off-grid*) ja vastaks asjakohastele standarditele ja valitud tüüpsuvila ruumide otstarbele. Projektinäide on koostatud Pärnumaal, Vändra vallas, Kadjaste külas suvilana kasutatava Sauoja talu elelektripaigaldiste põhjal.

Lõputöö on jaotatud kaheksaks peatükiks. Eessõnas antakse ülevaade lõputöö teema valiku põhjustest. Esimeses peatükis tehakse sissejuhatus lõputöö teemasse. Teises peatükis antakse ülevaade tüüpprojektina tehases toodetava suvila üldiseloostusest. Kolmandas peatükis kaardistatakse vajalikud elektritarvitid ja määratakse nende kavandatavad tarbimismustrid. Neljandas peatükis uuritakse erinevaid võrguühenduseta elektrivarustussüsteeme. Viiendas peatükis võrreldakse erinevaid võrguühenduseta lahendusi. Kuuendas peatükis valitakse suvilale parim lahendus. Seitsmendas osas projekteeritakse elektrivarustussüsteem. Kokkuvõttes antakse hinnang töö tulemuste kohta.

Planning and design of off-grid power supply for a summer cottage

Hergo Andrus, student code 153793AAAM, May 2017. – 84 pages

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

School of Engineering

Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

Supervisors: senior research scientist Argo Rosin and assistant professor Madis Lehtla

Key words: electrical installation, design, off-grid system

Summary:

Research thesis includes 84 pages, 14 tables, 24 diagrams.

The purpose of this thesis is investigation and design of electricity supply for summer cottage in dispersed settlement. Electrical system in dispersed settlement could have off-grid supply and fulfill requirements specified in standards and also would meet specifications of existing summer cottage design. The sample project is based on property is Sauoja in Pärnu county, Vändra parish, Kadjaste village.

The thesis is divided into eight chapters. In the foreword outlines are the reasons for topic selection. The first chapter will be an introduction to the thesis topic. The second chapter provides an overview of the basic characterization of the summer cottage. The third section determines and maps out the electrical devices and their consumption patterns. The fourth chapter examines the different power supply systems applicable in off-grid system. In the fifth chapter compares a variety of solutions for off-grid system. The sixth chapter is devoted to selection of technical solution for the summer cottage. In the seventh part the power supply system is designed. The summary gives evaluation of the results.

SISUKORD

Magistritöö ülesanne	7
Eessõna.....	9
1. Sissejuhatus	10
2. Suvila üldiseloomustus ja lähteandmed.....	12
2.1. Suvila ehitusprojekt.....	13
2.1.1. Soojustus, kütte-, jahuti-, ventilatsioonisüsteemid.....	14
2.1.2. Veevarustus	15
3. Suvila elektritarvitid	16
3.1. Tarbitava võimsuse arvutamine.....	19
4. Võrguühenduseta elektrivarustussüsteemide uuring.....	21
4.1. Elektrienergia allikad	22
4.1.1. Päikesepaneelid	22
4.1.2. Mikro-elektrituulikud	27
4.1.3. Generaatorid	29
4.2. Elektrienergia salvestamine	30
4.2.1. Elektrokeemiline energiasalvestus	30
4.3. SWOT-analüüs.....	31
5. Lahenduste tehnilis-majanduslik analüüs.....	33

5.1. Päikesepaneelidega lahendus	33
5.2. Tuulegeneraatori ja päikesepaneelidega lahendus	35
5.3. Diisलगeneraatori ja päikesepaneelidega lahendus	37
5.4. Diisel- ja tuulegeneraatoriga lahendus	39
5.5. Päikesepaneelide ja generaatoriga mitmepingeline lahendus	41
6. Lahenduse valiku põhjendused.....	44
7. Eelektrivarustussüsteemi projekteerimine	46
7.1. Päikesepaneelid	46
7.2. Akud ja vaheldi	47
7.3. Generaator	48
7.4. Peakilp/jaotuskilp.....	48
7.5. Maandamine	50
7.6. Kaablite paigaldusviis	51
7.7. Kaablid ja pistikupesad	53
7.8. Potentsiaaliühtlustus.....	55
7.9. Valgustus.....	56
7.10. Majandusosa	60
8. Kokkuvõte	63
Kasutatud kirjandus.....	65
Lisad	69
Lisa 1. Suvila arhitektuurne skeem	70
Lisa 2. Suvila elektriskeem	72
Lisa 3. Suvila elektripaigaldis	73
Lisa 4. Suvila valgustuspaigaldis	75
Lisa 5. Potentsiaaliühtlustus skeem.....	77
Lisa 6. Jaotuskilbi skeem	78
Lisa 7. Päikesepaneelide BISOL BSO-300 BIPV andmeleht	80

Lisa 8. Aku Victron Energy Gel 12V/220Ah andmeleht	81
Lisa 9. PV-vaheldi SMA Sunny Boy SB 1.5 andmeleht.....	82
Lisa 10. Vaheldi /laadija Victron Energy MultiPlus 5000 andmeleht	83
Lisa 11. Generaator SDMO DIESEL 4000E MODYS andmeleht	84

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

KOOSKÕLASTATUD

Prof. Ivo Palu.....

..... 2017

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

Hergo Andruse, üliõpilaskood 110137AAAMM

Magistritöö teema:

Suvilale võrguühendusega elektrivarustussüsteemi planeerimine ja projekteerimine.

Ülesanne:

Lahendada suvila autonoomne elektrivarustus, mis toimiks võrguühendusega ja vastaks asjakohastele standarditele ja valitud hoone ruumide otstarbele.

Lähteandmed:

1. Elektri tarbimine suvilas
2. Ilmateenistuse mõõteandmed
3. Päringud ettevõttesse ja hinnapakkumised ettevõtetelt
4. Väikesuvila omanike nägemused ja soovid

Lahendamisele kuuluvate probleemide loetelu:

Lahendada Pärnumaal, Kadjaste külas, Sauoja talu suvila elektrivarustus, järgmises mahus:

1. Kasutusmugavusest lähtuvalt kaardistada vajalikud elektritarvitid ja määrata nende tarbimismustrid.
2. Hinnata elektrivarustussüsteemi sobivust sh vajadus mitme erineva taastuenergiaallika ja energiasalvestuse järele.
3. Teostada valitud süsteemidele hinnakalkulatsioon ja tasuvusanalüüs.
4. Koostada suvila elektrivarustussüsteemile eelprojektdokumentatsioon.

Magistritöö esitada eesti keeles kahes eksemplaris koos eesti- ja võõrkeelse referaadiga hiljemalt 25.05.2017

Juhendajad:

Ülesande vastu võtnud:

Vanemteadur A. Rosin

Üliõpilane H. Andruse

Dotsent Madis Lehtla

EESSÕNA

Magistritöö teema valiti autori poolt koostöös juhendajatega, vanemteadur Argo Rosina ja dotsent Madis Lehtlaga. Tallinna tehnikaülikooli inseneriteaduskonna elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudist.

Käesoleva töö eesmärgiks on planeerida ja projekteerida suvilale võrguühenduseta elektrivarustussüsteem. Tuua välja autonoomse elektrivarustussüsteemi eelised ja puudused ning valida välja antud objektile sobivaim tehniline lahendus. Magistritöö hõlmab eelprojekti mis teostati töö autori poolt 2017. aasta kevadel.

Autor tänab kõiki, kes käesoleva töö valmimise juures abiks olid.

1. SISSEJUHATUS

Hoonete elektrivarustus tugineb enamasti avaliku elektrivõrgu elektrijaamadest ja energiasüsteemidest saadaval elektrienergial, see on tsentraliseeritud elektrivarustus. Kauguse, kohapealse elektri odavuse või muude selliste asjaolude korral kasutatakse ka elektrivarustust kohalikust ehk tarbija juurde kuuluvat toiteallikat. See võib olla ka autonoomne ehk elektrivõrgust sõltumatu. Mõlemat toiteviisi võidakse rakendada ka koos st võrku ühendatud süsteem võib olla võimeline töötama ka autonoomselt saartalitluses. [1]

Seoses hajatootmisseadmete kättesaadavusega on võrguühenduseta autonoomsed elektrivarustussüsteemid ehk *off-grid*-süsteemid leidnud maailmas laialdast kasutust. Eelkõige soovivad nende kasutajad saada sõltumatuks elektrivõrgust. Seda eriti juhtudel, kui liitumine elektrivõrguga pole majanduslikult otstarbekas. Samuti kasutatakse autonoomseid elektrivarustussüsteeme juhtudel kui avalik elektri jaotusvõrk pole antud asukohas kvaliteetne või soovitakse mõelda keskkonda säästvalt kasutades kohalike energiaressursse. Taastuvenergiat toimivaid elektrivarustuslahendusi loetakse enamasti „rohelisteks“ ehk keskkonnasõbralikeks. Kuigi võrguühenduseta süsteemil on ka negatiivseid külgi, millele peab elektrivarustussüsteemi kavandamisel mõtlema. Peamiseks negatiivseks pooleks loetakse süsteemi eluiga ja maksumust.

Kui elumajale elektrivarustussüsteemi loomine on liialt kallis, tekib küsimus, kuidas sobib suvilale selline elektrivarustussüsteem. Tõsi on see, et suvila korral on aastane elektritarbimine kindlasti väiksem kui aastaringiselt kasutataval elumajal ja seda on lihtsam katta

päikesenergia. Seoses sellega tuleb valiku variantidesse ka võrguühenduseta autonoomne elektrivarustussüsteem.

Haja-asustusega elektrivõrkudes on autonoomne elektrivarustus (*off-grid*) aktuaalne teema ning seetõttu analüüsisin kuidas antud süsteem sobiks suvilale. Suuremat tähelepanu on pööratud erinevate süsteemide maksumusele ja võimekusele lähtudes endisele talukompleksile ehitatava uue suvila hinnangulisest elektrienergia tarbimisest. Negatiivsete külgede vähendamine võrguühenduseta süsteemis on praegusel ajal väga aktuaalne.

Eestis pakuvad erinevaid autonoomseid elektrivarustuslahendusi mitmed firmad sh Napssolar, Energogen, jt. Sageli räägitakse üksnes pakutavatest võrguühenduseta elektrivarustuslahendustest positiivsetest külgedest, jättes negatiivse poole vaatluse alt välja.

Lõputöö kirjandusallikate leidmiseks on kasutatud Eesti raamatukogude infosüsteeme ja TTÜ raamatukogu kaudu kättesaadavat IEEE-Xplore digitaalraamatukogu. Kasutatud kirjandus hõlmab teatmeteoseid, teadusartikleid ja elektroonilisi allikaid.

Käesoleva lõputöö põhilisteks eesmärkideks on piisava elektrivõimsusega ja elektrienergia salvestusvõimega võrguühenduseta süsteemi projekteerimine. Lõputöö esimeses osas toimus andmete kogumine ning erinevate võrguühenduseta süsteemidega tutvumine ja lahenduste võrdlus kogumaksumuse alusel. Teises osas projekteeriti sobiv süsteem antud suvilale. Projekteerimise suuremates osades käsitleti päikesepaneelide ja akude valikut ning elektripaigaldise eelprojekteerimist. Võrguühenduseta autonoomse elektervarustussüsteemi ja võrguühendusega süsteemi projekteerimine erinevad peamiselt selle poolest, et on vaja ka süsteemiga liita elektrienergia allikad. Eraldi on käsitletud veel elektripaigaldise potentsiaaliühtlustus süsteemi, maandust ja kaitselülitite kasutamist. Valgustite valikul tutvuti standarditega nõutavate sertifikaatidega. Arvutatud on ka suvilale parimaks osutunud autonoomse elektrivarustussüsteemi kogumaksumus.

2. SUVILA ÜLDISELOOMUSTUS JA LÄHTEANDMED

Suvilad on üldjuhul kerge konstruktsiooniga elamud suviseks kasutuseks. [2] Paljud suvilad on ehitatud individuaalelamute eeskujul, kasutades samu konstruktsioone ja viimistlust. Ajaloolistel põhjustel on paljud suvilad tihti raskepärased, kohmakad ja ümbrusega sobimatud hooned. [3]

Töös kirjeldatav uus suvila planeeritakse rajada Kadjaste külla, Sauoja talu krundile (joonis 1.1), kus praegu paikneb ametlikult üks elumaja ja garaaž. Olemasolev elumaja pole elamiskõlblik ja seda ootab ees lammutamine. Kinnistul puudub võrguleping elektrijaotusvõrgu ettevõttega.



Joonis 2.1. Planeeritava suvila asukoht [4]

2.1. Suvila ehitusprojekt

Ehitusprojekt on projekteerimise käigus koostatud dokument või dokumentide kogum, mis sisaldab ehitamiseks vajalikku teavet. Asjakohasel juhul kajastab ehitusprojekt ehitise kasutamiseks ja korrashoiuks vajalikku teavet (EhS § 5). [5] [6]

Ehitusprojekti roll ei piirdu üksnes ehitise ehitamisega, vaid ehitusprojektil on muidki olulisi ülesandeid:

1. Ehitamine peab toimuma vastavalt ehitusprojektile, seega ehitusprojekt on ehitamise alus ja vajalike kooskõlastuste saamiseks vajalik dokument;
2. Ehitusprojekti alusel hinnatakse ehitise nõuete vastavust, sh ehitise ohutust;
3. Ehitusprojekti alusel toimub nii omanikujäreelvalve kui riiklik järeelvalve ehitustegevuse üle;
4. Ehitusprojekt peab vajadusel andma teavet ehitise kasutamise ja korrashoiu kohta. [5]

Ehitusprojekt on välja valitud omaniku poolt, rahuldamiseks tema poolt seatud nõudeid. Suvila ehitusprojekti ruumijaotusele on omanik esitanud järgnevad nõuded:

- Saun;
- Elutuba;
- Magamistuba;
- Ehitisealune pind maksimaalselt 60 m²;
- Ehitise kõrgus maksimaalselt 5 m.

Kinnistu omaniku soovide alusel valiti Honka palkmajatehases valmistatav saunamaja Luoto 30-1(joonis 1.2) .

Suvila Luoto 30-1 [6] üldandmed:

- Toad ja siserõdu: 20,0 m²
- Saun: 10,0 m²
- Põrandapinda kokku: 30,0 m²
- Veranda: 22,0 m²
- Üldpindala: 82,0 m²



Joonis 2.2. Planeeritava suvila välisilmet illustreeriv pilt [7]

2.1.1. Soojustus, kütte-, jahuti-, ventilatsioonisüsteemid

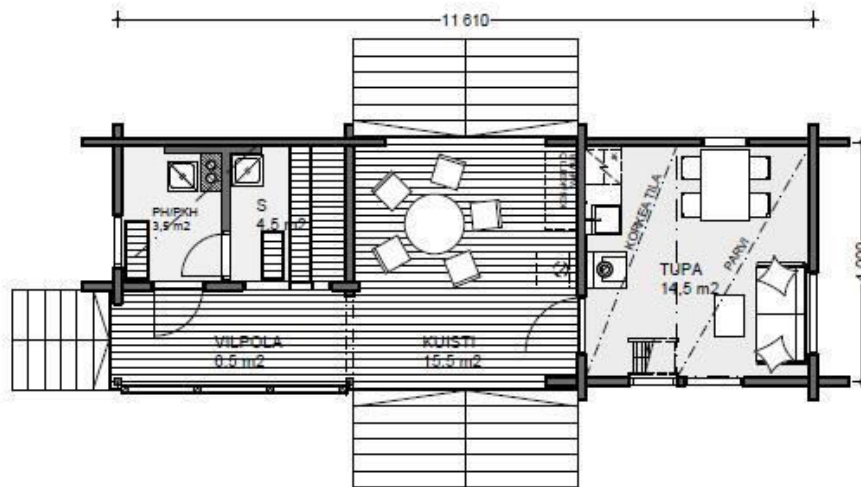
Ehitise soojustus ning kütte-, jahutus- ja ventilatsioonisüsteemid peavad tagama ehitises tarbitava energiahulga vastavuse ehitise asukoha kliimaatilistele tingimustele ning vastama kasutamise otstarbele kasutusaja jooksul. [8]

Suvila soojustuse tagavad seinad, mis on valmistatud lamellpalgist (liimpuitpalk) mõõtudega 182x260 (mm), kus seina paksus on 182 mm.

Hoones on kokku kolm ruumi. Toa ja siserõdu kütmiseks kasutatakse toas asuvat puuküttega kaminat. Sauna ja pesuruumi kütmiseks kasutatakse leiliruumis olevat puuküttega saunakerist, mis on näha joonisel 2.3.

Toas kasutatakse jahutus- ja ventilatsioonisüsteemidena vajadusel uksi, aknaid ja pliidil olevat õhupuhastit. Saunas ja pesuruumis enamasti ventilatsioonisüsteemi ning vajadusel uksi ja aknaid.

LUOTO 30
1. krs.



Joonis 2.3. Planeeritava suvila esimese korruse arhitektuuriline skeem [7]

2.1.2. Veevarustus

Veevarustus on antud objektile lokaalne. Veevarustuses kasutatakse põhjavett, mida tarbitakse nii joogiveeks kui ka olmeveeks. Põhjavee kättesaamiseks kasutatakse elektril toimivat veepumpa.

3. SUVILA ELEKTRITARVITID

Ilma elektrienergiata on elu tänapäeva kodus mõeldamatu. Kodudes võimaldab elekter, kui seda muidugi saab tarbida võimsuse-, aja- ja kohapiiranguteta, luua optimaalsed olmetingimused. Tarbimise võimalikult täpne määramine on oluline võrguühenduse süsteemis energia tootmis- ja salvestuslahenduste projekteerimiseks. Selleks peab teada olema kõigi paigaldatavate elektriseadmete võimsus. Paigaldatud võimsuse ja sellest tuleneva võimsustarbe määramisel ei tule seejuures lähtuda mitte üksi suvila suurusest, vaid ka kõigi kodutoimingute elektrifitseerimisastmest. [9]

Tabelis 3.1 on näha kõik elektriseadmed, mis on planeeritud antud suvilasse. Enamus elektriseadmeid ei kasutata pidevalt, sellest tulenevalt on arvatud erinevate tarvitite päevased ja kuu elektrienergia tarbimised. Antud tarbimisi on vaja teada hilisemal elektrienergia allikate ja salvestite valikul.

Tabel 3.1. Suvila elektriseadmete loetelu ja prognoositav tarbimine

	Kogus	Võimsus	Võimsus	Prognoositav tarbimine	Päevane tarbimine	Kuus tarbimine
	tk/jm	kW/tk	kW	h	kWh	kWh
Suvila kokku:	51	2,738	3,027		3,657	113,367
Tuba/köök kokku:	10,5	1,385	1,498		2,307	71,517
Valgustus 1 (LED)	3	0,01	0,03	6	0,18	5,58

	Kogus	Võimsus	Võimsus	Proгноositav tarbimine	Päevane tarbimine	Kuus tarbimine
Valgustus 2 (LED riba)	1,5	0,016	0,024	4	0,096	2,976
Veekeetja	1	1	1	0,17	0,17	5,27
Külmkapp	1	0,2	0,2	24	0,6	18,6
Õhupuhasti	1	0,05	0,05	0,1	0,005	0,155
Arvuti	2	0,085	0,17	4	0,68	21,08
Ruuter	1	0,024	0,024	24	0,576	17,856
Siserõdu kokku:	4	0,021	0,042		0,116	3,596
Valgustus 2 (LED riba)	2	0,016	0,032	3	0,096	2,976
Mobiil telefonid	2	0,005	0,01	2	0,02	0,62
Leiliruum kokku:	3,5	0,016	0,056		0,224	6,944
Valgustus 2 (LED riba)	3,5	0,016	0,056	4	0,224	6,944
Sauna eesruum kokku:	6	0,003	0,018		0,072	2,232
Valgustus 3 (LED)	6	0,003	0,018	4	0,072	2,232
Välised kokku:	27	1,313	1,413		0,938	29,078
Valgustus 4 (LED) seinakinnitatav	5	0,01	0,05	6	0,3	9,3
Valgustus 5 (LED) põrandasse kinnituv	21	0,003	0,063	6	0,378	11,718
Veepump	1	1,3	1,3	0,2	0,26	8,06

Tähtis on, et elektriseadmete eeldatav võimsus oleks määratud piisava varuga, sest teisiti oleks tulevikku silmas pidav elektrivarustus võimatu. [10] Arvestame, et elektritarvitite summaarne võimsus on kokku 5 kW.

Tabelis 3.1 on näha, et keskmine päevane tarbimine on 3,7 kWh. Tuleviku silmas pidades ja lisakoormuse tekkel arvestame keskmiseks päevaseks tarbimiseks 5 kWh ja kuus 155 kWh.

Päevast tarbimist arvatati:

$$W = P * t, \quad (3.1)$$

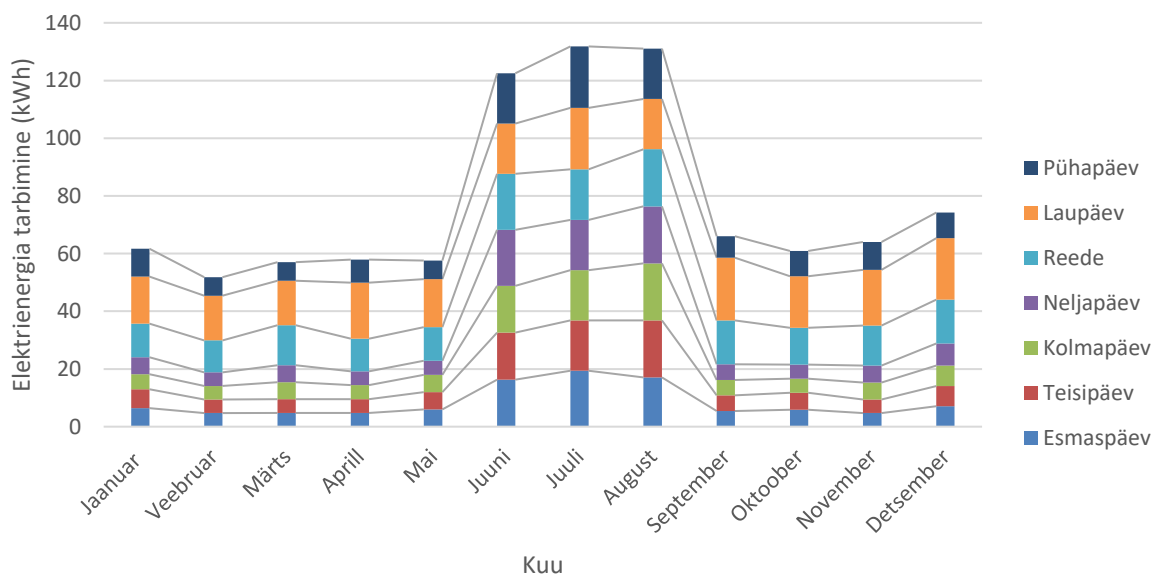
kus W on elektriline töö (kWh), P on elektriline võimsus (kW), t on aeg tundides (h) [10]

Kuu tarbimist arvatati:

$$W = P * t * 31 \quad (3.2)$$

kus W on elektriline töö (kWh), P on elektriline võimsus (kW), t on aeg tundides (h) [10]

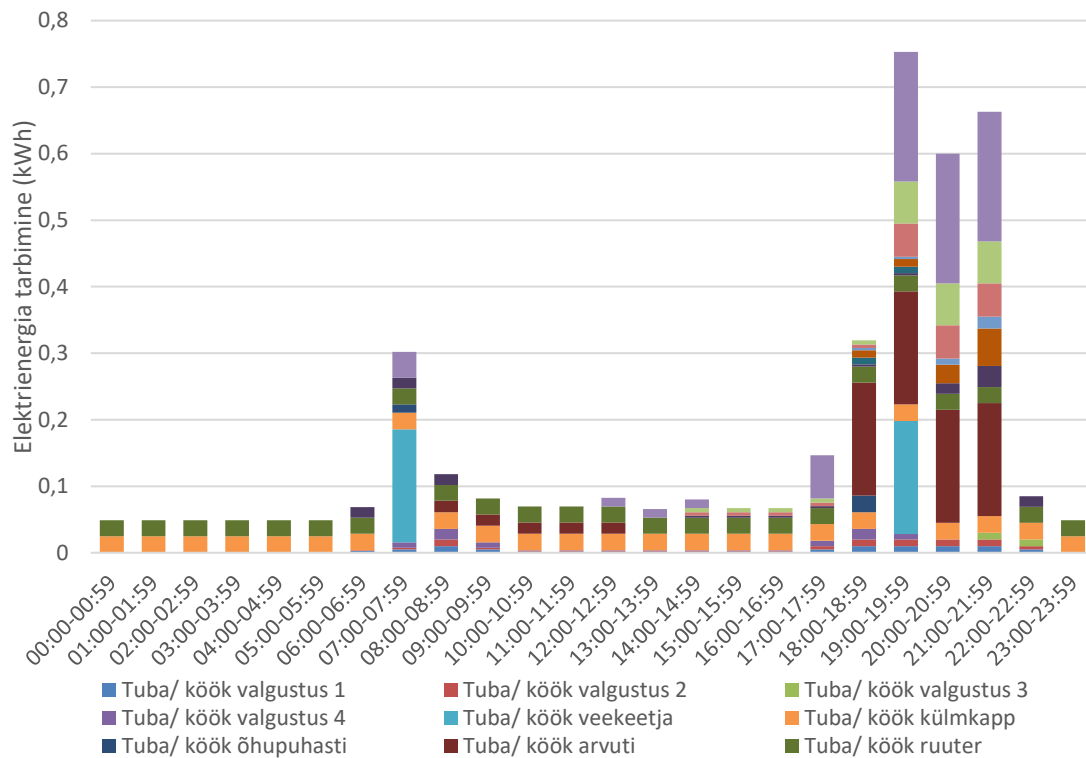
Suvila elektritarvitite summaarne võimsus on 3,03 kW (Tabel 3.1). Veepumbaga on keerulisem, sest vahelduvvoolul töötavaid veepumpasid on müügil palju ja enamasti jäävad nende võimsused 1,3 kW juurde. Alalisvoolu korral tuleb ise sobiv automaatne pumbasüsteem ehitada. Tänu sellele tuleb alalisvoolul töötav pumbasüsteemi koguhind kindlasti suurem, kui osta vahelduvvoolul töötav kompaktne lahendus ja sinna juurde kuuluv vaheldi.



