



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Tartu kolledž

SOBIVAIM TAASTUVENERGIA LAHENDUS PUIESTEE 80A ÕPPEHOONE JAOKS

RENEWABLE ENERGY SOLUTION FOR THE PUIESTEE 80A COLLEGE BUILDING

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Hedi Jaup

Üliõpilaskood: 176902NAEM

Juhendaja: Ants Soon, lektor
Jane Raamets, koostöökordinaator

Tartu 2019

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 bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

TTÜ Instituudi nimetus
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Hedi Jaup, 176902NAEM
Õppekava, peeriala: NAEM06/15 - Tööstusökoloogia
Juhendaja(d): Jane Raamets, lektor; Ants Soon, koostöökordinaator

Lõputöö teema:

Sobivaim taastuvenergia lahendus Puiestee 80a õppehoone jaoks
Renewable energy solution for the Puiestee 80a college building

Lõputöö põhieesmärgid:

Analüüsida Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži õppehoone Puiestee 80a elektri- ja soojusenergia kasutuse dünaamikat ning anda soovitusi sobivate taastuvenergialahenduste rakendamiseks konkreetsetes tingimustes.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Töö täpse sisu paikapane ja olemasoleva olukorra kohta alginformatsiooni kogumine (Tartu kolledž)	25.02.2019
2.	Alginformatsiooni analüüs ning vastavalt tulemustele järgmise informatsiooni kogumine (hinnapakkumised, tingimused)	30.03.2019
3.	Tutvumine kirjandusega	15.04.2019
4.	Kogu informatsiooni ja kirjanduse analüüs, tulemuste vormistamine	30.04.2019

Töö keel: **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "....."201...a

Üliõpilane: "....."201...a
/allkiri/

Juhendaja: "....."201...a
/allkiri

SISUKORD

JOONISTE LOETELU.....	6
TABELITE LOETELU	7
EESSÕNA.....	8
MÕISTED, LÜHENDID JA TÄHISED	9
SISSEJUHATUS	10
1. METOODIKA.....	12
2 KIRJANDUSUSE ÜLEVAADE.....	13
2.1 Inimtegevuse mõju keskkonnale	13
2.1.1 Kasvuhooaeg.....	13
2.2 Taastuenergia.....	14
2.2.1 Tuuleenergia.....	14
2.2.2 Päikeseenergia	17
2.2.3 Bioenergia	20
2.2.4 Geotermaalenergia	21
2.3 Energia tarbimine Eestis	23
2.3.1 Taastuenergia Eestis.....	23
2.3.2 Taastuenergia mujal maailmas.....	27
2.3.3 Taastuenergia eesmärgid	28
3 MATERJAL.....	30
3.1 Tartu kolledži õppehoone Puiestee 80a kirjeldus.....	30
3.1.1 Uuritava hoone asukoht ja ajalugu	30
3.1.2 Energiavarustus.....	31
3.1.3 Energitarbimine.....	32
3.1.4 Energiakulud.....	36
3.2 Tartu linna üldised kasutamise- ja ehitustingimused vastavalt Tartu linna üldplaneeringule ning nende rakendamine Tartu kolledži puhul	38
3.3 Päikeseenergialahendus	41
3.3.1 Hinnapakkumised.....	41
3.3.2 Päikesepaneelide tootlikkus kuude lõikes	47
3.3.3 Päikesepaneelide ehitusluba.....	49
3.4 Päikesepaneelidega seotud muud olulised aspektid	50
3.4.1 Päikesepaneelide kindlustus	50
3.4.2 Päikesepaneelide hooldus.....	50

3.4.3 Päikesepaneelide tehnilised lisakulud.....	51
3.4.4 Taastuenergia toetus.....	51
3.4.5 Kredexi investeeringutoetus	52
3.5 Tasuvusanalüüsi meetodika.....	52
4 TULEMUSED	54
4.1 Soojusenergia.....	54
4.1.1 Päikesekollektorid	54
4.1.2 Maasoojus	54
4.1.3 Kaugküte.....	55
4.2 Elektrienergia	55
4.2.1 Päikesepaneelid.....	56
4.2.2 Tuulegeneraator.....	56
4.3 Tasuvusaeg.....	57
4.4 Päikesepargi tingimused	58
4.4.1 Asukoht	58
4.4.2 Võimsus.....	59
4.4.3 Toetus.....	59
KOKKUVÕTE	60
SUMMARY	61
KASUTATUD KIRJANDUS.....	62
LISAD	65
Lisa 1 Lihtlitsents.....	65
Lisa 2 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2014.....	66
Lisa 3 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2015.....	67
Lisa 4 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2016.....	68
Lisa 5 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2017.....	69
Lisa 6 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2018.....	70
Lisa 7 Puiestee 76 elektrienergia tarbimine 01.2014-02.2019	71
Lisa 8 Puiestee 78 elektrienergia tarbimine 01.2014-02.2019	74
Lisa 9 Puiestee 80a elektrienergia tarbimine 01.2014-02.2019	76
Lisa 10 Taastuenergia OÜ müügipakkumine.....	80
Lisa 11 Energogen OÜ müügipakkumine	81
Lisa 12 49 kW võimsusega päikesepaneelide tootlikkus kuude lõikes	82
Lisa 13 Võrku müüdnud elektrienergia bilanss ning hind kuude lõikes.....	83

JOONISTE LOETELU

Joonis 2.2.1.1 Tuuliku asukoht sõltuvalt turbulentsi tekkimise ohust	16
Joonis 2.2.2.1 Tallinn-Harku aeroloogiajaamas mõõdetud keskmine päikesekiirgus.....	18
Joonis 2.3.1.1 Taastuenergia osa energia lõpptarbimisest	24
Joonis 2.3.1.2 Lokaal- ja kohtkütte soojuse tootmine energiaallikate lõikes	26
Joonis 2.3.3.1 2007. aasta energia lõpptarbimine ning prognoos 2050. aastaks	29
Joonis 3.1.1.1 Puiestee 80a vaade edelast.....	31
Joonis 3.1.1.2 Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži koolikompleks.....	31
Joonis 3.1.2.1 Puiestee 80a kamin	32
Joonis 3.1.3.1 Puiestee 76 soojussõlm	33
Joonis 3.1.3.2 Viimase viie aasta Tartu kolledži soojustarbimine	33
Joonis 3.1.3.3 Viimase viie aasta kalendrikuu keskmiste soojustarbimiste sõltuvus välistemperatuurist	34
Joonis 3.1.3.4 Viimase viie aasta Tartu kolledži elektritarbimine	34
Joonis 3.1.3.5 Viimase viie aasta Puiestee 76, 78 ja 80a elektritarbimine.....	35
Joonis 3.1.3.6 Viimase kolme aasta Puiestee 80a kalendrikuu põhine keskmine elektritarbimine	36
Joonis 3.2.1 Maasoojuse kasutamine Tartu kolledži kinnistul	39
Joonis 3.2.2 Päikeseenergia kasutamine Tartu kolledži kinnistul	40
Joonis 3.2.3 Tuulegeneraatorite kasutusala Tartu kolledži kinnistul	40
Joonis 3.3.1.1 Hüpotetiliselt sobilikud asukohad päikesepaneelidele	42
Joonis 3.3.1.2 Päikesepaneelide asukoht muruplatsil kohakuti Peetri teega	43
Joonis 3.3.1.3 Päikesepaneelide asetus betoonplatsil	45
Joonis 3.3.1.4 Varjutus betoonplatsil 22. aprill	46
Joonis 3.3.1.5 Varjutus muruplatsil 22. aprill	46
Joonis 3.3.1.6 Päikesepaneelide asetus muruplatsil	47
Joonis 3.3.2.1 Päiksepargi võimsuse ja paneelide tootlikkuse kasv.....	48
Joonis 3.3.2.2 Päikesepaneelide elektrienergia tootlikkus ning Puiestee 80a keskmine tarbimine	49
Joonis 3.3.3.1 Puiestee 78 kaitsevöönd	49

TABELITE LOETELU

Tabel 2.3.1.1 Taastuenergia kogupotentsiaal Eestis ning reaalsus	27
Tabel 3.1.4.1 Tartu kolledži soojusenergia hind ja tasu	36
Tabel 3.1.4.2 Keskmised võrgutasud KM-ta	37
Tabel 3.1.4.3 Tartu kolledži elektrienergia hind.....	37
Tabel 3.1.4.4 Elektrienergia kulud uuritavas õppehoones Puiestee 80a	38
Tabel 3.3.1.1 Elektritarbimise algandmed ettevõtetele	42
Tabel 3.3.1.2 Solar4you pakkumise olulised näitajad	43
Tabel 3.3.1.3 Energiateenuse pakkumise olulised näitajad	44
Tabel 3.3.1.4 Taastuenergia pakkumise olulised näitajad.....	44
Tabel 3.3.1.5 Energogeni pakkumise olulised näitajad	45
Tabel 3.3.2.1 Päikesepanelide tootlikkus erinevate võimsuse korral ning katvust kuu tarbimisest	48
Tabel 4.3.1 Võrku müüdud elektri hulga bilanss ja hind	57
Tabel 4.3.2 Maksumus vati kohta ning tasuvusaeg	58

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö idee pakkus välja üks juhendajatest, Jane Raamets, kes on tuttav töö autori varasema taustaga – bakalaureusekraadiga (soojusenergeetika). Eesmärk oli hõlmata mõlemat hariduskäiku. Töö on koostatud Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledžis ning olemasoleva olukorra kohta andmed pärinevadki Tallinna Tehnikaülikoolist endast. Kolledži tarbimisandmete kättesaamisega aitas töö autorit Andres Beek, Tallinna Tehnikaülikooli hoolduse peaspetsialist ning kolledži enda kohta andis põhjaliku ülevaate Arved Priuhka, Tallinna Tehnikaülikool kinnisvara haldur.

Majandusliku tasuvuse jaoks on küsitud ettevõtetelt reaalsed hinnapakkumised, ehitustingimuste kohta on päritud nõu Tartu linnalt ning tutvutud üldplaneeringuga. Töö autor on eesmärgiks võtnud konsulteerida paljude eriala spetsialistidega, tutvumaks reaalsete olukordade ja tingimustega, kui piirduda ainult informatsiooniga kirjanduse ülevaatest.

Töö autor on väga tänulik kõigile intervjueeritavatele, kes leidsid aega oma igapäeva töö kõrvalt! Erilist tänu avaldab autor Tallinna Tehnikaülikooli töötajatele Andres Beekile ja Arved Priuhkale, algandmete kättesaamine oli pikk ja keeruline protsess, Solar4you ostujuht/projektijuhile, Rando Simsonile, kes vaatama hüpoteetilise olukorrale konsulteeris töö koostajat paari kuu jooksul alati, kui selleks olukord tekkis ning Asso Uibot, AS Anne Soojuse protsessijuhti, asjatundliku nõu eest!

MÕISTED, LÜHENDID JA TÄHISED

AC – vahelduvvool

cell – päikesepaneeli element

eKr – enne Kristuse sündi

GWh – gigavatt-tund, energiaühik

KM – käibemaks

kW – kilovatt, võimsusühik

kWh – kilovatt-tund, energiaühik

MJ – megadžaul, energia ja soojushulga mõõtühik

MT – metric ton (1000 kg), mõõtühik

MW – megavatt, võimsusühik

MWh – megavatt-tund, energiaühik

PV (*photo-voltaic*) – päikesepaneel

TW – teravatt, võimsusühik

TWh – teravatt-tund, energiaühik

V – volt, pingühik

W – vatt, võimsusühik

Soojustegur (COP) – „mitu korda annab seade rohkem soojusenergiat võrreldes kulutatud elektrienergiaga“ (Soojuspumba soojustegur (COP) ja sesoonne soojustegur (SCOP), n.d.)

Soojussõlm „on vajalike seadmete kogum küttesüsteemi, soojatarbevee süsteemi, õhusoojenduskalorifeeride või teiste soojustarbijate ühendamiseks kaugküttevõrgu või soojusallikaga“ (Tallinna Tehnikaülikool)

Sõltuva kütte ühendusskeemi „korral kaugküttevési või soojusallikast tulev vesi ringleb ka hoone küttesüsteemis“ (Tallinna Tehnikaülikool)

SISSEJUHATUS

Inimene hakkas mõjutama elukeskkonda juba 10 000 aastat tagasi, kui tekkis põlluharimine, mille tõttu tuli hakata rajama põldusid asustamata loodusesse (Risthein, Sissejuhatus energiatehnikasse, 2007). See muutis elukorralduse stabiilseks ning tekkisid kogukonnad ja erinevad tööjaotused. Olulisimaks manöövriks oli 18. sajandi neljandal veerandil toimunud tööstuslik revolutsioon, mis muutis lausa ühiskonna struktuuri. Arenes tehnika, algas aurumasinate võidukäik ja leiutati raudteed, mille tõttu sai rohkem tööd tehtud väiksema ajaga ning toorainet tuua mujalt ning valmis kaupa viia kaugemale – see avas uue ajastu inimkonna ajaloos. Kui 19. sajandi kohta võib öelda aurusajand, siis 20. sajandile aga elektrisajand (Tanning, 2010).

Maailma rahvaarv on viimasest sajandist tänaseni kasvanud pea viiekordseks - 1,6 miljardilt 7,7 miljardini (World Population), populatsiooni kasvuga tõuseb ka aastane energiatarve. Lisaks energiale vajab kasvav inimkond veel toitu, elukohta ning elurikkusest valmistatud tooteid. Tarbimise tõttu on inimese tegevusel kahjustav toime kogu Maa kliimale ning loodusele. Selle mõju on jõudmas kriitilisele piirile, mis võib lõppeda katastroofiliste tagajärgedega. Leidub arvamusi, et piirile on juba jõutud. (Risthein, Sissejuhatus energiatehnikasse, 2007)

Fossiilkütuseid, kust pärineb meie lõviosa energiast, on aga piiratud hulk ning lisaks selle kasutamine soodustab globaalset soojenemist. Kasvav inimkond koos kasvavate tarbimisharjumustega ei saa pidada fossiilsetest kütustest saadud energiat iseenesestmõistetavaks. Peame oma järgmistele põlvedele jätma maailma samas heas korras kui saime selle esivanematelt. Selleks tuleb hakata keskkonnast hoolima, tarbida loodusressursse mõistlikult ning vähendada oma ökoloogilist jalajälge. (Tanning, 2010) „On tekkinud vajadus Maa elukeskkonda riiklike seaduste ja rahvusvaheliste kokkulepetega kaitsta“. (Risthein, Sissejuhatus energiatehnikasse, 2007)

Selle suunas õnneks liigutakse ning kehtestatud on kaugemaleulatuvad ja õiguslikult siduvad kliima- ja energiaalased eesmärgid (Tanning, 2010). Üks olulisemaid kohtumisi toimus 1997. aastal Kyotos, kui eesmärgiks sai kasvuhoonegaaside vähendamine võrreldes 1990. aasta tasemega. Aastaks 2020 on vastav eesmärk Euroopa Liidus 20 %. Täiendavalt on piirangud paika pandud 2050. aastani. Lähtutud on globaalse temperatuuri maksimaalsest tõusust, milleks on 2 °C üle tööstusliku tootmise baastaseme. (Home, 2008) Möödunud aastaks oli temperatuur jõudnud tõusta juba 0.77 °C (võrreldes 1951-1980. aasta keskmisega) (Global Temperature Report for 2018, n.d.).

Teine tähtis samm jätkusuutlikku energiapoliitika suunas on tarbida jõukohaseid ja laialt levinud taastuvenergiaallikaid - loodusvarasid, mis uuenevad inimese eluea jooksul looduslike protsesside kaudu. Oluline, et varade kasutamine ei ületaks juurdekasvu või teket. (Home, 2008) See on keskkonnasõbralik energia, millest tähtsamad on bio-, tuule-, hüdro-, merelainete, päikese- ja geotermiline energia ning nende kasutamisel kaasnev keskkonnamõju on minimaalne (Tanning, 2010).

Käesoleva magistritöö eesmärk on analüüsida Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži õppehoone Puiestee 80a elektri- ja soojusenergia kasutuse dünaamikat ning anda soovitusi sobivate taastuvenergia lahenduste rakendamiseks konkreetsetes tingimustes.

Ühiste globaalsete eesmärkide saavutamine ning elukeskkonna säästmine algab igaühelt meist. Töös on käsitlemata jäetud hüdro-, ja merelainete energia. Põhjuseks on ressursi puudumine - ookeani Eestis pole ning Tartust läbivoolav Emajõgi jääb Tartu kolledžist eemale ning pole reaalne ja otstarbekas ehitada jõe hüdroelektrijaama ainult Puiestee 80a tarbeks.

Töö autor on püstitanud hüpoteesid, millest üks käsitleb elektrienergia ning teine soojusenergia lahendusi. Hüpoteesid:

1. Sobivaim elektrienergia lahendus on päikesepaneelid.

1.1 Sobivaim päikesepaneelide asukoht on Puiestee 78 kõrval asuv betoonplats

2. Sobivaim soojusenergia lahendus on maaküte.

2.1 Sobivaim maaküte asukoht on suur muruplats.

1. METOODIKA

Käesolevas magistritöös on kasutatud erinevaid registreid, andmebaase, teadusartikleid, õppematerjali ja aastaraamatuid ning visioone. Reaalsete olukordade, tarbimisandmete ning hindade saamiseks on ühendust võetud teenusepakkujate ja oma eriala spetsialistidega. Saadud andmed olid nii kvalitatiivsed kui kvantitatiivsed, mida töödeldi, kohandati ning tehti vastavalt tulemustele järeldused.

Töös kasutatavad alusandmed Tartu kolledži õppehoonete kohta on pärit registritest, AS Tartu Keskkatlamajast, Elektrilevi OÜ-st, Tallinna Tehnikaülikooli hoolduse peaspetsialistilt – Andres Beekilt ning endiselt Tartu kolledži kinnisvara haldurilt Arved Priuhkalt. Andres Beekiga käis suhtlus läbi elektronposti teel, tema omakorda taotles endale juriidilised ligipääsud andmete kättesaamiseks Elektrilevi OÜ-st ja Elering AS-st. AS Tartu Keskkatlamajale esitas töö autor avalduse, Tallinna Tehnikaülikooli esindava isikuna andis allkirja Tarmo Latereid. Arved Priuhkaga toimusid intervjuud nii läbi kokkusaamiste kui ka telefoni ja elektronposti teel.

Täiendavalt toimusid mitmed intervjuud ning nii info kui hinnapäringud erinevate valdkonna inimeste ja ettevõtetega, peamiselt läbi elektronposti. Kasutust leidis informatsiooni kogumist andmebaasidest ja aastaraamatustest nagu Eurostat, Nord Pool ja Taastuvenergia aastaraamat, lisaks kirjandusest ja ettevõtete kodulehtedelt.

Viimaks viidi läbi andmete töötlemine ning analüüsimine. Kvantitatiivsete andmete töötlemiseks kasutati kontoritarkvara Microsoft Excel, pilditöötluks aga joonistusprogrammi Paint. Maakaartide koostamiseks rakendati internetiprogrammi Geoportaal.

2 KIRJANDUSUSE ÜLEVAADE

2.1 Inimtegevuse mõju keskkonnale

Inimese teod hakkasid elukeskkonda muutma umbes 10 000 aasta eest, suurejoonelisemalt peale tööstuslikurevolutsiooni, kui sai alguse kivisöe laialdane põletamine ning tööstuses hakkas tekkima üha enam mürgiseid heitmeid, mis tihti suunati otse veekogudesse. (Risthein, Sissejuhatus energiatehnikasse, 2007)

Kütuste ja tööstustoorainete kasutamine arenes kiiremini 20. sajandil. Peale 1960. aastaid on energiavarude tarvitamine nii oluliselt mõjunud Maa elukeskkonnale, et see põhjustanud muutusi Maa kliimas. Kui varem püsis Maa olenemata inimese tegudele enam-vähem energeetilises tasakaalus, siis nüüd see enam nii pole ning lõpptagajärgi on raske hinnata looduse omavaheliste keeruliste sõltuvuste tõttu. (Risthein, Sissejuhatus energiatehnikasse, 2007)

2.1.1 Kasvuhooneefekt

Kasvuhooneefekti olemus avastati 19. sajandil ja regulaarsete uuringutega hakati pihta 20. sajandil. Kasvuhooneefekti puhul jõuab läbi Maa atmosfääri lühilaineline päikesekiirgus, mis maapinnalt tagasi kiirgub pikalainelise kiirgusena. Viimast neelavad Maa atmosfääris olevad kasvuhoonegaasid, mis ei lase kiirgusel takistusteta tagasi kiirata ning see põhjustab Maa pealispinna soojenemist. (Tanning, 2010) See on eluks vajalik looduslik protsess. Kui kiirgus lahkuks maapinnalt vabalt, oleks maakera keskmine temperatuur +15 °C asemel -18 °C (Kasvuhooneefekt ja kasvuhoonegaasid, n.d.). Tähtsamad kasvuhoonegaasid on süsihappegaas, metaan, lämmastik, freoonid, veeaur ja trihapnik ehk osoon (Tanning, 2010). Neist olulisem süsihappegaas, mille emissioonide hulk aastal 2010 oli 31,2 miljardit MT ning mille hulka aastaks 2040 ennustatakse 45,5 miljardit MT, kui maailma energiavajadus tõuseb 56% (Iqbal, Azam, Naeem, & Anpalagan, 2014).

See eluks oluline efekt võib aga inimtegevuse tagajärjel halvasti mõjuda. Inimese tõttu on kasvanud kasvuhoonegaaside hulk õhus ning seetõttu tõusnud Maa keskmine temperatuur, mis on praegu 10 000 aasta kiireim. See omakorda põhjustab kiireid kliimamuutusi, millega Maa elustik sammu pidada ei jõua. (Kasvuhooneefekt ja kasvuhoonegaasid, n.d.) Need on muutused, mis võivad mõjutada pikema aja jooksul levivaid liike nagu näiteks puud ning viia nende väljasuremiseni.

Vähenevad tundrate ja troopiliste metsade alad, suurenevad kõrbed, võivad tekkida üleujutused ja polaaralade sulamisest põhjustatud maailmamere pinna tõus. Looduskatastroofid ja nakkushaigused võivad esineda sagedamini ning palju ulatuslikumate tagajärgedega. (Tanning, 2010)

2.2 Taastuenergia

Taastuenergiaks peetakse energialiike, mis looduses püsivalt asenduvad ja mille tarbimine ei kahanda Maa energiavarusid, millega ei järgne süsinikdioksiidi ega teiste keskkonnakahjulike ainete emissiooni. Nendeks energialiikideks on:

- tuuleenergia;
- päikese kiirgusenergia;
- põlevate tööstusjäätmete, olmeprügigi, puidu- ja muude taimsete jäätmete, küttepuidu ja biogaasi põletamisel saadav energia;
- geotermaalenergia;
- õhu, pinnase ja veekogude soojus;
- hüdroenergia. (Risthein, Energiatehnika ja maailm, 2013)

2.2.1 Tuuleenergia

Ajalugu. Esimesed jäljed tuule seadmetest ulatuvad mitme tuhande aasta taha. Persia-Afgani piiri lähistelt on leitud vertikaalse teljega 200 aastat eKr ehitatud tuuleveski. Esimesed horisontaalsed tuuleveskid pärinevad Hollandi ja Vahemere aladelt 1300-1875. aastatelt. Edasine areng tuule seadmetes tehti USAs 19. sajandil kui üle kuue miljoni väikese tuuleseadme kasutati vee pumpamiseks. Esimene suurem tuulegeneraator elektri tootmiseks paigaldati Cleveland, Ohio 1888. aastal ning esimese maailmasõja ajal levisid 25 kW tuuleturbiinid üle kogu Taani. (Kaldellis & Zafirakis, 2011) Turbiinidest saadud elektrienergia tootmine energiasüsteemidesse sai alguse peale energiakriisi, aastal 1973 (Risthein, Energiatehnika ja maailm, 2013).

