



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

PÄIKESEENERGIA KASUTAMISE VÕIMALUSED

POSSIBILITIES FOR USING SOLAR ENERGY

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Taavet Hermann

Üliõpilaskood: 155773

Juhendaja: Heiki Tammoja

Tallinn, 2018.a.

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 /

Lõputöö kokkuvõte

Autor: Taavet Hermann, 155773 AAVB *Lõputöö liik:* Bakalaureusetöö

Töö pealkiri: Päikeseenergia kasutamise võimalused

Kuupäev: 12.03.2018

63 lk

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool

Teaduskond: Inseneriteaduskond

Instituut: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja(d): prof Heiki Tammoja

Töö konsultant (konsultandid):

Sisu kirjeldus:

Käesolevas töös on vaadeldud taastuvenergeetika suundasid ja hetkeolukorda. Töös on toodud ülevaade päikeseenergeetika kasutamise võimalustest, päikesepaneelide ja -kollektorite konstruktsioonidest, päikeseenergia süsteemide eelistest ja probleemidest. Lähema vaatluse alla on võetud elektrienergia tootmine päikeseelementidega. Töös on kirjeldatud päikeseelementide erinevaid tüüpe ja antud ülevaade päiksepaneelide paigaldamise ja ühendamise lahendustest: ON-grid ja OFF-grid süsteemidest, s.h. elektrienergia salvestamine.

Töös on käsitletud päikesepaneelide investeeringu suurusi ja tasuvust Eesti kliimaatilistes tingimustes. Lisatud ülevaade Eestisse rajatud viimastest huvitavamatest päikeseelektrijaamadest.

Viimases peatükis on vaadatud päikeseelementide kasutamist hoonete energiatõhususe tõstmiseks ja liginullenergiahoonete rajamisel.

Märksõnad:

Taastuvenergia, päikesenergia, päikese – elekter, päikeseküte, päikesepaneel, liginullenergiahoone

Summary of the Diploma Work

<i>Author:</i> Taavet Hermann	<i>Type of the work:</i> Bachelor Thesis
<i>Title:</i> Possibilities for using solar energy	
<i>Date:</i> 12.03.2018	<i>63 pages</i>
<i>University:</i> Tallinn University of Technology School of Engineering	
<i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics	
<i>Tutor(s) of the work:</i> Professor Heiki Tammoja	
<i>Consultant(s):</i>	
<i>Abstract:</i> This paper addresses the directions and current situation of renewable energy. The paper presents an overview of the possibilities of using solar energy, the design of solar panels and solar collectors, the advantages and problems of solar energy systems. A closer look is provided for electricity generation with solar cells. The paper describes the various types of solar cells and gives an overview of solar panel installation and connection solutions: On-grid and OFF-grid systems, including power savings. The paper deals with the size and profitability of solar panel investments in Estonian climatic conditions. An overview of the most interesting solar power plants built in Estonia has been added. The last chapter examines the use of solar cells to increase the energy efficiency of buildings and the construction of near-zero energy buildings.	
<i>Keywords:</i> Renewable energy, solar energy, solar electricity, solar heating, solar panel, near-zero energy building	

SISUKORD

Lõputöö ülesanne	7
Eessõna.....	10
Sissejuhatus	11
1. Taastuvenergia	13
1.1 Taastuvenergia maailmas	13
1.2 Taastuvenergia Euroopa Liidus.....	14
1.3 Taastuvenergia Eestis.....	16
1.4 Päikeseenergia Eestis	17
2. Päikeseenergia ajalugu	19
3. Päikeseenergia	21
3.1 Päikesekiirguse liigid	23
3.2 Päikese-elekter fotoelementide abil	23
3.3 Päikeseküte	26
4. Päikeseenergia kasutamise eelised ja probleemid.....	31
4.1 Päikeseenergia kasutamise eelised.....	31
4.2 Päikeseenergia kasutamise probleemid.....	31
5 Päikesepaneelide kasutamine elektrienergia tootmisel	34
5.1 Päikeseelementide tüübid. Päikesepaneelide tüübid.	34
5.2 Päikesepaneelide kalde, asimuudi ja temperatuuri mõju tootlikkusele	35
5.3 Päikesepaneelide energiaühenduse süsteemid	36
5.4 Päikeseplatari süsteemide akud ja salvesti mahtuvuse arvutus	42
5.5 Investeeringud päikesepaneelide süsteemidesse	45
5.6 Päikesepaneelide ja -kollektorite tootlikus, elektrienergia tootjate jaotus	47
6. Rajatud päikeseelektrijaamad Eestis	52
7. Päikeselementide kasutamine hoone energia-tõhususe tõstmiseks; liginullenergiahoone.....	53
7.1 Hoonete energiatõhusus	53
7.2 Energia tõhusust mõjutavad tegurid ja osakaal	54
7.3 Lokaalne taastuvenergia.....	55
7.4 Energiatõhusarv ja energiamärgis	56
7.5 Päikeselementide kasutamine hoone fassaadi lahendustes, tuleviku lahendused.....	57

7.6	Hoone energiatõhususe parandamise muud tehniliste lahendused	58
	Lõputöö kokkuvõte	60
	Kirjandus	62

Lõputöö ülesanne

Lõputöö teema: **Päikeseenergia kasutamise võimalused**

Üliõpilane, üliõpilaskood: **Taavet Hermann 155773**

Eriala: **Elektroenergeetika**

Lõputöö liik: **bakalaureusetöö**

Lõputöö juhendaja: **Heiki Tammoja**

Lõputöö ülesande kehtivusaeg:

Lõputöö esitamise tähtaeg: **24.05.2018**

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

Teema põhjendus

2014 leppisid Euroopa Liidu liidrid kokku kliima- ja energiapoliitika eesmärgid aastaks 2030. Nende kohaselt peab 2030. aastaks taastuvenergia osakaal Euroopa Liidus olema 27%. Samas riikidele eraldi kohustuslikke eesmäärke ei seatud. Euroopa Liidu peamine eesmärk on tervikuna vähendada CO₂ emissioone 40% võrreldes 1990. aastaga. Samuti on Euroopa Liit seadnud eesmärgiks saavutada 2030. aastaks 27% energiasääst võrreldes energiatarbimise baastsenaariumitega ning reformida Euroopa Liidud heitmekaubanduse korraldamist. Euroopa Liidu jaoks on oluline garanteerida püsivam CO₂ hind, et motiveerida investeringuid madala CO₂ sisaldusega tehnoloogiasse.

Eesti on oma taastuvenergia eesmärgi täitnud peamiselt soojusmajanduse tõttu tänu biokütuse odavamale hinnale fossiilsete kütuste ees. Elektri- ja transpordisektori taastuvenergia alameesmärgid on endiselt täitmata.

Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

- 1) Päikeseenergia kasutamise võimalused-päikesepaneelid ja- kollektorid.
- 2) Päikesepaneelide kasutamine elektrienergia tootmiseks.
- 3) Päikesepaneelide kasutamine hoonete energia tõhususe tõstmiseks- liginullenergia maja.

Töö eesmärk

Töö eesmärgiks on uurida Eesti kliimaatilistes tingimustes päikeseenergia kasutamise võimalusi elektrienergia tootmiseks ja hoonete energiatõhususe tõstmiseks.

Lähteandmed:

Töös plaanin kasutada: erialast kirjandust, erinevaid uurimustöid ja loengumaterjale, tänaseks rajatud päikese elektrijaamade investeeringute andmed.

Uurimismeetodid

Töötulemuseni plaanin jõuda kirjanduse analüüsil ja rajatud päikese elektrijaamade investeeringu analüüsil.

Graafiline osa

Teksti osa.