Joonis 3.1. Prognoositav keskmine tarbimine kuude lõikes.

Jooniselt 3.1 on näha suvila prognoositavad voolu tarbimist kuude kaupa. Näha on igas tulbas kui palju tarbitakse keskmiselt ühes päevas elektrienergiat. Kõige enam tarbitakse

elektrienergiat juuli kuus 136 kWh. Suvekuudel on prognoositav voolu tarbimine suurem, sest enamuse aeg ollakse suvilas. Septembrist kuni maini on suurim tarbimine detsembri kuus 75 kWh, eeldatavasti tähistatakse jõule ja uut aastat samuti suvilas.



Joonis 3.2. Prognoositav keskmine päeva tarbimine tundide lõikes.

Jooniselt 3.2. on näha suvila prognoositav keskmine päeva energiatarbimine tundide lõikes. Kõige vähem tarbitakse energiat keskkööst kuni hommikul kella seitsmeni. Kõige rohkem tarbitakse energiat kellaajaliselt kella kuuest õhtul kuni keskkööni. Vahepealsel kellaajal oleneb tarbimine sellest, kas on vaba päev või tööpäev. Kõige suuremad elektritarvitid on valgustus, külmkapp ja veepump.

3.1. Tarbitava võimsuse arvutamine

Suvila toiteliini valikul ei saa lähtuda elektritarvitite summaarsest paigaldatud võimsusest, mis on eelneva põhjal 5 kW, vaid elektrivõrgust tegelikult võetavast, nn. *tarbitavast võimsusest*. Viimane arvestab elektriseadmete kasutamise samaaegsustegurit, s.t. asjaolu, et kõiki olemasolevaid elektriseadmeid ei lülitata sisse korraga ega ka täisvõimsusega. Eestis, Soomes

ja Rootsis arvutatakse korterite ja elamute tarbitav võimsus P_a juhendi *EEI J2:1995* valemiga. [12]

Antud suvilas tarbitav võimsus tuleks vastavalt *EEI J2:1995* valemile (3.3) 12,3 kW.

Suvila tarbitav võimsus P_a arvutati:

$$P_a = pA + P_0 \quad (3.3)$$

kus A on suvila kasulik pind m^2 , p on elektrifitseerituse taset iseloomustav erivõimsus (kW)/ m^2 , P_0 on hoone liiki iseloomustav pindalast sõltumatu võimsus kW. [12] Tabelis 3.2 on näidatud suvila tarbitava võimsuse arvutamiseks p ja P_0 andmed.

Tabel 3.2. Eluhoonete arvutusliku võimsuse määramise tegurid. [12]

Hoone rühm	Hoone liik	Pliidi liik ja elekterkütte kasutamine	$A \leq 1500 \text{ m}^2$		$A > 1500 \text{ m}^2$	
			p kW/ m^2	P_0 kW	p kW/ m^2	P_0 kW
2.1	Suveelamu	Tahkkütuse- balloongaasipliit	0,010	12	0,008	15
2.2		Elektripliit ja elektrikeris	0,026	12	0,024	15

4. VÕRGUÜHENDUSETA ELEKTRIVARUSTUSSÜSTEEMIDE UURING

Kodused elektrijaamad on väga erinevad. Lihtsamad süsteemid koosnevad energiaallikast või võrguvaheldist ja süsteemist millega saab üle jäävat energiat kasutada hoone või tarbevee kütteks. Keerulisemad süsteemid võivad koosneda rohkematest komponentidest ja seadistavate parameetrite arv võib ulatuda mitme sajani. [13]

Võrguühenduseta autonoomse elektrivarustussüsteemid ehk *off-grid* süsteemid on täiesti sõltumatud ja neil puudub ühendus üldise elektrivõrguga. Taastuvenergiaallikatest elektri tootmine on kõikuv, sest see sõltub tuulest ja päikesest. Energia tootmine ja tarbimine on tavaliselt ajalises nihkes ehk päeval päikesepatareidega toodetud energiat kasutatakse öösel ja pimedatel öhtutundidel valgustamiseks, selle tõttu vajavad sellised süsteemid kindlasti energiasalvestit. [13]

Kadjaste külla planeeritakse rajada suvila, mida kasutatakse peamiselt suvekuudel juunist augusti lõpuni 7 päeva nädalas. Ülejäänud kuudel kasutatakse suvilat maksimaalselt 3 päeva nädalas. Reservpäevadeks valime 4 päeva, kuna suvel on päikest rohkem ja talvel kasutatakse suvilat tunduvalt vähem. Neid nõudmisi arvestatakse elektrienergia allikate ja energiasalvesti valikul.

4.1. Elektrienergia allikad

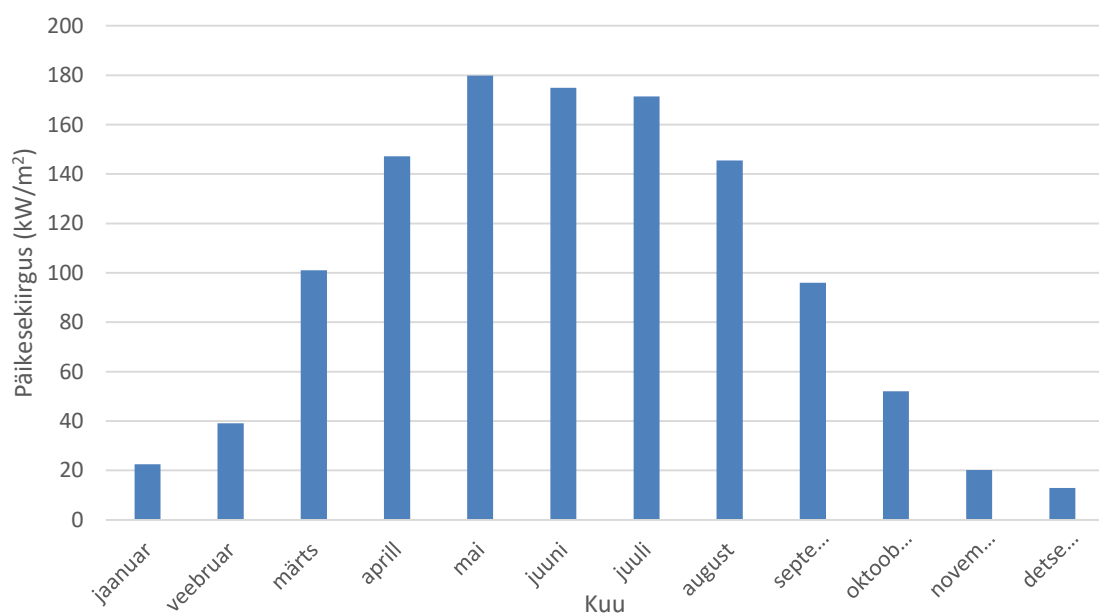
Enamasti tuleb loodusest saadav energia muundada vastavalt kasutusotstarbele muud liiki energiaks. Sellekohaseid muundamisseadmeid ja –vahendeid nimetatakse energia-muunduriteks. [14] Suvilas kasutatavat elektrienergiat muundatakse väikesevõimsuseliste muunduritega. Vahelduvvoolu saamiseks alalisvoolust kasutatakse mikrovaheldejaid (*micro inverter*).

Antud töös on lähtud majapidamises kasutatavate seadmete energiakasutuse võimalustest. Kõige paindlikum on tänapäeval elektrienergia ja seepärast vaadeldakse käesolevas töös eeskätt selle energialiigi saamise ja kasutamise võimalusi.

4.1.1. Päikesepaneelid

PV-paneelide tööpõhimõte seisneb pooljuhtide fotoelektriliste omaduste kasutamises, muundades päikeseenergia elektrienergiaks. [13]

Võttes aluseks, et objekt asub Kadjaste külas, siis kasutades Internetis kättesaadavat kiirguse analüüsirakendust PVGIS (Joonis 4.1). [15]

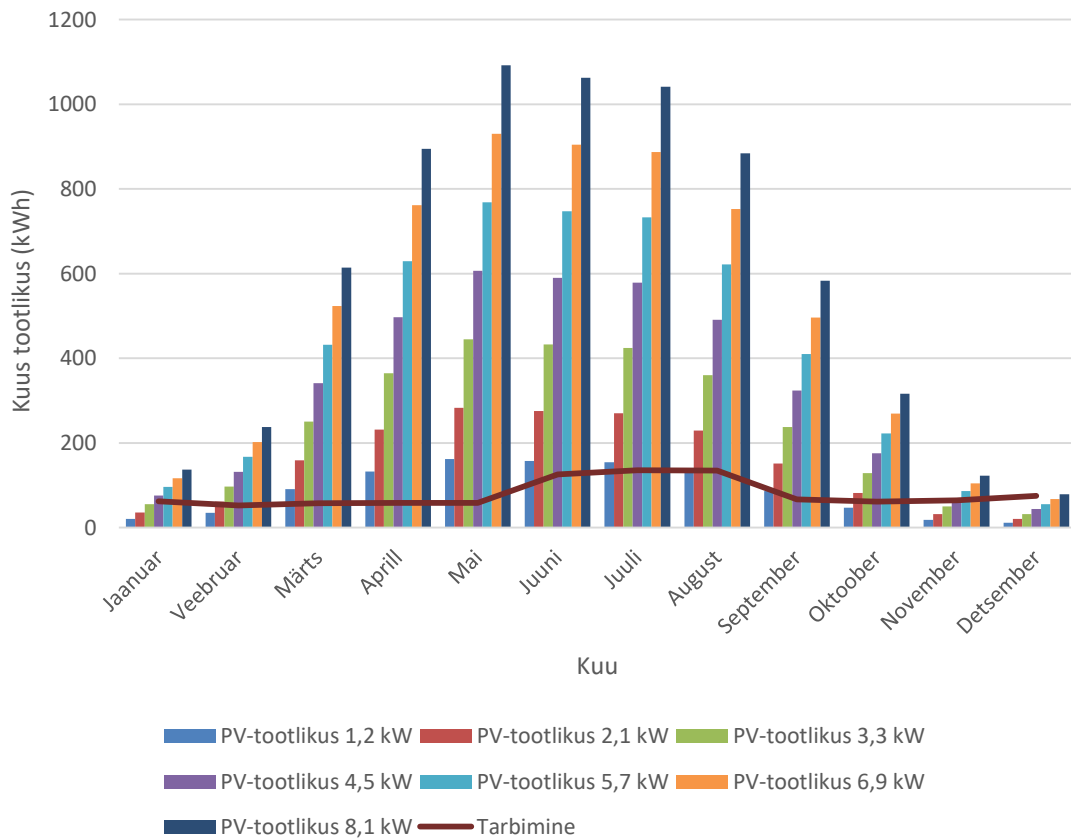


Joonis 4.1. Koguseline päikesekiirgus kuude lõikes [15]

Järgnevaiks arvutame fotoelektriliste päikesepaneelidega süsteemi (PV-süsteemi) elektrienergia tootlikkuse erinevate tipuvõimsuste korral all oleva valemiga (4.1).

$$E = P_k \cdot r_p \cdot H_h, \quad (4.1)$$

kus P_k on päikesepaneelisüsteemi tipuvõimsus (kW), r_p on süsteemi kasutegur, mis arvestab kadusid muunduris, ühendusjuhtides, paneelide mustumisest jne, mis on standardväärtusena 0,75, H_h on tunni kiirgusenergia valitud süsteemi paneelide pinnale (kWh/m²). [15]



Joonis 4.2. Päikesepaneelide tootlikus erinevate tipuvõimsuste korral.

Jooniselt 4.2 on näha, et kui soovitakse aastane tarbimine katta päikeseenergiaga peab olema PV-süsteemi tippvõimsus vähemalt 8,1 kW. Sellisel juhul toimub suvekuudel väga suur üle tootmine. Kui vaadelda suvekuude energia vajadust siis piisaks ka PV-süsteem tipuvõimsusega 1,8 kW. Sellisel juhul jääks novembrist kuni jaanuarini energia vajadusest puudu. Detsembris oleks sellisel juhul vaja lisaenergiat 57 kWh.

Arvutustest on näha, et suvekuudel on tarvilik PV-paneelide tippvõimsus umbes 3,9 korda väiksem.

Tabelis 4.1 võrreldakse erinevaid päikesepaneelide tootjaid ja nende nimiandmeid.

Tabel 4.1. Päikesepaneelide võrdlus. [16] [17] [18]

Nimetus:	Axitec AXIPOWER AC-270P (FS35)	WINAICO WSP- M6 PERC Full Black	BISOL BSO-300 BIPV
Nimivõimsus (W):	270	300	300
Efektiivsus (%):	16,6	18	18,4
Pinge (V):	31,12	32,3	40,4
Nimivool (A):	8,71	9,31	9,5
Süsteemi ühe ahela max pinge (V):	1000	1000	1000
Mooduli tüüp:	polükristall	monokristall	monokristall
Mõõdud (mm):	1640x992x35	1665x990x40	1692x1016x29
Kaal (kg):	18,2	19,6	18,4
Töö temperatuur (°C):	-40 kuni +85	-40 kuni +85	-40 kuni +85
Ühe paneeli hind(€):	174	240,12	238,05

Klassikalise võrguühenduseta süsteemis korral kasutatakse toodetud energiat akude laadimiseks ja 12 V, 24 V või 48 V tarbijate toiteks. Selleks on vaja laadimiskontrollereid. Laadimiskontrolleri põhiparameeter on maksimaalne voolutugevus, mida antud kontroller talub. Kuna enamik kontrollereid on võimelised töötama mitme erineva akupargi pingega, siis sõltuvalt kasutatavast pingest erinevad ka lubatud võimsused. [19]

Kontrollerid jagunevad kahte suurde rühma. Esimesse rühma kuuluvad laiusimpulssmodulatsiooniga PWM-kontrollerid. Sellise ehitusega on enamasti väiksema võimsusega ja odavamad kontrollerid. Laiusimpulssmodulatsiooniga kontroller alustab laadimist siis, kui sisendpinge on tõusnud akude laadimiseks vajalikule tasemele ega lase paneeli pingel tõusta üle soovitava akude laadimispinge. Kui aku saab täis, siis laadimisvoolu ja pinge tõusu piiramiseks üle aku laadimiseks vajaliku taseme hakkab pinge pulseerima. Impulssidega piiratakse paneelidelt tulevat voolu. [19]

Täiuslikumad kontrollid kasutavad töötamisel maksimumvõimsuse punkti jälgimistehnoloogiat ehk MPPT-tehnoloogiat (*maximum power-point tracking*). MPPT-tehnoloogia annab samade paneelide korral keskmiselt 30 protsenti rohkem energiat kui PWM-tehnoloogial baseeruv kontrollid. MPPT-kontroller sisaldab maksimaalse võimsusega talitluspunkti otsiva algoritmiga muutuva tunnusjoonega alalispinge-muundurid. Kogu sisendpinge ulatuses leiab kontrollid üles maksimaalvõimsuse punkti ja alalivoolumuundur (DC/DC) hoiab väljundpinget vajalikul tasemel. Laadimine toimub optimaalsel tasemel kogu sisendpinge vahemikus. [19]

Paneelid ja nende kontrollid võib eraldi osta, sobitades vaid pingeid ja võimsusi. Tuulikute kontrollid tuleb osta koos tuulikutega, sest lisaks laadimisfunktsiooni kontrollimisele on neil ka tuuliku juhtimiseks vajalikud omadused. [19]

Tabelis 4.5 on näha erinevate päikesepaneelide laadimiskontrollerite andmed ja maksumus. MPPT-tehnoloogia on kallim kui PWM-tehnoloogial põhinev laadimiskontroller, sama voolu korral. Kuid MPPT-tehnoloogial baseeruva kontrollid tootlikus on ka umbmääraselt 30% suurem.

Tabel 4.5. PV-kontrollerite võrdlus. [20]

Nimetus:	SOLARGREEN 30A 12/24V PWM	VICTRON ENERGY 45A 12/24/48V MPPT	Laadimiskontroller 20A MPPT
Max koormus (A):	30	45	20
Pinge (V):	12/24	12/24/48	12/24
Tehnoloogia:	PWM	MPPT	MPPT
Mõõdud (mm):	190x105x35	130 x 186 x 70	104x80x28
Kaal (g):	395	1300	450
Ühe kontrollid hind(€):	70,13	300,00	57,50

Kuigi majapidamises on võimalik kasutada ka ainult alalivoolu (DC) seadmeid nimipingega 12/24 V, läheb enamasti tarvis ka vahelduvvoolu (AC) elektriseadmeid nimipingega 230 V. Siin tulevad appi DC/AC muundurid ehk vaheldid. Nende valik on väga lai ja hind kõigub sõltuvalt võimsusest sajast kuni mitme tuhande euroni. [19]

Võrguühenduseta elektrivarustusüsteemi korral tuleb vaheldi valikul jälgida mitmeid parameetreid:

- Akupanga nimipinget: 12, 24, 36, 48, või 60 V
- Vaheldite võimsust: vahemikus 100-10000 W
- Toodetava siinuspinget: Puhta siinusega, modifitseeritud siinusega.
- Väljundi parameetreid: Eestis nimipinge 230 V (AC) ja nimisagedus 50 Hz; USAs vastavalt 220/110 V ja 60 Hz [18]

Tabelis 4.6 on näha erinevad vaheldid. Kõige kallimal vaheldil on juures ka akulaadija võimalus, generaatori lisamisel. Oleneb missugune süsteem valitakse selle järgi valitakse inverter.

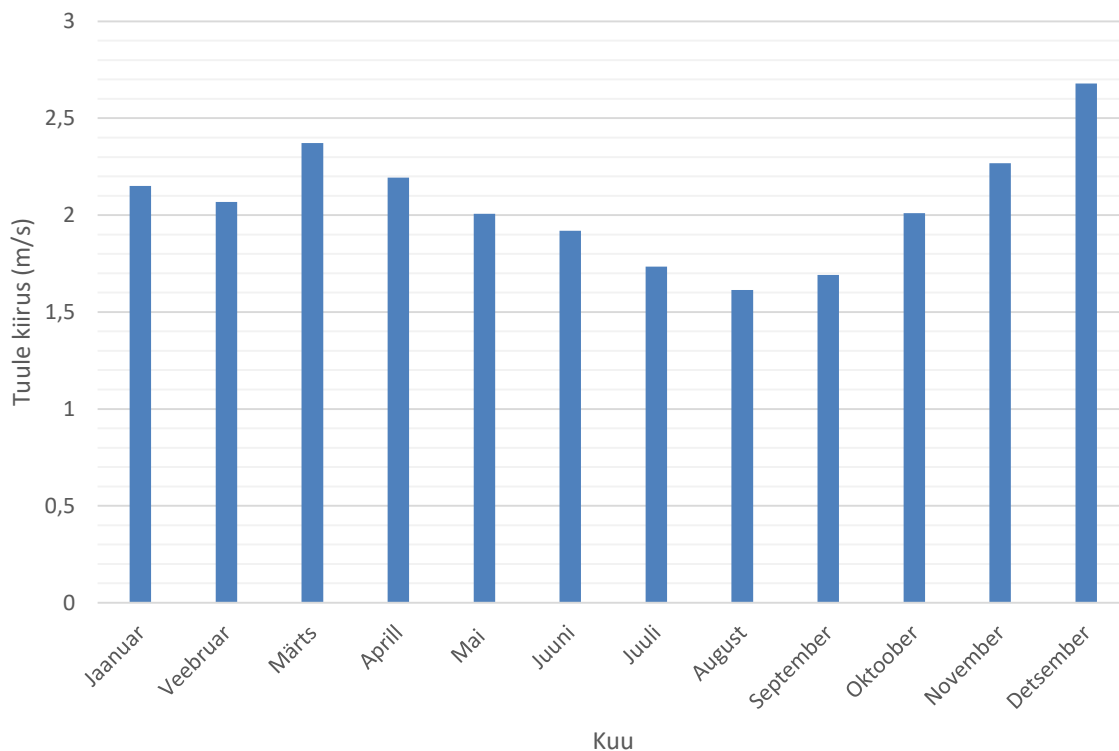
Tabel 4.6. Vaheldite võrdlus. [21] [22]

Nimetus:	Victron Phoenix Inverter C 1600	Victron MultiPlus 5000	GROWATT 1500S 1,5KW
Pidev väljundvõimsus (W):	1300 (25°C) - 800 (65°C)	4000 (25°C) - 3700 (40°C) - 3000 (65°C)	1600
Max väljundvõimsus (W):	3000	10000	1650
Väljundi nimipinge (V):	230 ± 2% (AC)	230 ± 2% (AC)	180-280 (AC)
Sisendpinge vahemik alalisvoolu korral (V):	9,5 – 17; 19 – 33; 38 – 66	9,5 – 17; 19 – 33; 38 – 66	70 - 450
Mõõdud (mm):	375 x 214 x 110	444 x 328 x 240	271 x 267 x 127
Kas on võimalik ühendada paraleelselt:	kuni 6 vaheldit	ei	ei
Ühe vaheldi hind(€):	585,95	1992,00	499,17

4.1.2. Mikro-elektrituulikud

Tuuleturbiin muundab tuule kineetilise energia mehaaniliseks pöörlemisenergiaks. Mehaaniline energia muundatakse tuulikus paikneva elektrigeneraatoriga elektriks. Enamasti kasutatakse tuuleturbiine kohtades, kus aastane keskmine tuulekiirus on vähemalt 5 m/s. [22]

Joonisel 4.2 on näha keskmised tuule kiirused aastast 2010-2016 kuude lõikes. Võttes aluseks Türi metroloogiajaama vaatlusandmeid on näha, et tuulekiirus jääb erinevate kuude lõikes vahemikku 1,6-2,6 m/s. Tuulikud alustavad enamasti tööd tuule kiirusel 2,5-3 m/s, keskmine tuule kiirus võiks ulatuda enam kui 4,5 m/s. Sellest tulenevalt paigaldatakse Eestis enamasti tuulikuid mere äärsetesse piirkondadesse.