Eestis mainitakse esmakordselt Harjumaa ja Virumaa tuuleveskeid Taani kuninga Valdemar IV kirjas 1341. aastal. Esialgsed tuulikud olid pukktuulikud, nende puhul keerati tuulde terve ehitis. (Tanning, 2010) Vaikselt toodeti Eestis elektrit tuulegeneraatorist aastast 1920, mis olid tavapäraselt võimsusega 10 W kuni 5 kW. Põhiliselt kasutati neid raadiovastuvõtjate akude laadimiseks, aga ka valgustuseks, kus polnud veel elektrivõrke. Alates 1940. aastate üha laieneva elektrifitseerimise tõttu jäi väikeste tuulegeneraatorite kasutamine tagaplaanile. Võimsate tuuleparkide ehitamine sai alguse 1977. aastal, kui Tahkuna Poolsaarele rajati Hiiumaa katseline elektrituulik võimsusega 150 kW. Suuremas mahus tuuleelektrijaamu on ehitatud aastast 2002 ning 2006. aastast on Eesti osa tuuleenergiat intensiivselt kasutavate maade hulgast. (Risthein, Energiatehnika ja maailm, 2013) (Elekter päikesest ja tuulest, 2012)

Tuuleressurss. Ülemaailmne tuuleressurss on 1700 TW, millest maapealne osa on 70-170 TW. Samas maailma võimsuse vajadus on selle kõrvalt kõigest 16,9 TW. (Kewen, Huiyuan, Changwei, Danfeng, & Yanan, 2014) Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi (EMHI) Tõravere jaamas, mis asub 70 meetrit merepinnast ning 10 meetrit maapinnast) on mõõdetud keskmiseks tuulekiiruseks 2,6 m/s (2003-2012 aastal). Keskmisest tugevamat tuult puhub lõuna rohkem kui 4 m/s, kagu ja lääne suunas. Väiksemaid tuuli esineb edela suunas. (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013)

Tuuleturbiinid. Tuuleenergia on tuule kineetiline energia, mis tekib õhutemperatuuride vahest põhjustatud õhumasside liikumisest. Tuul saab alguse päikesest – 1-2 % maale langevast päikeseenergiast muundatakse tuuleenergiaks. (Tanning, 2010) Tuuleenergia aga omakorda turbiinis mehaaniliseks pöörlemiseenergiaks ning mehaaniline energia generaatoris vahelduvvooluks. Turbiini võimsussuhe jääb tavaliselt piirkonda 40-50 %. (Risthein, Energiatehnika ja maailm, 2013) Kõige tähtsamaks teguriks on tuule kiirus, sest kui see suureneb kaks korda kasvab muundatud energiahulk aga kaheksa korda. Tugevama ja kiirema tuule saamiseks on kiireim variant tõsta tuuleturbiini tiivikud kõrgemale. Tänapäevaseid tuulegeneraatoreid saab liigitada:

- rootori asendi põhjal maapinna suhtes – horisontaalsed ja vertikaalsed;
 - horisontaalsed turbiinid on loodud elektrit tootma kiirete tuulte puhul. Nad on kõige rohkem kasutatavad tuuleturbiinid oma kasuteguri tõttu (60%). Horisontaalseid turbiine jagatakse tiiviku asendi põhjal rootori suhtes alla- ja ülestuult;
 - vertikaalseid turbiine kasutatakse maa lähedal, kus on madalamad tuulekiirused. Neid jagatakse omakorda kaheks – Savnoius ja Darreius. Savnoiuise turbiinid

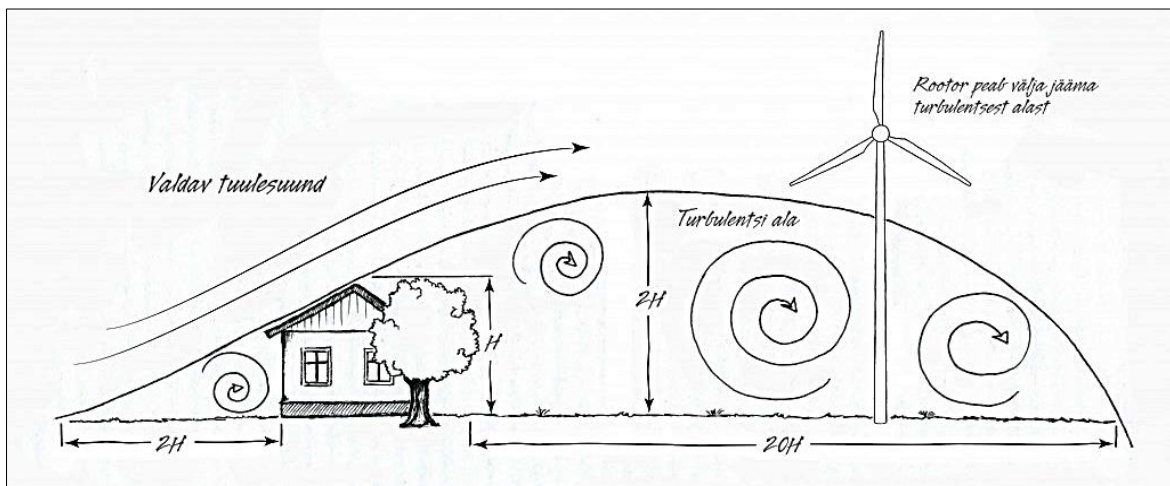
töötavad sarnaselt vesirattale, kus kasutatakse tõmbejõudu. Darreiuuse turbiin pöörleb labade jõul sarnaselt horisontaalsetele turbiinidele;

- paigutusviisi põhjal – masti otsas või hoonetel;
- võrguühenduse järgi – võrguühendusega või ilma. (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013) (Norzelawati, 2014)

Tuulikutel tehakse vahet ka generaatori võimsuse järgi:

- mikrotuulik, kuni 1,5 kW võimsuse ning levinud masti kõrgusega 10...18 m;
- väiketuulik, kuni 15 kW võimsuse ning levinud masti kõrgusega 12...25 m;
- keskmine tuulik, kuni 100 kW võimsuse ning levinud masti kõrgusega 15...50 m. (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013)

Tuulikute asukoht. Kõige tähtsamaks on silmas pidada tuuleressursi olemasolu. Kui võrguühendus puudub, võiks tuule kiirus olla 3,5 m/s ning võrguühenduse korral alates 4,5 m/s. Väga hea tuulekiirus on alates 5-6 m/s, kuid väikestel kõrgustel kohtab sellist tuult Eestis vaid saartel ja rannikul. (Asukoha valik, n.d.) Turbiinile peaks olema takistamatu juurdepääs, eemal majadest ja puudest, mis takistavad õhu liikumist ning mille tagajärjel tekib turbulents, sest siis langeb ka elektrienergia toodang (Home, 2008).



Joonis 2.2.1.1 Tuuliku asukoht sõltuvalt turbulentsi tekkimise ohust (Asukoha valik, n.d.)

Turvalisuse mõttes tuleks masti ohutuskaugus valida nii, et maha langev mast koos tuulikuga ei jõuaks inimesteni, selleks arvestatakse tuuliku kõrgusele 10 % lisaks. (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013)

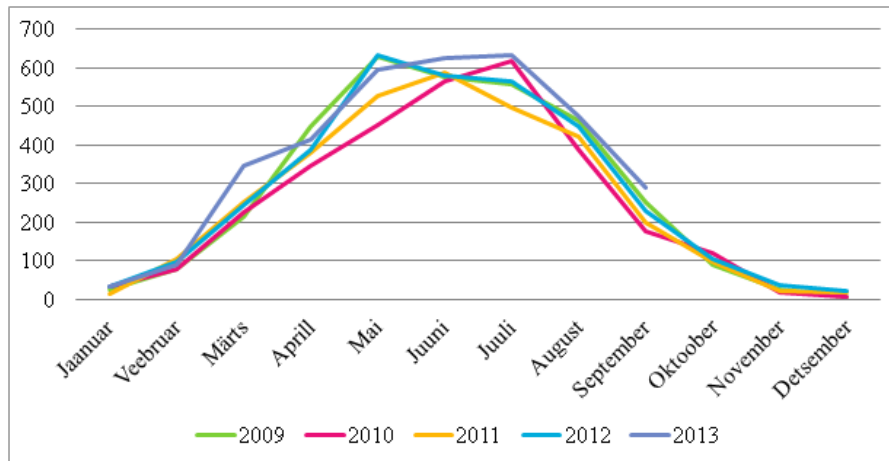
Tuulikute keskkonnamõju. Põhilised riskid on seotud seadmetest tulenevast ohust, kui ei viibita piisavas ohutuskauguses, näiteks masinaosade või jäätükkide kukkumisest. Lisaks elektromagnetilised häired ning negatiivne toime looduskeskkonnale ja elurikkusele. Pluss müra ja valguse peegeldumine tuuliku labadelt. Tuulik mõjutab ka inimese meeldivat vaadet, sest turbiinid on hetkel linnaruumis pigem harjumatud võõrkehad kui midagi „ilusat“. (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013)

2.2.2 Päikeseenergia

Päikeseressurss. „Päike on oma olemuselt väga võimas tuumajaam. Igas sekundis muutub seal tuumareaktsiooni tulemusena kuussada miljonit tonni vesinikku 596 miljoniks tonniks heeliumiks.“ Mis teeb energiana kuskil 4 miljonit tonni ainet. (Perälä, 2018) Kogu maailma päikeseenergia ressurss on 6500 TW, millest maapealne osakaal 340 TW (maailma võimsuse vajadus 16,9 TW) (Kewen, Huiyuan, Changwei, Danfeng, & Yanan, 2014).

Päikesekiirguse intensiivsus oleneb vahemaast, mis tuleb läbida Maa atmosfääris. Päikesekiirgus on tugevaim keskpäeval, sest päike on oma kõrgeimas punktis ehk vahemaa Maale on kõige lühem. Päikeseloojangul aga vastupidi, vahemaa Maale kasvab ning intensiivsus kahaneb. (Home, 2008) Eestis langeb päikeseenergiat ligikaudu 1200-1300 kWh aastas ühe horisontaalpinna ruutmeetri kohta (Tanning, 2010), Tartus on keskmine kiirgushulk 980 kWh/m² aastas (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013).

Joonisel 2.2.2.2 on näha päikesekiirguse langevust Eesti pinnale (Tallinn-Harku aeroloogiajaam) aastail 2009-2013, kust joonistub välja iseloomulik pilt – kevad-suvi/sügis perioodil on päikeseintensiivsus kõrgeim, talveperioodil aga peaaegu olematu.



Joonis 2.2.2.1 Tallinn-Harku aeroloogiajaamas mõõdetud keskmine päikesekiirus Q (MJ/m²) (y-telg) (perioodil 2000-2013) (Päikesekiirus Eestis, 2017)

Ajalugu. Fotogalvaaniline efekt – valguse otsene muundumine elektrostaatiliselt energiaks avastati 1839. aastal. Esimeste fotoelementide valmistamiseks kasutati seleeni ning elementide kasutegur oli 1-2 %. Päikesepaneelide rakendamine igapäevaelus algas möödunud sajandi viiekümnendatel kui neid kasutati kosmosesüsteemides maa tehiskaaslaste varustamiseks energiaga. 1970-1980. aastatel tehti tööd, et hinnad alla saada ning see andis tõukava jõu päikesepaneelide tööstusele. (Tanning, 2010) (Elekter päikesest ja tuulest, 2012)

Esimene arvestatav päikesepaneelidest toodetava elektri kasutaja Eestis oli 1990. aastate lõpus Veeteede Amet, kes kasutas neid meremärkide ja tuletornide toiteks, võimsused olid kuni 0,5 kW. Laialdane kasutuselevõtt algas 2000. aastate teisel poolel, peamiselt võrguühenduseeta elamistes, kui paneelide hinnad olid muutunud inimestele taskukohasemaks. (Elekter päikesest ja tuulest, 2012) Päikeseenergia kasutamine kollektorite näol, mis erinevalt paneelidest toodavad soojust, tehti esimesed sammud umbes 15 aastat tagasi. 1995. aastal varustati Vändra haigla päikesekollektoritega keskküttesüsteemi jaoks, mille pindala on 40 m². (INFORSE-Europe, 2011)

Päikesepaneelid. Läbi päikesepaneelide kasutuse muundatakse päikesekiirus elektrienergiaks. Muundus toimub fotoelektrilise efekti abil, kui valgusosakesed neelduvad pooljuhtmaterjalis, mille tulemusena vabanevad elektronid. Edasi liiguvad elektrilaengu kandjad ühisele pinnale, indutseerides elektrivoolu. (Home, 2008) (WINAICO Päikesepaneelid, n.d.) Paneelid kasutavad ka hajusat päikesekiirgust, mis Eestis on peaaegu enam kui pool kättesaadavast kiirgusest (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013). Päikesepaneelide üks olulisim näitaja on efektiivsus, mis kajastab kui mitu protsenti paneelile langevast päikesekiirgusest muundatakse elektrienergiaks.

Päikeseelementide enda efektiivsus on 13-20 %, kogu paneeli oma aga veidi vähem, sest kogu päikesepaneeli pind pole elementidega kaetud. (Elekter päikesest ja tuulest, 2012)

Enamik päikesepaneelide materjalist on ränist, mis liigitatakse vastavalt aine olekule. Turul olevaid päikesepaneelide jagatakse mono-, multi- ja polükristallilisteks päikesepaneelideks. Monokristallilised päikesepaneelid on kõige efektiivsemad, 11-18 %, kuid tootmise iseärasuste tõttu veidi kallimad. Polükristallilised päikesepaneelid on madalama kasuteguriga, 15 %, aga odavamad. Nüüdseks on erinevus kahe eelmainitud paneelide vahel nii kasuteguris kui hinnas vähenenud ja üht teisele eelistada raske. Eraldi grupi loovad sadestatud kilega (*thin film*) päikesepaneelid, mille valmistamisel on rakendatud teisi tehnoloogiaid. Need on väiksema kasuteguriga, aga odavamad. (Elekter päikesest ja tuulest, 2012)

Eesti oludes annab päikeseenergia kasutamisele eelise jahedam õhk, seetõttu on elektriline takistus väiksem ja pinge kõrgem. Sellest tulenevalt ka kõrgem päikesepaneelide tootlikkus kevadel ja sügisel, mida annab võrrelda suvega, kuigi suve perioodil on päikesekiirguse intensiivsus kõrgem. Lisaks sademed, mis hoiavad paneelid tolmust ja muust prahist puhtana. (WINAICO Päikesepaneelid, n.d.)

Päikesepaneelide tehnoloogia hinnad on läbi aastate suhteliselt kiirelt vähenenud ning seetõttu muutunud majanduslikult tasuvaks. Sõltuvalt päikesepargi võimsusest, saab rääkida süsteemide hindadest vähem kui 1000 eurot kilovatti kohta ning lühemast tasuvusaegast kui 10 aastat. Parim tasuvusaeg saavutatakse, kui enamus toodetud elektrist kasutatakse ise ära. Elektrihindade tõustes lähevad päikesepaneelid ka üha tasuvamaks. (WINAICO Päikesepaneelid, n.d.)

Võrguühenduse ja võrguühenduseta päikeseelektrijaama lahendus. Praegu on Eestis ehitavatest päikeseelektrijaamadest 95% võrguühendusega ehk *on-grid* lahendusega. Võrguühendusega jaama erinevus võrguühenduseta ehk *off-grid* süsteemist on peamiselt see, et võrguühenduse puhul ehitatakse päikeseпарк elektrivõrgu ühendusega tarbimispunkti. Kui päikesepaneelide tootlikkus on suurem kui kohapealne tarbimine, müüakse toodetud elektrienergia elektrivõrku ning puudujäägi korral ostetakse tagasi. *Off-grid* süsteeme saab rajada aga sinna, kuhu elektrivõrgud ei ulatu, kuid elektrienergiat vahel vajatakse. Elektrivõrgu ühenduse asemel vajab selline lahendus kohaliku salvestit, millega on jaam järjepidevalt ühendatud. Eesti tiheasustusaladel on otstarbekam kasutada *on-grid* süsteeme, sest Eesti laiuskraadidel langeb põhiline osa päikesekiirgusest aprillist oktoobrini ning ülejäänud aeg jääks päikesepaneelide toodetud elektrienergiast puudu. Lisaks on salvestid väga kallid ning tasuvusaeg pikeneks suuresti. (Perälä, 2018)

Päikesepaneelide asukoht. Päikesepaneelide tõhusaim suund on täpselt lõunasse. Eestis on sobiv paigaldusnurk maapinna suhtes 40 kraadi. Tähelepanu tuleb pöörata kõrgetele hoonete ja puudele, et ei varjaks päikesekiirguse langemist paneelidele. (Home, 2008) (Elekter päikesest ja tuulest, 2012)

Päikesekollektorid. Päikesekütte puhul kasutatakse päikesekiirgust kuuma vee tootmiseks. Lihtsaim variant selleks on lasta agendil voolata läbi päikesekiirguse käes olevate torude, mis asuvad kiirgusneelavas kastis. Päikesekiirguse infrapunane osa muundub kiirgusneelajas soojuseks. (Home, 2008) Eestis on levinud kahte tüüpi päikesekollektorid, tasapinnaline ehk lamekollektor ja vaakumtoru kollektor. Lamekollektor koosneb kiirgusneelajast, torudest, millest kaks paiknevad horisontaalselt kollektori ülemistes ja alumistes otstes ning nendega omavahel ühendatud paljude vertikaalsete torudest, ja soojusvahetist. Soojusvahetist pumbatakse agent kollektori alumisse horisontaalsesse torusse, kust see liigub vertikaalsete torude kaudu ülemisse ning väljub sealt kaudu soojavee paaki või soojusvahetisse. Vaakumkollektor töötab aga isoleeritud keskkonnas, vaakumis, mis vähendab oluliselt soojuskadusid, sest soojus vaakumis ei levi. Agendiga torud paiknevad kontsentrilise toru sees, mille vahel asub vaakum. (Wolfgang, 2016) Efektiivne päikesekütte süsteem suudab soojendada kuskil pool sooja vee tarbest ning 10-20 % küttevajadusest. Suvel katab aga kogu sooja vee tarbimise. (Home, 2008)

Päikesekollektorite asukoht. Päikesekollektori hea paigaldussuund on lõunasse. Optimaalseks paigaldusnurgaks peetakse asukoha laiuskraadi pluss 15 kraadi. (Home, 2008)

Päikeseenergia kasutamise keskkonnamõju. Päikesekollektorite ja –paneelide puhul peab eelkõige tähelepanu pöörama konstruktsioonile ja elektrisüsteemile. Ükskõik millise rikkega elektriseade võib endast kujutada ohtu. (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013) Peamine keskkonnamõju tuleb elementide tootmisest ja utiliseerimisest. Lisaks visuaalne mõju. (Home, 2008)

2.2.3 Bioenergia

Inimese eelkäija õppis tuld kasutama kuskil 1,5 miljon aastat tagasi. Senini vanim leitud tulease Põhja-lisraelis oli käigus umbes 790 000 aastat tagasi. Tol ajal sai kütuseks olla vaid puit. (Risthein, Energiatehnika ja maailm, 2013)

„Taastuvate kütuseliikide lähtetoormeks on taimed, mis muundavad päikesekiirguse energia oma biomassi keemiliseks energiaks.“ Süsinikdioksiidi hulk, mis eraldub biomassi põletamisel ei ületa kogust, mida lähtetoormeks olnud taimed oma elujooksul on kasutanud. Seega süsinikdioksiidi ringlus on bilansis ning kasvuhoonenähtus ei süvene. (Risthein, Energiatehnika ja maailm, 2013) Biomassi saab põletada harilikus katlas, mis on vastavalt kasutatavale kütuseliigile muudetud. Tihedamini vahetatakse biomassiga välja nafta- ja pruunsöekatelde kütus. (Home, 2008)

„Biokütus on sise põlemismootorite ja soojusenergiana kasutatav kütus, mida saadakse bioloogilisest tooraineist, biomassist.“ Need jagunevad kolme gruppi: vedelad, tahked ja gaasilised biokütused. Vedelad biokütused on nagu näiteks etanool, metanool ja biodiisel. Tahketeks aga puit ja õled ning gaasiliseks vesinik ja biogaas. (Tanning, 2010)

Keskkonnamõju. Puidu saamiseks hävitatakse metsi, mis viib elupaikade kadumiseni ning elurikkuse vähenemiseni. Põlemisel õhku lenduvad heitmed on sel juhul bilansis, kui toimub kütuse täielik põlemine. Biomass on suhteliselt lämmastikurikas ning vajab seetõttu kindlat põletustehnoloogiat. Lisaks sisaldab biokütus ka vääveldioksiidi ja lämmastikoksiidide, kuid nende kogused on väikesed võrreldes fossiilsete kütustega. (Home, 2008)

2.2.4 Geotermaalenergia

Geotermiline energia on maapõue ajapikku kogunenud soojusenergia, mis tekib põhiliselt seal toimuvate looduslike radioaktiivsete elementide lagunemisel või maasoojusenergia, mis on maapinda salvestunud päikeseenergia. (Tanning, 2010) (Geotermaalenergia, n.d.) Kolme meetri sügavusel on maapõue temperatuur aastaringselt homogeenne, jäädes 10 kuni 16 kraadi vahele. Liikudes aga maa sügavusse, tõuseb temperatuur iga 100 meetri kohta 3 kraadi. Maakoos kasvab temperatuur veelgi, iga kilomeetri kohta 30-35 kraadi. (Tanning, 2010) Ülemaailmne geotermaalenergia ressurss on 67 TW (Kewen, Huiyuan, Changwei, Danfeng, & Yanan, 2014). Hetkel kasutatavast geotermaalenergiast 55,3 % kasutatakse soojuspumpades (Moya, Aldas, & Kaparaju, 2018).

Soojuspump. Esimene soojuspumba projekt esitati küll juba 1852. aastal, aga katsetati alles 1930. aastal. Esmakordseks soojuspumba kasutamiseks loetakse Zürichit aastail 1938–1939, kus seadme

soojuslik võimsus oli 175 kW. Soojusallikaks kasutati jõevett. Laialdasemalt hakati soojuspumpasid kasutama peale teist maailmasõda. (Tallinna Tehnikaülikool)

„Soojuspump on süsteem, mis ammutab soojusenergiat madalamast temperatuurist ja siirdab selle kõrgemale temperatuurile.“ Soojusallikaks võib olla õhk, maapõu, ventileeritav õhk või vesi. „Energia siirdatakse kompressortehnika ja soojusvahetite abil meile kasulikuks soojuseks, millega köetakse ruume ja tarbevett.“ Soojuspumba maakontuuris oleva vedelikku temperatuuri tõstab pinnase temperatuur, mis edasi antakse soojusvahetite ja kompressortehnika abil soojusenergiana soojusjaotussüsteemi. Selleks võib olla põrandaküte, radiaatorid ja soojaveeboiler. Süsteem vajab elektrit seadmete toiteks (Home, 2008), kuid iga kulutatud 1 kWh kohta toodetakse keskmiselt 3,5 kWh soojusenergiat (Maasoojuspumpade paigaldus, n.d.).

Paigaldus. Maasoojuse kättesaamiseks on neli varianti. Esimese võimalusena ammutatakse soojust maapinnast läbi horisontaalse või spiraalse kollektori, teine võimalus on rajada 50-200 meetri sügavune soojuspuurauk, keskmiselt on vaja ühe ruutmeetri köetava pinna jaoks üks meeter puurauku. (Soojuspuurauk ehk energiakäev maakütte paigaldamiseks, n.d.) Kui puurauku nimeta vertikaalseks kinniseks süsteemiks, siis kolmas variant on soojust ammutada põhjaveest läbi avatud vertikaalse süsteemi. Viimase soojusallikana on võimalus kasutada veekogu, läbi veekollektori. (Maakütte 4 erinevat liiki, n.d.)

Eestis kõige levinum viis on maasoojust ammutada läbi horisontaalse maakollektori. Nende puhul on soovitatav järgida reegleid, mille kohaselt 1 ruutmeeter elamu köetavat pinda vajab vähemalt 3 meetrit maakollektorit ning 1 ruutmeeter elamu köetavat pinda vajab vähemalt 3,6 ruutmeetrit vaba maad. Optimaalne paigaldussügavus on 1,2-1,8 meetrit. Kollektori soojusvastuvõtt niiskes pinnases on parem kui kuivas. (Tallinna Tehnikaülikool).

Soojuspumbasüsteemidega saab kergesti välja vahetada fossiil kütte- või elektrikatlad, kui olemasoleva süsteemiga jaotatakse soojust edasi radiaatoritega. Sel juhul saab soojuspumbast saadava soojuse suunata kohe veekütteradiaatoritesse. (Home, 2008)

Keskkonnamõju. Suurim keskkonnamõju tekib sellest, et soojuspumba seadmed vajavad töötamiseks elektrienergiat. Teine potentsiaalne ohuallikas on seotud maakollektoriga, kui see peaks saama kahjustada ning külmaaine lekiks. (Home, 2008)

2.3 Energia tarbimine Eestis

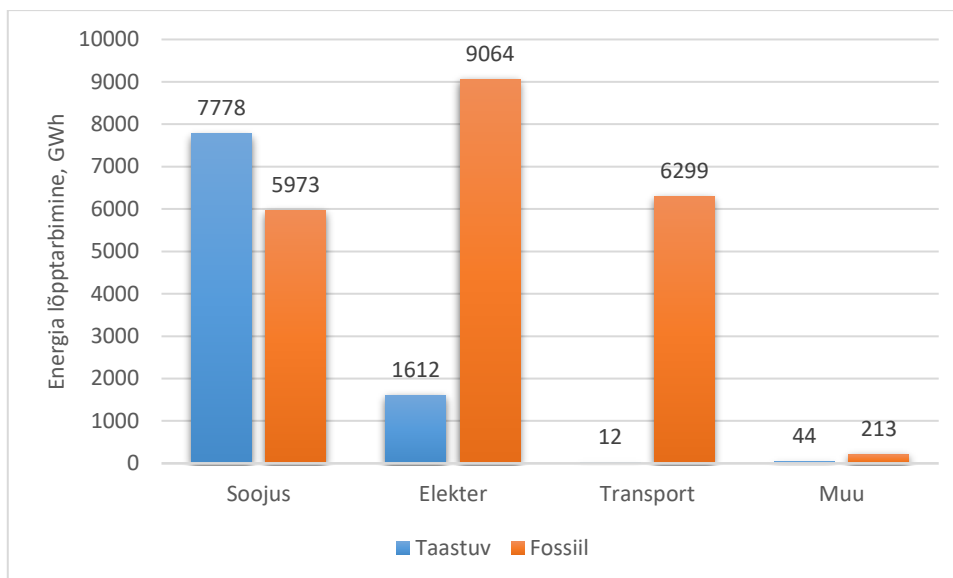
Eesti asub kliimavöötmes, mis nõuab hoonete kütmist minimaalselt seitsmel kuul aastas. Selletõttu on Eesti soojusenergia tarbimine kõrgem kui elektrienergia puhul. Soojustarbimine oli aastal 2016 ligikaudu 44% energia lõpptarbimisest, elektritarbimine 35% ja transpordi lõpptarbimine 20%. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

2.3.1 Taastuenergia Eestis

Läbi ajaloo on Eesti alati tuginenud oma energiaressurssidele, kütus maja kütmiseks tuleb naabruses asuvast metsast ning mehhaaniline energia tuulest, veest või hobuste kasutamisest. Nõukogude perioodil, kui toimus energiaallikate hooletu ebamajanduslik tarbimine, on põhjustanud suure põlevkivivarude kasutamise. Säästva energia visioon leiab, et Eestis on palju taastuenergiat ja kui tahe on olemas ning lõplik eesmärk paigas - loobuda fossiilkütuste mittesäästvast kasutamisest aastaks 2050 - on see realistlik ja teostatav. (INFORSE-Europe, 2011)

See on visioon, mis näitab teed, et muuta Eesti energia tootmine sõltumatuks ja jätkusuutlikuks aastaks 2050, pöörab tähelepanu potentsiaalsetele taastuenergia allikatele nagu tuuleenergia, päikeseenergia, bioenergia ning hüdroenergia. Taastuenergia kogu potentsiaaliks hinnatakse aastaks 2050 47,3 TWh. Paralleelselt toob töö autor kõrvale Eesti Taastuenergia Koja poolt juuni 2018 välja antud aastaraamatus ilmunud 2017. ja varasemate aastatega seotud taastuenergeetika statistikat nii elektri-, soojuse- kui ka transpordisektorist ning ülevaadet valdkonna eesmärkidest Eestis ja Euroopa Liidus. 2018. aastaraamat antakse tõenäoliselt välja 2019. aasta suvel. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

Taastuenergia osakaal lõpptarbimisest moodustas 2016. aastal 28,8 %, mis on võrreldes varasema aastaga kasvanud 0,2 %. Taastuenergia hulk soojussektoris oli 51,2 %, elektri- ja transpordisektoris vastavalt 15,48 % ning 0,4 %. (Taastuenergia aastaraamat , 2017) Eleringi uue statistika kohaselt oli möödunud aasta taastuenergia hulk elektri kogutarbimisest 17,1 % (Taastuenergia kattis möödunud aastal 17,1 protsenti elektri kogutarbimisest, 2019).