Töö struktuur

- 1 Taastuvenergia
 - 1.1 Taastuvenergia maailmas
 - 1.2 Taastuvenergia Euroopa Liidus
 - 1.3 Päikeseenergia Eestis
- 2 Päikeseenergia ajalugu
- 3 Päikeseenergia
 - 3.1 Päikeseenergia liigid
 - 3.2 Päikese-elekter fotoelementide abil
 - 3.3 Päikeseküte
- 4 Päikeseenergia kasutamise eelised ja probleemid

- 4.1 Päikeseenergia kasutamise eelised
 - 4.1 Päikeseenergia kasutamise probleemid
- 5 Päikesepaneelide kasutamine elektrienergia tootmisel
 - 5.1 Päikeseelementide tüübid. Päikesepaneelide tüübid
 - 5.2 Päikesepaneelide kalde, asimuudid ja temperatuuri mõju tootlikkusele
 - 5.3 Päikesepaneelide energiaühendus süsteemid
 - 5.4 Päikesepaneelide süsteemide akud ja salvestimahtuvuse arvutus
 - 5.5 Investeeringud päikesepaneelide süsteemidesse
 - 5.6 Päikesepaneelide ja-kollektorite tootlikkus, elektrienergia tootjate jaotus
- 6 Rajatud päikeseelektrijaamad Eestis
- 7 Päikeseelementide kasutamine hoone energia tõhususe tõstmiseks; liginullenergiahoone
 - 7.1 Hoonete energiatõhusus
 - 7.2 Energia tõhusust mõjutavat tegurit ja osakaal
 - 7.3 Lokaalne taastuvenergia
 - 7.4 Energiatõhusarv ja energiamärgis
 - 7.5 Päikeseelementide kasutamine hoone fassaadi lahenduses, tuleviku lahendused
 - 7.6 Hoone energiatõhususe parandamise muud tehnilised lahendused

Töös on kindlasti sisukord, lõputöö ülesanne, eessõna, sissejuhatus, tulemused, kokkuvõte, kasutatud kirjandus.

Töö etapid ja ajakava

16.aprill juhendajale läbilugemiseks saatmine.

14. mai lõputöö viimane aeg deklareerida

Eessõna

Tulenevalt Euroopa Liidu Energiatõhususe Direktiivist on liikmesriigid ja sealhulgas ka Eesti kohustatud uute ja oluliselt rekonstrueeritavate hoonete osas järgima energiatõhususe nõudeid. Pärast 31. detsembrist 2020 peavad kõik uusehitised olema liginullenergiahooned. Samu nõudeid peavad juba pärast 31. detsembrist 2018 täitma uusehitised, mida kasutavad ja omavad riigiasutused. Eesti on üks esimesi riike Euroopas, kes Euroopa Liidu Energiatõhususe Direktiivi muutis kõikidele ehitistele kohustuslikuks ja seda nii lühikese ülemineku perioodi jooksul.

Liginullenergiahoone tasemeni jõudmiseks ei piisa hoone soojuskadude vähendamisest ja efektiivsematest tehnosüsteemidest, hoone peab suutma ise energiat toota.

Täna puudub Eestis andmebaas, kuidas rajada liginullenergia hooned nii, et nad ka eksploatatsioonis töötaksid liginullenergia hoonetena. Küll on olemas liginullenergia hoonete esmased projekteerimise ja ehitamise kogemused.

Üheks võtmelemendiks hoonetes lokaalse energia tootmiseks on kasutusele võtta päikesepaneelid ja õhukesekilelised päikeseelemendid.

Käesolevas töös on toodud lühiülevaade, mis on taastuenergia ja selle alamliik päikeseenergia. Päikeseenergia all on töös vaadatud eraldi päikese-elekter ja päikeseküte.

Toodud on autori nägemus päikeseenergia kasutamise eelistest ja probleemidest.

Eraldi on töös käsitletud päikesepaneelide kasutamist elektrienergia tootmisel ja viimast on vaadeldud kontekstis hoonete energiatõhususe tõstmisega ja liginullenergiahoonete rajamisele üleminekuga.

Töös on koondatud kokku erinevate päikeseenergia teemaliste väljaannete käsitlused, andmaks ülevaade Eesti kliimaatilistes tingimustes päikeseenergia kasutamise võimalustest elektrienergia tootmiseks ja hoonete energiatõhususe tõstmiseks.

Sissejuhatus

2014 leppisid Euroopa Liidu liidrid kokku kliima- ja energiapoliitika eesmärgid aastaks 2030. Nende kohaselt peab 2030. aastaks taastuvenergia osakaal Euroopa Liidus olema 27%. Samas riikidele eraldi kohustuslikke eesmäärke ei seatud. Euroopa Liidu peamine eesmärk on tervikuna vähendada CO₂ emissioone 40% võrreldes 1990. aastaga. Samuti on Euroopa Liit seadnud eesmärgiks saavutada 2030. aastaks 27% energiasääst võrreldes energiatarbimise baastsenaariumitega ning reformida Euroopa Liidud heitmekaubanduse korraldamist. Euroopa Liidu jaoks on oluline garanteerida püsivam CO₂ hind, et motiveerida investeringuid madala CO₂ sisaldusega tehnoloogiasse.

Eesti on oma taastuvenergia eesmärgi täitnud peamiselt soojusmajanduse tõttu tänu biokütuse odavamale hinnale fossiilsete kütuste ees. Elektri- ja transpordisektori taastuvenergia alameesmärgid on endiselt täitmata.

Käesolevas töös vaadeldakse, mis on päikeseenergeetika ja selle kasutamise võimalusi. Töös pööratakse tähelepanu järgmistele teemadele:

- a) Päikeseenergia kasutamise võimalused: päikesepaneelid ja- kollektorid.
- b) Päikesepaneelide kasutamine elektrienergia tootmiseks.
- c) Päikeseelementide kasutamine hoonete energia tõhususe tõstmiseks- liginullenergia maja.

Töö eesmärgiks on uurida Eesti kliimaatilistes tingimustes päikeseenergia kasutamise võimalusi elektrienergia tootmiseks ja hoonete energiatõhususe tõstmiseks.

Töö käigus selgus, et eestikeelse termini „päikese-“, asemel eelistavad erinevad autorid kasutada kas kreeka päritolu „helio-“, või ladina päritolu „solaar-“, esiosist. Oma töös jäin termini „päikese“ juurde.

Varasemad TTÜ Bakalaureuse lõputööd, mis on seotud päikeseenergiaga ning nende lühitutvustus:

- 1) A. Natka, „Tuule-ja päikeseenergiast elektri tootmise võimalused Vormsi saarel“, 2013.
- 2) A.Keerme, „Päikesepaneelide mõju elektrikvaliteedile“, 2013.
- 3) L.Kalm, „Päikeseenergia tootmistehnoloogiate arengusuunad ning nende efektiivsuse kasvustsenaariumid“, 2015.
- 4) R.Põldmaa, „Päikeseelektrijaama majanduslik tasuvus tööstusettevõtte näitel“, 2015.
- 5) A.Astašov, „Hüdro-, päikese- ja tuuleenergia ning biomassi kasutamise ülevaade, rakendatavad subsiidiumid ning võimalikud edasised arengud“, 2016.

- 1) Lõputöö kirjeldab võimalust toota tuule ja päikeseenergiat Vormsi saarel.
- 2) Töö eesmärk on uurida elektrikvaliteedi mõju päikesepaneelide kaudu
- 3) Lõputöö eesmärk on uurida päikeseelektrijaama tootmistehnoloogiate tasuvust
- 4) Lõputöö kirjeldab majanduslikku tasuvust tööstusettevõtetes päikeseenergia kasutamisel
- 5) Töö põhieesmärgiks on uurida hüdro-, päikese- ja tuuleenergia ning biomassi kasutamise mahtusid eri piirkondades ja rakendatavaid subsiidiume. Taastuvenergia laienemise võimalusi lähitulevikus ning sellega seonduvat keskkonna- ja majanduslikku tausta.