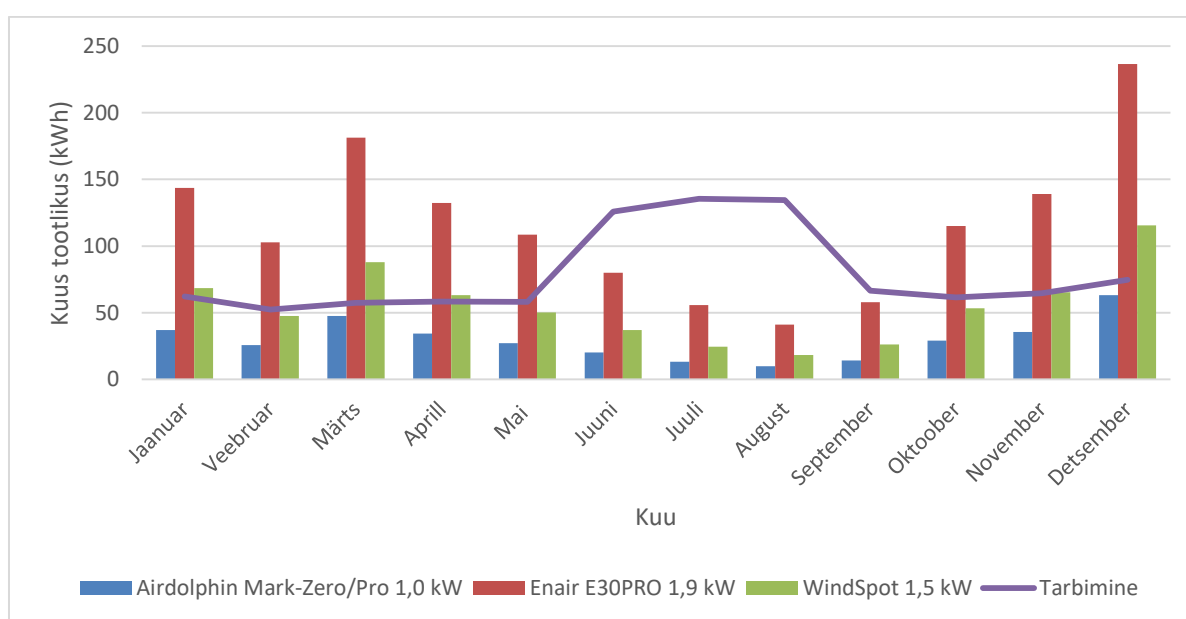


Joonis 4.3. Keskmine tuule kiirus kuude lõikes (2010-2016 aasta).

Võrdluseks valiti tuulikud, mille nimivõimsus on 1-2 kWh vahel. Tabelist 4.2 on näha erinevate tuulikute tehnilised andmed ja hinnad. Hinnad sisaldavad tiivikut, gondlit, masti ja kontrolleri. Kontrolleri ei soovitata tuulikute puhul eraldi osta, sest lisaks akupanga laadimisele juhib kontrolleri tuuliku tööd. Tabelis olevate tuulikute hinnad jäävad vahemikku 6053-8900 eurot. Mis on arvestades antud piirkonda ja kuu tootlikust (Joonis 4.3) suur investeering.

Tabel 4.2. Tuulikute võrdlus. [24] [25] [26]

Nimetus:	Enair E30PRO	Airdolphin Mark-Zero/Pro	WindSpot 1,5 kW
Nimivõimsus (W):	1900	1000	1500
Pinge (V):	24/48/220 (AC)	48 (DC)	24/48/110/220 (AC)
Tiiviku diameeter (mm):	3800	1800	4050
Kaal (kg):	125	86	155
Alustab tööd (m/s):	1,8	2,5	3
Ühe tuuliku hind(€):	10 500	6053	8900



Joonis 4.4. Erinevate tootjate tuulikute tootlikus kuus aastatel 2010 kuni 2016.

Tuulegeneraatori väljundvõimsus, vastavalt tuule kiirusele, avaldub järgneva valemiga (4.3).

$$P(v) = \begin{cases} 0 & 0 \leq v < v_{min}, v \geq v_{max} \\ (a + bv + cv^2)P_n & v_{min} \leq v < v_n \\ P_n & v_n \leq v < v_{max} \end{cases}, \quad (4.3)$$

kus v on tuule kiirus (m/s), P_n on tuulegeneraatori nimivõimsus (kW), v_n on nominaalne tuule kiirus (m/s), v_{min} on minimaalne tuule kiirus (m/s), v_{max} on maksimaalne tuule kiirus (m/s), a , b ja c on tuule kiiruse ja võimsuse sõltuvusest tulenevad konstandid. [27]

Tuulikute tootlikus erineb keskmisest tuule kiirusest. Tuulik käivitub (tootlikus on nullist suurem) siis kui tuule kiirus ületab tootja poolt esitatud tuule algiiruse. Enamike pakutatavate tootmisseadmete jaoks puhub antud piirkonnas liiga väikese kiirusega tuul. Joonisel 4.3 on

näha, et kõige võimsam tuulik toodab ka kõige rohkem elektrienergiat, kuid suvekuudel ei tooda seegi tuulik piisavalt, et katta suvila elektrienergia vajadus.

4.1.3. Generaatorid

Generaator muundab mehaanilist energiat elektrienergiaks. Energeetikas on kasutusel ainult pöörlevad elektromagnetilised generaatorid, mis põhinevad elektromotoorjõu tekkel juhul, millele mingil viisil toimub muutuv magnetväli. [28]

Bensiini- või diisलगeneraatorit kasutatakse enamasti varutoitesüsteemidena, sest sageli pole majanduslikult otstarbekas projekteerida päikese- ja tuuleenergiaga toitesüsteeme nii, et tuulik ja/või paneelid katavad kogu energiavajaduse. [29]

Bensiini- või diisलगeneraatori maksimaalse võimsuse peaks valima arvestades elektritarbijate summaarset võimsust, päevast tarbimist ning asjaolu, et enamik tarbimisest toimub öhtul (kella 17.00 kuni 22.00-ni), mis võetakse antud juhul 3,4 kW.

Võimsamad generaatorid (alates 4-6 kW) on enamasti varustatud elektristarteriga, mis teeb nende kasutamise lihtsamaks ja mugavamaks. [29]

Täisautomaatses režiimis töötava koduelektrijaama koostamiseks tuleb valida generaator, millele on või saab lisada automaatkäivitusseadmed. [29]

Akupargiga koduelektrijaamas lülitatakse generaatori käivitamisel tarbijad vaheldi toitelega generaatori toitele ja samal ajal hakkab generaator laadima akupanka. Selleks on vaja vaheldi-laadijat või eraldi alalispingega töötavat akulaadijat. On küll generaatoreid, mis väljastavad akude laadimiseks 12/24 V pinget, kuid enamasti jääb sellise sissehitatud laadija võimsusest akupanga laadimiseks väheks. [29]

Tabelis 4.3 on võrreldud erinevaid generaatoreid. Valikul on lähtutud sellest, et oleks automaatse starteri võimalus ja jätkuks piisavalt energiat, kui tarbijad elektrienergiat kõik seadmed korruga. Eelnevalt oli arvatud, et elektritarbijate summaarne võimsus on 3,2 kW. Sellistel juhtudel jäävad generaatorite hinnad vahemikku 3000-4000 eurot.

Tabel 4.3. Generaatorite võrdlus. [30] [31] [32]

Nimetus:	DIESEL 4000E MODYS + VESRO 50M 40A, SDMO	COMBIPLUS 5,2KW	LOMBARDINI AL 500-CA 15LD-440 DIESEL
Nimivõimsus (W):	3400	3600/5200	5000
Nimipinge (V):	230 (AC)	230/400 (AC)	230 (AC)
Max vool (A)	40	17/9	20
Kütus:	diisel	diisel	diisel
Kütusepaak (l):	16	19	5
Kaal (kg):	84	103	114
Alustab tööd:	automaatselt	elekterkäivitus	automaatselt
Ühe generaatori hind(€):	3099	3990	3000

4.2. Elektrienergia salvestamine

Elektrisüsteem toimib tarbimise ja tootmise tasakaalu põhimõttel, mida tuleb bilansis hoida reaalajas. Õigesti valitud salvestustehnoloogia aitab siluda elektrisüsteemi koormusgraafikut ning optimeerida tootmiseadmete tööd. [33]

Energia salvestamist antud objektile arvutatakse järgneva valemiga 4.4. Arvutustes tuli välja, et vajalik akude mahtuvus on 1667 Ah ehk 20 kWh.

$$C = \frac{2 * E_{t,k}}{U_{aku}} * \frac{d_r}{d_k} \quad (4.4)$$

kus C on salvesti mahtuvus (Ah), d_r on reservpäevade arv (antud juhul 4), d_k on päevade arv kuus (antud juhul 31), U_k on akupinge (antud juhul 12 V), $E_{t,k}$ on elektritarbimine kuus (antud juhul 155 000 Wh). [33]

4.2.1. Elektrokeemiline energiasalvestus

Akumulaatorites ehk akudes salvestatakse elektrit elektrokeemilise muundamise abil, seetõttu on kirjeldatavad kui elektrokeemilised salvestid. Aku liiki valides tuleb tihti leida kompromiss

erinevate omavahel vastuolus olevate nõudmiste vahel. Enamlevinud kriteeriumiks on täielike laadimis- ja tühjenemistsüklite arv ja maksumus. [33]

Tabelis 4.4 on näha erinevate akutüüpide andmeid ja maksumust. Enamasti kaaluvad pliiakud just hinna poolest üle liitiumakud [35]. Kuna liitiumakud maksavad sama mahtuvuse juures enam kui seitse korda rohkem.

Tabel 4.4. Akude võrdlus. [36]

Nimetus:	AGM Aku 12V 220	Lithium Battery	Aku Gel 12V/220Ah
Mahtuvus (Ah):	220	100	220
Pinge (V):	12 (DC)	24 (DC)	12 (DC)
Aku tüüp:	Pliiaku (AGM)	Liitium-ioonaku	Pliiaku (GEL)
Mõõdud (mm):	522x238x240	592x154x278	522x238x240
Kaal (kg):	66	30	65
Tühjenemistsüklid:	400-80% tühjenemisel 600-50% tühjenemisel 1500-30% tühjenemisel	3000-80% tühjenemisel	500-80% tühjenemisel 750-50% tühjenemisel 1800-30% tühjenemisel
Ühe aku hind(€):	517,00	3600	538,00

Kui süsteemi töökindluse huvides on lisatud sise põlemismootoriga generaator, mida kasutatakse akude tühjenemise korral või siis, kui sõltumatu süsteemi puhul vajatakse vaheldi antavast võimsusest suuremat võimsust, on kasulik generaatori töötamisel täis laadida ka akud. Akude kasutusea huvides on mõistlik kasutada elektroonilist laadijat, mille laadimisvool ei sõltu laadija sisendipingest ja mis suudab valida akude laadimiseks kõige sobilikuma režiimi ning väldib üle laadimist. Laadija suurim laadimisvool peaks olema umbes 10 % akupanga mahtuvusest. Paljudel juhtudel on energiasüsteemide jaoks mõeldud inverter kokku ehitatud akulaadijatega nii, et kui kasutatakse akude energiat, toimib seade vaheldina, generaatori käivitamisel hakkab sama seade toimima akulaadijana. [19]

4.3. SWOT-analüüs

Tabelis 4.5 on välja toodud võrguühenduseta süsteemi tugevused, nõrkused, võimalused ja ohud. Selleks on tehtud SWOT-analüüs, mis annab hea ülevaate antud süsteemist.

Tabel 4.5. SWOT-analüüs

Tugevused:	Nõrkused:
<ul style="list-style-type: none"> • Üldvõrgust sõltumatu; • peamiselt taastuenergia; • puuduvad igakuised elektrimaksud; • keskkonna säästmine; • väike alginvesteering võrreldes uue elektriliini rajamisega. 	<ul style="list-style-type: none"> • Akude eluiga; • suured käidukulud, süsteem vajab pidevalt spetsiifilist hooldust.
Võimalused:	Ohud:
<ul style="list-style-type: none"> • Süsteemi arendamine; • tehnoloogia kiire areng. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suured remondikulud; • väliskeskkonna põhjustatud kahjustused; • võimsus ja energiasalvestuvõime võib tulevikus osutada ebapiisavaks.

5. LAHENDUSTE TEHNILIS-MAJANDUSLIK ANALÜÜS

Lahenduste tehnilis-majanduslikus osas võrreldakse erinevaid lahendusi suvila elektrienergiavajaduse katmiseks. Lahenduste koostamisel on lähtutud sellest, et reserv-päevasid oleks süsteemil neli. Lisaks on süsteemide koostamisel vaadatud, et voolud juhtmetes ei läheks liiga suureks. Suve kuudel on arvestatud, et kuu tarbimine on 155 kWh ja ülejäänud aastal 75 kWh kuus. Vaadeldakse erinevate süsteemide võimekust ja hindasid, et valida välja sobivaim varjant.

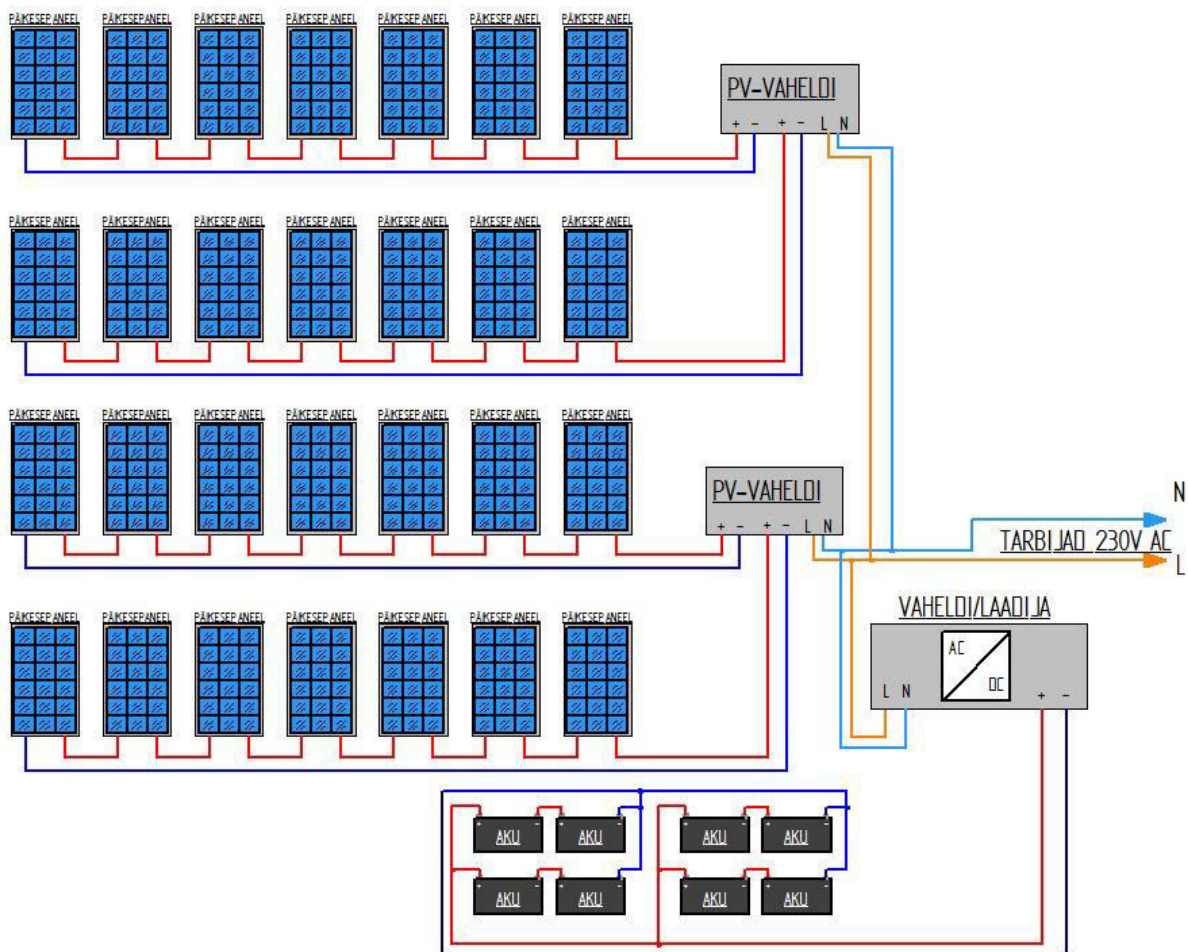
Leidmiseks sobivaim lahendus, arvutatakse elektri hind ühe kWh kohta, mis on leitav järgneva valemiga(5.1):

$$t = \left(\frac{m_1+n_1}{c_1} + \frac{m_2+n_2}{c_2} + \dots + \frac{m_{n-1}+n_{n-1}}{c_{n-1}} \right) / E_{g,a} \quad (5.1)$$

kus t on elektri hind (€/kWh), m_n on toote n investeering süsteemi eluea jooksul (€), n_n on toote n käidukulu süsteemi eluea jooksul (€), c_n on toote n eluiga (*aastates*), $E_{g,a}$ on süsteemi toodetud energia aastas (kWh)

5.1. Päikesepaneelidega lahendus

Esimese lahendusena on võrguühenduseta (*off-grid*) toitesüsteemis kasutatud elektrienergia saamiseks päikesepaneele, mille tootlikus aastaringselt tagab kogu energia vajaduse. Sügisest kevadeni on päikese kiirgus tunduvalt madalam, kuid ka elektrienergia tarbimine suvilas väiksem. Antud süsteemi on näha joonisel 5.1.



Joonis 5.1. Esimese lahenduse lihtsustatud joonis.

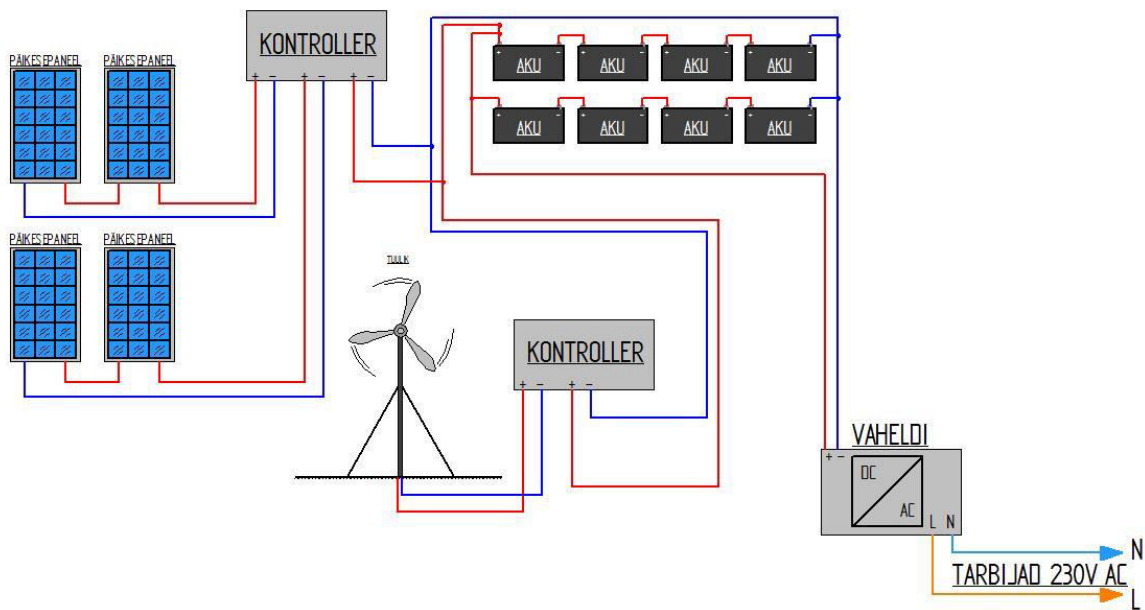
Tabelis 5.1 on arvatud esimese lahenduse oletatav investeering. Antud juhul oleks selle süsteemi investeering kokku 16 018 eurot. Kõige suurem investeering antud süsteemil on päikesepaneelidel 6904 eurot. Päikesepaneelide oletatav eluiga on 25 aastat. Akude oletatav eluiga on 10 aastat. See tähendab seda, et süsteemi eluea jooksul on vaja suure tõenäosusega vähemalt ühe korra välja vahetada akud. Elektri hind ühe kWh kohta tuleb antud juhul 0,98 eurot.

Tabel 5.1. Esimese lahenduse oletatav investeering. [18] [36] [21] [37] [38]

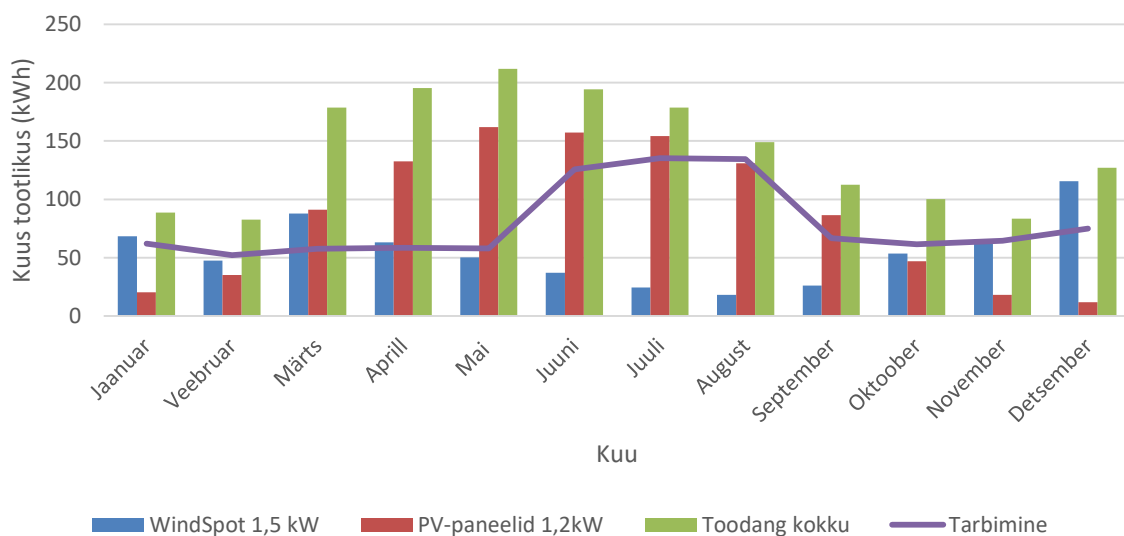
Nimetus:	Eluiga (A):	Investeering (€):	Käidukulu (€):	Toodang aastas (kWh):	Elekterihind (€/kWh):
Päikesepaneelid (BISOL BSO-300 BIPV)	25	6903,45	759,38	952	0,32
Victron Aku Gel 12V/220Ah	10	4304	43,04	-	0,46
PV- vaheldi SMA Sunny Boy SB 4.0	25	2118	21,18	-	0,09
Vaheldi/laadija Victron MultiPlus 5000VA, 24V	25	1992	19,92	-	0,08
Juhtmed, kaablid, pistikud, kaitsmed, jne:	25	700	7	-	0,03
KOKKU:		16 017,45	850,52	952	0,98

5.2. Tuulegeneraatori ja päikesepaneelidega lahendus

Teise lahendusena on välja pakutud, et vahetatakse välja 24 päikesepaneeli ühe tuuliku vastu. Kuna tuuleenergia ja päikeseenergia käituvad enamasti nii, kui on päike siis tuult ei ole ja vastupidi. Kindlasti tagab antud süsteem elektrienergia vajaduse aastarinkselt. Teise lahenduse peamiseks eeliseks on energiamuundurite mitmekesisus, et ei ole üks ja kindel energiaallikas. Antud süsteemi lihtsustatud skeemi on näha joonisel 5.2.