Joonis 2.3.1.1 Taastuenergia osa energia lõpptarbimisest (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

Eestis taastuenergia tootmisvõimsustesse on kokku investeeritud 894 miljonit eurot. Enamus sellest on tehtud tuuleenergiasse, mis on kogumahus 424 miljonit eurot. Suuruselt teiselt on investeeringud biomassi – 400 miljonit eurot. Kõvasti maha jäävad aga investeeringud biogaasi – 34 miljonit eurot ning päikesenergiasse ja hüdroenergiasse, vastavalt 21,3 ja 15 miljonit eurot. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

Tuuleenergia potentsiaal ja reaalsus. Eesti parimates, potentsiaalsetes tuuleenergia piirkondades, kasutades 1,5 MW tuuleturbiine, on võimalik toota aastas kuni 40 GWh elektrienergiat ühe ruutkilomeetri kohta. Võttes arvesse kõiki sobivaid piirkondi, võib tuuleenergia tehnilist potentsiaali hinnata vähemalt 10 TWh, mis on tunduvalt kõrgem kui riigi aastane elektritarbimine. (INFORSE-Europe, 2011) Eesti elektrienergia kasutus oli 2016. aastal 8,38 TWh. (Elektri tarbimine ja tootmine, n.d.).

Paigaldatud tuuleenergia oli 2009. aasta lõpuks 149 MW ja Säätva energia visiooni nägemuselt, kui lõpetada kõik lühiajalised projektid, võiks see 2015. aasta lõpuks olla kuni 527 MW. Kui rajatakse kõik plaanitavad tuulepargid, oleks kogu tuuleenergia võimsus aastaks 2050 üle 4 GW, tootlikkusega 8,8 TWh elektrienergiat. (INFORSE-Europe, 2011) Tegelikuses on areng aeglasem olnud - 2018. aasta lõpu seisuga oli Eestis töös 139 elektrituulikut koguvõimsusega 309,96 MW, mis tootsid kokku 590 GWh elektrienergiat (Tuuleenergia Eestis, n.d.).

Päikeseenergia potentsiaal ja reaalsus. Eesti asub põhjapoolkeral põhja-laiuskraadide 59° 40' ja 57° 30' vahel. Põhja-Eestis ja Kagu-Eestis on pilviste päevade arv aastas umbes 180 - 200 ning Läänemere rannikualal ligikaudu 150–160 päeva. Päikesekiirguse intensiivsus on hooajaliselt väga erinev ning õhuringlus suurendab hooajalisi erinevusi. Detsembris, kui paljud tsüklonid liiguvad üle Eesti, on päikesepaiste kestus umbes 4–14 % maksimaalsest, juunis aga ulatub päikesepaiste kestus rannikualal kuni 60 % -ni ja riigi sisemaal keskmiselt 55 %. Selliste tegurite tõttu on päikesekiirgus Tartus juuni kuus 172 kWh/m², kuid detsembris vaid 7,8 kWh/m². (INFORSE-Europe, 2011)

Elekter. Arvestades olukorda, et päikeseenergia energiatõhususe potentsiaal Eestis on kuus keskmiselt 100 kWh/m² ja kui kataks 20 % Eestis asuvate eluruumide kogu katusepinnast, on Eestis päikeseenergia potentsiaal umbes 0,7 TWh. Säästva energia visioon koostamise ajal oli Eestis päikeseenergiaga seoses vähe kogemusi ning PV-seadmete majandus ei tundunud palju tõotavat ning seetõttu oodati järkjärgulist arengut - aastaks 2020 tootlikkust 0,1 TWh, 2030 - 0,3 TWh, 2040 - 0,5 TWh ja 2050 - 0,7 TWh. (INFORSE-Europe, 2011) Suur osa päikesepaneelidest asuvad eramutes või äritarbijate juures, kes toodetavast elektrienergiast enamus ise ära kasutavad ning seetõttu täpne statistika puudub, kuid hinnanguliselt võib Eesti päikeseelektrijaamade aastatoodang olla 19 GWh (Vörku antud päikeseenergia, 2018). Visiooni kohaselt hinnati küll järk-järgulist tõusu, kuid 2020. aastaks hinnatud tulemuseni ei jõuta (töö autori arvamus).

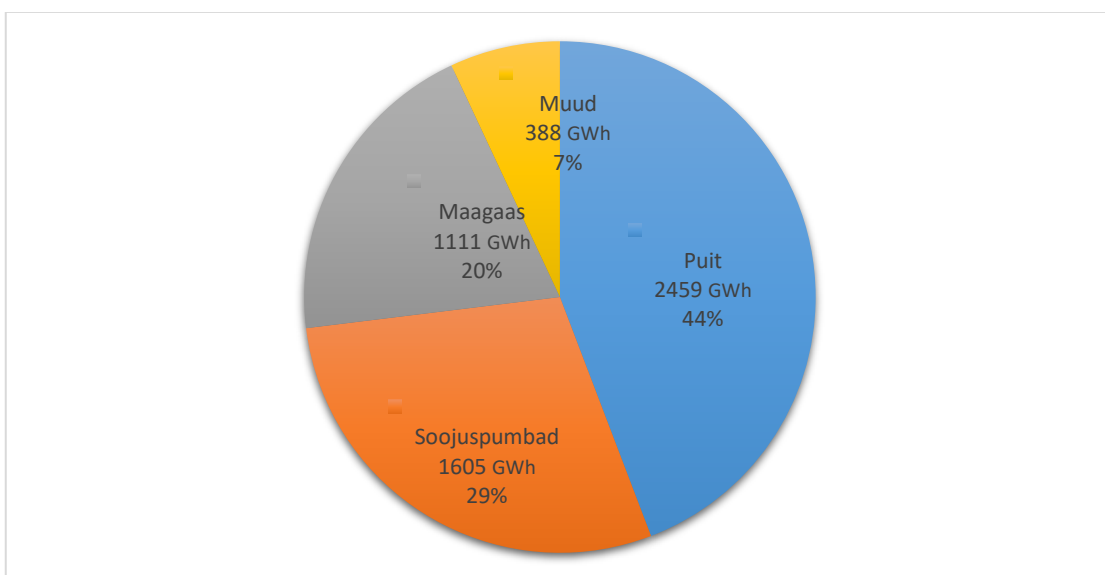
Soojus. Arvestades Eesti keskmist kuumavee tarbimist elaniku kohta, mis on 50 liitrit ning täiskasvanud elanikkonna hulka, 1,1 miljonit, siis järeldub Säästva Energia Visiooni kohaselt, et iga aastaselt on vaja katta 2 TWh soojusenergia vajadusest. Arvestades päikeseenergia potentsiaali on 2 TWh soojuse tootmiseks vaja 5,5 km² pinda. Visioonis arvestati 2000. aasta Eesti kogu eluruumide pindala ning leiti, et mahu katmiseks on vaja ainult 15% eluruumide kogu katuse pindalast ehk Eestis päikeseküte aastane potentsiaal, 2 TWh, on reaalselt saavutatav. Aastaks 2020 oleks toodetud soojusenergia hulk 0,3 TWh, 2030 aga 1 TWh, 2040 1,6 TWh ja 2050. aastaks 2 TWh. (INFORSE-Europe, 2011)

Päikesekollektorid kuuluvad oma olemuselt koht- või lokaalkütte valdkonda. See on kütteliik, mille korral köetakse ühte eramaja või osa ehitisest. Lokaalkütte kohta ametlikku statistikat Eestis veel saadaval pole ning seetõttu puudub informatsioon päikesekollektorite reaalsest tootmismahust. Mingid järeldused saab teha joonise 2.3.1.2 põhjal kui grupeerida kollektorid valdkonna „Muud“, mille tootmismahut oli 338 GWh. (Taastuvenergia aastaraamat, 2017) Kuna valdkond „Muud“ sisaldab erinevaid kütteallikaid, siis ennustatav päikesekollektorite tootmismahut pole saavutatud (töö autori arvamus).

Bioenergia potentsiaal ja reaalsus. Ligikaudu 50% Eesti kogu maa-alast on kaetud metsaga ja see näitab, et biomass on Eestis kõige olulisem taastuvenergia ressurs. Suhteliselt madala rahvastikutiheduse ja mõõduka kliima tõttu katab viljakas pinnas enamiku Eesti territooriumist. Visiooni kohaselt, Eesti ühiste biomassiresursside hindamine, mis põhineb erinevate valdkonna ekspertide andmetel, on 19,2 TWh, millest põhiosa moodustavad küttepuud, tahked tööstusjäätmed ning metsaraie jäägid. Ebatraditsioonilise biomassi ressursside aastane potentsiaal Eestis on 13,4 TWh, millest 1,5 TWh tuleb õlgedest ning 0,6 TWh pilliroost. Energiametsa kasvatamise potentsiaal majajäetud põllumaadel on 11,3 TWh. Analüüside põhjal biogaasi potentsiaal tuleb umbes 1,9 TWh ning vedelate biokütuste puhul 0,6 TWh, mis põhineb rapsiseemnete kasvatamise ala laiendamisel. (INFORSE-Europe, 2011)

Viimasel paaril aastal, enne 2017. aastat, pole biogaasil töötavaid tootmisvõimsusi Eestis juurde ehitatud ning koguvõimsus seisab 10,56 MW tasemel. Biogaasi kasutavad koostoomisjaamad tootsid 2017. aastal võrku 42 GWh elektrienergiat. (Taastuvenergia aastaraamat , 2017) 2017. aastal kokku toodeti taastuvatest allikatest elektrienergiat 1662 GWh, millest üle poole, 62 protsenti, toodeti biomassist, biogaasist ja jäätmetest (Taastuvenergia kattis möödunud aastal 17,1 protsenti elektri kogutarbimisest, 2019).

Soojuspump. Koht- või lokaalkütte veel üheks soojusallikaks on soojuspumbad, mille kasutamine on aastatega tõusnud, ulatudes 2016. aastal 29%-ni lokaalkütte kogumahust. (Taastuvenergia aastaraamat , 2017)



Joonis 2.3.1.2 Lokaal- ja kohtkütte soojuse tootmine energiaallikate lõikes (Taastuvenergia aastaraamat , 2017)

Tabel 2.3.1 Taastuenergia kogupotentsiaal Eestis ning reaalsus

Taastuenergia	Visiooni kohaselt aastaks 2020 (TWh)	Visiooni kohaselt aastaks 2050 (TWh)	Hetkeseis (TWh)
Tuuleenergia	0,9	8,8	0,59 (2018)
Päikesekollektorid	0,3	2	Täpne statistika puudub (kuni 0,338) (2017)
Päikesepaneelid	0,1	0,7	0,019 (2018)
Kogu biomass, biogaas ja jäätmed	-	35,7	1,03 (2017)

2.3.2 Taastuenergia mujal maailmas

2016. aastaga võrreldes tõusid investeeringud taastuenergiasse 3 %. 2017. aastal liitus kokku 160 GW uusi taastuenergia lahendusi, millest 98 GW moodustas päikeseenergia, 56 GW aga tuuleenergia, 3 GW biomass ja jäätmed ning kõige väiksema osa, 2,7 GW, hüdroenergia. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

Euroopas tehti 2017. aastal põhiosa taastuenergia investeeringutest tuuleenergiasse, 14,8 miljardit eurot maismaatuuleparkidesse ja 7,5 miljardit meretuuleparkidele. Suurusjärgult järgmisena päikeseenergiasse, 10,9 miljardit ning biokütuste ja biomassi energeetikasse olid summad vastavalt 6,5 ja 2,3 miljardi eurot. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

Euroopa Liit. 2017. aastal toodeti Euroopa Liidus esimest korda taastuenergiaallikatest rohkem elektrienergiat kui kivi- ja pruunsöest. Taastuenergia osakaal elektrienergiast oli 679 TWh, kivi- ja pruunsöe osakaal 669 TWh. Kõigest viis aastat tagasi oli nende erinevus rohkem kui kahekordselt taastuenergia kahjuks. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

Euroopa Liidu riikidest juhib taastuenergia suurima osakaaluga kogutarbimisest 2017. aasta statistika põhjal Rootsi, kus 53,7 % energiast on pärit taastuvatest allikates. Järgmisena tulevad Soome, Läti, Austria ja Taani, tarbimise osakaaluga vastavalt 38,7 %, 37,2 %, 33,5 % ja 32,2 %. Eesti on pingereas kuues, 28,8 % taastuenergia tarbimishulgaga. Euroopa Liidu keskmine suurus tuleb 16,7 %. 2020. aastaks püstitatud taastuenergia eesmärgi on senini täitnud 11 riiki, sealhulgas Eesti. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

2.3.3 Taastuenergia eesmärgid

Euroopa Liit. Eesti kliima- ja taastuenergiaeesmärgid erinevad paljutki Euroopa Liidus ühiselt vastu võetud eesmärkidest. 2020. aastaks on seatud järgnevad eesmärgid:

- Saavutada 20 % taastuenergia osakaal energia lõpptarbimises. Eesmärgid erinevad liikmesriigiti silmatorkavalt, näiteks Maltal on eesmärgiks püstitatud taastuenergia osakaaluna energia lõpptarbimises 10 %, Rootsis aga 49 %;
- Viia alla süsihappegaasi heitmete taset 20 % võrreldes 1990. aastaga;
- 10 % kütustest transpordisektoris peaksid olema taastuenergia päritolu;
- Alandama energia lõpptarbimist minimaalselt 20 % võrra prognoositud suurusjärgust. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

Eesti on seadnud vastavuses taastuvatest energiaallikatest valmistatud energia tarvitamise arendamise direktiivile 2009/28/ EÜ eesmärgiks suurendada taastuvate energiaallikate hulka üleüldises energiatarbimises 25 %-ni aastaks 2020. Taastuvatest allikatest valmistatud soojust eesmärgiks riikliku tegevuskava järgi peaks 2020. aastaks olema 38,4 %, elektri osakaal 17,6 % ning transpordis kütuse osakaal 10 %. Viimaste andmete järgi on Eestil eesmärk saavutatud kahes kategoorias: taastuenergia allikate osakaal energia lõpptarbimises oli 2016. aasta seisuga 28,8 % ja soojust tootmises 51,2 %. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

Eesti. 2013. aastal alustati energiamajanduse arengukava (ENMAK) koostamisega, mille eesmärgiks on kavandada Eesti energiamajanduse arengukava 2030. aastani. 2017. aasta oktoobris kiideti eelmainitud arengukava heaks. „ENMAK kajastab elektri-, soojus- ja kütusemajanduse, transpordisektori energiakasutuse ja elamumajanduse energiakasutusega seonduvaid tuleviku tegevusi Eestis kuni aastani 2030, ent seab sihte ka kuni aastani 2050.“ Eelmainitud arengukava järgi on Eestis:

- taastuenergia maht 2030. aastaks 50 % lõpptarbimisest;
- taastuvate allikate osahulk elektrimajanduses 50 % 2030. aastaks elektri lõpptarbimisest;
- taastuvatest allikatest soojusetootmise osakaal lõpptarbimisest 80 %;
- ja eelmainitud allika osahulk transpordisektori lõpptarbimisest 10 %. (Taastuenergia aastaraamat , 2017)

Maailma energianõukogu. Aastal 2010 avaldati energianõukogu poolt artikkel 2050. aastaks energia kasutuse kohta. Prognoosi kohaselt võiks taastuenergia osakaal lõpptarbimises olla 50 % kogu vajaminevast energiast maailmas. Fossiilkütustest saadud energia püsib kõrge veel

arengumaades kasutatavuse tõttu, kuid eesmärk on liikuda 2007. aasta kasutuse osakaalult - 80 %, aastaks 2050 50 % peale. (Destouni & Frank, 2010)



Joonis 2.3.3.1 2007. aasta energia lõpptarbimine ning prognoos 2050. aastaks (Fossil – fossiilsed kütused, Nuclear – tuumaenergia, Bio – bioenergia, Hydro – hüdroenergia, Sun – päikeseenergia, Wind – tuuleenergia)

3 MATERJAL

3.1 Tartu kolledži õppehoone Puiestee 80a kirjeldus

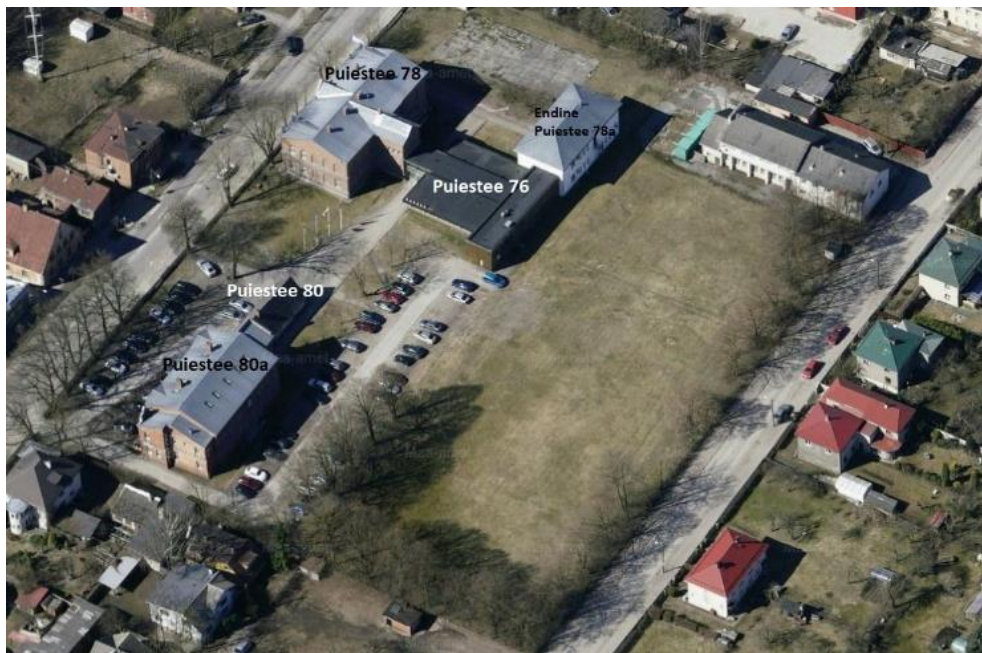
3.1.1 Uuritava hoone asukoht ja ajalugu

Uuritav hoone asub aadressil Puiestee 80a (edaspidi õppehoone) ning kuulub kogu kompleksi koos hoonetega Puiestee 76/78/80, millest viimane on amortiseerunud puitmaja (Ehitis, 2003). Puiestee 80a, endine Puiestee 82, on 1901. aastal algsena ehitatud ühekorruselise hoonena, praegusel kujul on ta valminud 1929. aastal. Esialgu oli hoone vaid juurdeehitatud saal Puiestee 80 aadressil asuval Tartu 11. Algkoolile. 1929 tegutses hoonetes vanadekodu ning 1945. aastal ehitati krundil olevad majad ümber 3. Mittetäieliku Keskkooli tarbeks. Audentes erakool ostis Puiestee tänava kinnistu linnalt 2002. aasta juunis (Meier, 2007). 2007. aastast moodustavad kõik hooned tervikliku koolikompleksi, mis on Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži valdustes, samal aastal on õppehoonet ka renoveeritud ning säilinud on vaid mõned hoone originaalsed detailid. Õppehoone suletud netopind on 947.1 m² ning köetav pind 905.5 m². Tegemist on kahekorruselise, põhiplaani ristkülikukujulise tellishoonega, kus asub lisaks ka kelder ning pööningule on välja ehitatud õpperuumid. (Ehitis, 2003) (Mälestiste register, 2011)

Teised kompleksihooned. Puiestee 80 on endine elamu ning vajab rekonstrueerimist. Ehitusalane pind on 103 m² ning asukoht on vahetult õppehoone kõrval. 2003. aastal tehti ümberehitus ja ühendusgalerii Puiestee 78 ning 78a koolihoonete vahele, millest on nüüdseks saanud Puiestee 76. Joonisel 3.1.1.2 on näha kogu koolikompleksi ning ka endist Puiestee 78a, mis on ehitatud 1960-ndatel. Puiestee 76 suletud netopind on 826.1 m², millest köetav pind 766.6 m². Hoones asub kooli ühine kohvik. Puiestee 78 on kogu kompleksist suurim ning ehitatud 1880. aastal linna koolina. Suletud netopind on 1135.7 m², kust köetav osa 754.7 m². (Ehitis, 2003) (Mälestised, 2004) (Mälestiste register, 2011)



Joonis 3.1.1.1 Puiestee 80a vaade edelast (Autori foto)



Joonis 3.1.1.2 Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži koolikompleks (Maa-ameti Geoportaal)

3.1.2 Energiavarustus

Kogu kompleksis oli kuni 1950. aastani ahiküte, sisendiks puit. Järgmisel kümnendil ehitati hoonetesse kaugküte. (Priuhka, 2019). Aastal 2003 rekonstrueeriti Puiestee 78a, nüüdseks Puiestee 76, kaugkütte varustus ja lahendati ka uuritava õppehoone kaugküttega varustamine. Varasemalt oli hoonetes sõltuva küttesüsteemi lahendus, mis peale rekonstrueerimist ehitati ümber sõltumatuks süsteemiks. Toona lähtuti hoonete soojavarustamisel Tartu linna üldplaneeringust, millest enamuse linna kuulub kaugkütte piirkonda ning seda jälgiti kiivalt (Veisman, 2019).

Lähteülesanne puudus, asi käis läbi ühe mehe, kellega vaadati olemasolev olukord kohapeal üle, kanti rajatis maakaardile, kus olid näha ka teised kommunikatsioonid ning taodeldi erinevatelt ametkondadelt load. Kui teiste kommunikatsioonide esindajad olid load andud, esitati dokumentatsioon linna ning taodeldi ehitusluba. (Kulasalu, 2019)



Joonis 3.1.2.1 Puiestee 80a kamin (Autori foto)

Hetkel saab Tartu kolledž soojusenergia AS Tartu Keskkatlamajast, mis kasutab suurel määral biokütuseid, maagaasi kasutatakse vaid tahkekütusekatelde käivitamiseks ja tipukoormuse katmiseks. Elektriteenust pakub koolile Elering AS ning võrguteenust Elektrilevi OÜ (Beek, 2019).

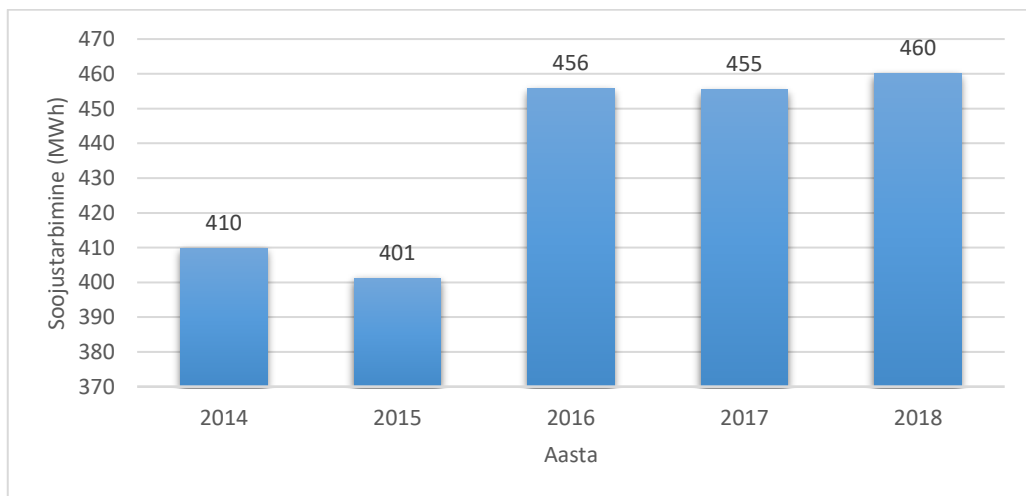
3.1.3 Energitarbimine

Soojusenergia. Tartu kolledži koolikompleksil on kaks sojussõlme, millest üks asub õppehoone ning teine Puiestee 76 keldris, kuid kahjuks mõõtur on vaid viimases. Seetõttu on ka soojustarbimised kogu kompleksi peale ühised ning Puiestee 80a täpne tarbimine puudub. Soojusenergia tarbimishulgad koos hindadega on pärit AS Tartu Keskkatlamajast. Kogu kooli viimase

viie aasta keskmine soojustarbimine on 436 MWh ning keskmine välistemperatuur 6.86 °C. Vesikaugküttevõrgu soojuskandja temperatuur sõltub välisõhu temperatuurist (Tallinna Tehnikaülikool).