1. Taastuenergia

Taastuenergia on ressurss, mida kasutatakse järjepidevalt (nt päikeseenergia, tuuleenergia, maasoojusenergia või lainete energia) või mis taastub erinevate ökosüsteemide ainete ringluse käigus (nt biomassi energia – puit, energiavõsa, põhk jms), ilma et selle kogus inimtegevuse mõjul väheneks määral, mis ohustaks kohalikke ökosüsteeme. Taastumine eeldab, et ressursse kasutatakse jätkusuutlikult ehk neid ei tarbita rohkemal määral kui juurde tekib. Selliselt on antud ressursse võimalik kasutada aastatuhandeid. Taastuenergiat on võimalik kasutada elektrienergia tootmiseks, soojusenergia tootmiseks, mootorikütusteks ja võrguga ühendamata piirkondade energiataenusteks [1].

1.1 Taastuenergia maailmas

Väljaande Bloomberg New Energy Finance andmetel vähenesid investeeringud taastuenergiasse ülemaailmselt 2016. aastal võrreldes 2015. aastaga 18%, langes 287 miljardi dollarini.

Tabel 1.1 Investeeringud taastuenergeetikasse globaalselt (miljardit dollarit) [1]

Allikas: Bloomberg New Energy Finance ¹



Investeeringute vähenemine on põhiliselt tingitud langusest kahel peamisel turul – Hiinas ja Jaapanis – vastavalt 26% ja 43%. Hiinas keskendutakse erinevalt senisele võimsuste ehitamisele võrkudesse investeerimisele, eesmärgiga tõsta installeeritud taastuenergia võimsuste töötamise efektiivsust. Investeeringute vähenemise põhjuseks Jaapanis on samuti

seniste installeeritud taastuvenergia võimsuste töökindluse jälgimine ja efektiivsuse tõstmine. Tulevikus mängib Jaapani taastuvenergia osakaalu suurendamises aina olulisemat rolli katustele paigaldatud päikesepaneelide arvukuse tõus, mida toetavad sealsed täienenud toetusmehhanismid.

Investeeringud vähenesid mõnevõrra ka USAs (7%), kus arendajad keskendusid maksusoodustustele kohaste tuule- ja päikeseenergia projektide arendamisele.

Euroopas suurenesid investeeringud 3%, tõustes 71,2 miljardi dollarini.

Vaatamata investeeringute vähenemisele globaalsel skaalal, mis oli mõnevõrra mõjutatud taastuvenergia tehnoloogiate odavnemisest, suurenes taastuvenergia sektoris ülemaailmselt lisandunud võimsuste osakaal. Tuuleenergia võimsusi lisandus 56,5 GW, mis on küll võrreldes eelmise aastaga (63 GW) väiksem, kuid aastate lõikes lisandunud võimsuste seas teisel kohal. Lisandunud võimsused päikeseenergeetikasse püstitasid järjekordse rekordi – 73 GW, mis on võrreldes 2015. aastal lisandunud võimsustega (56 GW) tugev kasv [1].

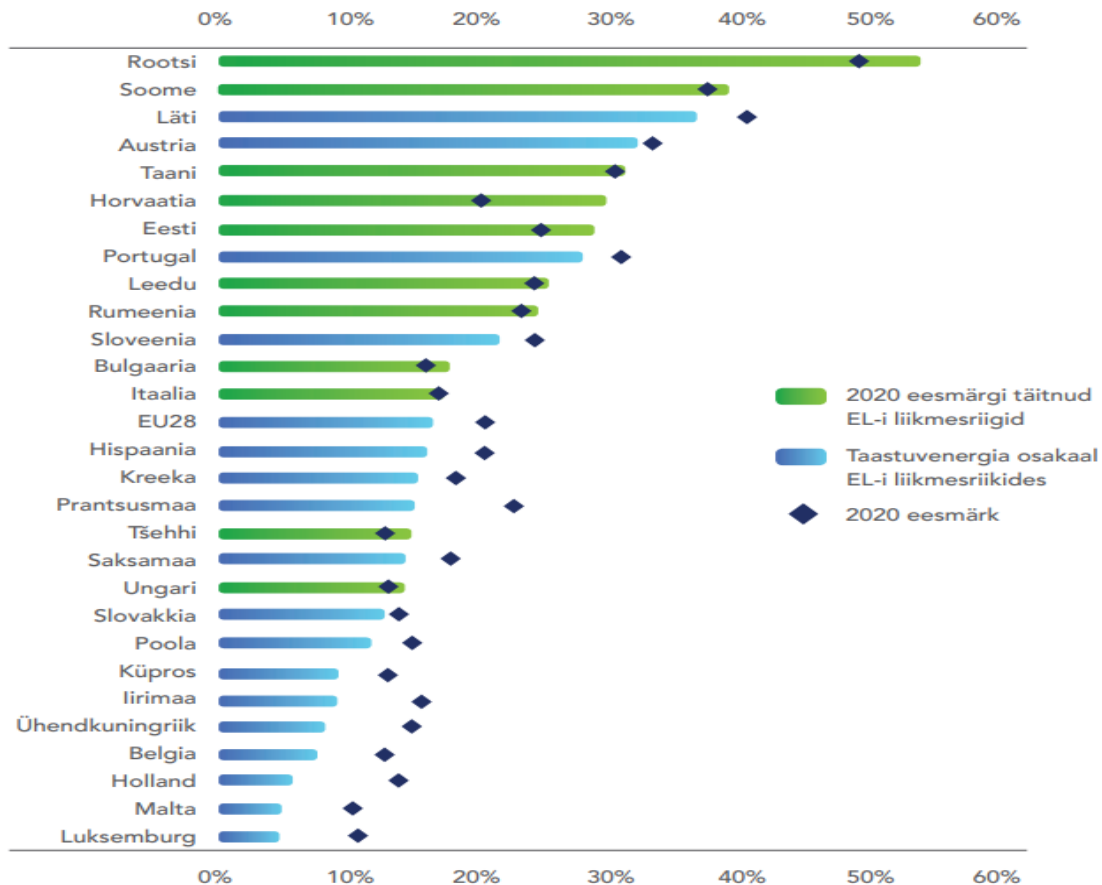
1.2 Taastuvenergia Euroopa Liidus

Euroopa Liidus suurenesid investeeringud taastuvenergiasse tänu meretuuleparkide arendamisele. Võrreldes 2015. aastaga kasvasid investeeringud 3%, ulatudes 2016. aastal 71,2 miljardi dollarini. 2016. aastal moodustasid taastuvenergiast põhinevad võimsused Euroopas kogu lisandunud elektritootmise võimsustest 86% (21,1 GW).

Hoolimata Euroopa Komisjoni poolt Energialiidu ettepanekutes sõnastatud ambitsioonikast eesmärgist, mille kohaselt EList saab maailma liider taastuvenergia valdkonnas, on investeeringud taastuvenergia sektorisse enam kui poole võrra vähenenud võrreldes senise parima - 2011. aastaga. Võrreldes EL-iga tema suurimaid konkurente, siis Hiina ja USA sammuvad täna taastuvenergia arengus Euroopast eespool. Hiina investeerib taastuvenergiasse rohkem kui EL ja USA kokku. Saavutamaks Energialiidu ambitsioonikat eesmärki, tuleb Euroopal tunduvalt enam pingutada, ent Komisjoni poolt esitletud 2030. aasta eesmärgid ja regulatiivne raamistik selleks erilist lootust ei sisenda [1].

Tabel 1.2 Taastuenergia osakaal EL liikmesriikides (%) [1]

Allikas: Eurostat ⁵



Eurostat'i 2015. aasta andmetel on taastuenergia direktiivis liikmesriikidele püstitatud taastuenergia eesmärgi täitnud 11 EL liikmesriiki (2014. aastal oli sama näitaja 9): Bulgaaria, Tšehhi, Taani, Eesti, Horvaatia, Itaalia, Leedu, Ungari, Rumeenia, Soome ja Rootsi, kusjuures Austria ja Slovakkia on eesmärgi täitumisest ligi 1% kaugusel. Jätakuvalt on skaala teises otsas Holland, Prantsusmaa, Iirimaa, Suurbritannia ja Luksemburg, kes on seatud eesmärkide täitmisest kõige kaugemal [1].