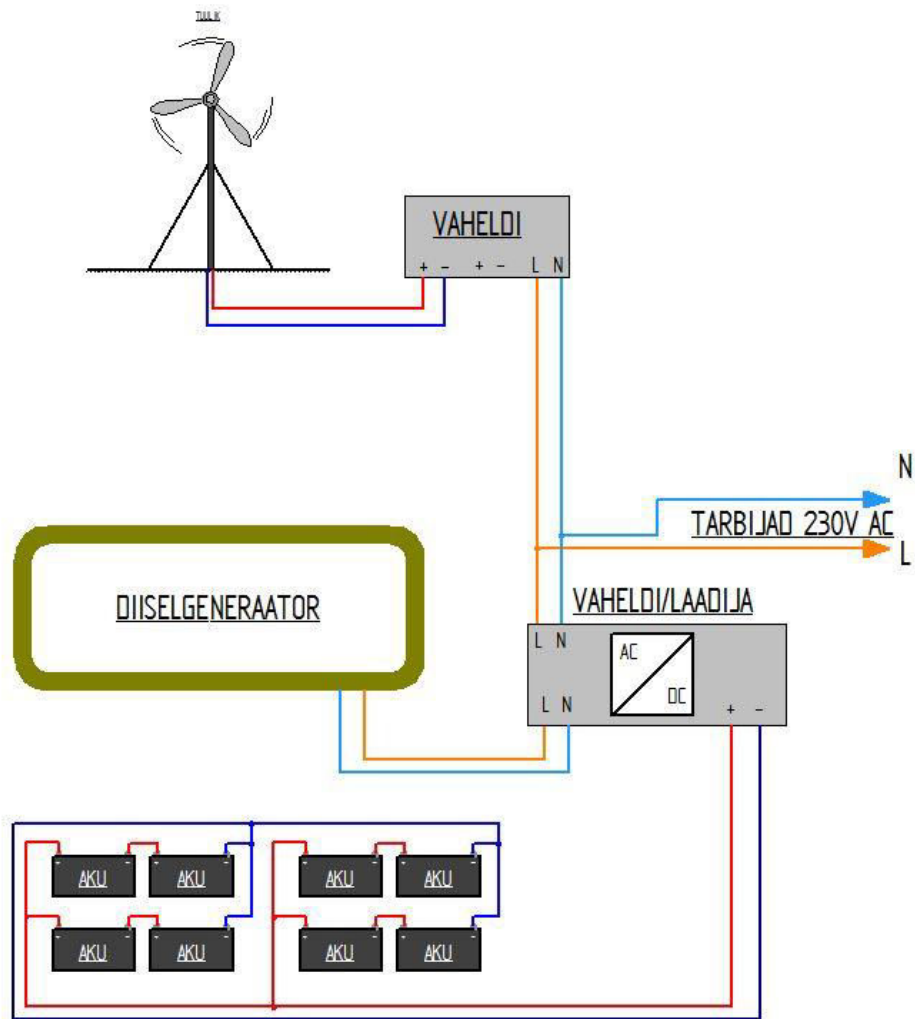
Joonis 5.2. Teise lahenduse lihtsustatud joonis.



Joonis 5.3. Teise lahenduse tootmis ja tarbimis graafik.

Joonisel 5.3 on näha kuidas on lahendatud päikesepaneelide ja tuuliku tootlikus kuu kohta, et ei jääks energia vajadusest puudu. Suvekuudel suudavad päikesepaneelid tagada kogu energia vajaduse. Novembrist kuni veebruarini suudab seda teha tuulik. Ülejäänud kuudel suudavad tuulik ja päikesepaneelid kokku toota vajamineva energia.

Tabelis 5.2 on näha teise lahenduse investeering, mis on 17 519 eurot. Antud süsteemis on kõige kallim toode tuulik. Tuuliku hinna sees on küll tuuliku kontrollid ja mast. Lisaks sellele, et on lahendusele lisatud tuulik, läheb ka kaablite maksumus suuremaks. Päikesepaneelid on



Joonis 5.5. Neljanda lahenduse lihtsustatud joonis.

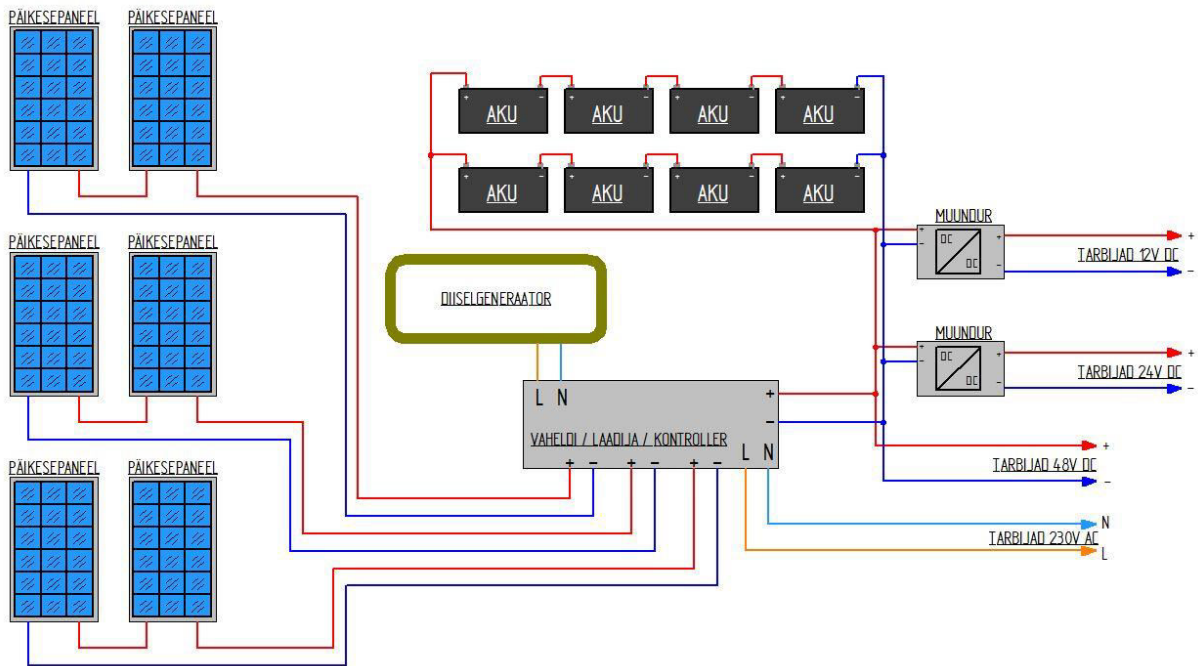
Tabelis 5.5 on näha neljanda lahenduse investeering, mis on 21 481 eurot. Suurim kulu on selle süsteemi puhul tuulik 10 500 eurot ja teise suure kulutusena on vaja osta akud. Antud süsteem on nendest neljast kõige kallim. Erilisi plusse võrreldes teiste süsteemidega sellel süsteemil kahjuks ei ole. Elektrihind ühe kWh kohta tuleb antud juhul 1,30 eurot.

Tabel 5.4. Neljanda lahenduse oletatav investeering. [24] [36] [21] [37] [38]

Nimetus:	Eluiga (A):	Investeering (€):	Käidukulu (€):	Toodang aastas (kWh):	Elekterihind (€/kWh):
Tuulik (Enair E30PRO)	25	10500	105	723	0,44
Generaator DIESEL 4000E Modys + Vesro 50M 40A, SDMO	25	3099	2294,80	229	0,23
Victron Aku Gel 12V/220Ah	10	4304	43,04	-	0,46
Vaheldi Quattro 24/5000/70-100/100	25	2878	28,78	-	0,12
Juhtmed, kaablid, pistikud, kaitsmed, jne:	25	700	7	-	0,03
KOKKU:		21 481,00	3528.62	952	1,30

5.5. Päikesepaneelide ja generaatoriga mitmepingeline lahendus

Viies lahendus on sarnane kolmandale lahendusele. Päikesepaneelide tippvõimsus valitakse, et tagaks ära vähemalt oktoobri kuu tarbimise, mis valitakse antud juhul päikesepaneelid tippvõimsusega 1,8 kW. Kontrolleri, vaheldi ja laadijana kasutatakse spetsiaalselt selle jaoks mõeldud kõik ühes seadet. Erinevate alalisvoolu muunduritega suudetakse pakkuda tarvititele sobivat alalisvoolu pinget $12/24/48 V_{DC}$. Selline lahendus on kasulik siis, kui on palju alalisvoolu tarviteid. Alalisvoolu tarvitid kahjuks maksavad rohkem kui analoogsed vahelduvvoolu tarvitid. Suvekuudel on lahenduses elektrienergia tagatud. Antud juhul kasutatakse diisलगeneraatorit varu varjandina, kui seda reaalselt vaja läheb. Viienda lahenduse lihtsustatud skeemi on näha joonisel 5.6.



Joonis 5.6. Viienda lahenduse lihtsustatud joonis.

Tabelis 5.5 on arvatud viienda lahenduse oletatav investeering. Antud juhul oleks selle süsteemi investeering kokku 12 347 eurot. Kõige suurem investeering antud süsteemil on akud, 4304 eurot. Elektri hind ühe kWh kohta tuleb antud juhul 0,90 eurot.

Tabel 5.5. Viienda lahenduse oletatav investeering. [18] [24] [36] [21] [37] [38]

Nimetus:	Eluiga (A):	Investeering (€):	Käidukulu (€):	Toodang aastas (kWh):	Elekterihind (€/kWh):
Päikesepaneelid (BISOL BSO-300 BIPV)	25	1428,30	157,11	825	0,07
Generaator DIESEL 4000E Modys + Vesro 50M 40A, SDMO	25	3099	1744,80	127	0,23
Victron Aku Gel 12V/220Ah	10	4304	43,04	-	0,46
Vaheldi / laadija / kontrolleri EasySolar 48/3000/35-50 2xMPPT 150/35	25	2400	24,00	-	0,10

Nimetus:	Eluiga (A):	Investeering (€):	Käidukulu (€):	Toodang aastas (kWh):	Elekterihind (€/kWh):
Muundur (Orion-Tr 48/12-20 (240W))	25	107,80		-	0,005
Muundur (Orion-Tr 48/24-12 (280W))	25	107,80		-	0,005
Juhtmed, kaablid, pistikud, kaitsmed, jne:	25	900	9	-	0,04
KOKKU:		12 346,90	2530,11	952	0,90

6. LAHENDUSE VALIKU PÕHJENDUSED

Objekt on eriline ja sobivaima lahenduse leidmiseks tuleb lähtuda objekti asukohast ja omaniku soovidest. Antud objektile sobivama võrgulahenduseta elektervarustussüsteemi valikul vaadeldakse peamiselt erinevate lahenduste soetamis hindasid ja elektri hinna maksumust. Lisaks leiti erinevate lahenduste tasuvusaegad. Elektrienergia maksumuseks on valitud üldvõrgust saadav elektri hind, mis on antud juhul 0,121 €/kWh. Lisaks ei ole arvestatud süsteemi eluea jooksul lisa investeeringutega.

Erinevate lahenduste tasuvusaeg on leitud valemiga 6.1,

$$T_l = \frac{A_l}{Q * t_e} \quad (6.1)$$

kus T_l on lahenduse tasuvusaeg (aastates), A_l on lahenduse investeering kokku (€), Q on suvila aastane energiavajadus (antud näites 952 kWh), t_e on elektrienergia maksumus, (antud näites 0,121 €/kWh).

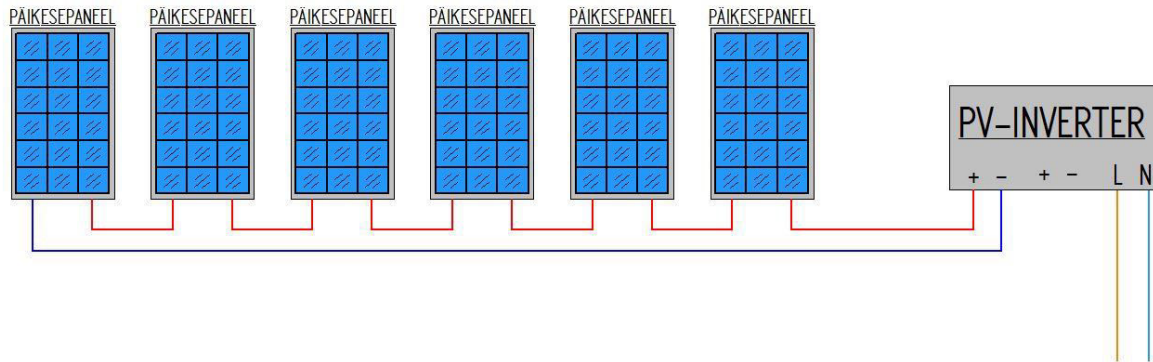
7. EELELEKTRIVARUSTUSSÜSTEEMI PROJEKTEERIMINE

Projekteeritud elektripaigaldise arvutuslik (tarbitav) võimsus on 5 kW, vahelduv nimipinge tarvitate poolel on 230 V. Elektrivarustussüsteem on projekteeritud nii, et elektriseadmeid oleks mugav kasutada. Suvila elektriskeem on toodud välja lisades 2.

7.1. Päikesepaneelid

Päikesepaneelid paigaldatakse suvila hoone katusele. Hoone ehitamine planeeritakse nii, et hoone katus on suunaga lõunapoole. PV-paneelid paigaldatakse katusele paigaldusnurgaga 35°, maapinna suhtes. Kuna katuse nurk on väiksema paigaldusnurgaga, tuleb ehitada sobiv metallkonstruktsioon paneelide paigalduseks. Paneelide paigalduses tuleb jälgida, et päikesepaneelid ei jääks päikese paistmisel üksteise taha varju.

PV-paneelid olid eelnevalt välja valitud *BISOL BSO-300 BIPV* (Lisa 7). Nimivõimsus on ühel paneelil 300W. Kokku paigaldatakse 6 paneeli, mille koguvõimsus on 1,8 kW. Ühendamise skeemi on näha joonisel 7.1.

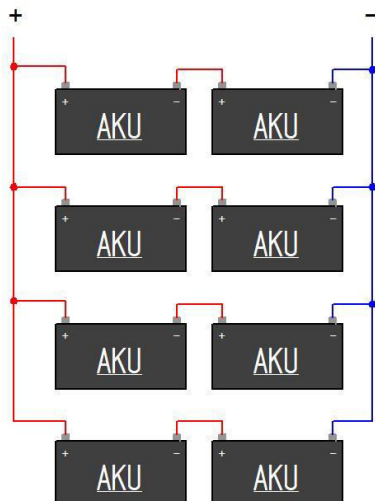


Joonis 7.1. Päikesepaneelide ühendamise skeem.

7.2. Akud ja vaheldi

Akud, laadimiskontroller ja inverter paigaldatakse toas oleva trepi alla. Treppi alla ehitatakse spetsiaalne kapp, kuhu mahutatakse ära nii akud, kui ka vaheldi.

Kasutatakse süvatühjendatavad pliiakusid, mida on kokku 8 tk. 2 akut ühendatakse jadamisi, et summaarne akupaki pinge oleks 24 V, kokku tuleb 4 plokki ja need plokkid ühendatakse rööbiti (Joonis 7.2.). Akude mahtuvus on kokku 21,12 kWh. Akudeks on valitud *Aku Gel 12V/220Ah* (Lisa 8). Antud akud võib ka asendada ka analoogsete näitajatega akudega.



Joonis 7.2. Akude ühendamise skeem.

Päikesepaneelide ühendamiseks on valitud spetsiaalne PV-vaheldi *SMA Sunny Boy SB 1.5* (Lisa 9) ja autonoomse võrgu vaheldiks on *Victron Energy MultiPlus 5000* (Lisa 10). Vaheldid paigaldatakse samasse kohta, kuhu on paigaldatud akud. Vaheldid on seadistatud nii, et akud oleks antud oludes suvisel ajal valdavalt täislaetud ja elektritarvitite energiavajadus oleks tagatud. Ülejääva elektrienergiaga soojendama 200 liitrise veeboileris asuvat küttekeha.

7.3. Generaator

Generaatori võimsus peaks olema minimaalselt 3,2 kW. Võimsus on valitud elektritarvitite summaarse võimsuse järgi, et ei piiraks kasutajamugavust. Kuna generaatorit kasutatakse ainult siis kui ei saada piisavalt energiaallikatelt energiat, peaks olema võimalik automaatselt käivitada ja seisata. Generaator on seadistatud nii, kui akud tühjenevad alla 50% alustab generaator tööd ja lõpetab siis kui akud on laetud täis. Generaator on väljavalitud *SDMO 4000E Modys + Vesro 50M 40A* (Lisa 11).

7.4. Peakilp/jaotuskilp

Elektrivarustuse väljaehitamisel tuleb lähtuda standarditest EVS-EN 61439-3:2012 ja EVS-HD 60364-4. Paigaldatav peakilp, mis ühtlasi on ka jaotuskilp paigaldatakse tuppa, sissepääsust paremale. Paigaldatavaks jaotuskeskuseks on pinnapealne, metallkorpusest kilp, kaitseastmega vähemalt IP30. Lisas 6 on jaotuskilbi skeemid.

Jaotuskeskuses ei asu ainult kaitseülilidid, vaid ka rikkevoolukaitseülilidid, kotaktorid, distantülilidid, klemmid jne. Et nende ära mahutamiseks ei tekiks raskusi, ei tohi jaotuskeskuse mõõtmed olla liiga väikesed. [39]

Liigkoormuskaitsemeseadmetena rakendatakse suvila elektripaigaldistes kaitseüliliteid. Kaitseülilite eelised võrreldes sulavkaitsetega seisnevad:

- kasutamise lihtsuses ja ohutuses;
- „lappimise“ võimatuses;
- koheses sisselülitavuses pärast rakendumist ja seega lühimas talituskatkestuses;
- kaitsetunnusjoonte ajalises stabiilsuses;

- kasutatvuses ka käsilülitina;
- kompaktsuses;
- mitmepooluselise lüliti rakendumises ka ühe pooluse ülekoormuse puhul.

C-tunnusjoonega kaitselüliti termovabasti tunnusjoon kattub B-tunnusjoone omaga, kuid hetketoimeline elektromagnetiline vabasti rakendub suuremal voolul (5- kuni 10-kordsel nimivoolul). C-tunnusjoon sobib elektriahelate kaitseks, milles võivad esineda keskmise suurusega voolutõuked. Veelgi suuremate voolutõugete korral kasutatakse K-tunnusjoonega kaitselüliteid. Liinikaitselülitel on lisaks nimivoolule näidatud ka nimilahutusvool, mis tavaliselt peab olema vähemalt 6 kA. [40]

Selektiivsed peakaitselüliteid kasutatakse mitmest omaette kaitstud rühmast koosnevate juhistike kaitseks ja nad paiknevad enamasti maja sisestuskilbis. Selektiivseid peakaitselüliteid toodetakse nimivooluga kuni 100 A, nimilahutusvooluga kuni 25 kA ja rakendumis-tunnusjoonega E ja K. Nende mõõtmed on samasugused nagu NH-00-tüüpi sulavkaitsme-komplektidel. Peakaitselülid on liinikaitselülite suhtes kuni viimaste nimilahutusvooluni selektiivsed, see tähendab, et ei lülitu välja enne liinikaitselüliteid eha viimastega üheaegselt. Ühtlasi on neil kõik liinikaitselüliti eelised. Ka siis, kui nad on plommitud, saavad neid ka mitteasjatundjad tarbe korral uuesti sisse lülitada. [40]

Rikkevoolukaitselüliti sisaldab voolumuundurit, mille sekundaarmähisega on ühendatud vabasti. See omakorda lülitab jõuahelat. Rikkevoolukaitselüliti peavad läbima kõik faasijuhid ja neutraaljuht. Normaaltalituses on summaarne lekkevoolväike ja faasijuhtide ja neutraaljuhi voolude summa nullilähedane. Kui faasi- või neutraaljuhi isolatsioonirikke tõttu osa voolust suundub kaitsejuhti või otse maasse, on voolude tasakaal rikutud ning faasijuhtide ja neutraaljuhi voolude summa võrdub rikkevooluga. Kui rikkevool ületab rakendusvoolu, mis enamasti võrdub 0,5- kuni 1-kordse nimirakendusvooluga, lülitub rikkevoolukaitselüliti välja. Levinuimad nimirakendusvoolud 10, 30 100, 300 ja 500 mA. Uurimused on näidanud, et rikkevoolukaitselülid nimirikkevooluga kuni 300 mA toimivad ka kaitsena rikkevoolust tekkida võivate tulekahjude vastu, mistõttu suurema nimirakendusvooluga rikkevoolu-kaitselülite kasutamiseks ei ole enam vajadust. Vastavalt standardile EVS-HD 60364-4-41:2007 tuleb vahelduvvoolujuhistikes ette näha lisakaitse rikkevoolukaitseparaadi abil pistikupesadele nimivooluga enamalt 20A, mis on ette nähtud üldkasutuseks tavaisikute poolt. Eriti ohtlike ümbrusolude korral nagu duširuumides, välispaigaldistes kasutatakse

rikkevoolukaitselüliteid ka teiste ahelate ees. Kaitseks otsepuutel saadava elektrilöögi eest on kasutusel rikkevoolukaitselülid, mille nimivool ei ületa 30 mA. See omakorda tagab piisavalt madala puutepinge, mis omakorda kaitseb inimest südamevatsakeste fibrillatsiooni tekke eest. [40] Ohtlikumates kohtades kasutatakse ka rikkevoolukaitselülid nimivooluga 10 mA.

7.5. Maandamine

Elektripaigaldiste maandamiseks kasutatakse laialt varras-, süva-, plaat- ja ringmaandureid, mille maandustakistus võib aga suuremal või vähemal pinnasekorrosiooni tõttu muutuda. Tuleb arvestada ka selliste maandurite vigastamise võimalikkust hilisemate ehitustööde käigus. Et neid puudusi vältida, on hakatud kasutama vundamendimaandureid [41], mille korral maanduspaigaldis ehitatakse juba enne hoonet selle vundamendi sisse.