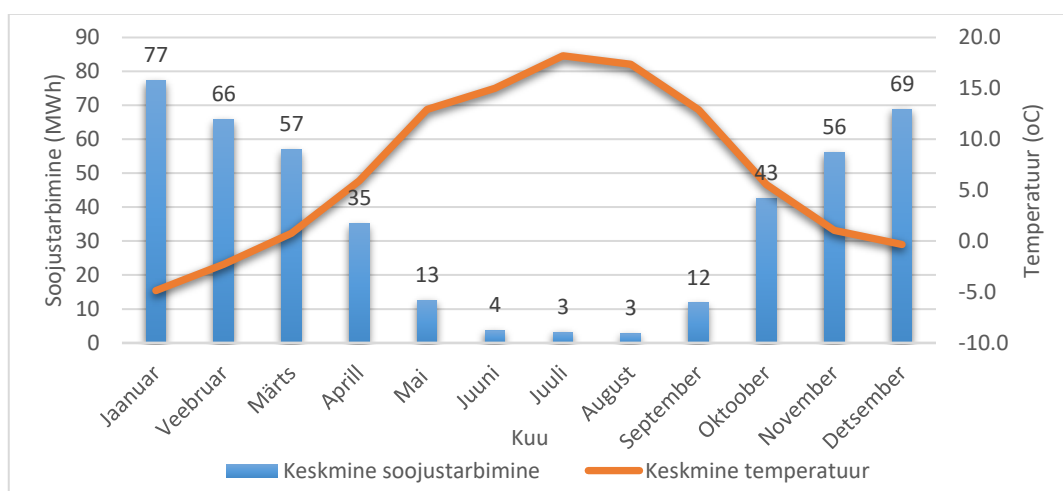
Joonis 3.1.3.1 Puiestee 76 sojussõlm (Autori foto)



Joonis 3.1.3.2 Viimase viie aasta Tartu kolledži soojustarbimine (Keskkatlamaja, 2019)

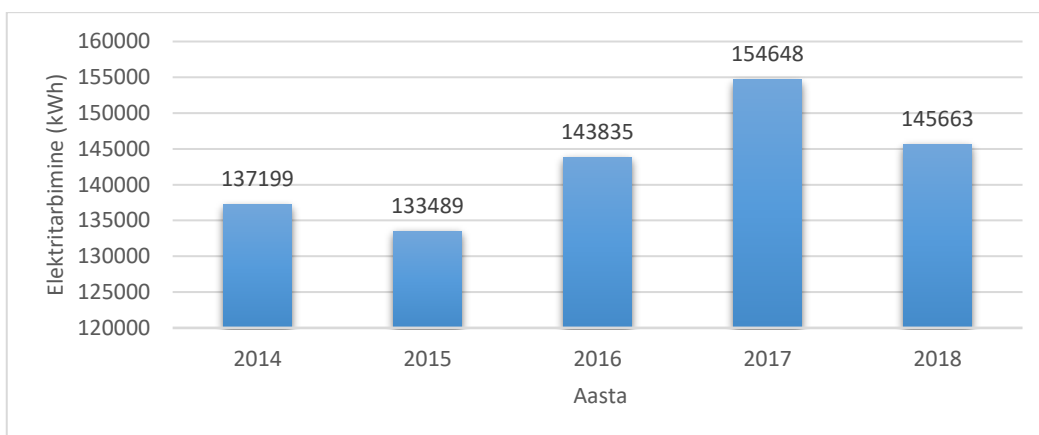
2016 aastal on toimunud soojustarbimise hüppeline kasv, kui 2014 ja 2015 aastal oli soojustarbimine vastavalt 410 ja 401 MWh, siis 2016 - 2018 aastal keskmiselt 457 MWh (Keskkatlamaja, 2019). Põhjuseks on soojuste kasutamismahu suurenemine, sest tudengeid oli rohkem ning kinnistuhooned hakati aktiivsemalt kasutama (Priuhka, 2019). Kui aastal 2014 oli üliõpilasi 290 ringis, siis aastatega on see arv kasvanud ning tänaseks on tudengeid 390 (Lehtme, 2019).

Joonisel 3.1.3.3 on välja toodud keskmine Tartu kolledži tarbimine kuude lõikes ning selle sõltumine välistemperatuurist, kust selgelt lööb esile välistemperatuuri mõjutuse tarbimishulgale – mida madalam välistemperatuur, seda kõrgem tarbimine ning mida kõrgem välistemperatuur, seda madalam tarbimine. Terve aasta keskmise välistemperatuuri ja soojustarbimise vahel sellist selget seost ei teki. Näiteks kui aastal 2015 oli keskmine välistemperatuur vaadatud aastate kõrgeim, 7,48 °C, ja soojustarbimine viimase viie aasta madalaim 401 MWh, siis sarnaselt aasta 2018 keskmisele temperatuurile – 7,21 °C oli aga tarbimine rekordiline – 460 MWh. (Keskkatlamaja, 2019)



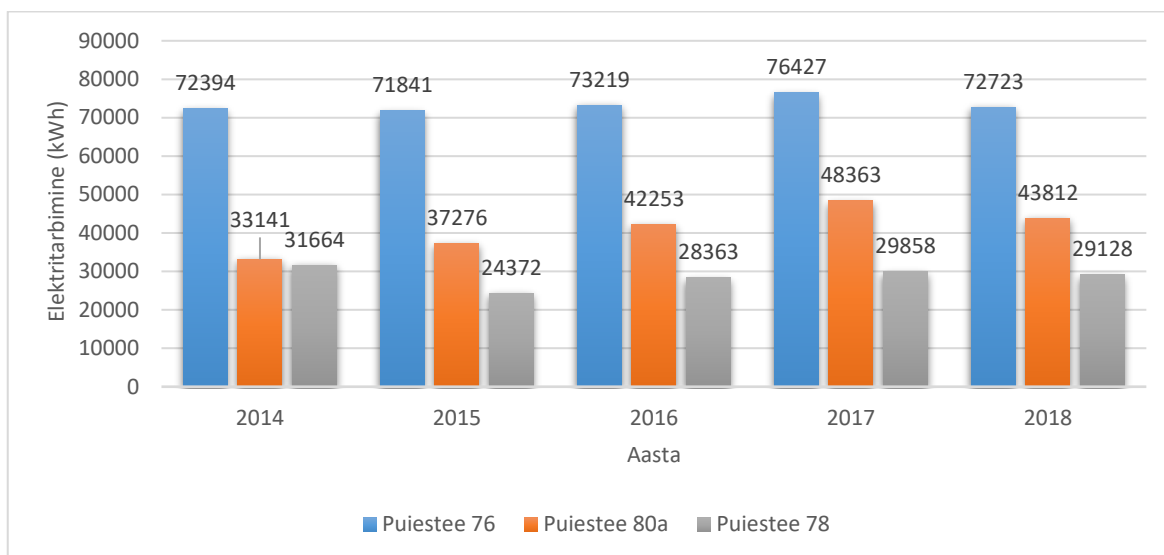
Joonis 3.1.3.3 Viimase viie aasta kalendrikuu keskmine soojustarbimise sõltuvus välistemperatuurist (Keskkatlamaja, 2019)

Elektrienergia. Elektrienergia tarbimishulgad koos hindadega on pärit Elektrilevi OÜ-st. Kogu koolikompleksi elektritarbimine aastatel 2014-2018 on toodud joonisel 3.1.3.4. Keskmiselt teeb see aastas 142967 kWh (Elektrilevi, 2019). Nagu soojustarbimine, oli ka 2016. aastal kogu elektritarbimine tõusnud ning püsinud samas suurusjärgus möödunud aastal.



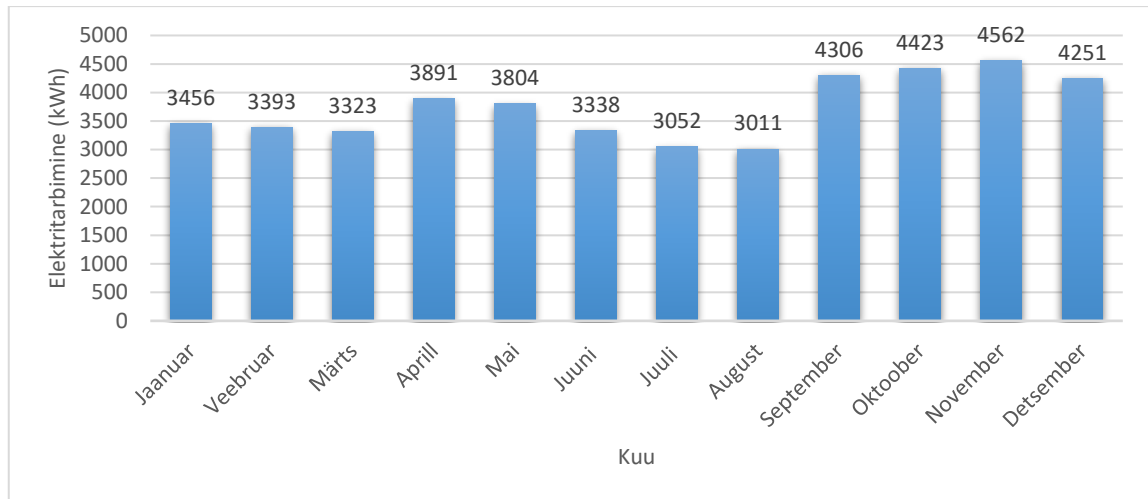
Joonis 3.1.3.4 Viimase viie aasta Tartu kolledži elektritarbimine (Elektrilevi, 2019)

2017 aastal oli elektritarbimine suurem kui eelneval ja järgneval aastal, mis on tõenäoliselt põhjustatud laboris olevate kuivatuskappide ning kohvikutehnika tihedama kasutamise tõttu. Hüppelisi muutusi põhjustab lisaks tehnika kasutamismahu tõusmisele ka ilm ning koolitöötajate käitumine – näiteks kui nädalavahetuseti on kõik valgustid sisselülitatuks jäetud, mida aeg-ajalt ka ette tulnud. (Priuhka, 2019)



Joonis 3.1.3.5 Viimase viie aasta Puiestee 76, 78 ja 80a elektritarbimine (Elektrilevi, 2019)

Õppehoone, Puiestee 80a, keskmine elektritarbimine aastal 2014-2018 oli 40969 kWh. Selle perioodi kuu keskmiste tarbimiste lõikes joonistub välja elektritarbimise levinud pilt – suveajal väiksem tarbimine, pimedal ning külmemal ajal aga suurem kulu. Lisaks iseloomulikult õppeasutusele ka järsk tõus septembri kuus. Töö autor arvestab keskmise elektritarbimise leidmisel aga viimast kolme aastat, mille tulemuseks on 44809 kWh. Põhjuseks on 2016 aastal toimunud hüppeline tarbimismahu tõus ning drastilised muutused suvistes näitajates, mis mõjutavad üldpilti ning kuude vahelised tarbimised üksteisest nii palju enam ei erine. Kõige suurem muutus on toimunud juulis, kui 2014 ja 2015 aastal olid tarbimised vastavalt 962 ja 777 kWh, siis alates 2016 aastast 3080 kWh ning lisaks on püsinud sellises suurusjärgus siiani. (Elektrilevi, 2019) Selline täpsus on oluline päikesepargi rajamisel.



Joonis 3.1.3.6 Viimase kolme aasta Puiestee 80a kalendrikuu põhine keskmine elektritarbimine (Elektrilevi, 2019)

3.1.4 Energiakulud

Soojusenergia hinnad on toodud MWh kohta, mille piirhinna kooskõlastab konkurentsiamet AS Fortumi poolt esitatud taotluse alusel (Kriisa, 2019). Vastavalt AS Tartu Keskkatlamajast saadud tarbimisandmetele ning MWh hinnale leidis töö autor soojusenergia kulud (tabel 3.1.4.1).

Tabel 3.1.1 Tartu kolledži soojusenergia hind ja tasu (Keskkatlamaja, 2019)

Aasta	Soojustarbimine (MWh)	Soojusenergia hind KM-ga (eur/MWh)	Soojusenergia tasu (eur)
2014	410	64,02	26232,84
2015	401	64,02	25688,03
2016	456	61,26	27918,63
2017	455	59,76	27217,09
2018	460	58,68	26991,63

Kahjuks ei õnnestunud töö autoril kätte saada Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži realselt kulunud elektrienergia hindasid. Ülikooli volikirjaga pole võimalik Eleringi Andmelattu ülikooli tarbimisandmetele ligi pääseda, sest ülikoolil pole ühtegi esindusisikut äriregistrisse kantud, kuid Elering toetub vaid äriregistrist tulenevatele õigustele. Ülikool jällegi ei pea vajalikuks kedagi äriregistrisse kanda ja tugineb seadusele ja Tallinna Tehnikaülikooli põhikirjale (Beek, 2019). Lisaks esitas töö autor ülikooli kodulehelt teabenõude elektrikulude saamiseks, kuid vastust ei tulnud.

Küll aga õnnestus teada saada MWh hinnad ning realsed võrgutasud, mis laekusid jaotusvõrgust. Ülikooli võrgutasu koosneb mitmest teenusest, millest põhiosa on VML (võrk madalpingel liinil)

edastamistasu ehk tariif, millele lisandub võrguühenduse kasutamise ampripõhine tasu ning reaktiivenergia tasu. Võrguteenuse pakettidele lisandub ka taastuenergia tasu ning elektriaktsiis, mis edastatakse riigile (Võrguteenuse hind, 2019).

Tabel 3.1.2 Keskmised võrgutasud KM-ta (Elektrilevi, 2019)

Aasta	Aktsiis	Taastuenergia tasu	Tariif	Reaktiivenergia	Amper
	(eur/kWh)			(eur/kVh)	(eur/kuus)
2014	0,0045	0,0077	0,037	0,0072	29,25
2015	0,0045	0,0089	0,037	0,0072	29
2016	0,0045	0,0089	0,037	0,0072	29
2017	0,0045	0,0104	0,034	0,0062	42,52
2018	0,0045	0,0089	0,029	0,0054	55,87

Alates 01.03.2017 ostab ülikool elektrit börsihinnaga, varasema perioodi elektri hind on näha tabelis 3.1.4.3. Ülikooli vahendustasu 1 MWh kohta oli vahemikus 01.03.2017-28.02.2018 0.29 eur/MWh ja alates 01.03.2019 0.39 eur/MWh. (Beek, 2019) Elektri hinna perioodil 01.03.2014 – 28.02.2017 arvutab töö autor vastavalt kulunud elektri hulga ja MWh hinnale ning lisab jaotusvõrgust saadud kulud. Peale antud perioodi kasutab töö autor sarnast meetodit börsihindadega, mis võetakse kuupõhiste keskmistena välja Nord Pooli lehelt ning lisatakse marginaal. „Elektri börsihind on muutlik, sõltudes näiteks nii elektri jaamade või merekaabli hooldus- ja avariitöödest, riikidevahelisest ülekandevõimsusest, üldisest majanduskliimast kui ka ilmast.“ Täpsemalt võttes sõltub elektri arve veel sellest, kui palju mingil tunnil elektrit kasutada ja mis on sellel hetkel börsihind. (Elektrituru toimimine, 2019) Tavapäraselt on börsihind kõrgeim päevasel ajal ning madalaim öösel. Töö autoril on teada tarbimine aga kuu lõikes ning sellest tulenevalt pole elektrienergia hind päris täpne.

Tabel 3.1.3 Tartu kolledži elektrienergia hind (Elektrilevi, 2019) (Day-ahead prices)

Periood	Elektrienergia tarbimine (MWh)	Elektri hind (eur/MWh)	Börsihind (eur/MWh)	Marginaal (eur/MWh)	Elektrienergia hind* (eur)	Võrgutasud (eur)	Kokku KM-ga (eur)
01.03.14 - 28.02.15	135.00	47.35	-	-	6392.39	7992.33	17261.67
01.03.15 - 29.02.16	135.29	39.31	-	-	5318.20	8292.05	16332.30
01.03.16 - 28.02.17	143.85	36.39	-	-	5234.87	8760.45	16794.39
01.03.17 - 28.02.18	155.54	-	33.70	0.29	5286.94	9363.32	17580.31
01.03.18 - 28.02.19	145.44	-	52.62	0.39	7709.86	8412.06	19346.31

Tabel 3.1.4 Elektrienergia kulud uuritavas õppehoones Puiestee 80a (Elektrilevi, 2019)

Periood	Elektrienergia tarbimine (MWh)	Elektrienergia hind (eur)	Võrgutasud (eur)	Kokku KM-ga (eur)
01.03.14 - 28.02.15	33.74	1597.40	2116.84	4457.09
01.03.15 - 29.02.16	37.35	1468.03	2431.40	4679.32
01.03.16 - 28.02.17	43.17	1571.13	2677.11	5097.88
01.03.17 - 28.02.18	48.11	1660.56	2930.39	5509.14
01.03.18 - 28.02.19	43.81	2160.50	2602.70	5715.84

3.2 Tartu linna üldised kasutamise- ja ehitustingimused vastavalt Tartu linna üldplaneeringule ning nende rakendamine Tartu kolledži puhul

„Hea elu- ja majanduskeskkonna loomise ja kestmise üks oluline eeldus kohalikus omavalitsuses on kvaliteetse ja toimiva üldplaneeringu olemasolu ning eesmärgipärane koostöö planeeringuga kavandatu elluviimiseks. Üldplaneeringul on suur roll maakasutus- ja ehitustingimuste määramisel, üldplaneering on asjaomast investeringut ja ehitust ettevalmistava detailplaneeringu koostamise alus ning käsitleb linna arengut tervikuna.“ (Tartu Linnavalitsus, 2017)

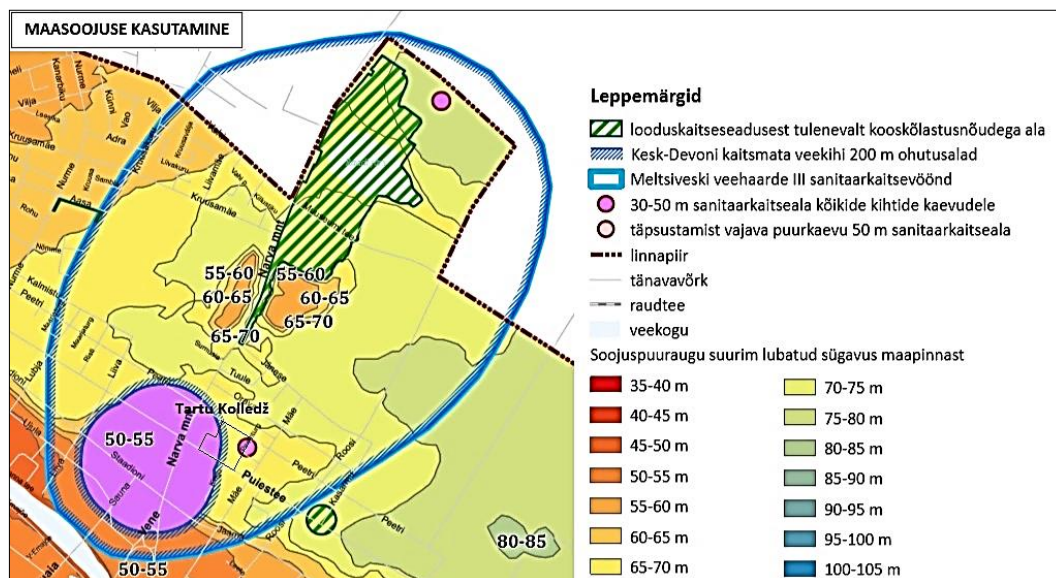
Tartu kolledži kompleks kuulub üldplaneeringu järgi Raadi piirkonda, täpsemalt RD10, kus kehtivad üldised ehitustingimused. Kitsendused on mõjutatud Meltsiveski veehaardega seotud veekaitsest, kust tuleb Tartu Linna enamus joogiveest – 49,4 % kogu toodangust. Hoonestustingimused määratakse sõltuvalt ümbruskonnale detailplaneeringu või projekteerimistingimustega. Maa-alal kasvavaid põlispuid pole lubatud eemaldada. Tartu kolledžist veidi üle poole kuulub kõrgharidusametuse maa-ala alla ning teine osa, õppehoone kõrval olev muruplats, aga puhke-, spordi- ja kultuurirajatise alla. Sellel pinnal on lubatud rajada teatud rajatise nagu näiteks seikluspark jms ning kokku lepitud protsendi määral ehitisi. (Tartu Linnavalitsus, 2017)

Energeetika valdkonnas võetakse Tartus sihiks Euroopa Liidu energiapoliitika eesmärgid – kasvuhoonegaaside vähendamine, kasvav taastuvenergia hulk kogu energiast ning suurim võimalik energiakasutuse tõhusus. Tartus peab keskpunktis olema kaugküte, kus sisendiks on suures mahus biokütus ning energia tootmine käib läbi koostootmise. Koostootmisjaamades toodetakse elektrit, mille jääksaadus on soojus ning mida kasutataksegi soojusvõrgus. See on tõhusaim viis energia

tootmiseks, sest primaarenergia läheb maksimaalselt käiku. (Kaugküte, 2019) Tänu kohalikule biokütusele - metsa- ja puidutööstuse jääkidest toodetud hakkepuut ja turvas, on Tartu linnas soojusarved klientidele olnud tunduvalt madalamad, kui mõnes teises piirkonnas, kus kütteks kasutatakse importkütuseid. (Tartu Linnavalitsus, 2017) (Kaugküte, 2019)

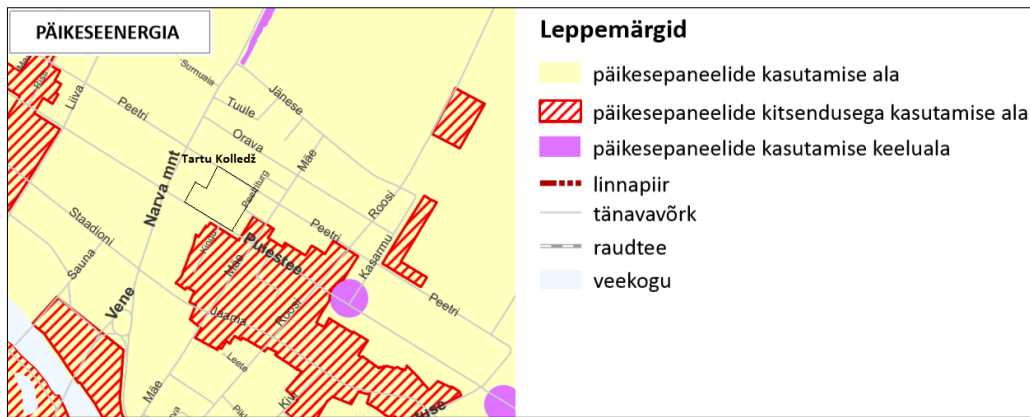
Kogu Tartu kolledž kuulub kaugküttepiirkonda. „Kaugküttepiirkond on määratud, et tagada kindel, usaldusväärne, tõhus, põhjendatud hinnaga ning keskkonnanõuetele ja tarbijate vajadustele vastav soojusvarustus, mis arvestab linna planeeritud hoonestuse ja infrastruktuuri arenguga, rakendamaks soojusenergia ja elektrienergia koostootmise energeetilist efektiivsust ja keskkonnasõbralikkust.“ Kaugküttevõrgust eraldumine on aga keerulisem protsess, mis peab olema põhjendatud. Lubatud on näiteks olukordades, kus maksimaalne projekteeritud võimsus jääb väiksemaks kui 40 kW või kavatakse minna üle ökoloogilisemalt puhtamale kütteviisile ning töökindlus ei jää alla senisele kaugkütte kindlusele, kuid energiatõhususarv on madalam kui kaugkütte puhul. Lisaks peab selle taotluse ka rahuldama Tartu Linnavalitsus. (Tartu Linnavalitsus, 2017)

Üldplaneering käsitleb ka võimalusi taastuvenergia kasutamiseks, et liikuda üheskoos globaalsete energiakasutuse sihtidega nagu tuule-, päikese ja maaenergia. Maasoojussüsteemi mõjutab õppehoone alal Meltsiveski veehaare (joonis 3.2.1). (Tartu Linnavalitsus, 2017)



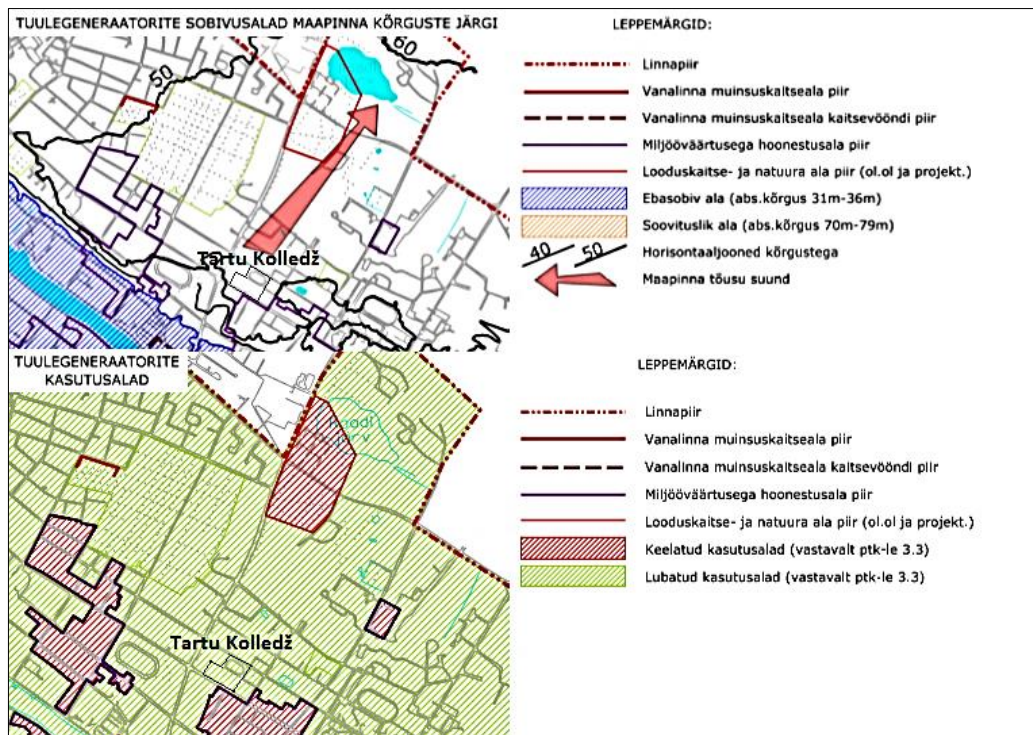
Joonis 3.1.4.1 Maasoojuse kasutamine Tartu kolledži kinnistul (Tartu Linnavalitsus, 2017)

Läbi on viidud ka uuringud päikeseenergia kasutamiseks sobivatest maa-aladest (joonis 3.2.2), mille kohaselt koolialal piirangud puuduvad. (Tartu Linnavalitsus, 2017)



Joonis 3.1.4.2 Päikeseenergia kasutamine Tartu kolledži kinnistul (Tartu Linnavalitsus, 2017)

Sobilike tuuleenergia kasutusvõimaluste väljaselgitamiseks on välja töötatud uurimustöö „Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas. Taastuvate energiaallikate kasutamine 21. sajandi linnas.“ Arvestades maastikku, on parimad alad tuuleenergia kasutamiseks Tartu äärealadel, eriti edelaosas. Tartu kolledž jääb küll sobivasse kohta – piisavalt avatud tuulele, kuid mitte soovituslikule alale (joonis 3.2.3). Graafilise joonise kohaselt on koolikompleksi alal tuuleenergia lubatud. Sobivate alade puhul tuleb siiski arvestada sellega, et tuulegeneraatorid ei või rikkuda vaateid kaitsealustele aladele ja rajatistele. Lisaks peab arvestama linna ruumilisusega, kui suur on näiteks hoonestustihedus ja ala suurus. (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013)



Joonis 3.1.4.3 Tuulegeneraatorite kasutusosalad Tartu kolledži kinnistul (Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas, 2013)

3.3 Päikeseenergialahendus

Töö autor leidis, et reaalseks taastuenergia lahenduseks Puiestee 80a puhul oleks elektrit tootvad päikesepaneelid, seetõttu viidi nende kohta läbi põhjalikum uuring ning arutati majanduslik tasuvus. See on tehnoloogia, mille ehitustingimused Tartu linna üldplaneeringu kohaselt jäävad lubatud piiridesse. Lisaks mõistlik tasuvusaeg. Täpsematest põhjustest on kirjas tulemuste peatükis.