2015. aastal oli taastuenergia osakaal Eestis 28,6%, mis tähendab, et oleme direktiivist tuleneva eesmärgi täitnud. Peamiselt põhineb Eesti taastuenergia eesmärgi saavutamine soojusmajanduses toimival üleminekul maagaasilt ja põlevkiviõlilt biokütustele, kuid siiani on täitmata elektri- ja transpordisektori taastuenergia alameesmärgid (need valdkonnad peaksid aastaks 2020 jõudma vastavalt 17,6% ja 10% taastuenergia määrani) [1].

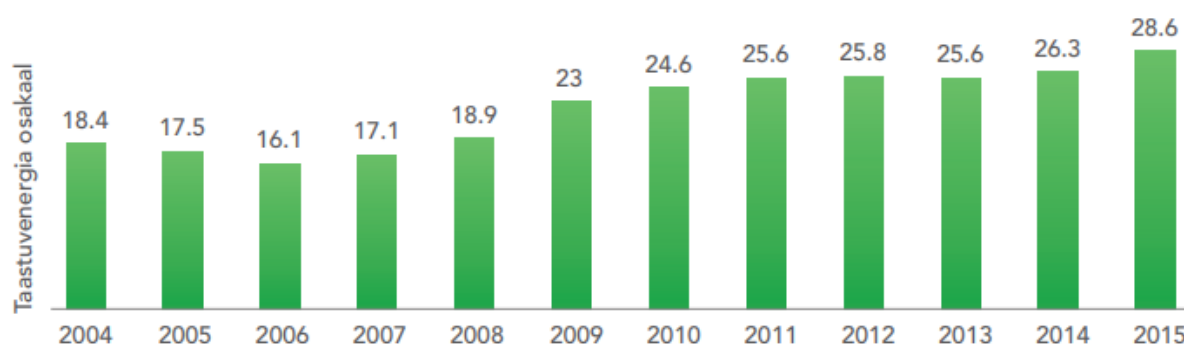
1.3 Taastuenergia Eestis

2016. aasta investeeringud ja lisandunud võimsused taastuenergeetikas on pea sama suured kui aastatel 2013-2015 kokku. Investeeringuid on kannustanud perspektiiv, mille kohaselt tänasel kujul elektrituruseaduses sisalduv toetuskeem riigi poolt kaotatakse. Seetõttu viiakse lõpule varem algatatud projektid ja ka 2017. aasta osas võib ennustada tootmisvõimsuste kasvu. Jätakuvalt on aga ebaselge riigi poliitika taastuenergia investeeringute suhtes pärast 2020. aastat. Selline ebaselgus avaldab kindlasti mõju ka investeeringutele taastuenergia sektoris lähiaastatel [1].

Taastuenergia osakaal suurenes 2015. aastal energia lõpptarbimises Eurostati andmetel 2,3% võrreldes 2014. aastaga: 26,3%-lt 28,6%-ni.

Tabel 1.3 Taastuenergia osakaal energia lõpptarbimises (%) [1]

Allikas: Eurostat ¹⁴



Uusi päikeseenergia tootmisvõimsusi lisandus võrku 3,74 MW ning toodetud elektrienergia maht kasvas võrreldes 2015. aastaga kahekordseks, peaaegu 3 GWh-ni. Hinnanguliselt on päikesepaneelide installeeritud koguvõimsus jõudnud 10 MW piirini ning päikeseelektri tootjaid lisandus 2016. aastal ligi 250, kellest 243 on liitunud võrguga ning kellele lisanduvad autonoomsed tootjad, kes võrguga ei ole liitunud. Tunduvalt on aga suurenenud suuremate, üle 200 kW võimsusega päikeseпаркide kasv võrreldes eelnevate aastatega ning samuti on tõusnud autonoomsete päikeseelektrijaamade arvukus, mida mõjutas suuresti Elektrilevi OFF-grid jaamade püstitamine. Jätkuv tehnoloogia hindade alanemine on aidanud kaasa päikeseenergeetika jõudsale kasvule, millele sarnase trendi jätkumist näeme kindlasti ka tulevikus [1].

Juurdekasv mikrotootmises, mis hõlmab tootmisvõimsuseid kuni 15 kW, suurenes võrreldes 2015. aasta 220 lisandunud tootjaga – 2016. aastal lisandus Taastuenergia Koja andmetel 254

mikrotootjat ning kokku on seega võrguga liitunud mikrotootjaid tänase päeva seisuga 816, kellele lisanduvad autonoomsed elektritootjad, kes võrguga liitunud ei ole. 2016. aastal lisandus autonoomseid elektritootjaid hinnanguliselt koguvõimsusega 30kW [1].

Eesti taastuvenergia potentsiaal avaldub eeskätt bioenergial baseeruva elektri ja soojuste koostootmises ning tuuleenergias ning rohegaasi (biometaani) tootmises, mis on kasutatav kõikjal, kus täna kasutatakse maagaasi.

Eesti riigil eesmärk kasutada aastaks 2020 transpordis 10% taastuvkütuseid, millest osa on plaanis katta biometaaniga. Selleks on riigil plaanis arendada biometaani turgu ja luua selle jaoks vajalikud tingimused. Biometaani tootmise käivitumine toob gaasiturule juurde uue kohalikul toorainel põhineva varustusallika ja avab gaasitarbimise osas transpordisektoris uue valdkonna.[2]

1.4 Päikeseenergia Eestis

Elektrit võrku müüvaid ja taastuvenergia toetust saavaid päikeseenergia väiketootjaid on Eestis 2016. aasta lõpu seisuga hinnanguliselt 809, kellest enamik on mikrotootjad. Sellele arvule lisandub ka nende hulk, kes on küll paigaldanud päikesepaneelid, kuid pole sellest võrguettevõtjale teada andnud [1].

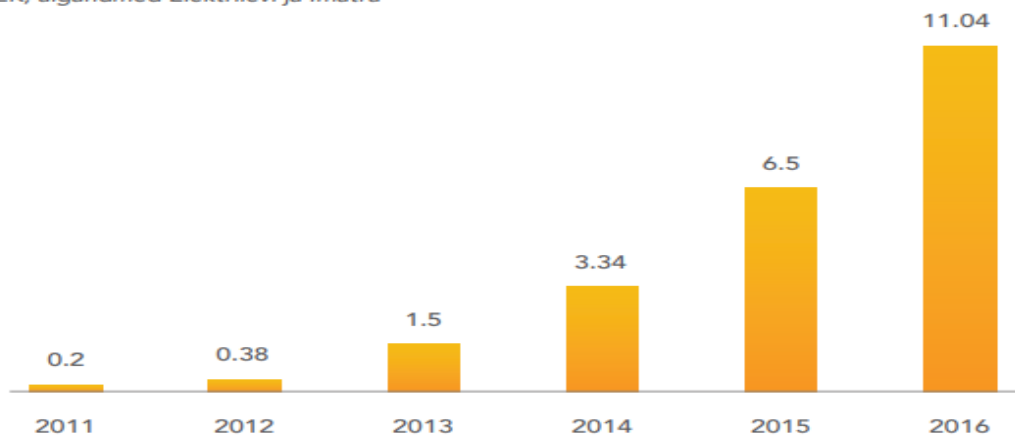
2016. aastal lisandus taaskord rekordiliselt päikeseenergia tootmisvõimsuseid 3,7 MW, mis on enam, kui aastatel 2011-2014 kokku ning 16% rohkem kui 2015. aastal. Eestis on AS Elering ja Imatra AS andmetel kokku võrguga ühendatud 11 MW päikesepaneelid [1].

Kui eelmisel aastal toodeti Eleringi andmetel võrku 1,5 GWh päikeseenergiat, siis 2016. aastal vastav kogus kahekordistus ja võrku toodeti 3 GWh elektrit. Tegelik päikesepaneelide toodang on aga suurem, sest keeruline on hinnata majapidamiste ja ettevõtete omatarbimist, mille võrra on võrku antava elektrienergia kogus väiksem [1].