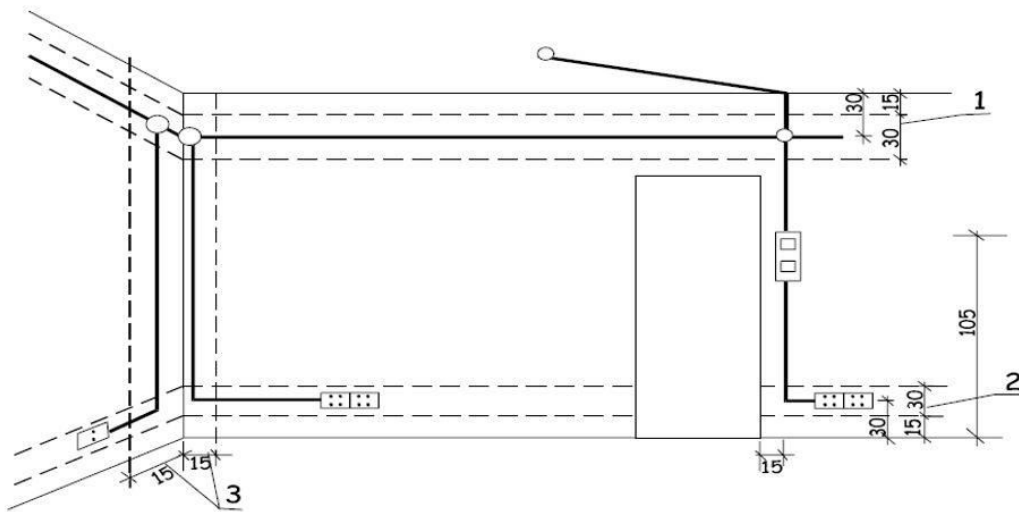
Hoone vundamenti paigaldatud maandur tõhustab märgatavalt potentsiaaliühtlustust. Vundamendimaanduri paigaldamisel tuleb jälgida, et maandur sobiks nende ülesannete täitmiseks ja oleks varustatud piksekaitse maandusjuhtide külge ühendamiseks vajalike välisväljaviikude ja klemmidega. [41]

Ehitaja peab hoolitsema vundamendimaanduri õigeaegse paigaldamise eest. Paigaldustööd teeb kas elektrik või sellekohase väljaõppe saanud ehitustööline elektritöid teostava firma juhendamisel. Peapotentsiaaliühtlustuslatiga võib vundamentmaandurit ühendada üksnes väljaõppinud elektrik. [41]

Maandusjuht peab olema maanduriga ühendatud täpselt ja laitmatult. Maandus- ja kaitsejuhtide ristlõige peab vastama sellekohaste eeskirjade nõuetele. Kui maandusjuhtide ühendamine maanduriga toimub maandusklambrite abil, ei tohi need maandurit vigastada. Poltliitme kasutamisel peab poltide läbimõõt olema vähemalt 10 mm. Maandustakistuse kontrollimiseks peab maandusjuht saama ligipääsetavas kohas lahti ühendada, lahtiühenduspunkt võib olla ühitatud maandusklemmi või -latiga. Lahtiühendamine peab olema võimalik ainult tööriista abil. Väljaspool pinnast peavad maandusjuhid olema nähtavad, juurdepääsetavad ja võimalike kahjustuste eest kaitstud. [41]

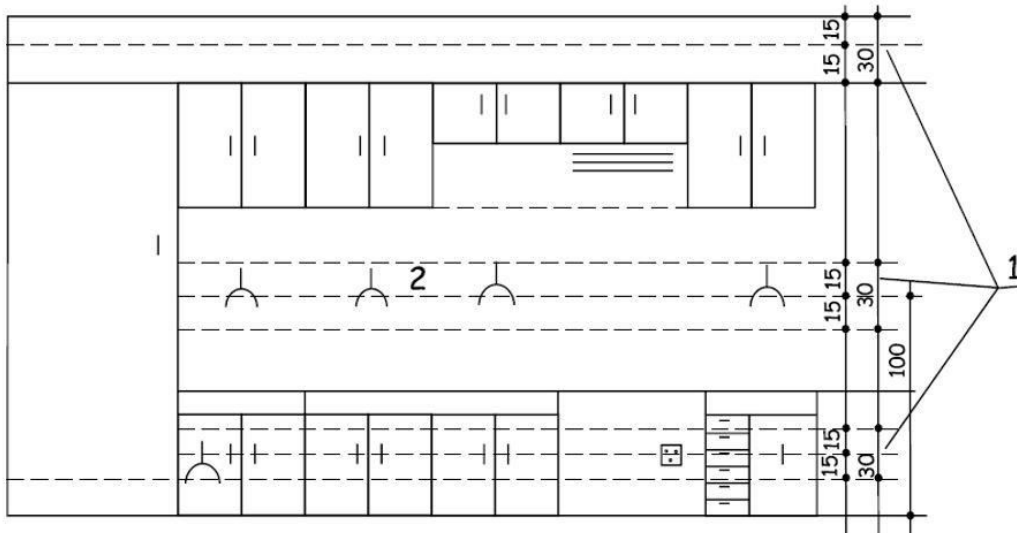
7.6. Kaablite paigaldusviis

Kaablite paigaldusviis peavad tagama nende kaitse mehaaniliste kahjustuste eest. Seintele paigaldatud juhtmed ja kaablid peavad kulgema kas püsti- või rõhtsuunas. Joonisel 7.3. on näidatud juhistiku paigaldamise eelispiirkonnad ning pistikupesade ja lülitite eeliskõrgused seintel, mida ei kasutata tööpindadena, seega eeskätt eluruumides. [42]



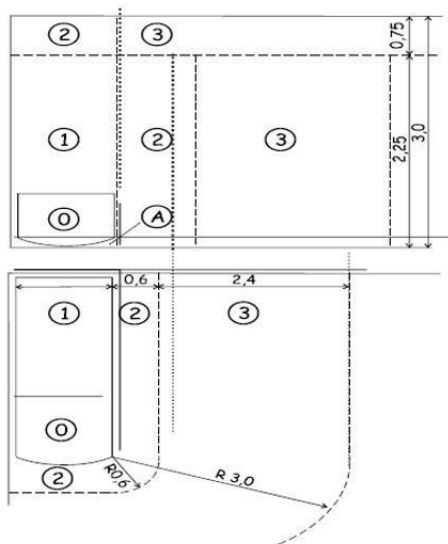
Joonis 7.3. Juhistiku paigalduspiirkonnad ning lülitite ja pistikupesade paigalduskohad ruumides, mille seintel ei ole tööpindu (mõõtmed sentimeetrites). [42]

Kui seinad on haaratud tööpindadega, on juhtide, lülitite ja pistikupesade paigalduspiirkonnad teistsugused, mida on näha joonisel 7.4. [42]



Joonis 7.4. Juhistiku paigalduspiirkonnad ning lülitite ja pistikupesade paigalduskohad ruumides, mille seintel on tööpindu (mõõtmed sentimeetrites). [42]

Vannitubade ja duširuumide kohta kehtivad rangemad reeglid, mis piiravad juhtmete ja kaablite paigutust ning paigaldusviisi. Näitena on joonisel 7.5. esitatud vannitoa jaotumine ontlikkustsoonideks. Igas tsoonis tohib olla üksnes selliseid juhte, mis on paigaldatud kohtkindlalt, millel ei ole metallkesti ja mis toidavad kas selle tsooni või sellest ohtlikuma tsooni kohtkindlaid elektritarviteid. [42]



Joonis 7.5. Vannitoa elektriohutsoonid (mõõtmed sentimeetrites). [42]

Tsoonides 0, 1 ja 2 ei tohi paikneda seadme ühenduskarpe, pistikupesi ega lüliteid. Erandiks on tsoonide 1 ja 2 kaitseväikepingelülitid ja tsoon 2 kaitseeraldustrafoga varustatud pistikupesad pardlite toiteks. Tsoon 3 ja sellest väljapoole võib paigaldada pistikupesi, mille kaitseks kasutatakse kas kaitseeraldust, kaitseväikepinget või rikkevoolukaitset. [42]

Kuna suvila on palkmaja, siis kasutatakse kaablite ja juhtmete tüüppaigaldusviise B1, B2 ja C. Tüüppaigaldusviis B1 (isoleerjuhtmed puitseinale paiknevas karbikus) ja B2 (mitmesooneline kaabel puitseinale paiknevas karbikus) on metall- või polümeertoru paigaldatud puitseinale selliselt, et õhuvahe sein ja toru vahel on väiksem kui toru 0,3-kordne läbimõõt. Tüüppaigaldusviis C on ühe- või mitmesooneline kaabel paigaldatud puitseinale selliselt, et õhuvahe sein ja kaabli vahel on väiksem kui kaabli 0,3-kordne läbimõõt. [42]

7.7. Kaablid ja pistikupesad

Ehitistes kasutatakse elektrienergia edastamiseks peaaesjalikult juhtmeid ja kaableid. Elamuehituses on kasutusel peaaegu eranditult vaskjuhtmed ja –kaablid. [43]

Juhistikusüsteemina kasutatakse tänapäeval kas maandatud neutraaliga ehk TN-S või isoleeritud neutraaliga ehk IT-süsteemi. Soovitav oleks kasutada Eesti standardile vastavaid kaableid. Standard EVS:720 sätestab erinõuded Eesti suhteliselt külma kliimaoludes kohtkindlalt paigaldatavatele vasksoontega, võrkstruktuur-polüeteen (XLPE) või polüvinüülkloriid (PVC) isolatsiooniga ja polüvinüülkloriidmantliga paigalduskaablitele. [43] Valgustite, pistikupesade, ventilatsiooniseadmete või teiste jõuseadmete jaotusliinidena kasutatavatel kaablitel peab olema eraldi maandusjuht.

Kaableid ei tohi paigaldada kütetorustiku lähedusse ega ventilatsioonikanalitesse ega painutada väiksema raadiusega kui nende 8-kordne läbimõõt. Juhtmestik paigaldatakse ruumide arhitektuursete joontega paralleelselt. Juhtmete ja kaablite sisseviigid valgustitesse ja seadmetesse rõsketes ruumides teostatakse tihendatult.

Kaablite valikul lähtuti kaablite koormatavusest vastavalt tabel 7.1, kaablite asukohast ja kaabli tootjate poolsetest soovitudest.

Tabel 7.1. Lihtsustatud kaablite koormatavuse tabel. [45]

Vask (Cu)				
Juhtme ristlõige (mm ²)	A2 süvispaigaldus (A)	C pindpaigaldus (A)	D paigaldus maasse (A)	E õhuasetuse korral (A)
1,5	13,5	18,5	26	19,5
2,5	18,5	25	36	26
4	24	33	46	36
6	30	43	57	45
10	41	60	78	63
16	55	80	101	84
25	72	101	130	107
35	87	126	156	133
50	104	152	185	162
70	132	195	228	207
95	159	236	271	252
120	182	274	308	292
150	207	311	349	338
185	236	361	389	385
240	276	427	450	455
300	315	491	510	526

Päikesepaneelide ja kontrolleri vahelised kaablid ja pistikupesad, peavad olema ilmastiku kindlad, kuna juhtmed asuvad aastaringselt väljas. Antud juhul kasutada juhtmeid tüübiga H1Z2Z2-K 1X4 WH/ BK positiivse polaarsusega ja H1Z2Z2-K 1X4 WH/BU negatiivse polaarsuse korral. Pistikupesasid kasutada tüüp MC4 (musta värvi).

Toas ja siserõdul kasutatavad juhtmed on pistikupesade korral PPJ 3G2,5 (valget värvi) ja valgustuse korral PPJ 3G1,5 (valget värvi). Pistikupesadena kasutada pinnapealseid pistikupesasid kaitseklassiga IP 20 (valget värvi).

Sauna pesemisruumi puhul tuleks juhendada standardist EVS-HD 60364-7-701:2007 „Madalpingelised elektripaigaldised. Osa 7-701: Nõuded eripaigaldistele ja -paikadele. Vanne ja dušše sisaldavad ruumid“. Leiliruumi puhul tuleks lähtuda standardist EVS-HD 60364-7-703:2006 „Ehitiste elektripaigaldised. Osa 7-703: Nõuded eripaigaldistele ja -paikadele. Saunakeriseid sisaldavad ruumid ja kabiinid“. Leiliruumi valgustuse kableduseks sobib näiteks kaabel SIHF 3x1,5mm², mis on ettenähtud temperatuurile kuni 180° C. Kaabel paigaldatakse soojusisolatsiooni taha ja põrandast 300mm kõrgusele.

Välised kaablid ja sauna eesruumis olevad kaablid peavad olema ilmastikukindlad, kasutada kaabli tüüp tähisega RDO/05RN-F 3G2,5 pistikupesade korral ja RDO/05RN-F 3G1,5 valgustuse korral. Kaevu minev kaabel on kaabli tüübiga H07RN-F3G2,5. Välised, kaevu ja sauna eesruumi pistikupesad on kaitsekaanega, pinnapealsed, kaitseklassiga IP44 ja halli värvi (Lisa 3).

7.8. Potentsiaaliühtlustus

Ohtlike pingeerinevuste ja nendest tingitud elektrilöögivõimaluse vältimiseks tuleb eeskirja EEI 3-4 jaotise 413 järgi ette näha potentsiaaliühtlustus, mis seisneb kõigi pingealdiste ja kõrvaliste voolujuhtivate osade galvaanilises ühendamises üksteisega. Seejuures eristatakse pea- ja lisapotentsiaaliühtlustust, esimene neist nähakse ette hoone elektrisisendi juures, teine aga tarbe korral hoone muudes osades. Hoone elektrisisestusruumis asuva potentsiaaliühtlustuslati abil ühendatakse kõik nähtavad juhid ja süsteemid üksteisega, samale latile tuuakse vundamentmaanduri väljaviik. [46]

Et kergendada potentsiaaliühtlustuse kontrollmõõtmisi, tuleb peapotentsiaaliühenduslati klemmid nummerdada ning ühenduskarbi kaanes paiknevas tabelis lahti seletada. Peapotentsiaaliühtlustusjuhi ristlõige peab olema vähemalt pool peakaitsejuhi ristlõikest, kuid mitte alla 6 mm² (vaskjuhi puhul). Potentsiaaliühtlustusjuhid peavad olema märgistatud kolla-rohelise tunnusvärviga (Lisa 5). [46]

Kui peapotentsiaaliühtlustus ei võimalda rikete korral hoone mingis osas saavutada EEI 3 nõuetele vastavat automaatset väljalülitust, tuleb kasutada lisapotentsiaaliühtlustust. Elamutes kehtib see eeskätt duširuumide kohta. Duširuumides peavad voolujuhtivad veeäravoolutorud,

dušiseadmed, metallist torustikud olema omavahel ühendatud potentsiaaliühtlustusjuhi abil, mille ristlõige peab vase puhul olema vähemalt 4 mm². Potentsiaaliühtlustus on kohustuslik ka elektriseadmeteta ruumides. Potentsiaaliühtlustusjuht peab olema ühendatud kaitsejuhiga. Ühenduse võib ette näha kohalikus jaotuskilbis, kohalikul lisapotentsiaaliühtlustuslatil või hoone peapotseentsiaalühtlustuslatil. [45]

Vastavalt eeskirja EEI 3 jaotisele 543 võib kaitsejuhi ristlõiget määrata kas tema vastupidavuse järgi rikkevoolude termilisele toimele või faasijuhi ristlõike järgi. Viimasena nimetatud meetod on lihtsam, mis tõttu enamasti kasutataksegi seda, seejuures eeldatakse, et kaitsejuht kaitsejuht on faasijuhtidega samast materjalist. Kui kaitsejuht on mitme vooluahela jaoks ühine, peab tema ristlõige vastama suurima faasijuhi ristlõikele. [45]

7.9. Valgustus

Valgustite valikul tuleb järgida põhinõuetest: valgusti kaitseaste (IP-klass) peab vastama ruumi iseloomule, kus seda kasutatakse, valgusti valgusallika valgusvoog peab tagama nõutava valgustatuse, valgustis kasutatav valgusallikas peab vastama ruumis tehtava töö iseloomule, valgusti peab olema ohutu ja vastama kehtivatele standarditele.

Suvilate valgustus on pahatihti väga tagasihoidlik. Tavaliselt ei kutsuta selle kavandamiseks ega kontrolliks kohale asjatundjaid, mistõttu kõik sõltub omaniku maitsest ja arusaamadest. Küllaltki tihti piirduakse vaid ühe keset ruumi rippuva laevalgustiga. Suvila eri ruumides on valgustiheduse nõuded erisugused. Tööruumides peab valgustus olema piisavalt tugev, et töö ei nõuaks silmade pingutamist, hea valgus ei väsita silmi. Elu- ja magamistubades peab valgustus olema õdus, mistõttu tugev üldvalgus siia ei sobi, kuid näiteks lugemiskoha jaoks tuleb ette näha lisavalgustus. [46]

Valgustuse projekteerimisel on aluseks võetud omaniku poolsed soovid ja standard EVS-EN 12464-1:2011. Minimaalsed valgustihedused peavad olema ruumides järgnevad:

- tuba/köök – 200 lx;
- köögi tööpind – 500 lx;
- siserõdu – 200 lx;
- terrass – 150 lx;

- sauna eesruum – 200 lx;
- saun – 150 lx.

Valgustite valikul peab lähtuma valgusti asukohast, et valgusti kaitseaste oleks antud piirkonnas piisav. Teiseks tuleks kindlaks teha valgusti kasutamistingimused (Lisa 4).

Elektervalgustuses võiks kasutada valgusdioode ehk leede, mis on energiasäästlik ja koormab seega vähem autonoomse elektrivarustussüsteemi akut.

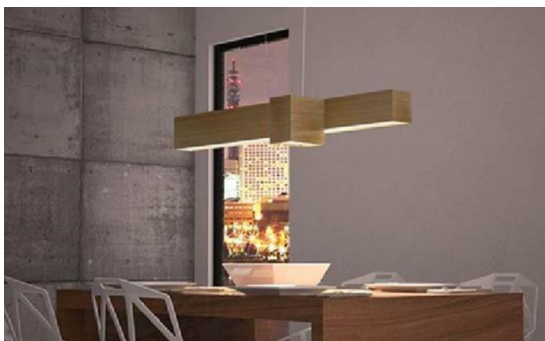
Tuba/köök paigaldatakse 4 valgustit:

1. Köögi tööpinnale paigaldatakse valgusdiod riba, näitena on toodud valgusti *PROLUMEN LED Riba 3528 120LED 1m 10W 120° soe* (Joonis 7.7.). Kaitseklass antud valgustil peaks olema IP45. Valgusdiod riba pikkus on 1400 mm ja paigaldatud selleks mõeldud alumiinium profiili. Valgusdiod riba on alalispingega 12V ja võimsus on 14W kokku antud asukohas.



Joonis 7.6. PROLUMEN LED Riba 3528 120LED 1m 10W 120° soe [48]

2. Esimene rippuv valgustus on paigaldatud söögilaua kohale lakke. Näitena on toodud valgusti *FM Iluminacion KUBE 26817/R100* (Joonis 6.-.) Pinge on antud valgustil 220 V_{AC} ja võimsus on 20W.



Joonis 7.7. FM Iluminacion KUBE 26817/R100 [49]

3. Teine rippuv valgusti on samuti paigaldatud lakke, kuid diivanilaua kohale. Kaitseklass antud valgustil peaks olema IP20. Näitena on toodud valgusti *FM Iluminacion KUBE 26817/50* (Joonis 7.9.). Pinge on antud valgustil 220 V_{AC} ja võimsus on 30W.



Joonis 7.8. FM Iluminacion KUBE 26817/50 [49]

4. Seinale paigaldatav valgusti on eelkõige mõeldud kasutamiseks lugemise ajal. Kaitseklass antud valgustil peaks olema IP20. Näitena on toodud valgusti *Marset o8, 3w/150lm Led*, (Joonis 7.10.). Pinge on antud valgustil 220 V_{AC} ja võimsus on 3W.



Joonis 7.9. Marset o8, 3w/150lm Led [50]

Siserõdule paigaldatakse üks valgusdiod riba pikkusega 2000 mm ja paigaldatud selleks mõeldud alumiinium profiili. Valgusdiod riba on alalispingega on 12V ja võimsus on 20W kokku antud asukohas.

Sauna leiliruumi paigaldatakse 1 valgusti, mis koosneb reguleeritava värvusega valgusdiodriiba (RGB LED). Antud valgusdiodriiba mis on mõeldud taluma kõrgeid temperatuure ja niiskust. Kaitseaste peab antud valgustil olema minimaalselt IP68. valgusdiodriiba pikkus on 2500 mm, paigaldatakse laval oleva seljatoe taha. Toiteks kasutatakse alalispinget 12V. Antud valgusdiodriiba võimsus on kokku 25W.

Sauna eesruumi paigaldatakse 6 valgustit. Sauna eesruumi on paigaldatud süvistatud valgustus, mis peab taluma niiskust. Kaitseaste peab antud valgustil olema minimaalselt IP45. Toitepinge on 12V_{DC} ja võimsus kuuel valgustil kokku 18W.

Väli valgustuses paigaldatakse kokku 25 valgustit:

1. Seinale pindpaigaldatavad valgusteid on kokku 5 tk. Seinale paigaldatavad valgustid peavad taluma väliskeskkonda, kaitseklassiga IP68. Toitepinge on 230V_{AC} ja võimsus kokku 50W.
2. Terrassile paigaldatakse süvistatult kokku 21 valgustit. Põrandasse paigaldatavad valgustid peavad taluma väliskeskkonda, kaitseklassiga IP67 ja lisaks peavad olema purunemis kindlad peale astumisel. Toitepinge on 12V_{DC} ja valgusti võimsus on kokku 63W. Näitena on toodud valgusti *PROLUMEN LED Süvistatav põrandavalgusti UG 06 3W 45° IP67 külm valge* (Joonis 7.12.)



Joonis 7.10. PROLUMEN LED UG 06 3W 45° IP67 külm valge [51]

Sauna- ja dušši ruumis tuleks kasutada niiskuskindlaid valgustid, kaitseastmega vähemalt IP44 või IP54.

7.10. Majandusosa

Antud osas kalkuleeritakse projekteeritud elektriosa kogu maksumus. Vaja minevad materjalid on kalkuleeritud projekteerimise käigus. Arvesse on võetud enamus projektis vajaminevad materjalid ja tooted. Seadmete ja materjalide pakkumised on võetud erinevatelt pakkujatelt nagu näiteks Harju Elekter, Elfa, Esvika ja teised. Suuri erinevusi erinevate pakkujate vahel ei olnud. Hinnad on koos käibemaksuga, kuna hindasid küsiti eraisikuna. Hinnad on toodud välja tabelis 7.2. Kindlasti saab suuremat allahindlust kui tooted ja kogused lähevad suuremaks. Paigaldamisel kasutatakse lisaks lisamaterjale näiteks kinnitus, harukarbid, tihendid ja muu selline. Kogu maksumuses ei ole arvestatud paigaldus maksumusega, kuna paigaldus planeeritakse teha ise. Kaablite ja karbikute arvestamisel on arvestatud horisontaal ja vertikaal pikkustega ning lisatud 10 % varu.

Tabel 7.2. Materjali ja toodete hinnad.

Jrk	Materjalid ja tooted	Kogus	Ühik	Ühiku hind, €	Kokku, €
1.	BISOL BSO-300 BIPV	6	tk	238,05	1428,30
2.	Aku Gel 12V/220Ah	8	tk	538	4304,00
Jrk	Materjalid ja tooted	Kogus	Ühik	Ühiku hind, €	Kokku, €
3.	Victron Multiplus 5000 24V	1	tk	1992,00	1992,00
4.	Victron Color Control GX	1	tk	500,00	500,00
5.	SMA Sunny Boy SB 1.5	1	tk	559,00	646,80
6.	SDMO DIESEL 4000E MODYS + VESRO 50M 40A	1	tk	3099,00	3099,00
7.	Met.kilp mont.plaadiga 1* 200x300x120 AE1032 Rittal	1	tk	31,70	31,70
8.	Forix 2-ne p.pesa MK pp. Legrand,valge, 782413	9	tk	2,88	25,92
9.	1-ne p.pesa IP44,pind,HALL Cedar Plus,Schn WDE000641	6	tk	3,38	20,28
10.	Grupilül IP44, pind, HALL Cedar Plus,Schn WDE000650	2	tk	3,14	6,28
11.	Veksellül IP44, pind,HALL Cedar Plus,Schn WDE000660	1	tk	3,13	3,13

Jrk	Materjalid ja tooted	Kogus	Ühik	Ühiku hind, €	Kokku, €
12.	JUSSI grupilüliti pind ABB, 1065A4, IP20	1	tk	8,17	8,17
13.	JUSSI veksel, pind IP20 ABB, 1066A4	4	tk	5,75	23,00
14.	Liikumisandur LUXA S360 360°seinale, lakke	3	tk	45,30	135,90
15.	Elektriboiler "PROFI LINE" TESY spiraalsoojusvahetiga 200 L	1	tk	641,52	641,52
16.	AUT.KAITSE 1P 50A C GE RL G61	1	tk	8,40	8,40
17.	AUT.KAITSE 1P 6A C GE RL G61	1	tk	4,40	4,40
18.	AUT.KAITSE 1P 10A C GE RL G61	1	tk	3,40	3,40
19.	AUT.KAITSE 1P 16A C GE RL G61	2	tk	3,40	6,80
20.	AUT.KAITSE 1P 2A B GE RL G61	1	tk	6,40	6,40
21.	RIKKEV.GE RL DM60 2P 10A 30MA	1	tk	38,00	38,00
22.	RIKKEV.GE RL 1MOOD 2P 16A 30MA	2	tk	58,00	116,00
23.	VUNDAMENT MAANDUS	1	tk	680,00	680,00
24.	H1Z2Z2-K 1X4 WH/ BK	25	jm	0,98	24,50
25.	H1Z2Z2-K 1X4 WH/ RB	22	jm	0,98	21,56
26.	MKEM 6MM ² KORO R100 PEENKIUDJUHE	78	jm	0,83	64,74
27.	DLP karbik 50x105mm; 2m Legrand, 010422	15	tk	10,00	150,00
28.	XPJ 3G 4MM ² T1000 KAABEL	10	jm	1,90	19,00
29.	KUMMIKAABEL 3G 2,5MM ² H07RN-F R100	12	jm	1,52	18,24
30.	PPJ 3G 2,5MM ² R100 KAABEL	30	jm	0,98	29,40
31.	PPJ 3G 1,5MM ² R100 KAABEL	60	jm	0,62	37,20
32.	XPUJ MUST 3G 2,5MM ² R100 KAABEL	27	jm	1,06	28,62
33.	XPUJ MUST 3G 1,5MM ² R100 KAABEL	50	jm	0,69	34,50

Jrk	Materjalid ja tooted	Kogus	Ühik	Ühiku hind, €	Kokku, €
34.	SIHF 3X1,5MM ² KUUMAKINDEL KAABEL	8	jm	2,05	16,40
35.	LED Riba 3528 120LED 1m 10W 120° soe	3,4	jm	12,00	40,80
36.	LED Riba tarvik alaldi 3528/5050 230V	2	tk	3,00	6,00
37.	LED Riba tarvik Riba kinnitusliist	3,4	jm	1,20	4,08
38.	FM Iluminacion KUBE 26817/R100	1	tk	606,00	606,00
39.	FM Iluminacion KUBE 26817/50	1	tk	581,00	581,00
40.	Marset o8, 3w/150lm Led	1	tk	336,00	336,00
41.	EOS RGB LED VALGUSLINT	1	tk	80,00	80,00
42.	LED VALGUSTUS SUN	1	tk	53,00	53,00
43.	LED Prožektor FL 10W 120° IP65 soe	5	tk	22,00	110,00
44.	LED Süvistatav põrandavalgusti UG 06	21	tk	40,00	840,00
45.	Kinnitustarvikud	1	tk	150,00	150,00
				KOKKU:	17 080,44

Kogu elektripaigaldise maksumus on kokku 17 081 eurot.

8. KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli planeerida ja projekteerida suvilale võrguühenduseta autonoomne elektrivarustussüsteem. Uuriti autonoomse elektrivarustussüsteemi sobivust ühele kindlale objektile, milleks oli Pärnumaal, Kadjaste külas, Sauoja talu krundile planeeritav suvila.

Projekteerimise käigus tuli lahendada mitmeid probleeme, millele leiti lahendused antud teema uurimise käigus.

Teises ja kolmandas peatükis tutvuti suvila üldandmetega ja elektritarbimisega. Suvila valiti välja Honka palkmajatehases valmistatav saunamaja Luoto 30-1, kus on 3 ruumi ja terrass. Elektritarbimise määramisel tuli välja, et kasutatav võimsus on suvekuudel 155 kWh kuus ja talvel arvestatakse ühes kuus 75 kWh. Eeldades, et suvilas elatakse terve suve ja teistel aastaegadel käiakse ainult nädalavahetusel. Reservpäevadeks on arvestatud elektrivarustussüsteemil 4 päeva.

Neljandas ja viiendas peatükis hakati uurima, kuidas on võimalik leida lahendus nii, et olemas oleks elektrivarustussüsteem ilma võrguühenduseta. Selleks vaadeldi viite erinevat lahendust. Esimene lahendus tagas kogu aastase elektrienergia vajaduse fotoelektriliste päikesepaneelidega (PV-paneelidega). Teise lahendusena oli elektrienergia tagatud päikesepaneelidega ja tuulikuga. Kolmanda lahendusena oli valitud päikesepaneelid, mis kataks oktoobrikuu elektrienergia tarbimise ning ülejäänud kuudel puuduva energia toodaks generaator. Neljanda lahendusena oli valitud elektrituulikust ja diisलगeneraatorist koosnev süsteem, mis suudaks katta elektrienergiavajaduse. Viienda lahendusena uuriti mitme toitepingega elektripaigaldist,

milles kasutatakse palju alalisvoolu elektritarviteid. Tutvuti erinevate süsteemide maksumustega. Seejärel vaadati, kuidas elektrivarustussüsteem antud asukohas toimiks.

Kuuendas peatükis valiti eelkirjeldatute hulgast antud objektile sobivaim lahendus. Sobivama võrguühenduseta elektrivarustussüsteemi valikul vaadeldi erinevate lahenduste soetusmaksumusi ja saadava elektri omahinda. Lahenduste võrrelduses tuli välja, et kolmas lahendus on antud objektile parim, sellel on parim elektrihind 0,89 eurot ühe kWh kohta.

Seitsmendas peatükis projekteeriti elektrivarustussüsteemi eelprojekt. Projekteerimis käigus leiti sobivad päikesepaneelid, akud ja vaheldi. Parima hinna ja kvaliteediga suhtega olid Victon Energy tooted. Lisaks tutvuti, kuidas valida kaitseseadmeid, kaableid, pistikupesid ja muid elektriprojektis vajalikke komponente. Projekti ehitusmaksumus tuli 17 081 eurot.

Antud objektile on plaanis tulevikus valmistada ka nõrkvoolu turvasüsteemide projekt. Suvila valmimisel kasutatakse elektrivarustussüsteemi kolmandat lahendust, mis annab lõputööle praktilise väljundi.

Lõputöö käigus leiti lahendused sissejuhatuses püstitatud probleemidele. Jõuti järeldusele, et antud süsteem ei ole antud asukohas hetkel konkurentsivõimeline jaotusvõrguga liitumisega.

KASUTATUD KIRJANDUS

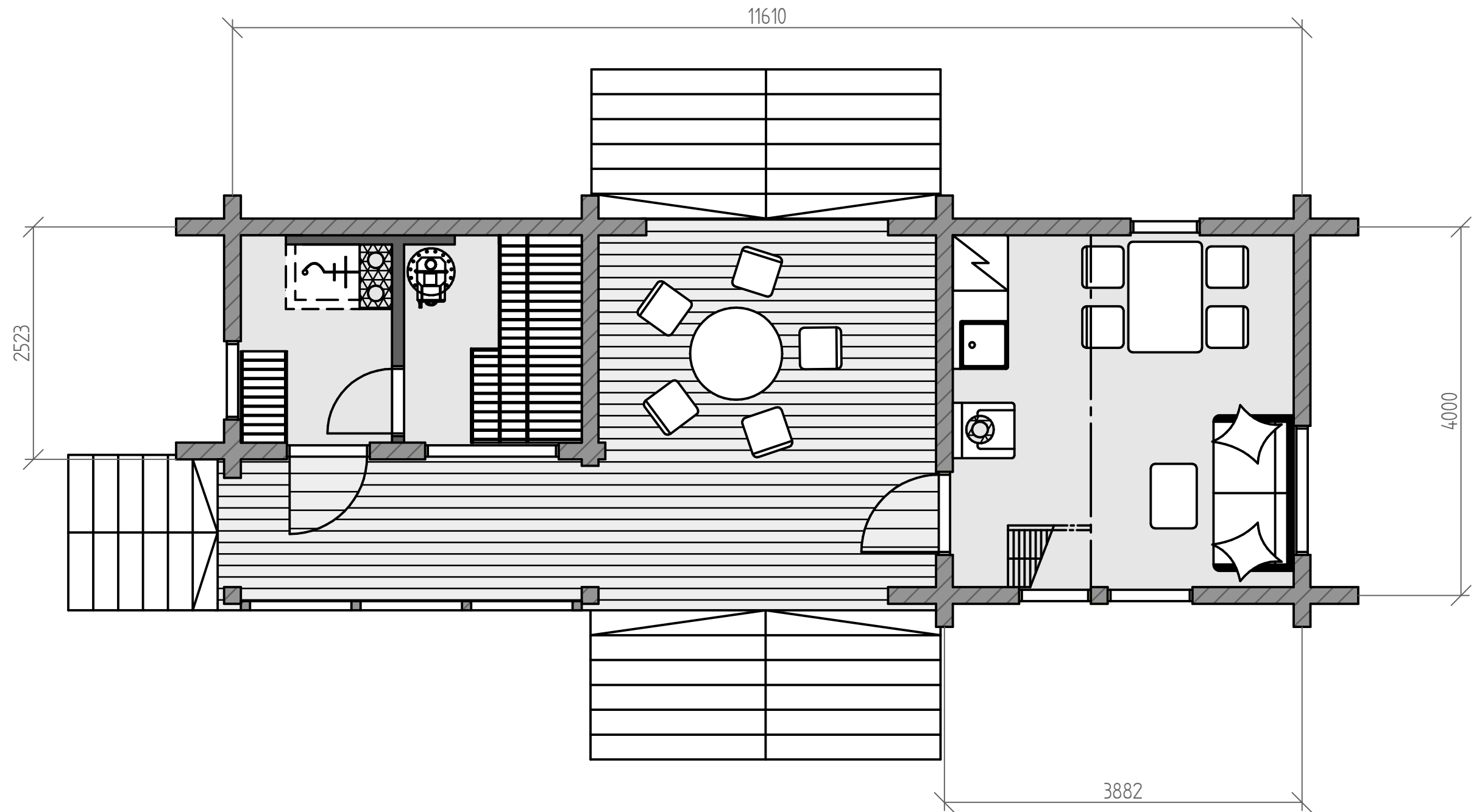
1. Leoste, M. Elektrivarustus. – Tallinn: Elektri- ja jõuelektronika instituut, 1999. – 4 lk.
2. Eesti keele seletav sõnaraamat, kodulehekülg <http://www.eki.ee/dict/ekss/>. Vaadatud 05.05.2017.a.
3. Veski, A. Suvemajade ehitamine. – Tallinn: Valgus, 1971. - 5 lk.
4. Maa-amet, kodulehekülg <http://xgis.maaamet.ee>. Vaadatud 10.04.2017.a.
5. Proosa, M. Uus ehitusseadustik ja ehitamine. – Tallinn: Kinnisvarakool OÜ, 2015. – 72-73 lk.
6. Elektriprojekteerimise käsiraamat, (Sähkösuunnittelun käsikirja) / Autorid: Autio, I.; Harsia, P.; Leskinen, M.; Piikkilä, V.; Savuoja, P.; Välimäki, E.; Harsia, P.; Metsikkö, A. (Neuvottelevat sähkösuunnittelijat, Suomen sähkö- ja teleurakoitsijaliitto). Tõlge: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit., tõlkija Madis Lehtla, retsensent Margus Leoste.
7. Honkarakenne Oy kodulehekülg <http://www.honka.ee/luoto-0>. Vaadatud 10.04.2017.a.
8. Veski, A. Ahjud, pliidad, kaminad. – Tallinn: Tormikivi OÜ, 2005. - 16 lk.
9. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 11 lk.
10. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 13 lk.
11. Kulu, P. Mehaanikainseneri käsiraamat. – Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2013. – 56 lk.

12. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 15 lk.
13. Poll, E. Elekter päikesest ja tuulest. – Tallinn: MTÜ Kolm Kobrast, 2012. – 110 lk.
14. Risthein, E. Energiatehnika ja maailm. – Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2013. – 92 lk.
15. Photovoltaic Geographical Information System kodulehekülg <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>. Vaadatud 19.04.2017.a.
16. Elenor Solutions OÜ kodulehekülg <http://paikesejaam.ee> . Vaadatud 19.04.2017.a.
17. Smartecon OÜ kodulehekülg <https://smartecon.ee/winaico-monokristall-paikesepaneelid/> Vaadatud 19.04.2017.a.
18. Helioest OÜ kodulehekülg https://paikeseenergia.ee/P%C3%A4ikesepaneelid/p%C3%A4ikesepaneel-BISOL_BIPV-katus_300Wp. Vaadatud 19.04.2017.a.
19. Poll, E. Elekter päikesest ja tuulest. – Tallinn: MTÜ Kolm Kobrast, 2012. – 136-139 lk.
20. Uha OÜ kodulehekülg <https://www.xn--pikesepaneelid-5hb.ee/online/23-laadimiskontrollerid>. Vaadatud 25.04.2017.a.
21. Helioest OÜ kodulehekülg https://paikeseenergia.ee/Autonoomsed_inverterid. Vaadatud 20.04.2017.a.
22. Uha OÜ kodulehekülg <https://www.xn--pikesepaneelid-5hb.ee/online/>. Vaadatud 20.04.2017.a.
23. Risthein, E. Energiatehnika ja maailm. – Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2013. – 146 lk.
24. Bakeri OÜ kodulehekülg http://bakeri.ee/tuul.asp?id=2&sub=Enair-tuulikud_3kW. Vaadatud 24.04.2017.a..
25. Kiwatti Oy kodulehekülg <http://www.kiwatti.fi/index.php/tuulivoimalat/>. Vaadatud 24.04.2017.a.
26. Windspot Oy kodulehekülg <http://finland.windspot.es/home-wind-turbines/products/88/windspot-15-kw>. Vaadatud 24.04.2017.a.
27. Xie, K; Yang, H; Hu, B ja Li, C. Optimal Layout of a Wind Farm Considering Multiple Wind Directions. *Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS)*. – Chongqing: 2014. – 1-6 lk.
28. Risthein, E. Sissejuhatus energiatehnikasse – Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 2007. – 81 lk.
29. Poll, E. Elekter päikesest ja tuulest. – Tallinn: MTÜ Kolm Kobrast, 2012. – 130 lk.

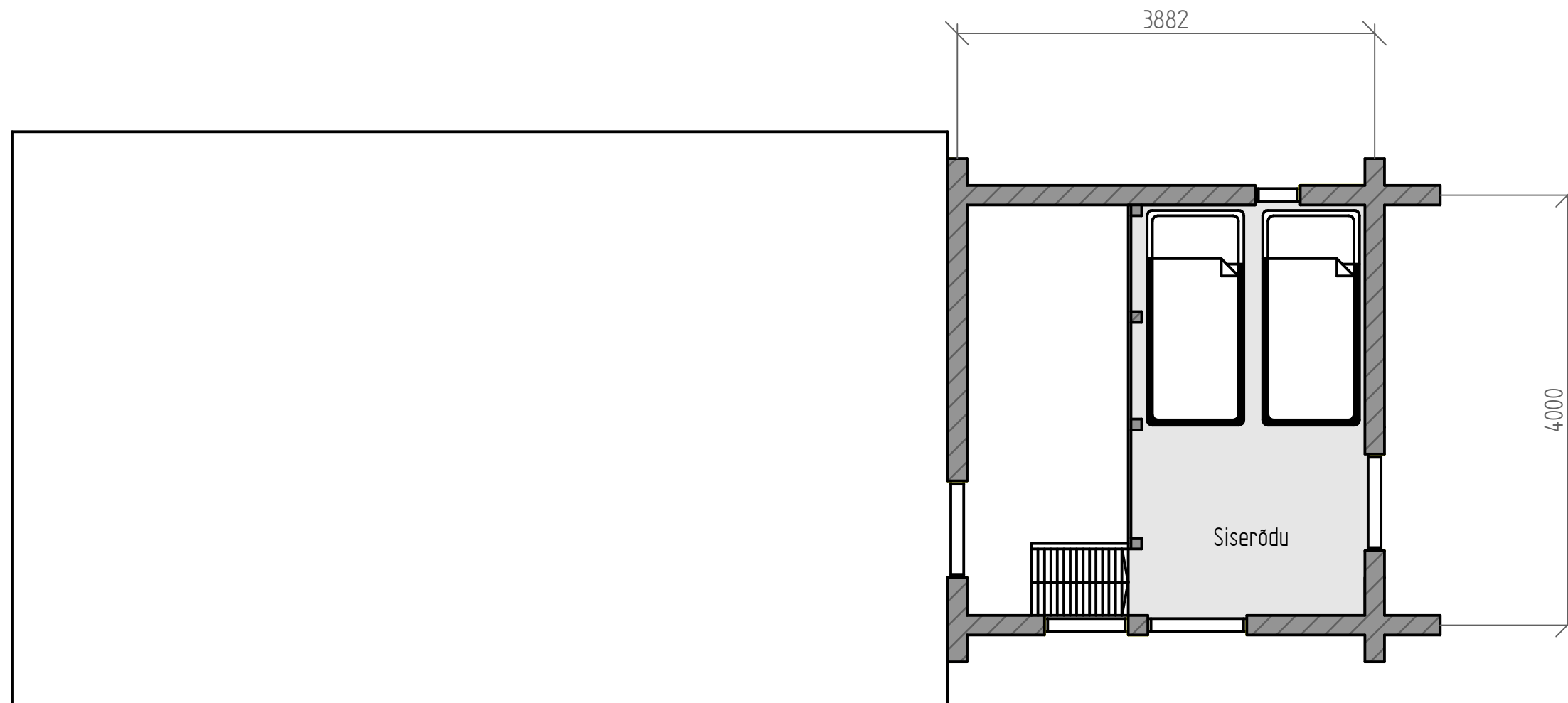
30. Stokker kodulehekül <https://www.stokker.ee/generaator-diesel-4000e-modys-vesro-50m-40a-sdmo/-736466392>. Vaadatud 24.04.2017.a.
31. Tööriistamarket kodulehekül <http://www.tooriistamarket.ee/et/generaator-combiplus-52kw-diisel>. Vaadatud 24.04.2017.a.
32. Impel OÜ kodulehekül <http://www.impel.ee/lombardini-ohkjahutusega-diiseldigeneraatorid>. Vaadatud 25.04.2017.a.
33. Rosin, A. Energiasalvestid ja –salvestustehnoloogiad. – Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli elektrotehnika instituut, 2014. – 30 lk.
34. Rosin, A. Energiasalvestid ja –salvestustehnoloogiad. – Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli elektrotehnika instituut, 2014. – 155 lk.
35. Hõimoja, H. Energiatõhususe hindamise ja energiasalvestite arvutuse meetodika <https://digi.lib.ttu.ee/i/?463>. Vaadatud 22.05.2017.a.
36. Houses and systems OÜ kodulehekül <http://www.housesandsystems.com/et/c/akud>. Vaadatud 20.04.2017.a.
37. Amazone kodulehekül <https://www.amazon.com/Victron-BlueSolar-MPPT-Charge-Controller/dp/B019X2O5CY>. Vaadatud 08.05.2017.a.
38. ES-store kodulehekül <https://www.es-store.co.uk>. Vaadatud 08.05.2017.a.
39. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 85 lk.
40. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 53-56 lk.
41. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 61-63 lk.
42. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 44-46 lk.
43. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 38 lk.
44. Eesti Standardikeskus kodulehekül <https://www.evs.ee/tooted/evs-720-2015>. Vaadatud 23.05.2017.a.
45. Elektroskandia kodulehekül <http://www.elektroskandia.ee/files/>. Vaadatud 05.05.2017.a.

46. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 65-66 lk.
47. 43. Risthein, E. Elektripaigaldiste ABC. – Tallinn: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit, 1998. – 107-108 lk.
48. LED House OÜ kodulehekülg <http://www.ledhouse.ee/9-LED-ribad/3178-LED-Riba-3528-120LED-1m-10W-120deg-soe-valge>. Vaadatud 08.05.2017.a.
49. Valguse Algus OÜ kodulehekülg <http://www.hektor.ee/toode/rippvalgusti-kube/>. Vaadatud 08.05.2017.a.
50. Valguse Algus OÜ kodulehekülg <http://www.hektor.ee/toode/puidust-kupliga-seinavalgusti-no8-3w150lm-led/>. Vaadatud 08.05.2017.a.
51. LED House OÜ kodulehekülg <http://www.ledhouse.ee/21-LED>. Vaadatud 08.05.2017.a.

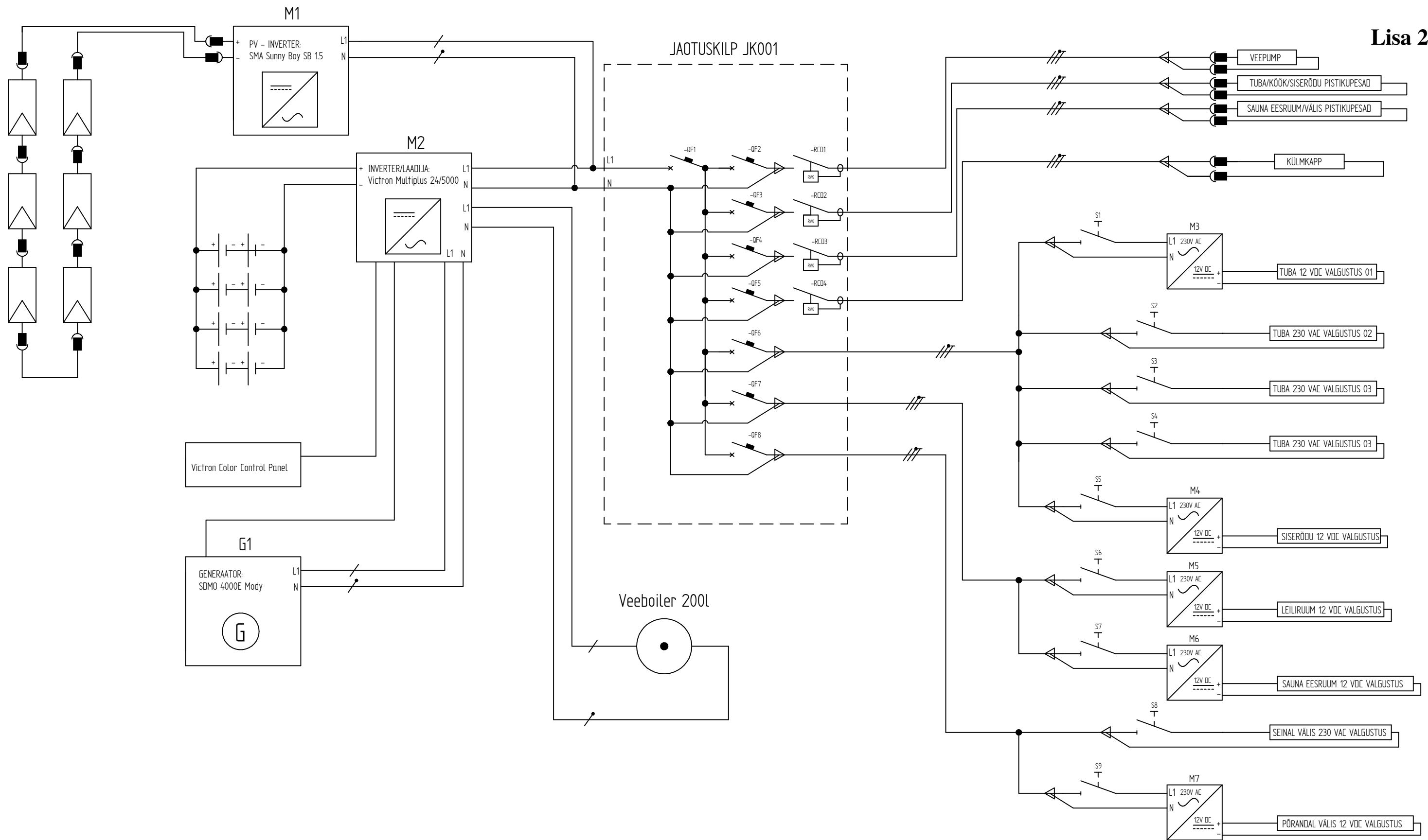
LISAD



Töö nimetus: Sauoja talu võrguühendusega elektrivarustussüsteemi elektripaigaldis					
Address: Sauoja talu, Kadjaste küla, Vändra vald, Pärnumaa					
Tellija: Harri Andrus					
Joonis: Suvila esimese korruse arhitektuurne skeem					Mootkava: 1:50
Projekteerija: Hergo Andrus	Märkused:	Leht / Lehti:	Stadium:	Kuupaev:	Muudatus:
Kinnitas: Madis Lehtla		1/2	PP	04.05.2017	
	Fail:	Koide / Objekt:	Töö number:	Grupp:	Joonise number:
	EL1_1_arh_skeem.dft	/		EL	1-1