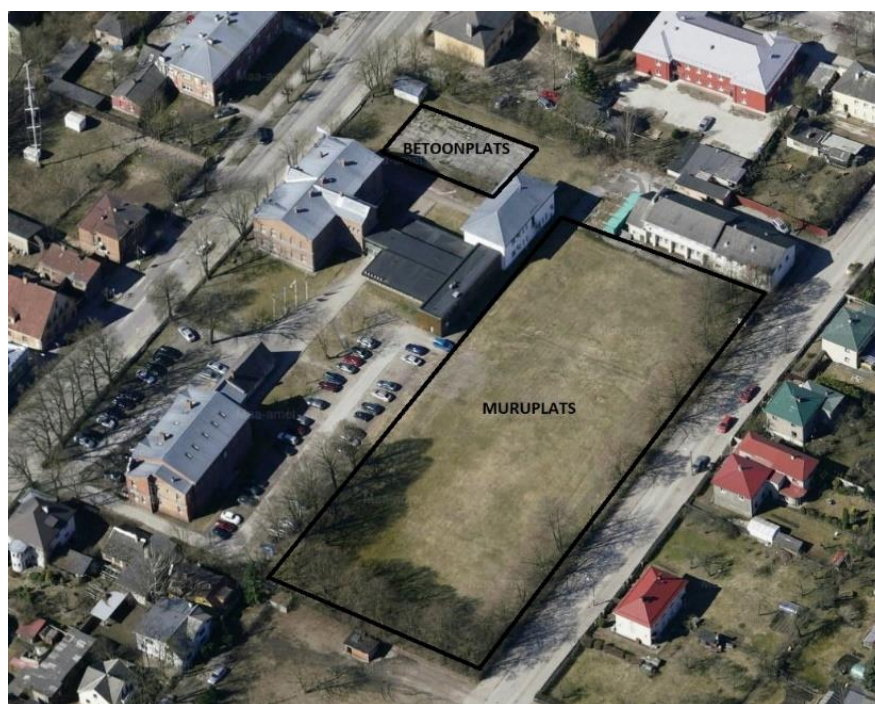
3.3.1 Hinnapakumised

Töö autor kirjeldas hinnapakumiste päringuid saates temale teadaolevat olukorda ning täpsustas, et töö on hüpoteetiline ning magistritöö tarbeks. Päikesepargi asukohana olid välistatud koolikompleksi katused, sest tegemist on arhitektuurimälestistega. Lisaks oli infona kaasa postitatud viimase kahe aasta elektritarbimised (viimase viie aasta tarbimisandmed ei olnud juriidiliste takistuste tõttu veel laekunud) (tabel 3.3.1.1) ning hüpoteetiliselt sobilikud kohad päikesepargi rajamiseks. Esimene neist on Puiestee 78 hoone kõrval asuv vana angaaripõhi – betoonplats ning teisena peaaegu pool kooli territooriumi hõlmav muruplats (joonis 3.3.1.1). Betoonplats osutus üheks valitustest, sest esialgsel hinnangul tundus kulude kokkuhoiuna koht, kuhu saaks päikesepaneelide raame kinnitada ning samas ära kasutada tarbetult seisvat platsi. Muruplats on sobiv aga eelkõige oma suuruse ja vaba-ala tõttu. Platside pindalade leidmisel kasutas töö autor Maa-ameti Geoportaali rakendust ning võttis arvesse alad, kus puud või hooned ei varjuta päikesepaneele. Muruplatsi kogu pindala on ligikaudu 5290 m², millest varjuvaba 3160 m² ning betoonplatsi varjuvaba pindala on umbes 385 m². Kuna töö on hüpoteetiline ning hinnapakujatel tööd küllaga, ei soovinud töö autor detailset hinnapakumist, vaid rahuldus orienteeruvast maksumusest koos paigaldusega. Lisaks soovis autor ka tulevase päikesepargi süsteemivõimsust ning aastas orienteeruvat tootlikkust ning küsis nõu, kumb asukoht sobiks pargi rajamiseks paremini. Pakkujad jagasid ka individuaalselt asjakohast lisainformatsiooni. Töö autor saatis pakkumised kaheteistkümnele ettevõttele: Smartecon OÜ, AU Energiateenus OÜ, Energogen OÜ, Eesti Energia AS, Nordic Power Management OÜ, Solar4you OÜ, Bestor Grupp AS, Taastuenergia OÜ, Energiapartner OÜ, Solarsolutions OÜ, Tavako Elekter OÜ ja Solarest OÜ. Pakkumised laekusid neljast.

Tabel 3.3.1 Elekritarbimise algandmed ettevõtetele (Laterei, 2019)

Kuu	Tarbimine 2017	Tarbimine 2018	Keskmine tarbimine
	(kWh)		
Jaanuar	1386*	4069	2728
Veebruar	3615	2919	3267
Märts	3323	2892	3108
Aprill	4032	3827	3930
Mai	4000	4226	4113
Juuni	3372	3491	3432
Juuli	3256	2820	3038
August	3650	2010	2830
September	4492	4316	4404
Oktoober	4969	5023	4996
November	5229	4382	4806
Detsember	4799	3837	4318
KOKKU	46123	43812	44968

*2017. a jaanuari tegelik elekritarbimine oli 3626 kWh, mis selgus peale Jaotusvõrgust andmete kättesaamist



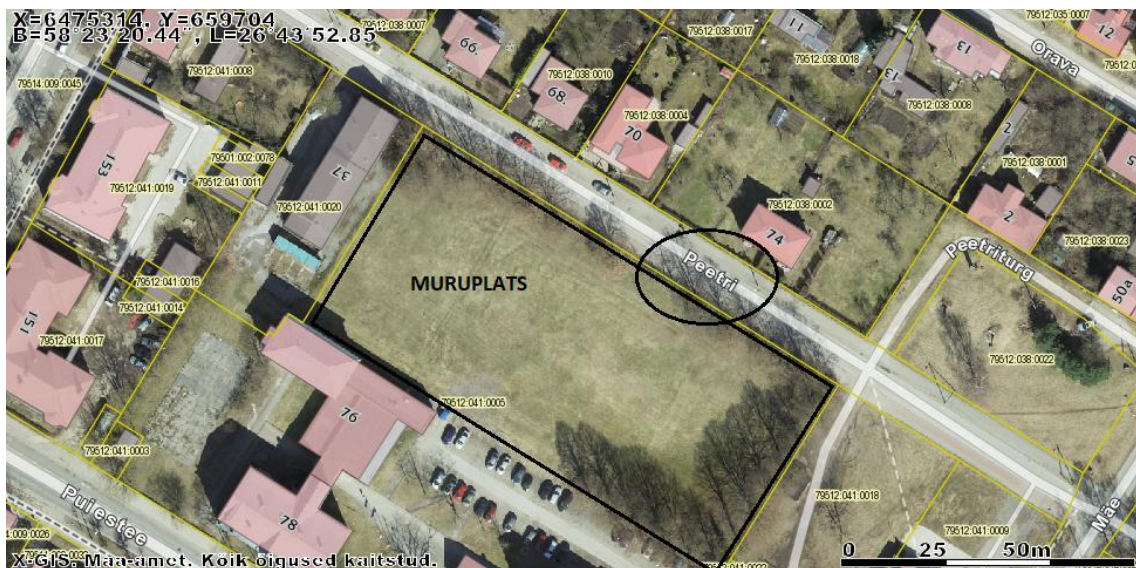
Joonis 3.3.1.1 Hüpoteeetiliselt sobilikud asukohad päikesepaneelidele (Maa-ameti Geoportaal)

Solar4you OÜ pakkumine. Solar4you ostujuht/projektijuht Rando Simson andis kõige põhjalikuma ja asjatundlikuma lisainformatsiooni ja nõu.

Tabel 3.3.2 Solar4you pakkumise olulised näitajad (Simson, 2019)

Inverterivõimsus	50 kW (liitumisvõimsus)
Paneelide võimsus	60 kW
Aastane tootlikkus	AC 59 000 kWh
Maksumus	~40 000 + KM eur
Asukoht	muruplats
Ehitusalane pind	~560 m ²
Paneelide suund	35°
Paneel	72 cell, nimivõimsus 330 – 360 W
Inverter	50 kW ABB inverter

Muruplats on piisavalt suur ja avar, et rajada kogu tarbimismahtu hõlmavat päikeseparki. Teist platsi ei soovitatud, sest on väike, kaabel jookseks paneelide alt läbi, aga aluseks on betoon. Lisaks Puiestee 78 hoone varjutab päikest. Jaama võimsuse piiriks oleks 50 kW, mis on seadusest tulenev suurus, et saada taastuenergia toetust. Paneelide suurema võimsusega üledimensioneeritakse inverterit, et see hommikul varem käima saada ning õhtul hiljem töö lõpetaks. Paneelid asetatakse kohakuti Peetri teega, väike kalle lääne poole ei mõjuta tootlikkust oluliselt (joonis 3.4.2). (Simson, 2019)



Joonis 3.3.1.2 Päikesepaneelide asukoht muruplatsil kohakuti Peetri teega (Maa-ameti Geoportaal)

Paneelideks kasutatakse 72 elemendist koosnevat päikesepaneeli, mis on tavapärasest mõõtmetest suuremad, umbes 2 m x 1 m. Need paneelid võtavad vähem ruumi soovitud võimsuse saavutamiseks. (Simson, 2019)

AU Energiateenus OÜ. Pakkumine, mille koostas taastuenergia valdkonnajuht Kaspar Veskus.

Tabel 3.3.3 Energiateenuse pakkumise olulised näitajad (Veskus, 2019)

Inverterivõimsus	50 kW (liitumisvõimsus)
Paneelide võimsus	71,28 kW
Aastane tootlikkus	63 MWh
Maksumus	49 896 + KM + liitumistasu eur
Paneelide suund	35°
Paneel	72 cell, Vikram Solar grand Eldora 330 W – 216 tükki
Inverter	ABB inverter TRIO TM 50, 3MPPT-ga

Taastuenergia OÜ. Tegemist detailise hinnapakumisega, mille koostas Urmas Urva.

Tabel 3.3.4 Taastuenergia pakkumise olulised näitajad (Urva, 2019)

Aastane tootlikkus	46 028 kWh
Maksumus	41 472,67 eur (koos KM ja liitumistasuga)
Asukoht	muruplats
Paneelide suund	edel
Paneel	Q-CELLS Päikesepaneel Q.PLUS G4.3 285W poly
Inverter	ABB TRIO-50.0-TL-OUTD-POWER/12INPUT/OUT MODULE

Elektrivõrguga ühendatud PV paneelide süsteem 48 450 W. Päikesepaneelid oleksid muruplatsil kolme reana suunaga edelasse, kui suunata paneelid otse lõunasse, siis tekiks erinevate pikkustega read. Kui elektrit toota rohkem kui võrgust tarbida, on arved miinuses. Selliseid elektritootjaid on üsna palju. Samas annab parima tasuvusaja enda toodetud elektri ise ära kasutamine. Seda on aga raske saavutada kui on elektriküte (maaküte), sest siis jäävad päikesepaneelide tootmis- ja maakütte kulu tipud erinevatesse aastaegadesse. Reaalselt tuleb päikesepaneelide tootlus lubatust Mandri-Eestis kuskil 10 % ja saartel kuni 30 % rohkem. Saartel enam kui mandril, sest seal on rohkem päikeselisi päevi. (Urva, 2019)

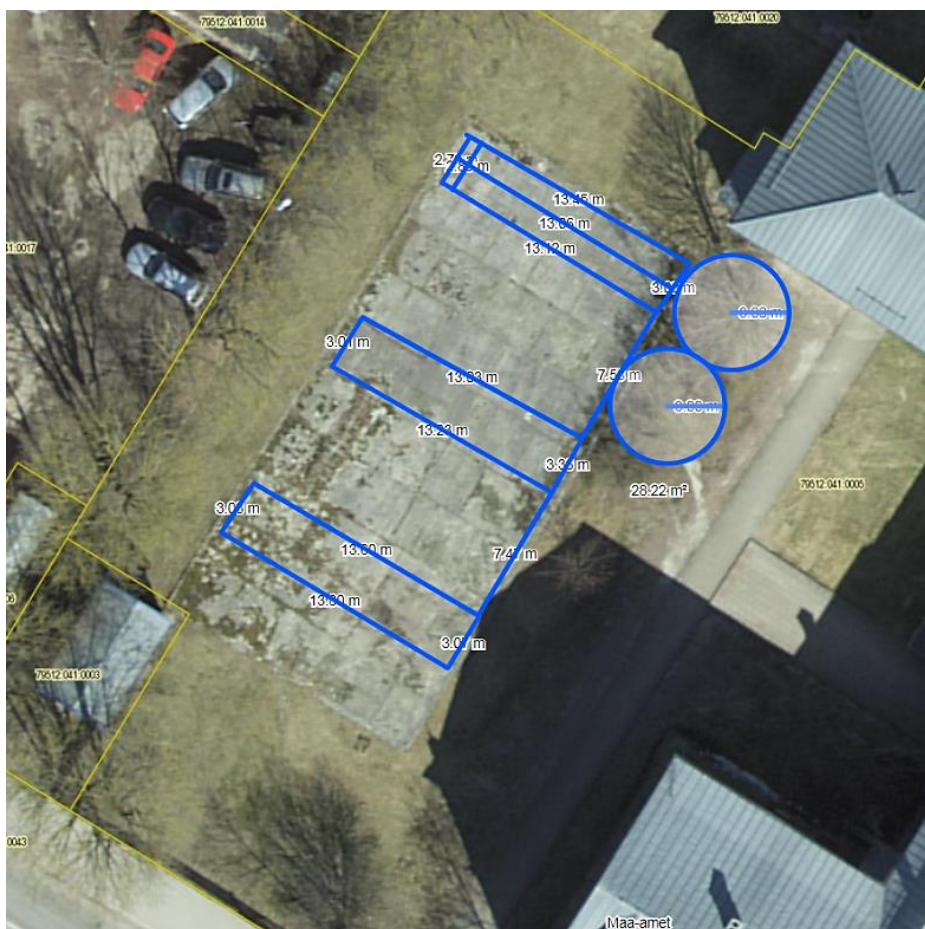
Energogen OÜ. Tegemist soovitusliku hinnapakumisega müügijuht Artjom Baševi poolt. Kuna tarbimine on 45 MWh aastas, siis soovitati päikesepaneelide võimsuseks võtta 30-40 kW, mis teeks aastaseks tootlikkuseks umbes 30-35 MWh. Müügijuhi sõnul oleks see kuldne kesktee omatarbimise ja võrku müümise vahel. Päikesepaneelide võimsuseks meie kliimas võetakse

tavaliselt $u(\text{inverterivõimsus}) \times 1,1 - 1,2$, nii töötavad paneelid ja inverterid optimaalses punktis. (Bašev, 2019)

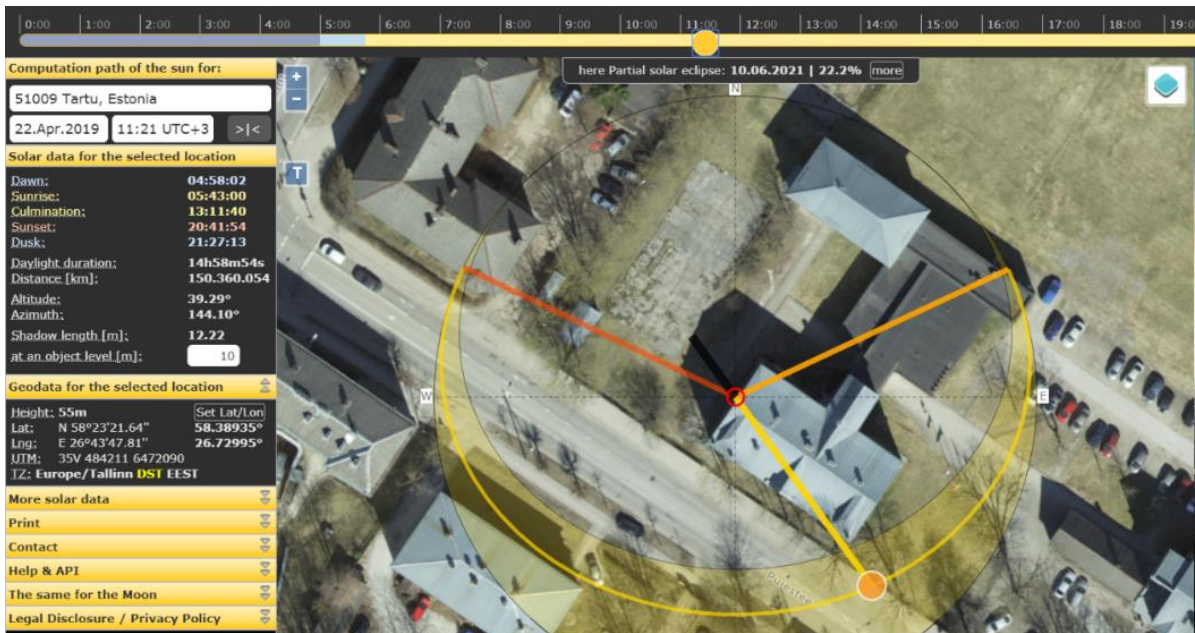
Tabel 3.3.5 Energogeni pakkumise olulised näitajad (Bašev, 2019)

Inverterivõimsus	35 kW
Paneelide võimsus	39,6 kW
Aastane tootlikkus	~30-35 MWh
Maksumus	35 268 eur + liitumistasu
Paneelide suund	10° (joonise järgi)
Paneel	300 W, monokristall – 132 tk
Inverter	Fronius Symo 17.5-3-; 3-faasiline, 2 MPPT, IP 65, Web
Peakilbi peakaitse	min 63 A
Tasuvusaeg	8-10 aastat

Betoonplatsile saaks ühe raami peale paigutada 13 x 2 x 3 paneeli. Võimsuseks tuleks 23,4 kW. Kuna kõrgeim hoone on umbes 8-10 meetrit kõrge, siis paneelid oleks varjuvabad alles aprilli lõpust, eeldusel, et joonisel märgitud ringidel pole puid (joonis 3.3.1.3).

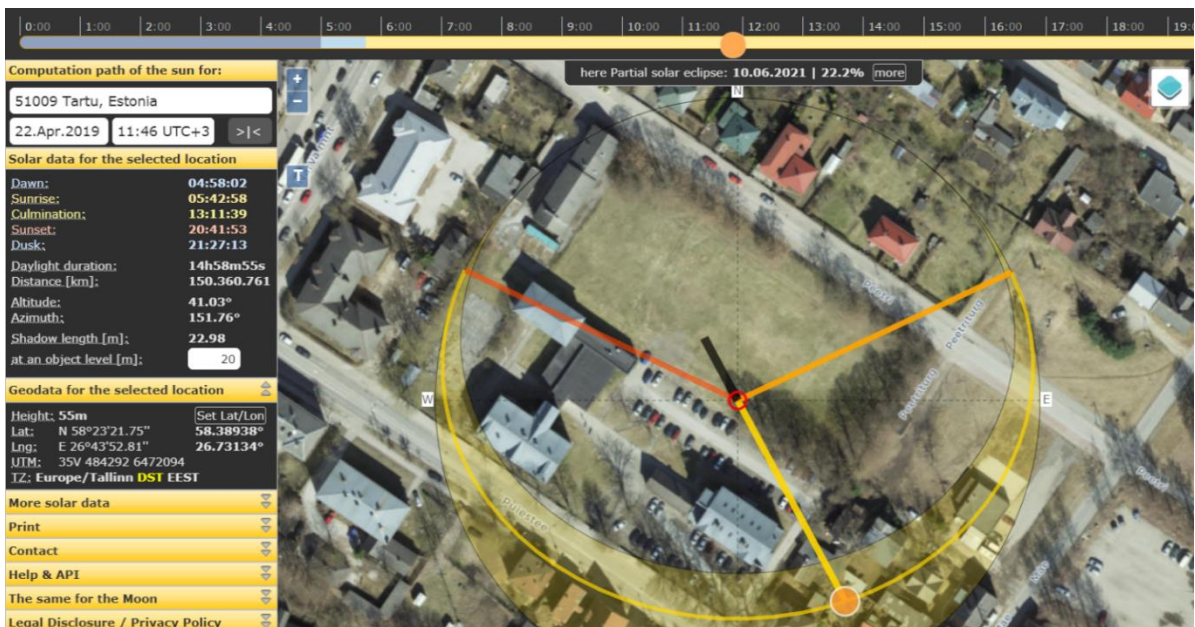


Joonis 3.3.1.3 Päikesepaneelide asetus betoonplatsi (Bašev, 2019)



Joonis 3.3.1.4 Varjutus betoonplatsil 22. aprill (Bašev, 2019)

Kuna betoonplatsi suurus on väike ning varjud on pikad, siis Energogeni müügijuht seda asukohta pigem ei valiks. Muruplats aga annab lootust varjude suhtes. Lisaks on ruumi, et panna päikesepaneele vajaliku tootmishulga jagu. Paneelid oleksid kahes reas 33 x 2 + 33 x 2, tootlikkusega 39,6 kW. (Bašev, 2019)



Joonis 3.3.1.5 Varjutus muruplatsil 22. aprill (Bašev, 2019)



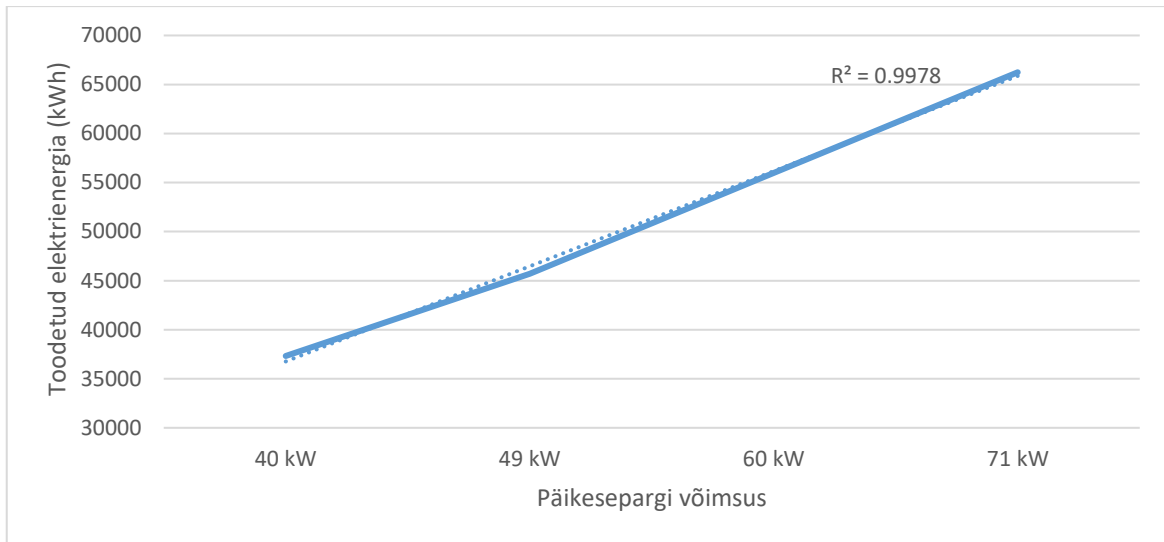
Joonis 3.3.1.6 Päikesepaneelide asetus muruplatsil (Bašev, 2019)

Tasuvusaja leidmisel on Energogen arvestatud pargi toodanguks 35 MWh, kasutatud on käibemaksuta jaama maksumust, kus omatarbimine on null, elektri hinnaks on võetud fikseeritud börsihind 50 eur/MWh, juurde arvestatud taastuvenergia toetust 53.7 eur/MWh.

3.3.2 Päikesepaneelide tootlikkus kuude lõikes

Solar4you OÜ. Arvutustes arvestati, et paneelide tootlikkus on umbkaudu 58 kW, mis on normaalne üledimensioneering 50 kW intverteriga (Solar4you pakkumine). Teisel juhul eeldati tootlikkuseks 49 kW, et aastane tarbimine ja tootmine bilansis oleks. Teisi sisendparameetreid on näha Lisas 12.

Andmed näitavad selget seost päikesepaneelide võimsuse ja tootlikkuse vahel – võimsus ja tootlikkus kasvavad lineaarselt, nad on korrelatsioonis. Sellest tulenevalt leiab töö autor tootlikkused kuude lõikes kõikidele pakkujatele.

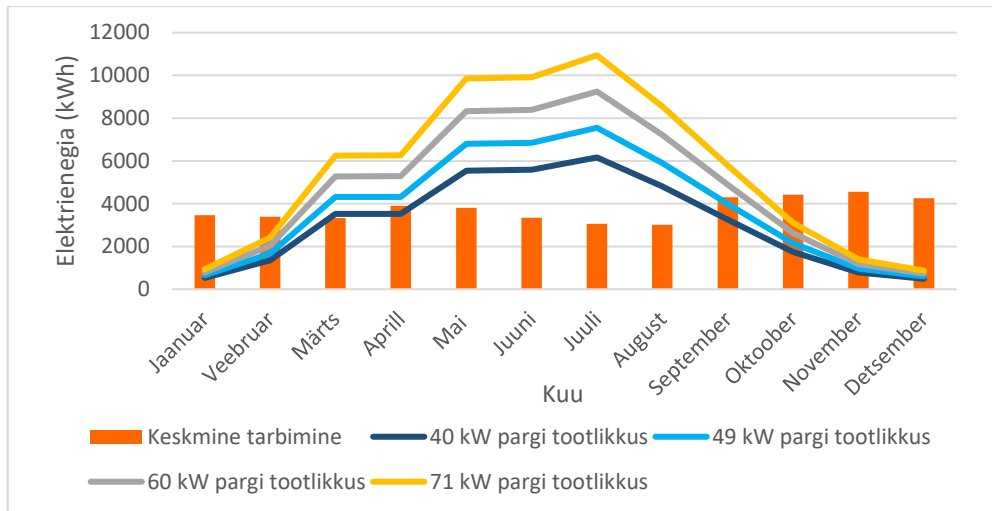


Joonis 3.3.2.1 Päikesepargi võimsuse ja paneelide tootlikkuse kasv

Tabelis 3.3.2.1 on näha kuude lõikes päikesepaneelide tootlikkust simulatsioonis kõikide päikesepaneelide võimsuse korral, lisaks kolme viimase aasta Puiestee 80a tarbimist ning sellega võrreldes toodetud energia katvust tarbimisest.