Elektrituruseaduse alusel makstav päikeseenergia toetussumma oli 2016. aastal 143 162 eurot, mis on võrreldes 2015. aasta toetussummaga 51% suurem, kuid moodustab siiski kogu makstud toetusest väikese osa – 0,21% [1].

Tabel 1.4 Päikeseenergia võimsused kokku (MW) [1]

Allikas: ETEK, algandmed Elektrilevi ja Imatra



2. Päikseenergia ajalugu

Päikeseenergeetika kui uue tehnikavalla algusaastaks võib lugeda 1910, mil USA-s patenteeriti „Solar Heater“, mis tootis päikeseenergiaga sooja vett [3].

Otsese päikeseenergia kasutamise ajalugu algab juba varasemalt, s.o seitsmendast sajandist e.m.a, mil tule süütamiseks kasutati suurendusklaasi ja nõguspeegleid.

Päikesekollektori leiutas Šveitsi loodusteadlane Horace-Bénédict de Saussure aastal 1767 [4]. Klaasist kasvuhoonet meenutava, musta põhja ja soojustatud seintega nn kuumkasti (hot box) uurides avas ta ukse täiesti uuele teadusharule.

Teine päikeseenergeetika suund on elektriline, st päikeseenergiast toodetakse elektrienergiat. Otse päikesevalgusest elektri saamise alguseks võib pidada 1839.aastat, mil Prantsuse füüsik Alexandre-Edmond Becquerel avastas fotogalvaanilise efekti [3]. Efekti olemust selgitas Albert Einstein kvantfüüsika põhimõtetele 1905.aastal, töö eest omistati talle Nobeli füüsikapreemia 1921.aastal [5].

1876.aastal avastasid William Grylls Adams ja Richard Evans Day, et seleeni abil on võimalik toota elektrit. Seleenist elemendid ei tootnud küll piisavalt energiat, et varustada elektriseadmeid, kuid tõestasid, et tahke materjal suudab muuta valguse elektriks ilma kuumuse või liikuvate osadeta. Seega elektrilised nähtused vaakumis ja pooljuhtmaterjalides avastati juba 19.sajandil, kuid alles 1954.a loodi USA-s esimene räni fotoelement [3]. Selliseks arenguks andis tõuke vajadus tagada kosmoseseadmete energiavarustust.

1954.aastal, kui Daryl Chapin, Calvin Fuller ja Gerald Pearson arendasid Belli laborites ränist fotoelemendi (PV), loodi Ameerika Ühendriikides fotoelektri teooria. Tulemuseks esimene päikesepaneel, mis oli võimeline konverteerima piisavalt päikeseenergiat elektriks nii, et seda saaks kasutada tegelikult elektritootmiseks. Bell Telephone Laboratorium suutis toota ränist päikesepaneeli, mille efektiivsus oli 6 protsenti [5].

50. ja 60. aastatel vaatamata ebaõnnestunud katsetele turustada ränielementidega päikeseplatadeid tavakasutajale, olid päikeseplatadeid edukad satelliitide varustamisel energiaga. Tänapäevane räni-päikesepaneel kasuteguriga juba 10%, valmistati esmakordselt 1956. aastal. Päikesepaneelid ja päikese elektrijaamad on sellest alates saanud osaks igapäeva

elus - pisikestest taskukalkulaatoritest, kelladest kuni võimsate elektriijaamadeni, kus väljundvõimsusi mõõdetakse megavattides [4].

Hoffmann Electronics jõudis 1959. aastal massiliselt toodetavate päikeseplatade puhul 10-protsendilise efektiivsuseni. Järgmisel aastal oli efektiivsuse protsent juba 14 [5]. 1994.aastal töötas USA rahvuslik taastuvenergia uuringute labor välja päikeseplatade elemendi, mis koosnes gallium-indiumfosfiidist ja galliumarseniidist. Sellest sai esimene elemenditehnoloogia, mis ületas 30 protsendi kasuteguripiiri. Ülemaailmne töötavate päikeseplatade koguvõimsus jõudis 1999.aastal 1000 megavatini [5]. 2011.aastal oli Euroopa suurim PV-elektriijaam SOLAR PARK Saksamaal Berliini lähisel paikneval Brandenburg-Briest Solarpark, mis koosneb 383 000 päikeseplatadest ja mille võimsus on 91 MW. 2012. aastal on suurim 100 MW päikeseplatade park Ukrainas, arendaja Activ Solar [5].

Eelnevalt nähtuvalt on aasta-aastalt leitud võimalusi suurendada päikeseplatade koguvõimsust. See annab kindluse, et päikeseenergeetikas on suur tulevik.

Eesti on päikeseenergeetika valdkonnas veel arengujärgus. Muidugi on enamik inimesi enda teadmata kasutanud päikest suvel vee soojendamiseks. Kuid tõsisemalt on Eestis koduses hakatud päikeseenergeetikaga tegelema seoses vajadusega vähendada kulusid elektrienergiaks. Seoses elukalliduse tõusuga, mis tingib elektri ja ka soojusenergia kõrgema hinna. Kõik see kokku on loonud vajaduse otsida teisi energia saamise viise.

Huvi päikeseplatade vastu on Eestis suur, kuid nende soetajaid viimaste kõrge maksumuse ja madala kasuteguriga tõttu napib. Küll on Eestis ringi sõites üha enam näha katustel päikeseplatade kollektoreid, mida kasutatakse vee soojendamiseks.

Esimene tõsiselt arvestatav PV-elektri kasutaja Eestis oli Veeteede Amet, mis varustas 1990.aastate lõpus PV platadega meremärke ja tuletorne. Süsteemi võimsused kuni 0,5 KW. Laiem kasutamine just elektriühenduseta majapidamistes algas 2000. aastate teisel poolel, põhjusel, et vastava tehnoloogia hind oli muutunud kättesaadavamaks.

Eesti esimese päikeseelektriijaama rajas Energy Smart OÜ. Lõuna-Eestisse Sõmerpalu valda Kurenurme külla rajati pilootprojektina 100 KW võimsusega päikeseelektriijaam. Park koosneb 11 päikesest jälgivast jagajast, millele on kinnitatud 40 paneeli nimivõimsusega 245W/tk.

3. Päikeseenergia

Päikeseenergia on Päikese kiirguse kasutamine mingit liiki energia saamiseks. Päikeseenergia on ammendamatu ja perspektiivis ökoloogiliselt puhas, mis tähendab, et ei tooda kahjulikke jääke.

Aastase päikesekiirguse hulk sõltub piirkonna asukohast maakeral. Kõige päikesepaistelisemad paigad saavad aastas horisontaalpinna ühe ruutmeetri kohta kuni 2500 kWh päikeseenergiat. Eestis ulatub aastase päikesekiirguse energia ruutmeetri kohta kuni 1200 kWh [3].

Eestis on päikesepaisteliste tundide arv Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi andmete järgi keskmiselt 1745,7 tundi (1971 - 2000 aastate vaatluste tulemusel). Päikesepaisteliste tundide arv moodustas 2005 - 2010 aastate vaatluse tulemusel keskmiselt 1862,3 tundi. Kõige optimistlikumad prognoosid ütlevad, et 2020 aastaks võiks päikeseenergia anda 5 - 25% maailma energia tootmiseks ning 2030. aastaks võiks päikeseenergia moodustada 15% kogu Euroopa energiatootmisest [4].

Kõige levinuim, mugavam ja otsesem päikesekiirgusest saadava energia kasutusviis on ruumide kütmine ja valgustamine ning vee soojendamine päikese toimetel.