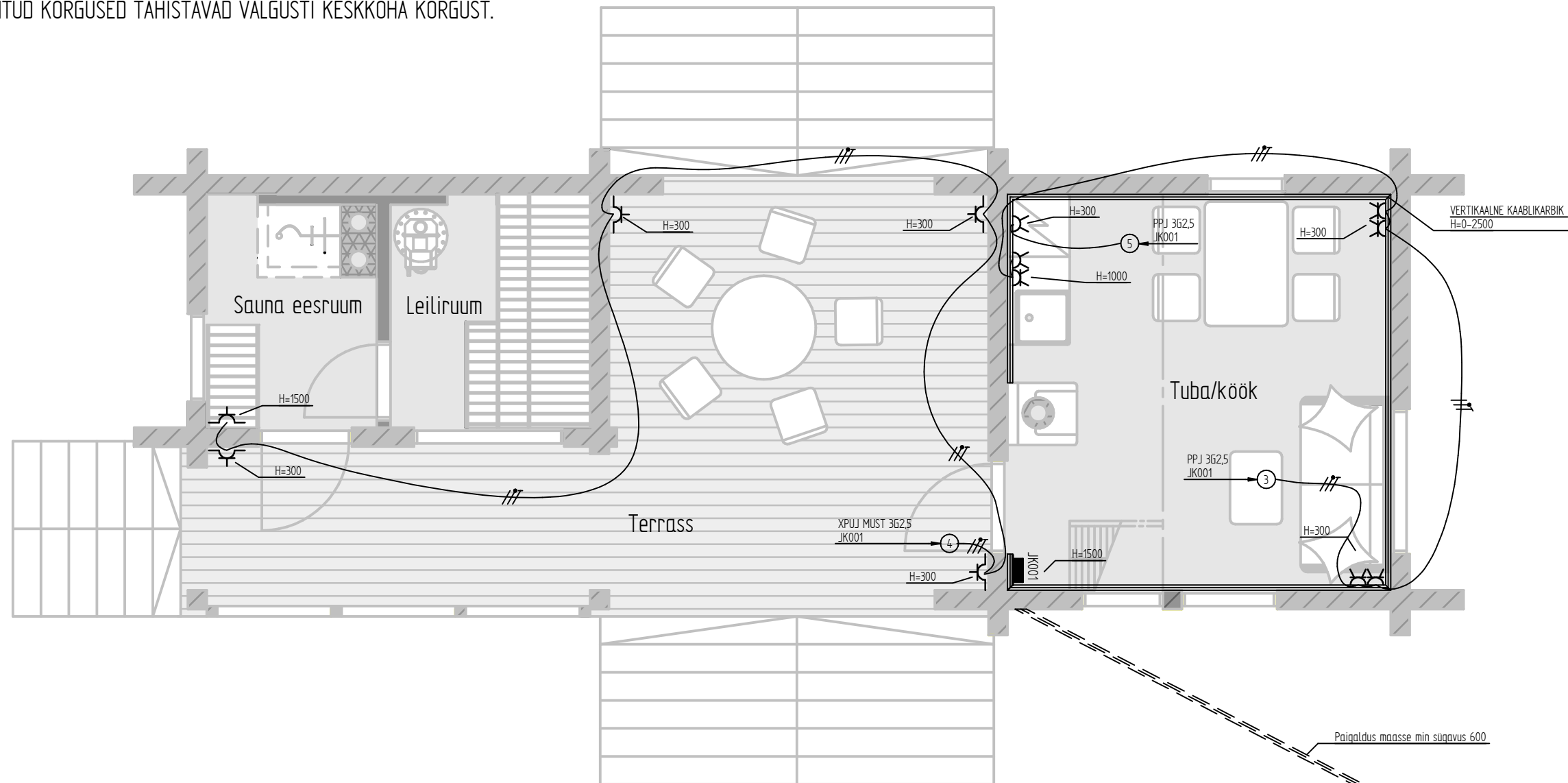
Töö nimetus: Sauoja talu võrguühendusega elektrivarustussüsteemi elektripaigaldis					
Address: Sauoja talu, Kadjaste küla, Vändra vald, Pärnumaa					
Tellijä: Harri Andruse					
Joonis: Suvila teisekorruse arhitektuurne skeem					Mootkava: 1:50
Projekteerija: Hergo Andruse	Märkused:	Leht / Lehti: 2/2	Stadium: PP	Kuupaev: 04.05.2017	Muudatus:
Kinnitas: Madis Lehtla	Fail: EL1_2_arh_skeem.dft	Koide / Objekt: /	Töö number:	Grupp: EL	Joonise number: 1-2



Töö nimetus: Sauoja talu võrguühendusega elektrivarustusüsteemi elektripaigaldis					
Address: Sauoja talu, Kadjaste küla, Vändra vald, Pärnumaa					
Tellija: Harri Andruse					
Joonis: Suvila elektriskeem				Mootkava:	
Projekteerija: Hergo Andruse	Märkused:	Leht / Lehti: 1/1	Stadium: PP	Kuupä ev: 04.05.2017	Muudatus:
Kinnitas: Madis Lehtla	Fail: EL2_elektriskeem.dft	Koide / Objekt: /	Töö number:	Grupp: EL	Joonise number: 2

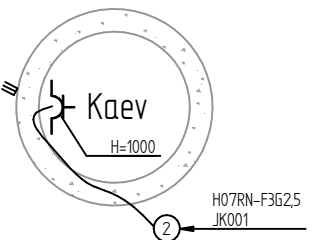
MÄRKUSED

1. KÕRVUTI ASUVAD PISTIKUPESAD PAIGALDADA HORISONTAALSELT ÜHELE JOONELE.
2. PLAANILE KANTUD KÕRGUSED TÄHISTAVAD VALGUSTI KESKKOHA KÕRGUST.



TINGMÄRGID

- JAOTUSKESKUS, PINDPAIGALDUS
- PISTIKUPESA 2-KOHALINE, 16A, 230V, N, PE, IP20, PINNAPEALNE
- PISTIKUPESA 1-KOHALINE, 16A, 230V, N, PE, IP44, KAITSEKAANEGA, PINNAPEALNE
- PÕRANDALIISTKARBIK
- KAABLIKAITSETORU, KOLLANE

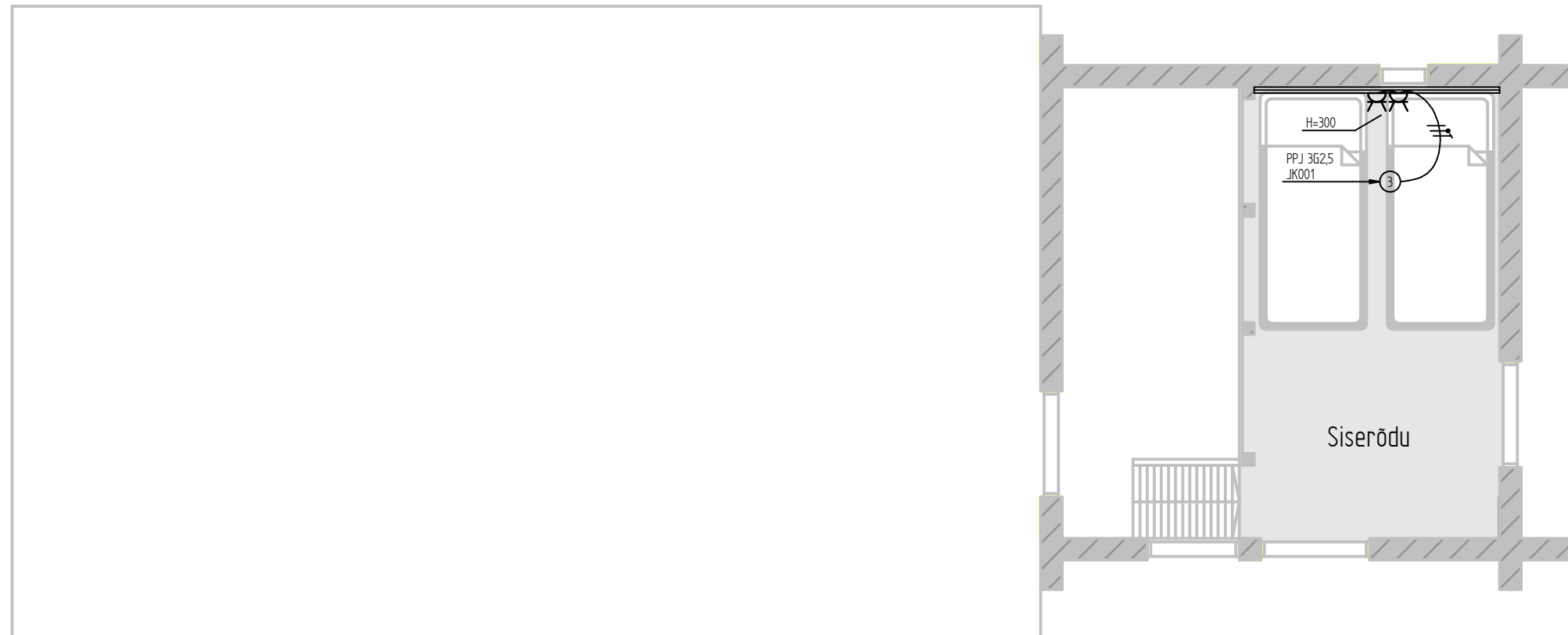


Töö nimetus: Sauoja talu võrguühendusega elektrivarustussüsteemi elektripaigaldis					
Address: Sauoja talu, Kadjaste küla, Vändra vald, Pärnumaa					
Tellija: Harri Andruse					
Joonis: Suvila esimese korruse ja kaevu elektripaigaldis				Mootkava: 1:50	
Projekteerija: Hergo Andruse	Märkused:	Leht / Lehti: 1/2	Stadium: PP	Kuupäev: 04.05.2017	Muudatus:
Kinnitas: Madis Lehtla	Fail: EL_3-1_elektripaigaldis.dft	Koide / Objekt: /	Töö number: EL	Grupp: EL	Joonise number: 3-1

MÄRKUSED

1. KÕRVUTI ASUVAD PISTIKUPESAD PAIGALDADA HORISONTAALSELT ÜHELE JOONELE.
2. PLAANILE KANTUD KÕRGUSED TÄHISTAVAD VALGUSTI KESKKOHA KÕRGUST.

Lisa 3



TINGMÄRGID

 PISTIKUPESA 2-KOHALINE, 16A, 230V, N, PE, IP20, PINNAPEALNE

 PÕRANDALIISTKARBIK

Töö nimetus: Sauoja talu võrguühendusega elektrivarustussüsteemi elektripaigaldis

Address: Sauoja talu, Kadjaste küla, Vändra vald, Pärnumaa

Tellijä: Harri Andruse

Joonis: Suvila teise korruse elektripaigaldis

Mõõtkava: 1:50

Projekteerija: Hergo Andruse

Märkused:

Leht / Lehti:

Stadium:

Kuupäev:

Muudatus:

2/2

PP

04.05.2017

Kinnitas: Madis Lehtla

Fail:

Kõide / Objekt:

Töö number:

Grupp:

Joonise number:

EL_3-2_elektripaigaldis.dft

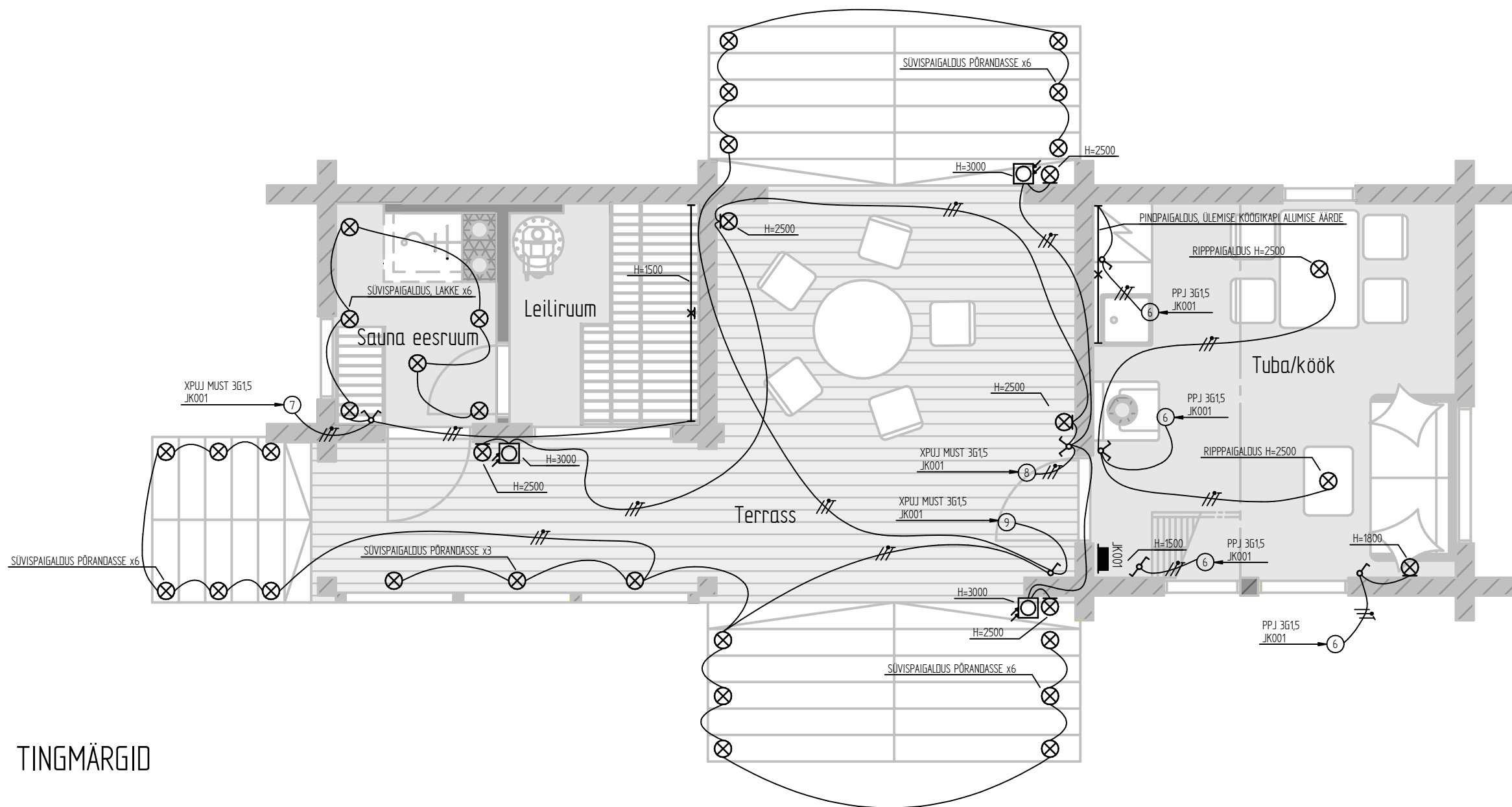
/

EL

3-2

MÄRKUSED

1. KÕRVUTI ASUVAD LÜLITID PAIGALDADA HORISONTAALSELT ÜHELE JOONELE.
2. PISTIKUPESADE KOHAL ASUVAD LÜLITID PAIGALDADA PISTIKUPESADEGA VERTIKAALSELT ÜHELE JOONELE.
3. PLAANILE KANTUD KÕRGUSED TÄHISTAVAD VALGUSTI KESKKOHA KÕRGUST.
4. VALGUSTUSE LÜLITITE PAIGALDUSKÕRGUS H=1050.



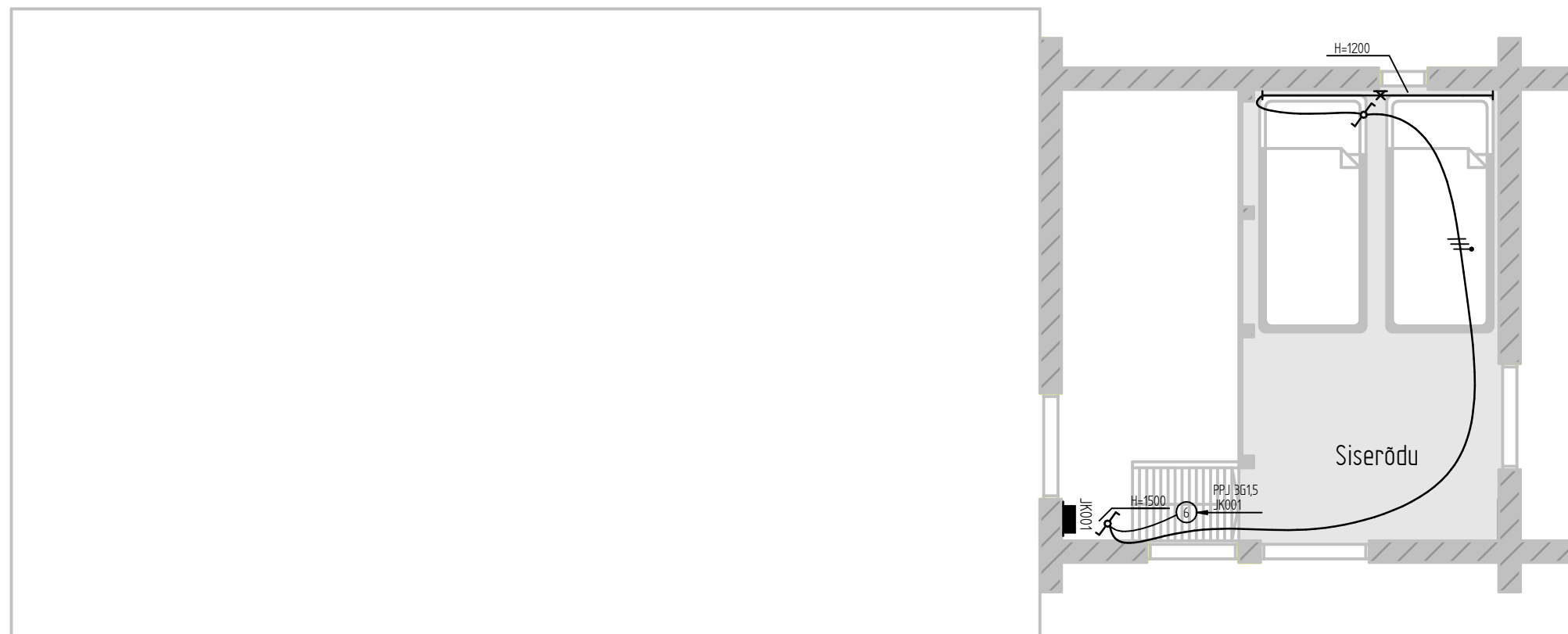
TINGMÄRGID

- JAOTUSKESKUS, PINDPAIGALDUS
- LÜLITI 1-le AHELALE, PINDPAIGALDUS
- LÜLITI 2-le AHELALE, PINDPAIGALDUS
- VEKSELLÜLITI, PINDPAIGALDUS
- LEDVALGUSTUS, RIBA, PINDPAIGALDUS
- LEDVALGUSTUS, RIBA, PINDPAIGALDUS SEINALE
- LEDVALGUSTUS, SÜVIS- VÕI RIPPPAIGALDUS, LAKKE/PORANDA
- LEDVALGUSTUS, PINDPAIGALDUS SEINALE
- LIIKUMISANDUR, PINDPAIGALDUS SEINALE



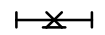
Töö nimetus: Sauoja talu võrguühendusega elektrivarustussüsteemi elektripaigaldis					
Address: Sauoja talu, Kadjaste küla, Vändra vald, Pärnumaa					
Tellijä: Harri Andruse					
Joonis: Suvila esimese korruse valgustuspaigaldise plaan					Mootkava: 1:50
Projekteerija: Hergo Andruse	Märkused:	Leht / Lehti: 1/2	Stadium: PP	Kuupäev: 04.05.2017	Muudatus:
Kinnitas: Madis Lehtla	Fail: EL_4-1_elektrivalgustus.dff	Koide / Objekt: /	Töö number: EL	Grupp: EL	Joonise number: 4-1

MÄRKUSED

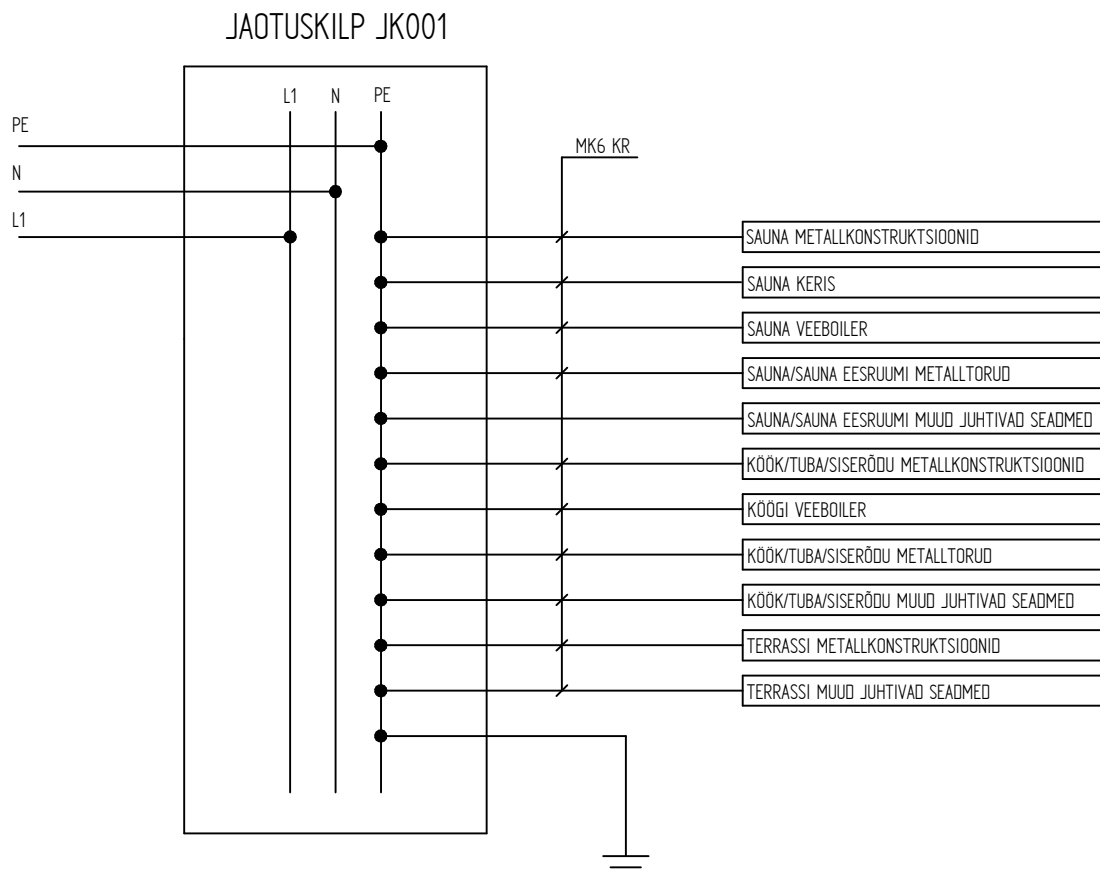
1. KÕRVUTI ASUVAD LÜLITID PAIGALDADA HORISONTAALSELT ÜHELE JOONELE.
2. PISTIKUPESADE KOHAL ASUVAD LÜLITID PAIGALDADA PISTIKUPESADEGA VERTIKAALSELT ÜHELE JOONELE.
3. PLAANILE KANTUD KÕRGUSED TÄHISTAVAD VALGUSTI KESKKOHA KÕRGUST.
4. VALGUSTUSE LÜLITITE PAIGALDUSKÕRGUS H=1050.