Tabel 3.3.6 Päikesepaneelide tootlikkus erinevate võimsuse korral ning katvust kuu tarbimisest

Kuu	Keskmine tarbimine (kWh)	40 kW	Katvus	49 kW	Katvus	60 kW	Katvus	71 kW	Katvus
		AC (kWh)		AC (kWh)		AC (kWh)		AC (kWh)	
Jaanuar	3456	525	15%	643	19%	788	23%	932	27%
Veebruar	3393	1358	40%	1664	49%	2038	60%	2411	71%
Märts	3323	3519	106%	4311	130%	5279	159%	6247	188%
Aprill	3891	3524	91%	4317	111%	5286	136%	6255	161%
Mai	3804	5550	146%	6799	179%	8325	219%	9852	259%
Juuni	3338	5589	167%	6846	205%	8383	251%	9920	297%
Juuli	3052	6163	202%	7550	247%	9245	303%	10940	358%
August	3011	4816	160%	5900	196%	7224	240%	8549	284%
September	4306	3258	76%	3991	93%	4887	113%	5783	134%
Oktoober	4423	1748	40%	2141	48%	2622	59%	3102	70%
November	4562	783	17%	959	21%	1174	26%	1390	30%
Detsember	4251	487	11%	597	14%	731	17%	865	20%
KOKKU	44809	37321	83%	45718	102%	55982	125%	66245	148%



Joonis 3.3.2.2 Päikesepaneelide elektrienergia tootlikkus ning Puiestee 80a keskmine tarbimine

3.3.3 Päikesepaneelide ehitusluba

Tartu kolledžisse kuuluv Puiestee 78 on ehitismälestis, millega seoses tekivad territooriumil kõige suuremad piirangud. Mälestise ümber on 50 m laiune kaitsevöönd (joonis 3.3.3.1), kuhu alasse jääb päikesepargi üks võimalikest asukohtadest – betoonplats, kuid sellest tulenevalt päikesepaneelide paigaldamist sinna ei välistata. Probleemiks võivad saada helkivad paneelid autojuhtidele ja vastasmaja inimestele. (Tamm, 2019) Teise võimaliku asukoha - suure muruplatsiga tekivad aga teised küsimused, sest tegemist on puhke-, spordi- ja kultuurirajatisega. Linnas tavaliselt maha päikesepaneele ei asetata, kuna kinnistutel peab säilima rohe- ja puhkeala ning sellest tulenevalt on muruväljakul paneelide kasutamine mõeldav, kui nende alt vabaks jääv osa oleks ikkagi vabaaja veetmiseks kasutatav. (Sarik, 2019)



Joonis 3.3.3.1 Puiestee 78 kaitsevöönd (Tamm, 2019)

3.4 Päikesepaneelidega seotud muud olulised aspektid

3.4.1 Päikesepaneelide kindlustus

Päikesepaneeli tasub kindlustada, sest summad on suured, eriti võimsate võrguinverterite tõttu (Simson, 2019). Töö autor uuris pakumisi Salva ja Ergo Kindlustuse ASist ning lizi Kindlustusmaakler ASist.

„Päikesepaneelide kindlustamine on tänasel päeval Eesti kindlustusseltsides veel üsna nišitoode. Kindlustamine sõltub päikesepaneelide asukohast, kindlustuskoha riskiasjaoludest, kindlustusvõtja kindlustusajaloost ja veel paljudest muudest näitajatest.“ Sel põhjusel Ergo Kindlustus ei saanud teha arvutusi/pakumisi hüpoteetilisele olukorrale. Kliendihalduri poolt soovitati ühendust võtta liziga, sest nemad on Eesti kõige suurem kindlustusmaakler ja arvatavasti on neil Eesti turul päikesepaneelide kindlustamise osas suurem kogemus. (Otti, 2019) Kahjuks lizist tuli vastus, et nemad maaklerina sellist teenust ei osuta ning soovitasid otse kindlustusseltside poole pöörduda.

Salva võttis pakumisel aluseks teise sarnase juhtumi, kus on pakumine tehtud. Päikesepaneeli kindlustatakse vastavalt ettevõtte varakindlustuse tingimuste järgi. Riskideks on tulekahju, torm (tuule kiirus 20 m/s või enam) ning murdvargus, röövimine, vandalism. Hinnanguline aastamakse oleks 500 – 600 eurot, omavastutust 600 eurot. Antud objekt peab olema korrektselt tarastatud ning online videovalvega. (Sõmer, 2019)

3.4.2 Päikesepaneelide hooldus

Üle 35 amprise peakaitsmega kinnistud kuuluvad elektripaigaldiste teisse liiki ning sellest tulenevalt on kohustatud tegema korralist tehnilist kontrolli kord kümne aasta jooksul (Elektripaigaldise audit, n.d.).

Päikesepaneeli puhastada pole tarvis ning ka lund ei pea ilmingimata maha lükkama, sest intensiivse varakevadise päikesega hakkab lumi ise sulama - paneelid muutuvad käivitades soojemaks. Üldiseks hoolduseks sobib elektrik, kes tunneb tehnoloogiat väga hästi. Kindlasti ei või hoolduse tegijaks olla tavaline kodanik, sest pinged võivad küündida kuni 1000 V-ni. Tavapäraselt koolitatakse päikesepargi omanik või tema volitatud isik teostama lihtsat vaatlust ning vajadusel

midagi seadistama. Aeg-ajalt tuleb tellida ka korraline hooldus paigaldaja poolt ülevaatamiseks kas kõik on töokorras - selle kulu pole märkimisväärne. (Simson, 2019)

Töö autor võtab eeskujuna magistritööst „Päikeseelektrijaama toodangu simulatsioon ja majanduslik analüüs linnatingimustes asuvatel hoonetel“ ligikaudseks aastaseks hoolduskuluks ~100 eurot (Tasuvus, 2014).

3.4.3 Päikesepaneelide tehnilised lisakulud

Päikesepaneelide tootlikkuse garantii on enamasti 25-30 aastat. Peale eelmainitud perioodi toimivad paneelid edasi, mõni efektiivsemalt, mõni vähem, kuid utiliseerima neid ei pea, sest kogu süsteem toodab siiski tulu. Pargi südameks on inverter, mida tuleb paratamatult vahetada, umbes 3-4 korda paneelide eluea jooksul. Inverterid on erinevad, kuid turu standard on 5 aastat garantiid. Hinnad lähevad kindlasti odavamaks ning inverterid tugevamaks. 50 kW inverteri kulu oleks tänapäeva väärtuses kuskil 4600 eurot, olenevalt mudelist. (Simson, 2019)

3.4.4 Taastuenergia toetus

„Toetusi taastuvate energiaallikate kasutuselevõtuks, energiaspektori efektiivsemaks muutmiseks ja sisemaise varustuskindluse/võimsuse piisavuse tagamiseks jagatakse Elektrituruseaduse § 59 alusel.“ Toetusi makstakse kolmel juhul, millest üks puudutab antud tööd – tasu elektrienergia eest, mis on toodetud taastuvatest energiaallikatest. Antud toetust makstakse taotlejatele, kes on liitunud enne 2020. aasta lõppu, kaksteist aastat, summas 5,37 s/kWh pealt. (Taastuenergia toetus, n.d.) Jaama võimsuse piiriks on 50 kW. Hetkel maksab Tartu kolledž vastupidiselt aga taastuenergia tasu, mis on mõeldud taastuenergia toetuse rahastamiseks. Tasu summa sõltub tarbitud võrguteenuse mahust ning on aastal 2019 1,25 s/kWh kohta koos käibemaksuga. Taastuenergia tasu suurus leitakse järgmise perioodi tootmisprognoosi alusel, millele lisatakse eelneva aasta jääk. (Taastuenergia tasu, n.d.)

3.4.5 Kredexi investeeringutoetus

Lisaks taastuenergia toetusele on võimalik taodelda Kredexi investeeringutoetust. Toetuse määr on kuni 30 %, kuid mitte rohkem kui 30 000 eurot soovija kohta. Paika on pandud ka tingimused, mida esimesena määratakse maksimum võimsusega (200 kW). Lisaks paneelide aastane tootlikkus ei või ületada viimase kolme aasta keskmist elektritarbimist. Määratud on ka paigaldamissuund (± 25 kraadi), kaldenurk (15-45 kraadi) ning mitmeid teisi aspekte. Kui tooja on saanud riigipoolset KredExi investeeringutoetust, siis taastuenergia toetust ei maksta. (Päikesepaneelide investeeringutoetus, n.d.)

3.5 Tasuvusanalüüsi meetodika

Tasuvusaja leidmisel on kõige mahukam osa pargi rajamise kuludel, paneelide aastasel tootlikkusel ning elektrihinnal. Päikeseelektrijaama maksaminekut arvestatakse tavaliselt suhtena, mitu eurot läheb ühe vati tootmisvõimaluse rajamiseks. Põhilised faktorid, mis seda mõjutavad, on päikesepargi suurus – mida võimsam park, seda väiksem kulu ühe vati kohta. Lisaks on oluline päikesepaneelide asukoht, nagu näiteks katus, maapind, fassaad ja esimese asukoha puhul ka katusematerjal. (Tasuvus, 2014)

$$Maksumus = \frac{Alginvesteering}{Võimsus}, \quad (3.5.1)$$

kus maksumus – maksumus ühe vati kohta, eur/W,
alginvesteering - päikesepargi kogu maksumus, eur,
võimsus – päikesepargi võimsus W.

„Tasuvusajaks nimetatakse arvu, mis kulub alginvesteeringu tasateenimiseks.“ (Tasuvusaeg, n.d.)
Päikesepaneelide rajamist Tartu kolledži õppehoonele Puiestee 80a on hinnatud lihttasuvusaja meetodil (Piotrowska-Woroniak, 2018):

$$SPBT = \frac{N}{\Delta O_r}, \quad (3.5.2)$$

kus $SPBT$ – tasuvusaeg, a,

N – fotogalvaaniliste seadmete ehitamiseks plaanitud kulud, eur,

ΔO_r – fotogalvaanilise seadmete kasutamisest tekkivate elektrienergia ostukulude aastane kokkuhoid, eur.

Aastane kokkuhoidu on leitud valemiga (Bilir & Yildirim, 2017):

$$Aastane\ kokkuhoid = (C_{s-c} \cdot E_{s-c} + C_g \cdot E_g) - (O\&M + I), \quad (3.5.3)$$

kus aastane kokkuhoid – aastane sääst, eur,

C_{s-c} - tarbitud elektrienergia hind, eur,

E_{s-c} - aastane tarbitud elektrienergia, eur,

C_g – võrku müüdud elektrihind, eur,

E_g – võrku müüdud elektrihulk, eur,

$O\&M$ – iga-aastane töö ja hoolduskulud, eur,

I – kindlustuskulud aastas, eur.

4 TULEMUSED

Töö autor analüüsib intervjuude ja Tartu linna üldplaneeringust saadud informatsiooni põhjal uuritavale õppehoonele taastuenergia(te) lahenduse, mille valmis ehitamine oleks reaalne ka väljaspool hüpoteetilist olukorda. Leiab selle majandusliku tasuvuse ning arutleb parima asukoha ning tingimuste üle.

4.1 Soojusenergia

4.1.1 Päikesekollektorid

Tartu kolledži soojustarbimine on sõltuvuses välistemperatuurist – mida madalam välistemperatuur, seda kõrgem tarbimine ning mida kõrgem välistemperatuur, seda madalam tarbimine (joonis 3.1.3.3). See tähendab, et suveperioodil, kui Eestis on kõrgeim temperatuur ning suurim päikesekiirgus joonis 2.2.2.1, millest tulenevalt oleks ka kõrgeim päikesekollektorite tootlikkus, vajab kool soojust vähe.

Selline lahendus oleks väga otstarbetu ning seetõttu saab välistatud õppehoonele soojust tootvate päikesekollektorite lahendus.

4.1.2 Maasoojus

Iga kasutatud 1 kWh elektrienergia kohta toodab maasoojuspump keskmiselt 3,5 kWh soojusenergiat tagasi (soojustegur (COP) on 3,5). Selline lahendus viiks Tartu kolledži elektriarved lakke, arvestades, et Tartu kolledži viimase kolme aasta keskmine soojustarbimine oli 457 MWh, millest ligikaudu kolmandiku tarbib Puiestee 80a. Lisaks maasoojuse valimisel ei saavutaks päikesepaneelid oma optimaalset tasuvusaega, sest päikesepaneelide tootmise ja maaküte kulu tipud jäävad erinevatesse aastaaegadesse. Pluss päikesepark tuleks ehitada suurema võimsusega (rohkem kui 50 kW) ehk jääks välja ka võimalus taastuenergia toetuseks.

Tartu Linna Üldplaneeringu kohaselt jääb kogu Tartu kolledž Meltsiveski veehaarde kaitsevööndisse ning poolel krundil asub ka kaitseala kõikide kihtide kaevudele (joonis 3.2.1). Kuna rusikareegli

kohaselt vajab üks ruutmeeter horisontaalset maakollektorit kolm meetrit, mis teeb nõutavaks tühjaks maa-alaks 3.6 m², oleks koolil tarvis umbkaudu 3 500 m² pinda. Suur muruplats on küll ligikaudu 5 300 m², kuid valdavalt range kaitseala sees. Soojuspuuraukudest nende suure paigaldussügavuse, mis jääb tavaliselt 50-200 meetri vahemikku, ei saa siinkohal üldse rääkida. Veel enam teadmine, et keskmiselt katab üks meeter puurauku üks ruutmeeter köetavat pinda ning uuritavas õppehoones on vastav suurus 905,5 m². Piirangud paigaldussügavusele seab jällegi eelmainitud Meltsiveski veehaarde kitsendused.

Nende aspektide tõttu välistab töö autor töös maasoojuspumba kasutamise.

4.1.3 Kaugküte

Hetkel saab Tartu kolledž soojusenergia AS Tartu Keskkatlamajast, mis kasutab suurel määral biokütuseid. Lisaks käib tootmine läbi koostootmisjaama, kus kasutatakse primaarenergiat maksimaalselt ära. Põhisaadus on elekter ning alles jääb soojus, mida kasutataksegi soojusvõrgus.

Lisaks kuulub Tartu kolledž kaugküttepiirkonda, mis on rangelt määratletud ning lahkumine peab olema väga põhjendatud. Võrgust eraldumise üks lubatud tingimustest on näiteks olukord kus, kus maksimaalne projekteeritud võimsus jääb väiksemaks kui 40 kW. Võttes võrdluseks Tartu kolledži soojustarbimist, mis külmimal kuul on keskmiselt 77 MWh, see on küll kogu kooli ühine tarbimine, kuid ilmselgelt jääks vajaliku lahenduse võimsus kõvasti üle tingimuse.

Siinkohal välistab töö autor kõik alternatiivsed lahendused soojuse tootmiseks. Eelkõige seetõttu, et soojus tegelikult juba toodetakse taastuenergia pealt.

4.2 Elektrienergia

Tabelis 3.1.4.3 on näha viimase aasta börsihinna järsku tõusu – 36%. Tartu kolledž tarbis elektrit möödunud aastal küll 10 MWh vähem võrreldes üle eelmise aastaga, aga elektrienergia arve seevastu kasvas 45%. Kasutades omaenese toodetud elektrienergiat, saab fikseeritud elektrihinna endale pikaks ajaks, sest selle eest ei pea midagi maksma ning päikesepaneelide tootlikkus on

kõrgeim just päeval, kui börsihind on kõrgem. Võrku müües makstakse lisaks börsihinnale ka taastuenergiatoetust. (Päikeseenergia, n.d.)

4.2.1 Päikesepaneelid

Joonisel 3.1.3.6 on näha Puiestee 80a suhteliselt ühtlast elektritarbimist kogu aasta vältel. Erinevus ei ole nii silma torkav kui soojustarbimise puhul ning seega päikesepaneelide puhul poleks suvel tootlikkuse ülejääk niivõrd suur.

Tartu Linna üldplaneeringu kohaselt on Tartu kolledži alal päikesepaneelide kasutamine lubatud (joonis 3.2.2). Maa-alal ei tohi kasvavaid põlispuid eemaldada ehk arvestada tuleb varjudega.

4.2.2 Tuulegeneraator

Arvestades maastikku, avatust tuultele, on tuuleenergiaks parimad alad Tartu ääreesad, eelkõige edelasuund. Tartu kolledž seevastu asub aga linnas sees ning kirdeosas. Kool jääb küll tuulegeneraatorite kasutuse poolest lubatud alale, kuid nende rajamisel tuleb arvesta ka sellega, et ei segaks vaateid kaitsealustele aladele ja ehitistele. Kui pöörata tähelepanu joonisele 3.2.3, siis Tartu kolledži kaguosas asub kohe miljöövärtusega hoonestusala piir, mis töö autori hinnangul mõjutaks tuulikute rajamist. Puiestee 80a tarbimishulga rahuldamiseks on vaja mitmeid väiketuuikuid või nagu Copoweri kodulehel, kes pakub erinevaid alternatiivenergia tootmise lahendusi, reklaamib „Konkurentsitud parimat 10 kW tuulikud maailmas“, mille tootlikkuse järgi kuluks neid uuritavale õppehoonele kaks tükki, mille kõrguseks on 15 m ja üks maksab 33 000 eurot, millele lisandub käibemaks ja paigaldusekulud (Tuulegeneraatorid, n.d.).

Lisaks kuulub uuritaval kinnistul olev Puiestee 78 ehitismälestisena kaitsevööndiga alasse ning Puiestee 80a puhul on tegemist arhitektuurilise mälestisega. Töö autori meelest on tegemist ka suure hoonestustihedusega alaga, mis on suureks potentsiaaliks turbulentsi tekkimisele ning seeläbi häirides tuulikute tööd. Turbulentsi vältimiseks tuleks tuulikud paigaldada kõrgemale ning seeläbi häiriks nad vaateid kinnistul ja kaguosas olevaid mälestisi veel enam. Lisaks mõjutavad tuulegeneraatorid inimese heaolu, sest nad on linnaruumis pigem harjumatud võõrkehad ning tekitavad protesti.

Tööd ei jätkata tuuleenergia kasutamisega, sest potentsiaalseid takistusi on mitmeid. Lisaks on tuulegeneraatorite tasuvusaeg kõvasti pikem. Töö autor leiab, et päikeseenergia kasutamine reaalsuses ja selle valmishitamise tõenäosus on kõrgem ja vähesemate tõrgetega kui tuulegeneraatorite puhul. Siit ka valik elektrienergia tootmiseks – päikesepaneelid.

4.3 Tasuvusaeg

Eeldused

- Elektrienergia kuludena kasutab töö autor möödunud aasta hindasid, sest hinnad pigem kasvavad, kui püsivad möödunud viie aasta keskmise tasemel
- Tartu kolledži jaoks hind ei tõuse, sest elektrienergia kasv ja inflatsioon on võrdelised
- Päikeselektrijaama eluiga 25-30 a (keskmiselt 27,5 a)
- Lisakulud
 - Inverterid 13 800 eur, aastas keskmiselt 506 eur
 - Kindlustus aastas 550 eur
 - Hoolduskulud ~100 eur/a

Järgmises tabelis on välja toodud päikesepaneelide tootlikkuse aastane bilanss erinevate võimsustega pakutud päikeseпаркide korral ning arvestatud lisakulud/tulud, mis loetakse tasuvusanalüüsi puhul aastasessse kokkuhoidu. Põhjalikum tabel kuude lõikes on näha Lisas 13. Positiivse energiajäägiga kuude puhul on tulud leitud elektrienergia börsihinna ning taastuenergia toetuse järgi vastavalt võrku müüdud kWh hulgale koos käibemaksuga. (Kilk, 2019) Negatiivsetel kuudel tasutakse kulutatud energiahulga eest nagu tavaolukorras, elektrienergia eest börsihinna järgi, lisaks võrgutasud ja käibemaks.

Tabel 4.3.1 Võrku müüdud elektrihulga bilanss ja hind

Pakkuja	Aastase tootlikkuse bilanss (kWh)	Summa (eur)
Solar4you (60 kW)	21436	2811
Energiateenus (71 kW)	11172	1510
Taastuenergia (49 kW)	909	212
Energogen (40 kW)	-7488	-845

Tabel 4.3.2 Maksumus vati kohta ning tasuvusaeg

	Solar4you	Energiateenus	Taastuenergia	Energogen
Päikeselektrijaama maksumus (Alginvesteering; N)	48 338 eur	60 213,20 eur	41 472,67 eur	35 606 eur
Päikeselektrijaama võimsus	60 kW	71,28 kW	48,45 kW	39,6 kW
Päikeselektrijaama aastane tootlikkus	59 000 kWh	63 000 kWh	46 028 kWh	39 600 kWh
Maksumus ühe vati kohta	0,81 eur/W	0,84 eur/W	0,86 eur/W	0,90 eur/W
Elektrienergia viimase aasta tasu	5715,84 eur			
Lisakulud	1156 eur/a			
Aastane kokkuhoid (ΔO_r)	6 070 eur	7 370 eur	4 772 eur	3 715 eur
Tasuvusaeg (SPBT)	8,0 a	8,2 a	8,7 a	9,6 a

*Kõik hinnad sisaldavad käibemaksu

*Päikeselektrijaama maksumusse on sisse arvestatud liitumistasu (igal juhul 338 eurot, vastavalt AU Energiateenuste OÜ poolt väljatoodud hind)

Päikesepaneelide tasuvusaeg jääb ka Tartu kolledži puhul alla 10 aasta ning maksumus kilovati kohta alla 1000 euro (alla 1 euro vati kohta).

4.4 Päikesepargi tingimused

4.4.1 Asukoht

Neljast pakkujast kolm avaldasid arvamust asukohale ning kõik arvasid, et parim oleks muruplats. Põhjuseks on piisavalt suur ja avar ala, kuhu rajada kogu tarbimismahtu hõlmavat päikeseparki.

Betoonplatsile saaks paigutada päikesepargi võimsusega 23,4 kW, mis ei kataks kogu tarbimismahtu. Päikesepaneelide kaabel jookseks paneelide alt ning olemasolev betoon segaks seda. Lisaks Puiestee 78 hoone varjutab, kuna kõrgeim hoone on umbes 8-10 meetrit kõrge, siis paneelid oleks varjuvabad alles aprilli lõpust.

Kolm pakkujat täpsustasid ka paneelide suunda, kõik teeksid seda rohkemal või vähemal määral väikese kaldega lääne poole – üks neist 10 kraadi, teised kaks 35 kraadi, viimasel juhul oleks paneelid kohakuti Peetri teega. Sel juhul oleksid paneelid kolme reana, kui suunata nad otse lõunasse, tekiks erinevate pikkustega read.

Ka Tartu linnavalitsuse, arhitektuuri ja ehituse osakonna kohaselt, kui peaks valima, oleks muruplats parem. Betoonplatsil olevad paneelid võivad probleemiks saada helkivusega autojuhtidele ja vastasmaja inimestele. Muruplatsi kohaselt on aga oluline säilitada kinnistul rohe- ja puhkeala.

4.4.2 Võimsus

Parima tasuvusaja saamiseks tuleks valida pargi võimsuseks suurus, mille puhul kasutatakse toodetud elekter ise ära. Puiestee 80a viimase kolme aasta keskmine elektritarbimine on 44809 kWh, mille kohaselt võiks päikesepaneelide võimsus olla 49 kW. Töö tulemustes küll ei ole näha sel juhul paremat tasuvusaega, kuid tuleb arvestada asjaoluga, et hinnad on pärit erinevatelt pakkujatelt ning töö autor ei soovinud detailset hinnapakkumist. Lisaks on kasutatud lihttasuvusaja meetodit ning ei ole arvestatud kõikide eripärasustega. Ka algandmed on umbkaudsed, sest tööautoril ei õnnestunud Tallinna Tehnikaülikoolilt kätte saada täpseid elektriarveid ning arvutas tulemused ise. Kuid börsihinnad käivad tunnipõhise arvestusega, mis võivad päeva ulatuses maksimaalseltajakordselt üksteisest erineda, siis töö koostajal olid kuupõhised andmed ehk palju oli tööd keskmiste väärtusega.

Suurema võimsuse päikesepargi korral, kui Puiestee 80a tarbimise rahuldamine, saaks Tartu kolledž katta ka teiste kinnistul olevate hoonete elektrivajadust ehk võimsuse puhul võib lähtuda ka muudest aspektidest, näiteks rahalistest võimalustest.

4.4.3 Toetus

Jaama võimsuse piiriks tuleks arvestada 50 kW, mis on seadusest tulenev suurus, et saada taastuvenergia toetust. Taastuvenergia toetuse puhul tasub tähelepanu pöörata sellele, et see lõppeb peagi. Toetust makstakse hiljemalt 2020. aasta detsembri lõpus liitunud tootjatele, kaksteist aastat, summas 5,37 s/kWh pealt.

Kredexi toetuse saamiseks tuleb jällegi tähelepanu pöörata aastasele tootlikkusele, mis ei või ületada viimase kolme aasta keskmist elektritarbimist, ehk tootlikkus peaks jääma alla 44809 kWh aastas. Lisaks tuleks tähelepanu pöörata paneelide paigaldamise suunale, mis kriteeriumi kohaselt peaks jääma vahemiku ± 25 kraadi. Toetuse määr on kuni 30% soovija kohta.

KOKKUVÕTE

Käesolevas magistritöös analüüsiti Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži õppehoone, Puiestee 80a, elektri- ja soojusenergia kasutuse dünaamikat ning anti soovitusi sobivate taastuvenergialahenduste rakendamiseks konkreetsetes tingimustes.