Lisaks on kasutusel veel erinevaid päikeseenergia kasutusvõimalusi:

Norras kasutatakse päikeseküttel töötavaid heina- ja viljakuivateid. Sellistes süsteemides imetakse välisõhk läbi välise plekk-või kivikatuse ja sisemise katuse vahelise ruumi katuseharja all asuvasse kanalisse. Hein laotatakse võrestikele ja õhk juhatakse heina alla. Niisuguse meetodi põhieeliseks ei ole tavaliselt mitte energia kokkuhoid, vaid heina suurepärase kvaliteet [6].

Päikesesoojust saab kasutada ka hoonete jahutamiseks. Üks jahutusrakenduste olulisi eeliseid seisneb selles, et jahutamisevajadus langeb tihtipeale ajaliselt kokku päikeseenergia kõige parema kättesaadavusega ja energiat pole tarvis salvestada.

Üks võimalus kasutada päikesesoojust jahutamiseks on suurendada päikeselõõride abil loomulikult ventilatsiooni [6].

On loodud palju mitmesuguseid päikesepliite ja kõige tavalisem nendest on päikeseenergiat kasutav küpsetuskast. See on üks kuni kolm keedunõu klaasiga kaetud ja tihtipeale reflektoriga varustatud kast. Päikeseenergiat saab kasutada ka vee pastöriseerimiseks [6].

Lisaks passiivsele päikeseenergia kasutamisele tuntakse ka aktiivseid päikeseenergia süsteeme, mis erinevad esimestest selle poolest, et päikeseenergiat kasutatakse mõne muu seadme vahendusel. Näiteks võimaldavad päikesekollektorid otseselt või kaudselt soojendada vett, kasutades päikesekiirgust.

Päikesest elektrienergia ja soojusenergia saamiseks on mitmeid viise [3]:

1. Fotoelementide abil elektrienergia saamine;
2. Heliotermaalne energetika (päikeseküte), Päikese kiirtega pinna kuumutamine ja järgnev soojuse jaotamine ning kasutamine;
3. „Päikese purjed“, ilma õhuta ruumis muudetakse päikese kiirgus kineetiliseks energiaks;
4. Õhu soojuse elektri jaamad, Päikese kiirguse muutmine õhuvoolu energiaks, mis on suunatud turbogeneraatorile;
5. Päikese aerostaatilised elektri jaamad, vee auru genereerimine aeroostaati ballooni sisemuses aeroostaati pinna kuumutamise teel Päikese energiaks.

Selgus, et maailmas kõige kiiremini kasvavaks taastuvenergia valdkonnaks on võrku ühendatud päikeseelektrisüsteemid (PV). Aastatel 2000-2004 kasvas selliste süsteemide paigaldamine igal aastal 60%. Katusele paigaldatud päikesekollektorid katavad 40 miljoni majapidamise soojaveevajaduse üle maailma [3].

Kas ja mille poolest mainitud päikesepaneel ja päikesekollektor erinevad? Päikesepaneel on üldine termin päikest neelavate elementide kohta, mis kannavad päikeseenergiat üle torustiku või kaabli abil. Päikeseenergia kogumine ülekandmiseks vedelikule päikesepaneelis toimub päikesekollektori vahendusel.

3.1 Päikesekiirguse liigid

Päikesepaneelid saavad elektritootmiseks kasutada kolme liiki päikesekiirgust [4]:

- otsekiirgus,
- hajuskiirgus ja
- maapinnalt peegeldunud kiirgus.

Otsekiirgus on paralleelsete kiirtena leviv päikesekiirgus, mis jõuab maapinnani siis, kui taevas on pilvitu. Otsekiirgus annab kõige enam energiat, mille maksimaalseks püüdmiseks kasutatakse ka liigutatavaid või päikest järgivaid ajameid. Otsekiirgust esineb Eestis kõige enam saartel ja Põhja-Eestis. Lõuna-Eestis on pilvisust enam ja päikesepaneelide tootlikkus on üldiselt mõnevõrra väiksem [4].

Hajuskiirgus on see osa päikesekiirgusest, mis jõuab maapinnani pärast hajumist atmosfääris. Selle hulk sõltub atmosfääri läbipaistvusest, päikese kõrgusest, pilvedest ja albedost [7]. S. Velling ja T. Vaasma on kirjutanud, et hajuskiirguse puhul üldjuhul ei sõltu, mis ilmakaarde paneelid suunatud on, energia tootlikkus jääb samaks, kuna pilvise ilmaga ei teki objektist varju, mis paneelide töötamist segaks. Kuigi hajuskiirgus on oluliselt väiksema energiaga kui otsekiirgus, on see siiski arvestatav faktor elektri tootmisel päikeseenergiast. Samuti väitsid, et praktilised mõõtmised on näidanud, et pilves ilmaga on paneelide tootlikkus ca 7 korda väiksem võrreldes otsekiirgusega.

Maapinnalt peegelduv päikesekiirgus on Eesti puhul on täiesti arvestatav talveperioodil, kui lume pinnalt peegeldub tagasi päikesekiirgus [4].

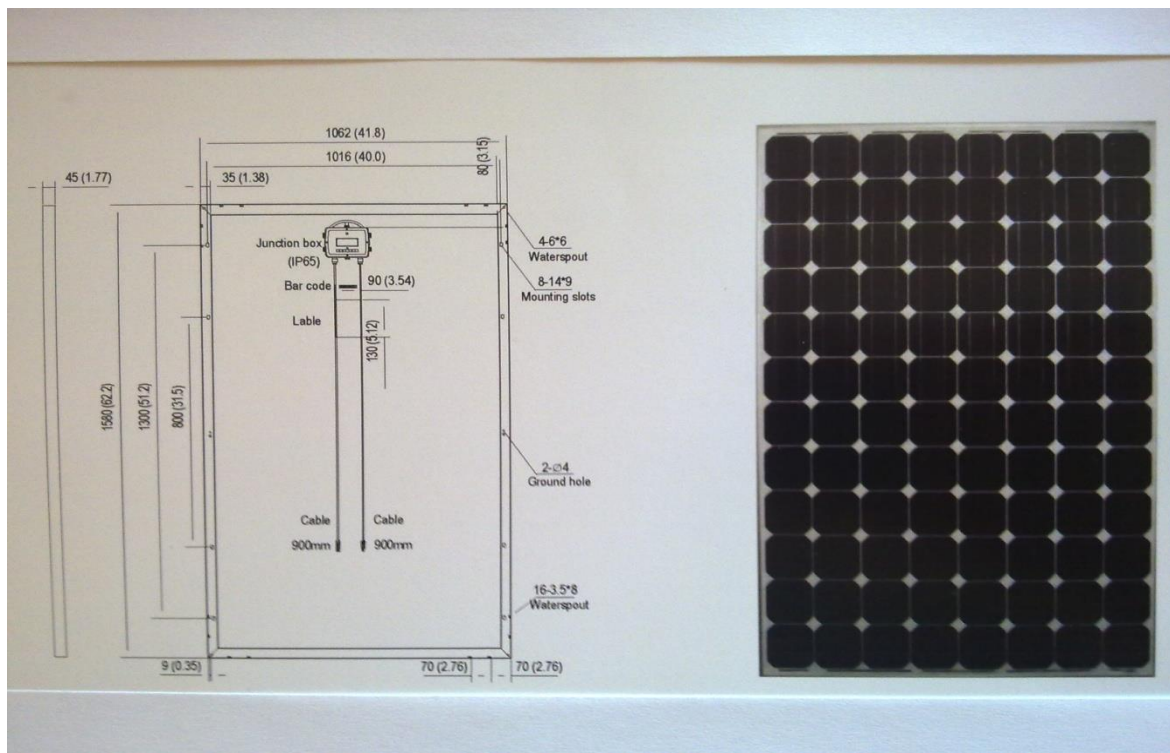
3.2 Päikese-elekter fotoelementide abil

Fotogalvaanilise efekti, s.t. valguse muutmise elektrostaatiliselt energiaks, avastas 1839 aastal prantsuse füüsik Edmond Becquerel. Ta pani tähele, et kahe identse, halva elektrijuhtivusega elektrolüüdis paikneva elektroodi valgustamisel tekib nende vahel elektripinge. Valguse neeldumisel pooljuhis tekib pinge ja kui pooljuhiga ühendada välisahel, läbib seda elektrivool. Neeldunud energia muudetakse seega elektriks [3].