TINGMÄRGID

-  JAOTUSKESKUS, PINDPAIGALDUS
-  LÜLITI 1-le AHELALE, PINDPAIGALDUS
-  LEDVALGUSTUS, RIBA, PINDPAIGALDUS SEINALE

Töö nimetus: Sauoja talu võrguühendusega elektrivarustussüsteemi elektripaigaldis					
Address: Sauoja talu, Kadjaste küla, Vändra vald, Pärnumaa					
Tellija: Harri Andruse					
Joonis: Suvila teise korruse valgustuspaigaldise plaan				Mootkava: 1:50	
Projekteerija: Hergo Andruse	Märkused:	Leht / Lehti: 2/2	Stadium: PP	Kuupäev: 04.05.2017	Muudatus:
Kinnitas: Madis Lehtla	Fail: EL_4_2_elektrivalgustus.dft	Kõide / Objekt: /	Töö number:	Grupp: EL	Joonise number: 4-2



Töö nimetus: Sauoja talu võrguühenduseta elektrivarustussüsteemi elektripaigaldis

Address: Sauoja talu, Kadjaste küla, Vändra vald, Pärnumaa

Tellija: Harri Andruse

Joonis: Potentsiaaliühtlustus skeem

Möötkava:

Projekteerija: Hergo Andruse

Märkused:

Leht / Lehti:

1/1

Stadium:

PP

Kuupäev:

04.05.2017

Muudatus:

Kinnitas: Madis Lehtla

Fail:

EL_potentsiaalühtlustus.dft

Koide / Objekt:

/

Töö number:

Grupp:

EL

Joonise number:

5

D Muudatus:
E Muudatus:
F Muudatus:

ELEKTROTEHNILINE INFORMATSIOON

1. NIMIPINGE/VOOL/SAGEDUS (VAHELDUVOOL) 230 V 20 A 50 Hz
2. ARVUTATUD/INSTALLEERITUD VÕIMSUS 3,2 kW 5 kW
3. JUHTIMISPINGE JAH EI PINGE ___ V VOOL ___ A
4. JUHISTIKUTÜÜP L1,N L1,N,PE L1,L2,L3,N L1,L2,L3,N,PE

EHITUSLIKUD ANDMED

1. KESKUSE TÜÜP KAPP KILP KARP
2. PAIGALDUSVIIS P.PEALNE SÜVISTATUD KAITSEASTE 30
3. KINNITUSVIIS PÖRAND SEIN
4. UKSE TÜÜP LUKK RIV
5. PÕHJA EHITUSVIIS AVATUD TULEKINDEL
6. PINNAKATE PULBER TULEKINDEL
7. MÕÕDUD KÕRGUS: 300 mm LAIUS: 200 mm SÜGAVUS: 120 mm

SEADME INFORMATSIOON

1. SEADME TÜÜP K.KINDEL LIKUV MUU
2. PAIGALDUSVIIS MOODUL TSENTRAAL
3. SIGNAALLAMBID TORU HÕÖG LED
4. KONTROLLITUD PAIGALDAJA POOLT TOOTJA POOLT

KAABLID

1. SEADME TÜÜP ÜLALT ALT
2. PAIGALDUSVIIS ÜLALT ALT INSTRUM.
3. SIGNAALLAMBID ÜLALT ALT INSTRUM.

TUNNUSSILT

1. TÄHISTUS STANDARD MUU
2. INSTRUM. NUMMERDUS SINKRENTAAL MOODUL MUU

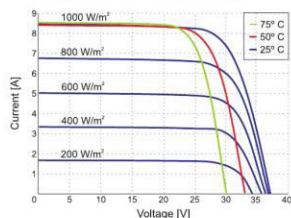
MÄRKUSED

A Muudatus:
B Muudatus:
C Muudatus:

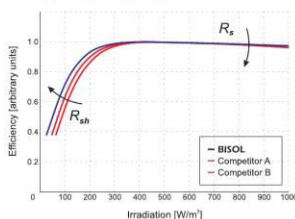
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
			Skeem															Grupi nr	Tarbija nimetus	In/lv	Kaabeldus		
D Muudatus:	E Muudatus:	F Muudatus:																1	SISESTUS 230V AC	C50	XPJ 3G4	A	
																		2	VEEPUMP RIKKEVOOLUKAITSE 10A, 30mA	C10	H07RN-F 3G2,5	B	
																		3	PISTIKUPESAD TUBA/KÖÖK/SISERÕDU RIKKEVOOLUKAITSE 16A, 30mA	C16	PPJ 3G2,5	C	
																		4	PISTIKUPESAD SAUNA EESRUUM/VÄLIS RIKKEVOOLUKAITSE 16A, 30mA	C16	XPUJ MUST 3G2,5	D	
																		5	KÜLMKAPP RIKKEVOOLUKAITSE 16A, 30mA	C6	PPJ 3G2,5	E	
																		6	VALGUSTUS TUBA/KÖÖK/SISERÕDU	B2	PPJ 3G1,5	F	
																		7	VALGUSTUS LEILIRUUM/SAUNA EESRUUM	B2	XPUJ MUST 3G1,5	G	
																		8	VALGUSTUS VÄLIS, SEINAL	B2	XPUJ MUST 3G1,5	H	
																		9	VALGUSTUS VÄLIS, TERRASSIL	B2	XPUJ MUST 3G1,5	J	
			LISAKS JÄTTA RESERVRUUMI 20%																			K	
																						L	
																							M
																							N
																							O
																							P
																							R
																							S
																							T
																							U
																							V
																							X
																							Y
																							Z
																							1
																							2
																							3

Päikesepaneelide BISOL BSO-300 BIPV andmeleht

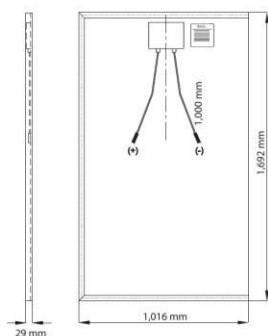
I-V Curve at Various Irradiation Levels and Various Cell Temperatures



Effective Efficiency



Dimensions



Electrical Specifications @ STC (AM1.5, 1,000 W/m², 25 °C):

Module Type		BSO-280	BSO-285	BSO-290	BSO-295	BSO-300
Nominal Power	P_{MPP} [W]	280	285	290	295	300
Short Circuit Current	I_{SC} [A]	9.35	9.50	9.60	9.75	9.90
Open Circuit Voltage	V_{OC} [V]	39.9	40.0	40.2	40.3	40.4
MPP Current	I_{MPP} [A]	9.00	9.10	9.20	9.35	9.50
MPP Voltage	V_{MPP} [V]	31.1	31.3	31.5	31.6	31.6
Solar Cell Efficiency	η_c [%]	19.5	19.9	20.2	20.6	20.9
Module Efficiency	η_M [%]	17.1	17.4	17.7	18.1	18.4
Power Output Tolerance		0/+ 5 W				
Maximum Reverse Current		18 A				
Maximum System Voltage		1,000 V (Application Class A)				

Additional power classes available upon request. | Efficiency at irradiation 200 W/m²: 99.3 % of STC efficiency or higher. | Power measurement tolerance: +/- 3 %.

Electrical Specifications @ NOCT (AM1.5, 800 W/m², 20 °C, wind: 1m/s; Cell Temperature 44 °C):

Module Type		BSO-280	BSO-285	BSO-290	BSO-295	BSO-300
Nominal Power	P_{MPP} [W]	207	211	214	218	222
Short Circuit Current	I_{SC} [A]	7.57	7.69	7.77	7.89	8.01
Open Circuit Voltage	V_{OC} [V]	36.4	36.5	36.7	36.8	36.9
MPP Current	I_{MPP} [A]	7.29	7.37	7.45	7.57	7.69
MPP Voltage	V_{MPP} [V]	28.4	28.6	28.8	28.8	28.8

Power measurement tolerance: +/- 3 %.

Thermal Specifications:

Current Temperature Coefficient	α	+ 0.046 %/K
Voltage Temperature Coefficient	β	- 0.30 %/K
Power Temperature Coefficient	γ	- 0.39 %/K
NOCT		44 °C
Temperature range		- 40 °C to + 85 °C

Mechanical Specifications:

Length x Width x Thickness	1,692 mm x 1,016 mm x 29 mm
Weight	18.4 kg
Solar Cells	60 mono c-Si in series / 156 mm x 156 mm (6+)
Junction Box / Connectors	Three bypass diodes / MC4 compatible / IP 67
Frame	Solrif®
Glass	3.2 mm glass with anti-reflective coating / tempered / high-transparency / low-iron content
Packaging	24 modules per pallet / stackable 2 pallets high
Certified Nominal Load	2,400 Pa
Impact resistance	Hailstone / Ø 25 mm / 83 km/h (51 mph)

All unspecified tolerances are ± 5 %. Unspecified product properties remain under full discretion of BISOL.



Dealer Information

www.bisol.com | www.bisol.co.uk

Additional terms & conditions apply. Please see Standard Limited Warranty and General Terms and Conditions.
© BISOL Production Ltd. November 2016. All rights reserved. All information presented in this document is subject to change without prior notice and serve for informative purposes only.

Aku Victron Energy Gel 12V/220Ah andmeleht



	Float Service (V)	Cycle service Normal (V)	Cycle service Fastest recharge (V)
Victron AGM 'Deep Cycle'			
Absorption		14,2 - 14,6	14,6 - 14,9
Float	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8
Storage	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5
Victron Gel 'Deep Cycle'			
Absorption		14,1 - 14,4	
Float	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Storage	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	
Victron Gel 'Long Life'			
Absorption		14,0 - 14,2	
Float	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Storage	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	

Table 3: Recommended charge voltage

12 Volt Deep Cycle AGM							General Specification
Article number	Ah	V	I x w x h mm	Weight kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Technology: flat plate AGM Terminals: copper
BAT406225080	240	6	320x176x247	31	1500	480	Rated capacity: 20 hr. discharge at 25°C Float design life: 7-10 years at 20°C Cycle design life: 400 cycles at 80% discharge 600 cycles at 50% discharge 1500 cycles at 30% discharge
BAT212070080	8	12	151x65x101	2,5			
BAT212120080	14	12	151x98x101	4,1			
BAT212200080	22	12	181x77x167	5,8			
BAT412350080	38	12	197x165x170	12,5			
BAT412550080	60	12	229x138x227	20	450	90	
BAT412600080	66	12	258x166x235	24	520	100	
BAT412800080	90	12	350x167x183	27	600	145	
BAT412101080	110	12	330x171x220	32	800	190	
BAT412121080	130	12	410x176x227	38	1000	230	
BAT412151080	165	12	485x172x240	47	1200	320	
BAT412201080	220	12	522x238x240	65	1400	440	

12 Volt Deep Cycle GEL							General Specification
Article number	Ah	V	I x w x h mm	Weight kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Technology: flat plate GEL Terminals: copper
BAT412550100	60	12	229x138x227	20	300	80	Rated capacity: 20 hr. discharge at 25°C Float design life: 12 years at 20°C Cycle design life: 500 cycles at 80% discharge 750 cycles at 50% discharge 1800 cycles at 30% discharge
BAT412600100	66	12	258x166x235	24	360	90	
BAT412800100	90	12	350x167x183	26	420	130	
BAT412101100	110	12	330x171x220	33	550	180	
BAT412121100	130	12	410x176x227	38	700	230	
BAT412151100	165	12	485x172x240	48	850	320	
BAT412201100	220	12	522x238x240	66	1100	440	

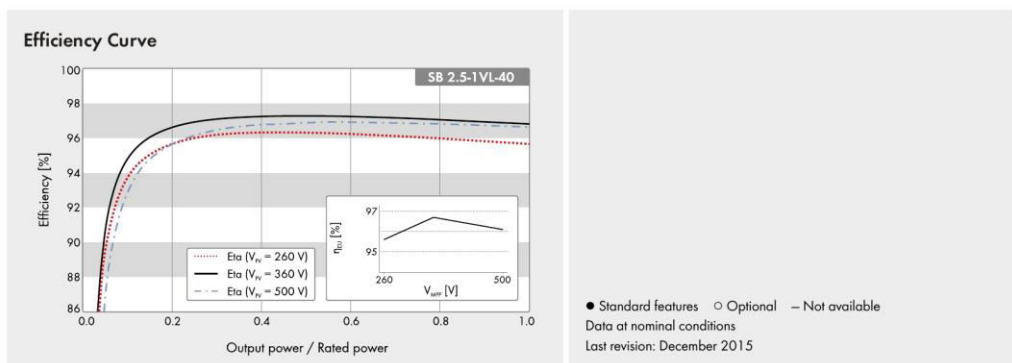
2 Volt Long Life GEL					General Specification
Article number	Ah	V	I x b x h mm	Weight kg	Technology: tubular plate GEL Terminals: copper
BAT702601260	600	2	145x206x688	49	Rated capacity: 10 hr. discharge at 25°C Float design life: 20 years at 20°C Cycle design life: 1500 cycles at 80% discharge 2500 cycles at 50% discharge 4500 cycles at 30% discharge
BAT702801260	800	2	210x191x688	65	
BAT702102260	1000	2	210x233x690	80	
BAT702122260	1200	2	210x275x690	93	
BAT702152260	1500	2	210x275x840	115	
BAT702202260	2000	2	215x400x815	155	
BAT702252260	2500	2	215x490x815	200	
BAT702302260	3000	2	215x580x815	235	

Other capacities and terminal types: at request

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
 General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
 E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



PV-vaheldi SMA Sunny Boy SB 1.5 andmeleht



Technical Data	Sunny Boy 1.5	Sunny Boy 2.5
Input (DC)		
Max. DC power (at $\cos \phi = 1$)	1600 W	2650 W
Max. input voltage	600 V	600 V
MPP voltage range	160 V to 500 V	260 V to 500 V
Rated input voltage	360 V	360 V
Min. input voltage / initial input voltage	50 V / 80 V	50 V / 80 V
Max. input current	10 A	10 A
Max. input current per string	10 A	10 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	1 / 1	1 / 1
Output (AC)		
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	1500 W	2500 W
Max. apparent AC power	1500 VA	2500 VA
Nominal AC voltage	220 V / 230 V / 240 V	220 V / 230 V / 240 V
Nominal AC voltage range	180 V to 280 V	180 V to 280 V
AC power frequency/range	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz to +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz to +5 Hz
Rated power frequency/rated grid voltage	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Max. output current	7 A	11 A
Power factor at rated power	1	1
Adjustable displacement power factor	0.8 overexcited to 0.8 underexcited	
Feed-in phases/connection phases	1 / 1	1 / 1
Efficiency		
Max. efficiency / European weighted efficiency	97.2 % / 96.1 %	97.2 % / 96.7 %
Protective Devices		
DC-side disconnection point	●	●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●	● / ●
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -	● / ● / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●	●
Protection class (according to IEC 62103) / overvoltage category (according to IEC 60664-1)	I / III	I / III
Reverse current protection	Not required	Not required
General Data		
Dimensions (W / H / D)	460 / 357 / 122 mm (18.1 / 14.1 / 4.8 inches)	
Weight	9.2 kg (20.3 lbs)	
Operating temperature range	-40 °C to +60 °C (-40 °F to +140 °F)	
Noise emission, typical	<25 dB	<25 dB
Self-consumption (at night)	2.0 W	2.0 W
Topology	Transformerless	Transformerless
Cooling method	Convection	Convection
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP65	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100 %	100 %
Features		
DC connection / AC connection	SUNCLIX / connector	SUNCLIX / connector
Display	-	-
Interfaces: RS485, Bluetooth®, Speedwire / Webconnect, WLAN	- / - / ● / ●	- / - / ● / ●
Integrated web server	●	●
Warranty: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 years	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificates and approvals (others available upon request)	AS4777.3, C10/11/2012, CEI0-21Int, EN50438, G83/2, IEC61727, IEC62116, IEC62109, NBR16149, NEN-EN50438, NRS0972-1, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, VFR2014	
Type designation	SB 1.5-1VL-40	SB 2.5-1VL-40

SB 1.5-1VL-40/2.5-1VL-40 is a registered trademark of SMA Solar Technology AG. Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc. SUNCLIX is a registered trademark of PROCON CONTROL GmbH & Co. KG. Printed on FSC paper. All products and services described are subject to change without notice. SMA assumes no liability for typographical or other errors. For current information, please visit www.SMA-Solar.com

Vaheldi/laadija Victron Energy MultiPlus 5000 andmeleht

MultiPlus	12 Volt 24 Volt 48 Volt	C 12/800/35 C 24/ 800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
PowerControl		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
PowerAssist		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Transfer switch (A)		16	16	16	30	16 or 50	100
INVERTER							
Input voltage range (V DC)		9,5 – 17 V		19 – 33 V	38 – 66 V		
Output		Output voltage: 230 VAC ± 2%			Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)		
Cont. output power at 25°C (VA) (3)		800	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25°C (W)		700	1000	1300	1600	2400	4000
Cont. output power at 40°C (W)		650	900	1200	1400	2200	3700
Cont. output power at 65°C (W)		400	600	800	1000	1700	3000
Peak power (W)		1600	2400	3000	4000	6000	10.000
Maximum efficiency (%)		92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero load power (W)		8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Zero load power in AES mode (W)		5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Zero load power in Search mode (W)		2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
CHARGER							
AC Input		Input voltage range: 187-265 VAC		Input frequency: 45 – 65 Hz	Power factor: 1		
Charge voltage 'absorption' (V DC)		14,4 / 28,8 / 57,6					
Charge voltage 'float' (V DC)		13,8 / 27,6 / 55,2					
Storage mode (V DC)		13,2 / 26,4 / 52,8					
Charge current house battery (A) (4)		35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70
Charge current starter battery (A)		4 (12 V and 24 V models only)					
Battery temperature sensor		yes					
GENERAL							
Auxiliary output (5)		n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	Yes (16A)	Yes (25A)
Programmable relay (6)		Yes					
Protection (2)		a - g					
VE.Bus communication port		For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration					
General purpose com. port		n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	Yes	Yes
Remote on-off		Yes					
Common Characteristics		Operating temp. range: -40 to +65°C (fan assisted cooling) Humidity (non-condensing): max 95%					
ENCLOSURE							
Common Characteristics		Material & Colour: aluminium (blue RAL 5012)			Protection category: IP 21		
Battery-connection		battery cables of 1.5 meter		M8 bolts	Four M8 bolts (2 plus and 2 minus connections)		
230 V AC-connection		G-ST181 connector		Spring-clamp	Screw terminals 13 mm ² (6 AWG)		
Weight (kg)		10	10	10	12	18	30
Dimensions (hxxwxd in mm)		375x214x110		520x255x125	362x258x218		444x328x240
STANDARDS							
Safety		EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, IEC 62109-1					
Emission, Immunity		EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3					
Road vehicles		12V and 24V models: ECE R10-4					
Anti-islanding		See our website					
1) Can be adjusted to 60 Hz; 120 V 60 Hz on request		3) Non-linear load, crest factor 3:1					
2) Protection key:		4) At 25°C ambient					
a) output short circuit		5) Switches off when no external AC source available					
b) overload		6) Programmable relay that can a.o. be set for general alarm,					
c) battery voltage too high		DC under voltage or genset start/stop function					
d) battery voltage too low		AC rating: 230 V/4A					
e) temperature too high		DC rating: 4 A up to 35 VDC, 1 A up to 60 VDC					
f) 230 VAC on inverter output							
g) input voltage ripple too high							



Digital Multi Control Panel
A convenient and low cost solution for remote monitoring, with a rotary knob to set PowerControl and PowerAssist levels.



Blue Power Panel
Connects to a Multi or Quattro and all VE.Net devices, in particular the VE.Net Battery Controller.
Graphic display of currents and voltages.

Computer controlled operation and monitoring

Several interfaces are available:



Color Control GX
Provides monitor and control. Locally, and also remotely on the [VRM Portal](#).



MK3-USB VE.Bus to USB interface
Connects to a USB port (see 'A guide to VEConfigure')

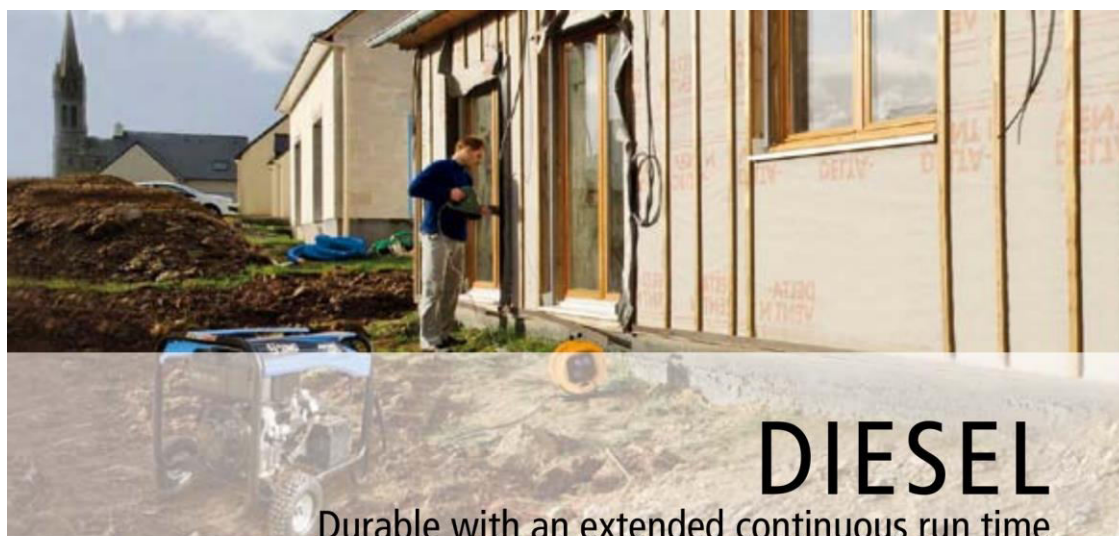


VE.Bus to NMEA 2000 interface
Connects the device to a NMEA2000 marine electronics network.
See the [NMEA2000 & MFD integration guide](#)



BMV-700 Battery Monitor
The BMV-700 Battery Monitor features an advanced microprocessor control system combined with high resolution measuring systems for battery voltage and charge/discharge current. Besides this, the software includes complex calculation algorithms, like Peukert's formula, to exactly determine the state of charge of the battery. The BMV-700 selectively displays battery voltage, current, consumed Ah or time to go. The monitor also stores a host of data regarding performance and use of the battery.
Several models available (see battery monitor documentation).

Generaator SDMO DIESEL 4000E MODYS andmeleht



DIESEL 4000 C



DIESEL 4000 E XL C



DIESEL 6000 E XL C
DIESEL 6500 TE XL C



DIESEL 6000 E SILENCE
DIESEL 6500 TE SILENCE



DIESEL 10000 E XL C
DIESEL 15000 TE XL C

SINGLE-PHASE GENSETS

Type		DIESEL 4000 C	DIESEL 4000 E XL C	DIESEL 6000 E XL C	DIESEL 6000 E SILENCE	DIESEL 10000 E XL C
Max power 230 V	KW ISO 8528	3.40	3.40	5.2	5.2	9.00
	kVA ⁽¹⁾	4.25	4.25	6.5	6.5	11.25
Brand		Kohler® Diesel	Kohler® Diesel	Kohler® Diesel	Kohler® Diesel	Kohler® Diesel
	Type	KD 350	KD 350	KD 440	KD 440	KD 425-2
Engine	Oil level shutdown	x	•	•	•	•
	Electric start	x	•	•	•	•
HP 3.600 rpm	Run time in hr	7	7	9.8	9.8	19
	L shaped tank	4.3	16	16	22	35
	Sound power level guaranteed (LWA) in dB(A)	108	108	108	88	109
	Sound pressure level @ 7 m dB(A)	78	78	79	59	80
Weight in Kg	70	84	103	198	162	
Socket codes ⁽²⁾		P1L	P1L	PIH	PIZD	P1ZD

THREE-PHASE GENSETS

Type		DIESEL 6500 TE XL C	DIESEL 6500 TE SILENCE	DIESEL 15000 TE XL C
Max power 400 V	3-ph KW ISO 8528	5.2	5.2	10.0
	kVA ⁽¹⁾	6.5	6.5	12.5
	1-ph 230V KW ISO 8528	2.3	2.3	3.7
Brand		Kohler® Diesel	Kohler® Diesel	Kohler® Diesel
	Type	KD 440	KD 440	KD 425-2
Engine	Oil level shutdown	•	•	•
	Electric start	•	•	•
HP 3.600 rpm	Run time in hr	9.8	9.8	19
	L shaped tank	16	22	35
	Sound power level guaranteed (LWA) in dB(A)	108	88	109
	Sound pressure level @ 7 m dB(A)	79	59	80
Weight in Kg	105	198	174	
Socket codes ⁽²⁾		PIJ	PIZE	PIZE

x Not available. • Standard.

(1) Theoretical value calculated for comparison purposes.

(2) See table of sockets on page 43.



Options available for this range depending on the model: trolley kit, RCCB, automatic transfer switch, manual transfer switch, loose cover, maintenance kit, storage box. See pages 38 to 41 for the part numbers for these options.