Suurimateks energiakasutuse dünaamika mõjuriteks olid välistemperatuur ja üliõpilaste arv. Tüdengite vastuvõtt on viimastel aastatel tõusnud ning näitab tõusujoont ka edaspidi, mis tähendab, et elektri- ja soojustarbimine kasvab veelgi. Konkreetsetes tingimustes aga sõltuvad Tartu linna nõuetest, erist tähelepanu tasub pöörata muinsuskaitsele. Lõplik „jah“ oleneb Tartu kolledži enda tehnilistest ja majanduslikest võimalustest.

Konkreetsete tingimuste tõttu sai töös välistatud taastuvenergialahendused nagu päikesekollektorid, tuulegeneraatorid ja maasoojuspump. Soojusenergia alternatiivid eelkõige seetõttu, et olemasolevat lahendust, kaugkütet, võib juba pidada kasutatava biokütuse tõttu taastuvenergia lahenduseks. Tuuleenergia aga seetõttu, et kinnistul on ehitismälestiste tõttu piirangud, tiheasustusest tulenevalt turbulentsi oht, mis pärsib tuulegeneraatorite tööd ning inimeste vastumeelsus linnapildis olevatele tuulikutele.

Püstitatud hüpoteesidest pidas paika vaid üks, sobivaimaks taastuvenergialahenduseks on päikesepaneelid. Töös leitud ainukeseks takistavaks küsimuseks võib tulla Tartu linnaga kooskõlastustes asukoht – muruplats, sest linnaruumis peab säilima rohe- ja puhkeala vabaaja veetmiseks. Samas globaalsed, Euroopa Liidu ja Eesti kliimaeesmärgid ning arengukavad just soosivad alternatiivenergialahendusi ehk asukoht saab olema kokkulepete küsimus. Päikesepaneelid jäid lubatud tasuvusaega (8-10 aastat) ning tõenäoliselt väheneb see veelgi arvestades kasvavaid energiahindasid.

Tasuvusaja minimaliseerimiseks tasub päikesepargi rajamisel jälgida võimsust, et saada taastuvenergia toetust või Kredexi investeeringutoetust, mõlemat korraga ei saa. Kredexi toetuse saamiseks on palju keerulisi tingimusi ning kaetakse kuni 30 % päikesepargi alginvesteeringust. Taastuvenergiatoetust makstakse 12 aastat. Praeguste arvutuste juures võib osutada Kredexi toetus tasuvamaks, kuid tegelikku pilti on raske ennustada ning seetõttu jääb töö autor toetuse küsimuse juures erapooletuks.

SUMMARY

Renewable energy solution for the Puiestee 80a college building

The aim of the study the dynamics of heat and electricity energy in the Tallinn University of Technology's branch in Tartu located in Puiestee Street 80a and establish recommendations for implementing renewable energy solutions for the facility keeping in mind the specific conditions.

The main factors affecting the dynamics of energy use is the outside air temperature and the number of students present in the facility. In recent years, the acceptance of students has increased and it is estimated that the increase is ongoing. Due to this trend, it is foreseen that energy consumption is also increasing. Also, the special attention must be paid to heritage protection conditions and the final solution will depend on the technical and economical possibilities of the university.

Due to the limiting conditions, some renewable energy solutions were excluded e.g. solar collectors, wind generators and thermal heat pump. Heat energy alternatives were excluded due to the fact that currently the building is heated by district heating which is already based on renewable energy i.e. biofuel. Wind generators are excluded because there are heritage protection restrictions for the buildings. Also, there is a risk of turbulence for the reason that the area has dense human settlement which inhibits the operation of wind generators. One additional limiting factor is also public reluctance.

From the hypothesis stated, only one was proven – the most suitable renewable energy solution are solar panels. Only potential limiting factor would be the location of the future solar collectors and coordination with the local city government. The government is in a position that in urban space should remain green and should provide possibilities for leisure. Nevertheless, climate goals and development plans of European Union and Estonia are favour renewable energy solutions.

In order to minimize payoff period, it is recommended to take notice of capacity of solar collectors. This is necessary apply for either renewable energy subsidy or Kredex investment support, because it is not possible to apply for both. In order to get financial support from Kredex, many complex conditions must be met and only 30% of the initial investment will be covered. The period of financial support is 12 years. Based on the calculations conducted, Kredex financial support may prove itself more profitable. However, the final outcome is hard to assess and therefore, the author will remain impartial.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Asukoha valik.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 30. 04 2019. a., allikas
Tuuleenergia Assotsiatsioon: <http://www.tuuleenergia.ee/vaiketuulikud/asukoha-valik/>
- Bašev, A. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Beek, A. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Bilir, L., & Yildirim, N. (2017). *Photovoltaic system assessment for a school building.*
Kasutamise kuupäev: 2019, allikas
https://www.researchgate.net/publication/315442348_Photovoltaic_system_assessment_for_a_school_building
- Day-ahead prices. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas
<https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/EE/Monthly/?view=table>
- Destouni, G., & Frank, H. (2010). *Destouni-Frank2010 Article RenewableEnergy* .
- Ehitis. (2003). *Ehitisregister*. Kasutamise kuupäev: 2019, allikas
<https://www.ehr.ee/app/w/page?3>
- Elekter päikesest ja tuulest.* (2012). Tallinn: MTÜ Kolm Kobrast.
- Elektri tarbimine ja tootmine.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 11. 04 2019. a.,
allikas Elering: <https://elering.ee/elektri-tarbimine-ja-tootmine>
- Elektrilevi, O. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Elektripaigaldise audit.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas
Tarbijakaitse ja tehnilise järelevalve amet: <https://www.ttja.ee/et/ettevottele-organisatsioonile/elekter/elektripaigaldised/elektripaigaldise-audit>
- Elektrituru toimimine.* (2019). Allikas: Eesti Energia.
- Geotermaalenergia.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 10. 04 2019. a., allikas Eesti
Geotermaalenergia Assotsiatsioon: <http://geothermal.org.ee/>
- Global Temperature Report for 2018.* (n.d.). Retrieved 05 11, 2019, from Berkeley Earth:
<http://berkeleyearth.org/2018-temperatures/>
- Home, K. i. (2008). *Teistmoodi energia.* Tallinn: EVG Print.
- INFORSE-Europe. (2011). *Sustainable Energy Vision for Estonia.* Kasutamise kuupäev:
25. 02 2019. a., allikas <http://www.inforse.org/europe/pdfs/Estonia-note.pdf>
- Iqbal, M., Azam, M., Naeem, M., & Anpalagan, A. (2014). *Optimization classification, algorithms and tools for renewable energy: A review.* Tsiteeritud 05. 15 2019. a.
- Kaldellis, J. K., & Zafirakis, D. (2011). *The wind energy (r)evolution: A short review of a long history.* Tsiteeritud 11. 05 2019. a.
- Kasvuhooneefekt ja kasvuhoonegaasid.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 20. 05
2019. a., allikas Keskkonnaministeerium: <https://www.envir.ee/et>
- Kaugküte.* (2019). Allikas: Fortum.
- Keskkatlamaja, A. T. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Kewen, L., Huiyuan, B., Changwei, L., Danfeng, Z., & Yanan, Y. (2014). *Comparison of geothermal with solar and wind powergeneration systems.*
- Kilk, L. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Kriisa, M. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Kulasalu, J. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Laterei, T. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Lehtme, K. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Maa-ameti Geoportaal. (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas
<https://geoportaal.maaamet.ee/>

- Maakütte 4 erinevat liiki.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 25. 04 2019. a., allikas Maaküte.info: <https://www.xn--maakte-6ya.info/artiklid/maakyte/>
- Maasoojuspumpade paigaldus.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 05. 05 2019. a., allikas Ventimo: <https://ventimo.ee/hinnakiri/maasoojuspumpade-paigaldus/>
- Maasoojuspumpade paigaldus.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas Ventimo: <https://ventimo.ee/hinnakiri/maasoojuspumpade-paigaldus/>
- Mälestised. (2004). *7081 Koolihoone Tartus, Puiestee 78, 1880. a.* Kasutamise kuupäev: 2019, allikas <https://register.muinas.ee/public.php?menuID=monument&action=view&id=7081>
- Mälestiste register. (2011). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas <https://info.raad.tartu.ee/muinsus.nsf/ab1c1415ec476b26422568d40052482e/3b4e0825e2a6f64cc22578680043086b?OpenDocument>
- Meier, J. (2007). Audentese vanemad otsivad lahendusi. *Postimees*, <https://www.postimees.ee/1617649/audentese-vanemad-otsivad-lahendusi>.
- Moya, D., Aldas, C., & Kaparaju, P. (2018). *Geothermal energy: Power plant technology and direct heat applications.*
- Norzelowati, A. (2014). *Comparison of Horizontal Axis Wind Turbines and Vertical Axis Wind Turbines.*
- Otti, H. (2019). (T. autor, Intervjueerija) *Päikeseenergia.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas Smartecon: <https://smartecon.ee/paikeseenergia/>
- Päikesekiirgus Eestis.* (2017). Kasutamise kuupäev: 27. 04 2019. a., allikas AS Tera: <https://www.tera.ee/paikesekiirgus-eestis/>
- Päikesepaneelide investeringutoetus.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas Kredex: <https://kredex.ee/et/teenused/energiatohususe-suurendamiseks/paikesepaneelide-investeringutoetus>
- Perälä, R. (2018). *Päikeseelekter.* Tallinn: EHITAME kirjastus.
- Piotrowska-Woroniak, J. (2018). *The Photovoltaic Installation Application in the Public Utility Building.* Kasutamise kuupäev: 2019, allikas <https://content.sciendo.com/view/journals/eces/24/4/article-p517.xml>
- Priuhka, A. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Risthein, E. (2007). *Sissejuhatus energiatehnikasse.* Tallinn: Kirjastus Elektriajam.
- Risthein, E. (2013). *Energiatehnika ja maailm.* Tallinn: TTÜ kirjastus.
- Sarik, S. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Simson, R. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Sõmer, A. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Soojuspumba soojustegur (COP) ja sesoonne soojustegur (SCOP).* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas kliimaseade: <https://www.kliimaseade.ee/abiks-alla/espl/soojuspumba-soojustegur/>
- Soojuspuurauk ehk energiakaev maakütte paigaldamiseks.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas Maaküte.info: <https://www.xn--maakte-6ya.info/artiklid/puurkaev-energiakaev/>
- Sterling, L. S. (2009). *The Art of Agent-Oriented Modeling.* London: The MIT Press.
- Taastuvenergia aastaraamat .* (2017). Kasutamise kuupäev: 10. 02 2019. a., allikas Eesti Taastuvenergia Koda: <http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2018/06/Taastuvenergia-aastaraamat-2017.pdf>
- Taastuvenergia kattis möödunud aastal 17,1 protsenti elektri kogutarbimisest.* (2019). Kasutamise kuupäev: 11. 04 2019. a., allikas Elering: <https://elering.ee/taastuvenergia-kattis-moodunud-aastal-171-protsenti-elektri-kogutarbimisest>

- Taastuenergia tasu.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas Elering:
<https://elering.ee/taastuenergia-tasu>
- Taastuenergia toetus.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas Elering:
<https://elering.ee/taastuenergia-toetus>
- Tallinna Tehnikaülikool. (kuupäev puudub). *Hoonete Soojusvarustus.* Kasutamise kuupäev: 2019, allikas
https://www.ttu.ee/public/p/projektid/BuildEst/Soojusvarustus_Tallinna_Tehnikaui_kool.pdf
- Tamm, E. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Tanning, L. (2010). *Maaailma energia ülevaade.* Tallinn: OÜ Infotrükk.
- Tartu Linnavalitsus. (14. 09 2017. a.). *Tartu linna üldplaneering 2030+.* Kasutamise kuupäev: 2019, allikas
https://www.tartu.ee/sites/default/files/uploads/Linnaplaneerimine/Tartu_yldplaneering_2017.pdf
- Tasuvus.* (2014). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas Tera AS: <https://www.tera.ee/tasuvus/>
- Tasuvusaeg.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas Rahandus:
<https://www.rahandus.ee/et/tasuvusaeg>
- Tuule ja päikeseenergia kasutamine Tartu linnas.* (2013). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas
[https://info.raad.tartu.ee/uurimused.nsf/0/dfe85ef5e585a0afc2257c2f00290bd7/\\$FILE/Tartu%20tuul%20ja%20p%C3%A4ike.pdf](https://info.raad.tartu.ee/uurimused.nsf/0/dfe85ef5e585a0afc2257c2f00290bd7/$FILE/Tartu%20tuul%20ja%20p%C3%A4ike.pdf)
- Tuuleenergia Eestis.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 18. 03 2019. a., allikas Tuuleenergia Assotsiatsioon: <http://www.tuuleenergia.ee/about/statistika/>
- Tuulegeneraatorid.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 2019, allikas Copower: <http://copower.ee/tooted-generaator-tuulik-paikesepaneel-ilmajaam/tuulegeneraatorid/>
- Urva, U. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Veisman, A. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Veskus, K. (2019). (T. autor, Intervjueerija)
- Võrguteenuse hind.* (2019). Allikas: Elektrilevi.
- Võrku antud päikeseenergia .* (2018). Kasutamise kuupäev: 18. 03 2019. a., allikas Elering:
<https://elering.ee/vorku-antud-paikeseenergia-toodang-kasvas-esimesel-poolaastal-ule-kahe-korra>
- WINAICO Päikesepaneelid.* (kuupäev puudub). Kasutamise kuupäev: 15. 04 2019. a., allikas Smartecon: <https://smartecon.ee/paikesepaneelid/>
- Wolfgang, S. (2016). *Solar thermal technologies for domestic hot water preparation and space heating.*
- World Population. (n.d.). Retrieved 05 20, 2019, from Worldometers:
<https://www.worldometers.info/world-population/>

LISAD

Lisa 1 Lihtlitsents

rektori 27.02.2014 käskkirja nr 60 juurde

Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina Hedi Jaup (23.12.1993)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Sobivaim taastuenergia lahendus Puiestee 80a õppehoone jaoks

mille juhendajad on Jane Raamets ja Ants Soon.

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

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

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

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

Lisa 2 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2014



AS TARTU KATLAMAJA
SOOJUSENERGIA TARBIMINE 2014.A.

Hoone: Puiestee 76

Kuu	MWh	Temp
Jaanuar	82,12	-7,3
Veebruar	53,18	-0,1
Märts	44,85	2,8
Aprill	27,33	7,3
Mai	13,92	12,5
Juuni	3,2	13,8
Juuli	2,56	19,6
August	2,54	17
September	13,02	12,2
Oktoober	43,29	5,6
November	55,83	-2,2
Detsember	68,1	-1,2
Kokku	409,76	6,7

AS Tartu Keskkatlamaja

Turu 18, 51004 Tartu

Tel: 7 337 100

Faks: 7 337 108

E-post: mail@fortumtartu.ee

Reg. nr. 10288232

Lisa 3 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2015



AS TARTU KATLAMAJA
SOOJUSENERGIA TARBIMINE 2015.A.

Hoone: Puiestee 76

Kuu	MWh	Temp
Jaanuar	66,94	-2
Veebruar	60,89	-0,7
Märts	51,41	3
Aprill	38,94	5,6
Mai	17,49	10,7
Juuni	3,83	14,8
Juuli	3,47	16,3
August	3,51	17,8
September	10,02	12,9
Oktoober	41,74	5,4
November	57,56	3,6
Detsember	55,45	2,4
Kokku	401,25	7,5

AS Tartu Keskkatlamaja

Lisa 4 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2016



AS TARTU KATLAMAJA
SOOJUSENERGIA TARBIMINE 2016.A.

Hoone: Puiestee 76

Kuu	MWh	Temp
Jaanuar	94,38	-9,2
Veebruar	59,69	0,3
Märts	59,2	0
Aprill	32,27	6,1
Mai	7,06	15,1
Juuni	3,31	16,6
Juuli	3,73	18,4
August	2,99	16,5
September	13,79	12,9
Oktoober	45,45	4,2
November	65,6	-0,9
Detsember	69,27	-0,3
Kokku	455,74	6,6

AS Tartu Keskkatlamaja

Lisa 5 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2017



AS TARTU KATLAMAJA
SOOJUSENERGIA TARBIMINE 2017.A.

Hoone: Puiestee 76

Kuu	MWh	Temp
Jaanuar	78,62	-3,5
Veebruar	70,71	-3
Märts	56,1	1,4
Aprill	42,34	3,4
Mai	17,47	10,4
Juuni	4,02	14
Juuli	4,48	15,9
August	2,89	16,7
September	14,54	12,2
Oktoober	45,45	4,2
November	53,65	2,4
Detsember	68,74	0,2
Kokku	455,44	6,3

AS Tartu Keskkatlamaja

Turu 18, 51004 Tartu

Tel: 7 337 100

Faks: 7 337 108

E-post: mail@fortumtartu.ee

Reg. nr. 10288232

Lisa 6 Puiestee 76 soojusenergia tarbimine 2018



AS TARTU KATLAMAJA
SOOJUSENERGIA TARBIMINE 2018.A.

Hoone: Puiestee 76

Kuu	MWh	Temp
Jaanuar	64,34	-2,3
Veebruar	84,73	-7,9
Märts	72,82	-3,4
Aprill	34,42	7,2
Mai	6,65	16
Juuni	3,49	15,9
Juuli	2,46	20,8
August	1,65	18,8
September	7,48	14,3
Oktoober	41,17	7,45
November	57,89	2,4
Detsember	82,88	-2,7
Kokku	459,98	7,2

AS Tartu Keskkatlamaja

Turu 18, 51004 Tartu

Tel: 7 337 100

Faks: 7 337 108

E-post: mail@fortumtartu.ee

Reg. nr. 10288232

Lisa 7 Puiestee 76 elektrienergia tarbimine 01.2014-02.2019

Võrguteenuse müüja kliendi, tarbimiskoha lõikes 38ZEE-00 Tartu Kõlle Tartu, Puiestee tn, 76

Andmed seisuga: 24.03.2019 lk 1 (kokku 1 lk)

Müügi kvu 201401; 201402; 201403; 201404; 201405; 201406; 201407; 201408; 201409

Mõõtühik	Tootekoode	Toote kirjeldus	201401		201402		201403		201404		201405		201406		201407		201408		201409				
			Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
6077	350,28	6689	381,4	6231	357,45	5624	327,89	5624	327,89	5624	327,89	5624	327,89	5624	327,89	5624	327,89	5624	327,89	5624	327,89		
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €		
6077	224,24	6689	246,82	6231	229,92	5624	207,53	4803	177,23	6220	229,52	6910	254,98	6387	235,68	6334	233,72	5105	188,37	4286	158,15	4369	
6077	27,16	6689	29,9	6231	27,85	5624	25,14	4803	21,47	6220	27,8	6910	30,89	6387	28,55	6334	28,31	5105	22,82	4286	19,16	4369	
6077	46,79	6689	51,51	6231	47,98	5624	43,3	4803	42,75	6220	55,36	6910	61,5	6387	56,84	6334	56,37	5105	45,43	4286	38,15	4369	
2296	15,84	2452	16,92	2239	15,45	2271	15,67	1365	9,42	2618	18,06	3153	21,76	3050	21,05	2821	19,46	2288	15,79	2094	14,45	2147	
125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	
6079	357,79	6265	369,19	6892	369,19	6892	369,19	6892	369,19	6892	369,19	6892	369,19	6892	369,19	6892	369,19	6892	369,19	6892	369,19	6892	
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
6079	229,79	6265	236,82	6892	236,82	6892	236,82	6892	236,82	6892	236,82	6892	236,82	6892	236,82	6892	236,82	6892	236,82	6892	236,82	6892	
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
6079	27,17	6265	28	6892	30,81	6892	30,44	6892	31,17	5997,005	25,02	4726	21,13	4432	19,81	6077	19,81	6077	19,81	6077	19,81	6077	
6079	46,81	6265	48,24	6892	53,07	6892	52,43	6892	53,69	5997,005	43,1	4726	36,39	4432	34,13	6077	34,13	6077	34,13	6077	34,13	6077	
2327	16,52	2624	18,63	2957	20,99	2946	20,33	3253	22,45	2649	18,28	2268	15,65	2105	14,52	2296	14,52	2296	14,52	2296	14,52	2296	
125	37,5	125	37,5	125	37,5	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	36,25	125	
A	VML1_178	VML1 võrguühenduse ampriühenduse	VML11,VML17,VML18																				
A	VML2_178	VML2 võrguühenduse ampriühenduse	VML21,VML27,VML28																				

201508		201509		201510		201511		201512		201601		201602		201603		201604		201605		201606		201607		201608		
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
4369	270.69	6971	407.36	6862	401.31	6899	404.41	6695	395.94	6008	362.47	7023	415.95	6818	404.31	6904	410.59	7036	418.21	5666	343.38	4835	297.59	4946	30	
4369	161.22	6871	257.23	6862	253.21	6899	254.57	6695	247.05	6008	221.7	7023	259.15	6818	251.58	6904	254.76	7036	259.63	5666	209.08	4835	178.41	4946		
4369	19.53	6871	31.16	6862	30.67	6899	30.84	6695	29.93	6008	26.86	7023	31.39	6818	30.48	6904	30.86	7036	31.45	5666	25.33	4835	21.61	4946		
4369	38.88	6871	62.04	6862	61.07	6899	61.4	6695	59.59	6008	57.68	7023	67.42	6818	65.45	6904	66.28	7036	67.55	5666	54.39	4835	46.42	4946		
2147	14.81	2997	20.68	2914	20.11	3094	21.35	3351	23.12	2896	19.98	3151	21.74	2978	20.55	3252	22.44	3381	23.33	2656	18.33	2160	14.9	2499		
125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125		

201608		201609		201610		201611		201612		201701		201702		201703		201704		201705		201706		201707		
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
4946	305.59	6292	376.99	5922.119	357.28	6026	363.85	5743	347.08	5296	327.47	5794	356.24	7082	433.4	7224	427.83	6805	410.93	5400	332.69	4162	2	
4946	182.51	6292	232.17	5922.119	218.53	6026	222.36	5743	211.92	3307	122.03													
										1217	52.94	3774	164.17	4793	208.5	4224	183.74	4391	191.01	3401	147.94	2237	2	
										772	19.84	2020	51.91	2289	58.83	3000	77.1	2414	62.04	1999	51.37	1925	1	
4946	22.11	6292	28.13	5922.119	26.47	6026	26.94	5743	25.67	5296	23.67	5794	25.9	7082	31.66	7224	32.29	6805	30.42	5400	24.14	4162	125	
4946	47.48	6292	60.4	5922.119	56.85	6026	57.85	5743	55.13	5296	55.08	5794	60.26	7082	73.65	7224	75.13	6805	70.77	5400	56.16	4162	125	
2499	17.24	2904	20.04	2779	19.18	2964	20.45	2625	18.11	2383	16.45	2572	17.75	3552	24.51	3379	23.32	2962	20.44	2439	16.83	1715	125	
125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	83.3448	24.17													
										45.8276	13.29	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	125	36.25	

201707	201708		201709		201710		201711		201712		201801		201802		201803		201804		201805		201806		201807		
	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
4162	253.13	6131	344.44	7187	394.63	7506	412.14	6938	383.37	6902	377.16	6232	338.17	5702	311.34	6637	352.78	6901	364.8	7164	380.62	5304	283.73	3506	2
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
2237	77.18	3492	120.47	4256	146.83	4552	157.04	4495	150.58	4127	138.25	3823	128.07	3391	113.6	4006	134.2	3990	133.67	4384	146.86	2951	98.86	1720	
1925	39.27	2639	53.84	2931	59.79	2954	60.26	2443	48.37	2775	54.95	2409	47.7	2311	45.76	2631	52.09	2911	57.64	2780	55.04	2363	46.59	1786	
1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	
125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	
4162	18.6	6131	27.41	7187	32.13	7506	33.55	6938	31.01	6902	30.85	6232	27.86	5702	25.49	6637	29.67	6901	30.85	7164	32.02	5304	23.71	3506	
4162	43.28	6131	63.76	7187	74.74	7506	78.06	6938	72.16	6902	71.78	6232	55.46	5702	50.75	6637	59.07	6901	61.42	7164	63.76	5304	47.21	3506	
1715	9.43	2471	13.59	2867	15.77	3247	17.86	2941	15.88	2955	15.96	2538	13.71	1921	10.37	2293	12.38	2936	15.85	3254	17.57	2220	11.99	1156	

201807	201808		201809		201810		201811		201812		201901		201902		KOKKU		
	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
3506	211.46	4032	236.92	6475	344.65	7509	392.78	6812	365.63	6449	347.81	6016	322.81	6287	332.64	378907.123	21939.05
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
1720	57.62	2181	73.06	3677	123.18	4507	150.98	4279	143.35	3776	126.5	3778	114.1	3796	114.64	95218	3397.34
1786	35.36	1851	36.65	2798	55.4	3002	59.44	2533	50.15	2673	52.93	2238	39.84	2491	44.34	62928	1316.5
1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	20	357.4
125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	125	47.5	2500	950
3506	15.67	4032	18.02	6475	28.94	7509	33.57	6812	30.45	6449	28.83	6016	26.89	6287	28.1	378907.123	1693.73
3506	31.2	4032	35.88	6475	57.63	7509	66.83	6812	60.63	6449	57.4	6016	62.57	6287	65.38	378907.123	3469.74
1156	6.24	1470	7.94	2617	14.13	3072	16.59	2904	15.68	3108	16.78	2752	14.04	2904	14.81	165152	1063.47
																4563.34483	1332.92
																670.827586	194.54

Lisa 8 Puiestee 78 elektrienergia tarbimine 01.2014-02.2019

Võrguteenuse müük kliendi, tarbimiskoha lõikes

1 Tartu Kõlle Tartu, Puiestee tn, 78

Arandmed seisuga: 24.03.2019 lk 1 (kokku 1 lk)