Fotoelement on elektrooniline seade, mis kasutab valgust (footoneid), et toota elektrienergiat, s.t. muudab footonite energia elektrienergiaks [3].

Selgus, et päikeseplatari on päikese energiat elektrienergiaks muundav seade. Päikeseplatari koostatakse ventiilfotoefektil põhinevatest elementidest, mis kinnitatakse paneelidele ja ühendatakse platariiks. Platari koosneb enamasti ränikristallist fotoelementide moodulitest. Genereeritud elektrienergia ja kiirgusenergia suhe kujutab endast fotoelemendi kasutegurit [3].

Esimesed fotoelemendid valmistati möödunud sajandil seleenist ja nende kasutegur oli 1 kuni 2%. Tänapäeval valmistatakse enamik fotoelemente ränist. Räni on hapniku järel levinum keemiline element maakeral. Tavaliselt toodetakse seda kvartslüüvast. Fotoelementides kasutamiseks piisavalt puhta räni saamiseks läheb siiski vaja õige mitut keerulist töölusjärku. Täna turul olevate fotopaneelide päikesevalguse elektriiks muutmise kasutegur jääb alla 20%, siis lähitulevikus on turule tulemas näiteks nanotehnoloogilised päikesepaneelid, mille kasutegur on ligikaudu 60% [3]. Joonisel nr 1 on toodud üks näide PV paneelist.



Joonis 3.1 PV-paneel HJM250M-32 (OÜ Solar4you) [8]

Päikeseelektrijaam on Päikese kiirgusenergia kasutamisel põhinev elektrijaam. Lihtsam on fotoelementidega, mis muudavad päikeseenergia otse elektrienergiaks päikeseplatariide abil, mis paiknevad päikese asendit järgivail või liikumatuil paneelidel. Enam kasutatakse

mitmeastmelist muundamist, süsteem koosneb peamiselt kiirgusvastuvõtjaist, aurugeneraatorist ja turbiingeneraator agregaatidest. Vastavalt töö põhimõttele jagatakse nad fotoelektrilisteks, rennpeegel- ja tornpäikeseelektrijaamadeks [3].



Joonis 3.2 2009 aastal Saksamaal reisiril olles tehtud foto fotoelementidega päikeseelektrijaamast (autori foto)

Päikesepaneelid ehk PV paneelid või päikeseplatadeid võimaldavad keskkonnasõbralikku ja sõltumatut elektritootmist. Päikesepaneelid kasutavad taastuvat ja vabalt saadaolevat päikeseenergiat. Nende valmistamiseks kulutatud energiakogus jääb oluliselt alla paneelide eluea jooksul toodetud elektrienergiale. Mitmete prognooside järgi kujunevad PV paneelid üheks oluliseks taastuenergia tehnoloogiaks sellel sajandil.

PV paneeli ligikaudne eluiga on 25-30 aastat. Kuigi PV süsteemi alginvesteering on veel täna suurem kui teistel taastuenergia tehnoloogiatel, on tal siiski mitmed eelised [3]:

- *erinevalt generaatoritest ja koostootmisjaamadest ei vaja päikeseelektri süsteem kütust;
- *PV süsteemil ei ole liikuvaid osi, selle paigaldamine ja kasutus on lihtne ning pea hooldusvaba;
- *erinevalt tuule ja hüdroenergia seadmetest ei ole päikesepaneelide kasutamisel piiranguid, neid võib lihtsalt paigaldada kõikjale asulatesse;

*PV paneelid sobivad asendama muid katuse või fassaadikatte materjale, kuna nad on valmistatud veekindlast materjalist ja paigaldatavad teineteisega seotud moodulitena.

3.3 Päikeseküte

Päikeseküte põhineb päikesekiirguse kasutamisel kütteks, mida võib liigitada passiivseks ja aktiivseks.

Kõige levinuim, mugavam ja otsesem päikesekiirgusest saadava energia kasutusviis on ruumide kütmine ja valgustamine ning vee soojendamine päikese toimel. Sellisel passiivsel moel energia kasutamise efektiivsemaks muutmiseks projekteeritakse majad maastikul nii, et aknad oleksid päikese suunas ning kasutatakse soojust absorbeerivaid materjale, et vähendada temperatuuri muutusi

Passiivse päikesekütte kasutamine seisneb peamiselt hoone projekteerimisel teatud ehitustehniliste meetmete kasutamises. Passiivse päikeseküttega süsteemid jagunevad otseseks ja kaudseks. Otsese säästu süsteem tähendab õigete mõõtmetega ja õigesti suunatud (lõunasse suunatud) aknaid. Sellisel teel saab vähendada kütmiss vajadust 5 kuni 15% [3]. Üleskütmise vältimiseks suvisel ajal on tähtis ruloode ja piisava ventilatsiooni olemasolu. Kaudsed süsteemid ehk päikeseseinad tähendavad mustaks värvitud ja suure mahutavusega lõunapoolseid välisseinu, mis on suutelised toimima päikesekollektorina [3].

Valguse ja soojuse kandumist läbi akna on võimalik suurel määral juhtida kattedkihtide ja kelmete abil. „Taastuvenergia käsiraamatu“ põhjal saab ilma valguse visuaalset kvaliteeti halvendamata muuta akent läbiva energia kogust ligikaudu 50% ulatuses. See on väga tulus passiivse päikesekütte rakendustes, sest „arukaid“ aknaid saab kasutada nii ülekütmise vältimiseks päeval kui ka soojuskadude vähendamiseks öösel [6].

Suuremate hoonete juures pakuvad arhitektuurilises mõttes ahvatlevat võimalust päikeseenergia ärakasutamiseks aatriumid. Aatriumites soojendatud õhku kasutatakse ventilatsiooniõhu eelsoojendamiseks, millega on võimalik vähendada hoone kütmiss vajadust. Samuti võimaldavad aatriumid päikesevalgustuse paremat ärakasutamist, millega võib saavutada tuntavat energiasäästu [3].

Passiivmaja on üliväikese energiavajadusega ehitise efektiivsete välispiiretega, mis vähendavad märkimisväärselt ehitise struktuuride energia tarbimist ning ei kasuta kütteks ja jahutuseks rohkem kui 15 kWh/m² soojusenergiat aastas. Toodud nõude täitmine eeldab ehitusprojektides passiivse päikesekütte ja/või aktiivsete päikesetehnoloogiatega arvestamist.

Liginullenergiahoone on passiivmaja edasiarendus, mis eeldab täiendavate taastuvate energiaallikate kaasamist ehk aktiivsete taastuvenergia süsteemide kasutamist, näiteks tuulegeneraator või päikesepaneelid, millede kasutamisel hoone ei kuluta rohkem energiat, kui ise toota suudab.

Lisaks passiivsele päikeseenergia kasutamisele tuntakse ka aktiivseid päikeseenergia süsteeme. Neist tavalisemad on päikesekollektorid, sojussalvestid ja nende torustikud ning reguleerimisseadmed. Selgus, et sel moel on päikeseenergia kogumine 3 korda efektiivsem, kui elektrienergia tootmine päikesevalgusest [4].