Müügi kuu 201401; 201402; 201403; 201404; 201405; 201406; 201407; 201408; 201409

Määtlühik	Tootekood	Toote kirjeldus	201401		201402		201403		201404		201405		201406		201407		201408		201409	
			Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
KWH	VML45	V2 edastamisetasu pikevatarif																		
KWH	VML46	V2 edastamisetasu võtarif																		
KWH	VML65	V4 edastamisetasu pikevatarif																		
KWH	VML66	V4 edastamisetasu võtarif																		
N/A	VML69	V4 võrguhenduse kasutamise mõõtesüsteemi põhiline tasu																		
KWH	EXCIBETX	Elektrikalsi määr	3306	14,78	3368	15,05	3277	14,65	2873	12,84	2664	11,91	2303	10,29	1312	5,86	1722	7,7	2206	
KWH	RENSVCH	Taastuenergia tasu määr	3306	25,46	3368	25,93	3277	25,23	2873	22,12	2664	20,51	2303	17,73	1312	10,1	1722	13,26	2206	
A	VML6_178	V4 võrguhenduse ampri põhiline tasu (VML61, VML67, VML68)	63	26,46	63	26,46	63	26,46	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83

201409	201410		201411		201412		201501		201502		201503		201504		201505		201506		201507		201508			
	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €		
2206	130,74	2628	150,28	2973	163,82	3032	167,42	2950	166,46	2254	133,13	1996	119,88	1701	108,09	1413	94,91	1313	90,13	1459	94,56	1792	116,9	
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
1310	54,63	1550	64,64	1609	67,1	1692	70,56	1605	66,93	1193	49,75	996	41,53	948	39,53	812	33,86	753	31,4	737	30,73	831	33,4	
896	21,59	1078	25,98	1364	32,87	1340	32,29	1345	32,41	1061	25,57	1000	24,1	753	18,15	601	14,48	560	13,5	702	16,92	961	16,92	
1	1,84	1	1,84	1	1,84	1	1,84	1	1,84	1	1,84	1	1,84	1	1,84	1	1,84	1	1,84	1	1,84	1	1,84	1
2206	9,86	2628	11,75	2973	13,29	3032	13,55	2950	13,19	2254	10,08	1996	8,92	1701	7,6	1413	6,32	1313	5,87	1439	6,43	1792	6,43	
2206	16,99	2628	20,24	2973	22,89	3032	23,35	2950	26,26	2254	20,06	1996	17,76	1701	15,14	1413	12,58	1313	11,69	1439	12,81	1792	11,69	
63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63	25,83	63

201508	201509		201510		201511		201512		201601		201602		201603		201604		201605		201606		201607		20160		
	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
1792	109.44	2466	143.7	2550	148.06	2494	146.26	2914	166.35	2012.816	124.28	2065.72	125.94	1764.61	112.14	1474.826	99.37	1816.438	115.07	1892.44	115.23	2254.208			
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
831	34.65	1211	50.5	1343	56	1411	58.84	1428	59.55	1560	46.87	1103.848	46.03	972.244	40.54	875.027	36.49	1026.15	42.79	870.577	36.3	1176.992			
961	23.16	793	19.11	1123	27.06	1139	27.45	1066	25.69	1354	32.63	866.927	21.42	961.872	23.18	792.366	19.1	595.799	14.46	790.288	19.05	1021.863	24.63	1077.216	
1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84
1792	8.01	2004	8.96	2466	11.02	2550	11.4	2494	11.15	2914	13.03	2012.816	9	2065.72	7.89	1474.826	6.59	1816.438	8.12	1892.44	8.46	2254.208			
1792	15.95	2004	17.84	2466	21.95	2550	22.7	2494	22.2	2914	27.97	2012.816	19.32	2065.72	16.94	1474.826	14.16	1816.438	17.44	1892.44	18.17	2254.208			
63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83

201608	201609		201610		201611		201612		201701		201702		201703		201704		201705		201706		2017		
	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
2254.208	134.43	2829.175	153.38	3205.007	178.47	3309.636	188.61	3024.455	172.34	3248.084	197.22	2717.348	182.56	2509.833	168.76	2447.235	162.42	2101.705	143.75	1961.445	133.71	1611.822	
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
1176.992	49.08	1440.83	60.08	1617.291	67.44	1966.632	82.01	1660.671	69.25	1249.303	52.1	1459.561	94.73	1353.665	87.85	1241.416	80.57	1223.093	79.38	1124.985	73.01	785.594	
1077.216	25.96	1188.345	28.64	1587.716	36.26	1343.004	32.37	1363.784	32.87	914.689	22.04	1257.787	47.42	1156.168	43.59	1205.819	45.46	878.612	33.12	836.46	31.53	826.228	
1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	1	1.84	0.668478	1.23												
2254.208	10.08	2629.175	11.75	3205.007	14.33	3309.636	14.79	3024.455	13.52	3248.084	14.52	2717.348	12.15	2509.833	11.22	2447.235	10.84	2101.705	9.39	1961.445	8.77	1611.822	
2254.208	21.64	2629.175	25.24	3205.007	30.77	3309.636	31.77	3024.455	29.03	3248.084	33.78	2717.348	28.26	2509.833	26.1	2447.235	25.45	2101.705	21.86	1961.445	20.4	1611.822	
63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	63	25.83	42	17.22												

201707		201708		201709		201710		201711		201712		201801		201802		201803		201804		201805		2018	
1611.822	106.1	2013.045	135.1	2264.375	154.57	3076.059	207.82	2933.656	197.49	2973.718	194.53	3366.377	221.98	2903.766	187.47	2599.302	166.51	2193.43	143.81	1740.432	115.28	1628.017	2018
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
785.594	50.99	1075.914	69.83	1306.132	84.77	1695.422	110.03	1715.166	108.91	1525.684	96.88	1982.962	125.92	1560.125	99.07	1422.639	90.34	1261.183	80.09	1044.95	66.35	914.388	
826.228	31.15	937.131	35.33	958.243	36.13	1380.637	52.05	1218.49	44.96	1448.034	53.43	1393.415	51.05	1343.641	49.58	1176.663	43.42	932.247	34.4	695.482	25.66	713.629	
1611.822	7.2	2013.045	9	2264.375	10.12	3076.059	13.75	2933.656	13.11	2973.718	13.29	3366.377	15.05	2903.766	12.98	2599.302	11.62	2193.43	9.8	1740.432	7.78	1628.017	
1611.822	16.76	2013.045	20.94	2264.375	23.55	3076.059	31.99	2933.656	30.51	2973.718	30.93	3366.377	29.96	2903.766	25.84	2599.302	23.13	2193.43	19.52	1740.432	15.49	1628.017	

201806		201807		201808		201809		201810		201811		201812		201901		201902		KOKKU		
1628.017	106.16	1789.344	113	1782.412	115.37	2529.088	163.52	2730.878	181.08	2921.509	193.13	2943.452	190.44	3121.635	205.66	2559.153	166.77	149066.451	9220.25	
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
914.388	58.06	866.507	55.02	968.822	61.52	1367.612	86.84	1646.848	104.57	1739.434	110.45	1596.479	101.38	1840.194	113.36	1437.478	88.55	34724.85	2215.37	
713.629	26.33	922.637	34.05	813.59	30.02	1161.476	42.86	1084.03	40	1182.075	43.62	1346.973	49.7	1281.441	45.88	1121.675	40.16	27778.278	1030.33	
																			47466.454	1984.8
																			39096.869	944.92
																			36.6684783	67.62
1628.017	7.28	1789.344	8	1782.412	7.97	2529.088	11.31	2730.878	12.21	2921.509	13.06	2943.452	13.16	3121.635	13.95	2559.153	11.44	149066.451	666.34	
1628.017	14.49	1789.344	15.93	1782.412	15.86	2529.088	22.51	2730.878	24.3	2921.509	26.2	2943.452	26.2	3121.635	32.47	2559.153	26.62	149066.451	1361.88	
																			2310	948.99

Lisa 9 Puiestee 80a elektrienergia tarbimine 01.2014-02.2019

Võrguteenuse müüki kliendi, tarbimiskoha lõikes

38ZEE-00 Tartu Kõlle Tartu, Puiestee tn, 80a

Andmed seisuga: 24.03.2019 lk.1 (kokku 1 lk)

Müügi kuu: 2014-01; 2014-02; 2014-03; 2014-04; 2014-05; 2014-06

Mõõtühik	Tootekood	Toote kirjeldus	2014-01		2014-02		2014-03		2014-04		2014-05		2014-06		2014-07		2014-08		2014-09			
			Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
KWH	VML2	VML2 edastamis tasu põhitarif	2481	161,32	3174	198,02	3148	196,25	3201	195,44	3171	193,87	2469	156,89	962	78,28	1412	99,89	3226	32,26		
KWH	VML25	VML2 edastamis tasu plevatarif																				
KWH	VML26	VML2 edastamis tasu eõtarif																				
TK	VML29	VML2 kutasu (VML29)																				
A	VML21	VML2 võrguühendus läbilaskevõime, A-põhine (VML21)																				
KWH	EXOBETX	Elektrifaktilisi määr																				
KWH	RENEWCH	Taastuenergia tasu määr	2481	19,1	3174	24,44	3148	24,24	3201	24,65	3171	24,42	2469	19,01	962	7,41	1412	10,87	3226	32,26		
KVHC	RE-R5	R5 Reaktiivenergia tarbimine alla 6 kV pingel	1035	7,35	1325	9,41	1261	6,95	1357	9,36	1343	9,27	975	6,73	203	2,07	233	1,61	1356	13,56		
KVHP	RE-R6	R6 Reaktiivenergia võrku andmine alla 6 kV pingel																				
A	VML1_178	VML1 võrguühenduse ampri põhine tasu (VML11, VML17, VML18)	100	30	100	30	100	30	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	
A	VML2_178	VML2 võrguühenduse ampri põhine tasu (VML21, VML27, VML28)																				

2014-09	2014-10	2014-11	2014-12	2015-01		2015-02		2015-03		2015-04		2015-05		2015-06		2015-07		2015-08		2015-09	
				Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
3226	196,66	3546	214,32	3203	196,27	3148	194,16	3181	194,16	3591	221,42	3294	205,47	3221	201,93	2435	158,9	777	69,73	2029	2029
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
3226	119,04	3546	130,85	3203	118,19	3148	113,25	3181	117,38	3591	132,51	3294	121,55	3221	118,85	2435	89,85	777	28,67	2029	2029
3226	14,42	3546	15,85	3203	14,32	3148	13,72	3181	14,22	3591	16,05	3294	14,72	3221	14,4	2435	10,88	777	3,47	2029	2029
3226	24,84	3546	27,3	3203	24,66	3148	27,31	3181	26,31	3591	31,96	3294	29,32	3221	28,67	2435	21,67	777	6,92	2029	2029
1356	9,36	1641	11,32	1464	10,1	1609	10,88	1642	11,33	1725	11,9	1577	10,88	1596	11,01	1087	7,5	777	1,67	100	100
100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	100

201608	201509		201510		201511		201512		201601		201602		201603		201604		201605		201606		201607		201608	
	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €		
2029	136.36	3638	222.37	3909	237.14	4241	254.97	3891	236.19	2674	172.61	3645	225.41	3765	230.71	3813	233.77	3185	198.44	3151	197.54	3080	193.84	3372
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Sur
2029	74.87	3638	134.24	3909	144.24	4241	156.49	3891	143.58	2674	98.67	3645	134.5	3755	138.56	3813	140.7	3185	117.53	3151	116.27	3080	113.65	3372
2029	9.07	3638	16.26	3909	17.47	4241	18.96	3891	17.39	2674	11.95	3645	16.29	3755	16.78	3813	17.04	3185	14.24	3151	14.08	3080	13.77	3372
2029	18.06	3638	32.38	3909	34.79	4241	37.74	3891	34.63	2674	25.67	3645	34.99	3755	36.05	3813	36.6	3185	30.58	3151	30.25	3080	29.57	3372
777	5.36	1521	10.49	1687	11.64	1852	12.78	1680	11.59	1061	7.32	1540	10.83	1486	10.32	1512	10.43	1028	7.09	1151	7.94	1138	7.85	1163
100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100

201608	201609		201610		201611		201612		201701		201702		201703		201704		201705		201706		201708		
	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €			
3372	208.89	4110	250.03	3275.652	202.99	4075	248.3	4117	251.12	3626	229.03	3615	232.4	3323	213.67	4032	254.54	4000	255.72	3372	218.15	3256	
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €
3372	124.43	4110	151.66	3275.652	120.87	4075	150.37	4117	151.92	2240	82.66	3615	232.4	3323	213.67	4032	254.54	4000	255.72	3372	218.15	3256	
3372	15.07	4110	18.37	3275.652	14.64	4075	18.22	4117	18.4	3626	16.21	3615	16.16	3323	14.85	4032	18.02	4000	17.88	3372	15.07	3256	
3372	32.37	4110	39.46	3275.652	31.45	4075	39.12	4117	39.52	3626	37.71	3615	37.6	3323	34.56	4032	41.93	4000	41.6	3372	35.07	3256	
1163	8.02	1673	11.54	1019	7.03	1679	11.59	1779	12.28	1574	10.86	1643	11.34	1226	8.46	1773	12.23	1669	11.52	1287	8.88	1197	
100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	66.6552	19.33	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29	100	29

201707		201708		201709		201710		201711		201712		201801		201802		201803		201804		201805		201806		201807		
Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	Kogus	Summa, €	
3256	208.33	3650	226.16	4492	264.72	4969	291.63	5229	296.91	4799	275.78	4069	238.36	2919	184.42	2892	181.38	3827	225.32	4226	244.57	3491	210.01	2820	1	
1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	1	1
2202	75.97	2445	84.35	2868	98.95	3365	116.09	3525	118.09	2889	100.13	2675	89.61	1889	63.28	1809	60.6	2502	83.82	2851	95.51	2198	73.63	1745		
1054	21.5	1205	24.58	1624	33.13	1604	32.72	1704	33.74	1810	35.84	1394	27.6	1030	20.39	1083	21.44	1325	26.24	1375	27.23	1283	25.6	1075		
100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100
3256	14.55	3650	16.32	4492	20.08	4969	22.21	5229	23.37	4799	21.45	4069	18.19	2919	13.05	2892	12.93	3827	17.11	4226	18.89	3491	15.6	2820		
3256	33.86	3650	37.96	4492	46.72	4969	51.68	5229	54.38	4799	49.91	4069	36.21	2919	25.98	2892	25.74	3827	34.06	4226	37.61	3491	31.07	2820		
1197	6.58	1290	7.1	1813	9.97	2375	13.06	2492	13.46	2329	12.58	2015	10.88	1083	5.85	888	4.8	1522	8.22	1752	9.46	1525	8.24	1216		

201807		201808		201809		201810		201811		201812		201901		201902		KOKKU		
2010	Summa, €	2010	Summa, €	2010	Summa, €	2010	Summa, €	2010	Summa, €	2010	Summa, €	2010	Summa, €	2010	Summa, €	Kogus	Summa, €	
2820	179.9	141.37	4316	247.09	5023	282.09	4382	252.73	3837	225.52	3169	191.83	3818	220.89	211831.656	13028.85		
1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1
1745	58.46	1177	39.43	2844	95.27	3537	118.49	3028	101.44	2493	83.52	2105	63.57	2585	78.07	64816	2306.6	
1075	21.29	833	16.49	1472	29.15	1486	29.42	1354	26.81	1344	26.61	1064	18.94	1233	21.95	32106	668.29	
1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	1	17.87	20	357.4	
100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	100	38	2000	760	
2820	12.61	2010	8.98	4316	19.29	5023	22.45	4382	19.59	3837	17.15	3169	14.17	3818	17.07	211831.656	946.85	
2820	25.1	2010	17.89	4316	38.41	5023	44.7	4382	39	3837	34.15	3169	32.96	3818	39.71	211831.656	1958.14	
1216	6.57	501	2.71	1685	9.1	2067	11.16	1856	10.02	1523	8.22	1239	6.32	1611	8.22	87710	557.77	
																367	3.74	
																3666.65517	1066.33	
																536.655172	155.63	

Lisa 10 Taastuenergia OÜ müügipakkumine

MÜÜGIPAKKUMINE

Kuupäev: 20. märts 2019. a.

Klient: Hedi Jaup
Objekt: 46 000 kWh



Elektrivõrguga ühendatud PV paneelide süsteem 48 450 W (46 028 kWh aastas)

Paigaldus maapinnale (TreeSystem raam)

Seadmed ja paigaldustarvikud	Kogus	Hind	Kokku
Võrguinverter ABB TRIO-50.0-TL-OUTD-POWER/12INPUT/OUT MODULE	1	4 363,33 €	4 363,33 €
ABB VSN300 WIFI LOGGER CARD + ABB Aurora Vision Plant Management Platform	1	113,33 €	113,33 €
Q-CELLS Päikesepaneel Q.PLUS G4.3 285W poly	170	96,00 €	16 320,00 €
TreeSystem raam paneelide paigaldamiseks maapinnale (sisaldab vundamenti)	170	41,25 €	7 012,50 €
Kaabli kinnitamise klamber	340	0,35 €	119,00 €
MC4 plug + socket type 4/6II D 5.5-9.0 mm (UV kindla kaabli pistikute komplekt)	3	3,00 €	9,00 €
Suncable 1x4 mm ² special solar cable (kaabel paneelide taga ja ridade vahel)	170	0,90 €	153,00 €
Suncable 1x4 mm ² special solar cable (kaabel paneelide ja inverteri vahel)	80	0,90 €	72,00 €
elektrijaama kilp	1	250,00 €	250,00 €

Seadmete maksumus: 28 412,16 €

Päikesepaneelide paigaldamine	Kogus	Hind	Kokku
Päikesepaneelide paigaldamine	170	15,00 €	2 550,00 €
TreeSystem raamistiku paigaldamine	170	12,00 €	2 040,00 €
Inverteri paigaldamine ja ühendamine elektrikilbiga	1	55,00 €	55,00 €
Inverteri ja peakilbi vaheline kaabel (ühik: m)	20	1,42 €	28,40 €
Inverteri ja kilbi vahelise kaabli paigaldamine	1	15,00 €	15,00 €
Inverteri häälestamine	1	210,00 €	210,00 €
Projektijuhtimine	1	648,00 €	648,00 €
Kaupade ja töötajate transport (ühik: km)	220	1,20 €	264,00 €
	0	0,00 €	0,00 €

Paigaldusteenus: 5 810,40 €

Elektritootjana liitumise vormistamine*	Kogus	Hind	Kokku
Elektritootja liitumistaotlus	1	0,00 €	0,00 €
Elektripaigaldise põhimõtteskeem	1	0,00 €	0,00 €
Tootmiseseadme kaitsesätete seadistamise protokoll	1	5,00 €	5,00 €
Elektrijaama elektriosa projekt	1	28,00 €	28,00 €
Elektripaigaldise nõuetekohasuse deklaratsioon	1	25,00 €	25,00 €
Elektrotehniline kontrollmõõtmine ja nõuetekohasuse tunnistus - peakaitse > 35A	1	280,00 €	280,00 €
Elektripaigaldise nõuetekohasuse teatis	1	0,00 €	0,00 €

Liitumise vormistamine: 338,00 €

KOKKU (seadmed; paigaldus; liitumine): 34 560,56 €

Käibemaks 20%: 6 912,11 €

Summa + KM 20%: 41 472,67 €

(päikesepaneelid: 0,337 €/W +km; elektrijaam kokku: 0,713 €/W +km)

Tellimuse kinnitab ettemaks 30% seadmete maksumusest: 10 228,38 € (sis. km)

Konto nr / IBAN: EE607700771003169044 LHV

Taastuenergia OÜ
Radisti tee 5, Soodevahe küla,
Rae vald 75322

tel (372) 50 163 89
info@taastuenergia.ee
www.taastuenergia.ee

Reg nr: 11117952
KMKR: EE100957862
Danske Bank332815460008

Lisa 11 Energogen OÜ müügipakkumine



Pakkumine nr: 2430

Hedi Jaup

Telefon: 53929222
E-post: hedi.jaup@gmail.com

22.04.2019
Pakkumine kehtib 60 päeva

Kontakt

Artjom Bašev
+372 5557 2314
artjom@energogen.ee

Päikeseelektrijaam 39.6 kW

39.6 kW indikatiivne pakkumine. TalTech FTW.

Toote nimetus & Lisainfo	Kogus	Ühik	Hind	Summa
Päikesepaneel 300W monokristall, Hiina	132	tk	95.00	12 540.00
Inverter Fronius Symo 17.5-3-M 3-faasiline, 2 MPPT, IP 65, Web, Austria	2	tk	2 400.00	4 800.00
Liitumistaotluse ettevalmistamine ja elektriprojekt	1	tk	890.00	890.00
Paneelikinnitused maapinnale	132	tk	45.00	5 940.00
Paigaldustarvikud ja kaabel	1	tk	1 320.00	1 320.00
Transport, paigaldus, häälestus Paneelikinnituste, paneelide, inverteri ja kaablite paigaldus	1	ühik	3 900.00	3 900.00
maakaabli kaevamine pole hinna sees inverter-peakilp, u 35 €/m	0	m	35.00	0.00
Vahesumma:				29 390.00
Käibemaks (20%):				5 878.00
Kokku (EUR):				35 268.00
Ühikuhind €/W km-ta:				0.74
Ühikuhind €/W km-ga:				0.89

Pakkumine ei sisalda liitumistasusid võrguettevõttega ega riigilõivusid.

Täname, et oled meie poole pöördunud.
Hoiame sinu andmeid hoolega ja neid teistele ei väljasta ilma sinu loata.

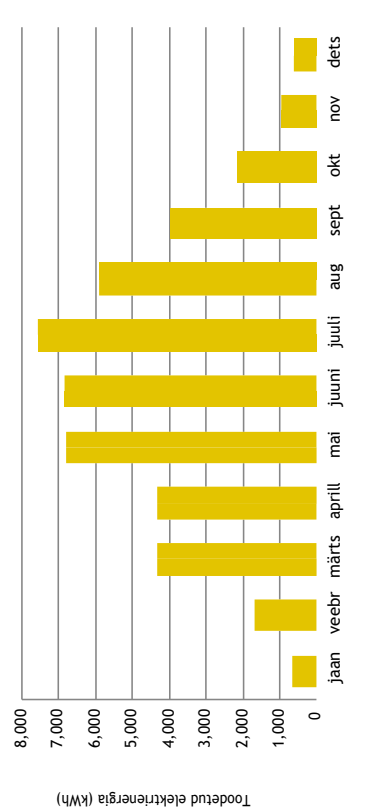
Energogen OÜ
Punane 73
Tallinn, 13619

+372 5303 7734
info@energogen.ee
www.energogen.ee

Reg. nr 12090534
KMKR EE101442952
SWED EE052200221052168986

Lisa 12 49 kW võimsusega päikesepaneelide tootlikkus kuude lõikes

Sisendparameetrid	Süsteemi suurus		49,0 kW		Statistilised parameetrid		AC	
	Kiirgushulk G (kWh/m ²)	Tootlus DC (kWh)	AC (kWh)	eritootlus kWh/kW	Kaod kaabiltes (%)	Inverteri efektiivsus (%)	eritootlus kWh/kW	Hüvitetegur (%)
Süsteemi parameetrid								
Paneelide võimsus (W)		49000						
Paneelide arv	1		16	763	643,40	16	90,5	100
Paneelide orientatsioon	45		38	1 887	1 664	39	94,2	103
Paneelide kaldenurk	35		96	4 798	4 311	98	95,5	102
Installatsiooni temperatuurikoefitsient	1,2		99	4 813	4 317	98	95,2	99
Kaabli ristlõikepindala (mm ²)	6		160	7 566	6 799	154	95,4	97
Kaabli pikkus (m)	70		164	7 613	6 846	155	95,6	95
Module mismatch losses (%)	2		182	8 377	7 550	171	95,6	94
Kaod paneeli mustuse tõttu (%)	2		144	6 550	5 900	134	95,6	93
Inverteri efektiivsus 10%	0,92		93	4 441	3 991	91	95,4	97
Inverteri efektiivsus 50%	0,965		50	2 412	2 141	49	94,4	99
Inverteri efektiivsus 100%	0,96		22	1 105	959	23	92,5	101
Inverter sizing ratio	1,2		14	697	597	14	91,8	101
Inverteri maksimaalne võimsus (W)	42058		1 077	51 021	45 718	1 041	95,2	97
Inverteri nominaalne võimsus	40833							
Albeedo								
Jaauar	0,5							
Veebruar	0,5							
Märts	0,5							
Aprill	0,25							
Mai	0,25							
Juuni	0,25							
Juuli	0,25							
August	0,25							
September	0,25							
Oktoober	0,25							
November	0,25							
Detsember	0,5							



Lisa 13 Võrku müüdud elektrienergia bilanss ning hind kuude lõikes

Kuu	Keskmine tarbimine (kWh)	Toodang 40 kW AC (kWh)	Bilanss kWh	Tasu eur	Toodang 49 kW AC (kWh)	Bilanss kWh	Tasu eur	Toodang 60 kW AC (kWh)	Bilanss kWh	Tasu eur	Toodang 71 kW AC (kWh)	Bilanss kWh	Tasu eur
	Jaanu	3456	525	-2931	-354	643	-2813	-340	788	-2668	-323	932	-2524
Veebruar	3393	1358	-2035	-246	1664	-1729	-209	2038	-1355	-164	2411	-982	-119
Märts	3323	3519	196	25	4311	988	126	5279	1955	249	6247	2923	373
Aprill	3891	3524	-367	-44	4317	426	54	5286	1395	178	6255	2365	302
Mai	3804	5550	1747	223	6799	2995	382	8325	4522	577	9852	6048	772
Juuni	3338	5589	2251	287	6846	3508	448	8383	5045	644	9920	6582	840
Juuli	3052	6163	3111	397	7550	4498	574	9245	6193	790	10940	7888	1006
August	3011	4816	1806	230	5900	2889	369	7224	4214	538	8549	5538	707
September	4306	3258	-1048	-127	3991	-315	-38	4887	581	74	5783	1477	188
Oktoober	4423	1748	-2675	-323	2141	-2282	-276	2622	-1801	-218	3102	-1320	-160
November	4562	783	-3779	-457	959	-3603	-436	1174	-3388	-410	1390	-3172	-384
Detsember	4251	487	-3764	-455	597	-3654	-442	731	-3520	-426	865	-3386	-409
KOKKU	44809	37321	-7488	-845	45718	909	212	55982	11172	1510	66245	21436	2811

*Kõik hinnad sisaldavad käibemaksu

*Negatiivsetelt kuudel on puudujääv elektrihulk korrutatud 2018 aasta võrgutasude (tabel 3.1.4.2) ning 2018 aasta keskmise börsihinna ja marginaaliga (tabel 3.1.4.3)

*Positiivsetel kuudel on jääk korrutatud taastuenergia toetuse ja 2018 aasta börsihinnaga