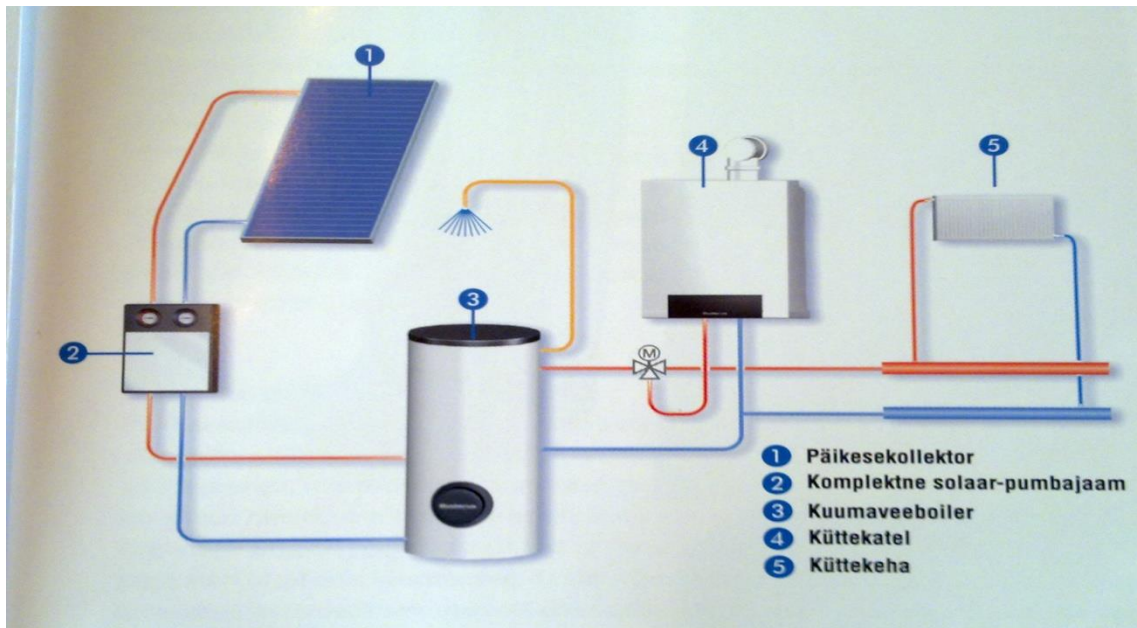
Päikesekollektor neelab päikesekiirgust ja muudab selle soojuseks [3]. Peatükis 3.1 on mainitud, et päikesekiirgus jaguneb otseseks ja hajutatud päikesekiirguseks. Selleks, et päikeseenergia saamise ja kasutamise eriaegsust tasandada, püütakse kasutada sojussalvestite abi.

Eesti kliimatilistes tingimustes on probleemiks päikesekiirguse olemasolu ja soojusvajaduse eriaegsus, mistõttu kuulub päikesekütte juurde ka soojuse salvestamine. Vaatamata sojussalvestile ei kata päikeseenergia Eesti kliimas reeglina kogu hoone soojatarvet ja vajatakse ka abienergiat lisasoojusseadmetelt. Tarbevee soojendamise süsteemides on salvesti maht kollektori ühe ruutmeetri kohta 50 kuni 60 liitrit. Nii ruumide kütmiseks kui ka tarbevee soojendamiseks mõeldud süsteemide puhul on kollektori pindala suurem, mistõttu salvesti vee maht valitakse 25 kuni 30 liitrit kollektori pinna ühe ruutmeetri kohta [3].

Ühepereelamu tarbevee soojendamise süsteemides on kollektori tavaline suurus 4 kuni 6 m² (10 kuni 15% kogu hoone energiavajadusest, 60% tarbevee soojendamise energiavajadusest). Tarbevee soojendamiseks on vajalik kollektoripinda ca 1 kuni 1,5 m² inimese kohta [9].

Päikseküttesüsteemi tööpõhimõte (vt. joonis 3.3) päikesekiired soojendavad päikesekollektoreid (1). Need annavad soojuse solaarvedelikule ära. Kui temperatuur kollektoris ületab salvestitemperatuuri, transpordib pumbagrupid (2) asuv ringluspump

soojendatud vedeliku toruühenduste kaudu kuumaveeboilerisse (3). Salvestis olev soojusvaheti kannab soojust üle tarbeveele.

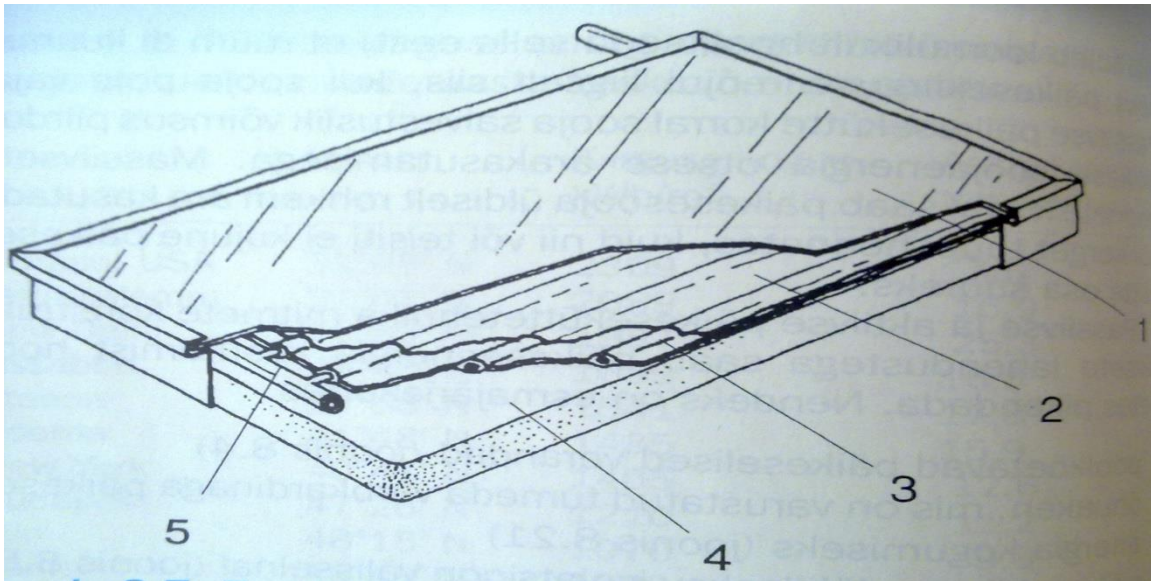


Joonis 3.3 Päiksekütte tüüpskeem [9]

Nii ruumide kütmiseks kui ka kuuma tarbevee saamiseks mõeldud süsteemides võib kollektori pindala ulatuda 10 kuni 30 m²-ni (20 kuni 30% kogu hoone energiavajadusest). Samas on oluline märkida, et juba ainult 6 m² suuruse kollektorvälja korral välditakse kuni 1.000 kg CO₂ emissiooni aastas! [9]

Päikesesooja aktiivne kogumine võib toimuda kas koondatuna (sfäärilised päikesekollektorid) või tasapinnalisena [10]. Sfäärilised kollektorid eeldavad otsest tugevat päikese kiirgust ja nad ei sobi hajutatud kiirguse puhul. Tasapinnalise kollektoriga saadud sooja temperatuurinivoo on madalam kui sfäärilise kollektori puhul.

Enamkasutatavad on vedelikuringlusega tasapinnalised päikesekollektorid. Nendes soojendab päikese kiirgus musta absorpentplaati, mis on kaetud selektiivklaasi, akrüülplaadi või polükarbonaatplaadiga. Toimub soojusülekanne absorpentplaadilt torustiku sees ringlevale vedelikule (vt. joonis 3.4).



Joonis 3.4 Tasapinnalise kollektori tüüplahendus: 1) selektiivne kate, 2) selektiivpind, 3) absorptsiooniplaat, 4) soojustus, 5) kogumistoru.[10]

Kollektori soojustehnilistest omadustest on tähtsam kasutegur. Kasutegur määratakse kollektorile langenud kiirgussooja ja kogutud sooja suhtena. Kollektori kasutegur püütakse saada võimalikult kõrge, valides katteks klaas- või plastplaadi, mille päikesekiirguse läbilase on võimalikult suur. Kollektori pinna päikesekiirguse neeldumisvõime püütakse saada võimalikult suur ning soojuskiirguse emissioonivõime võimalikult väike. Selline selektiivne pind saadakse, kattes metallpinna õhukese musta kihiga või tehes karedaks [10].

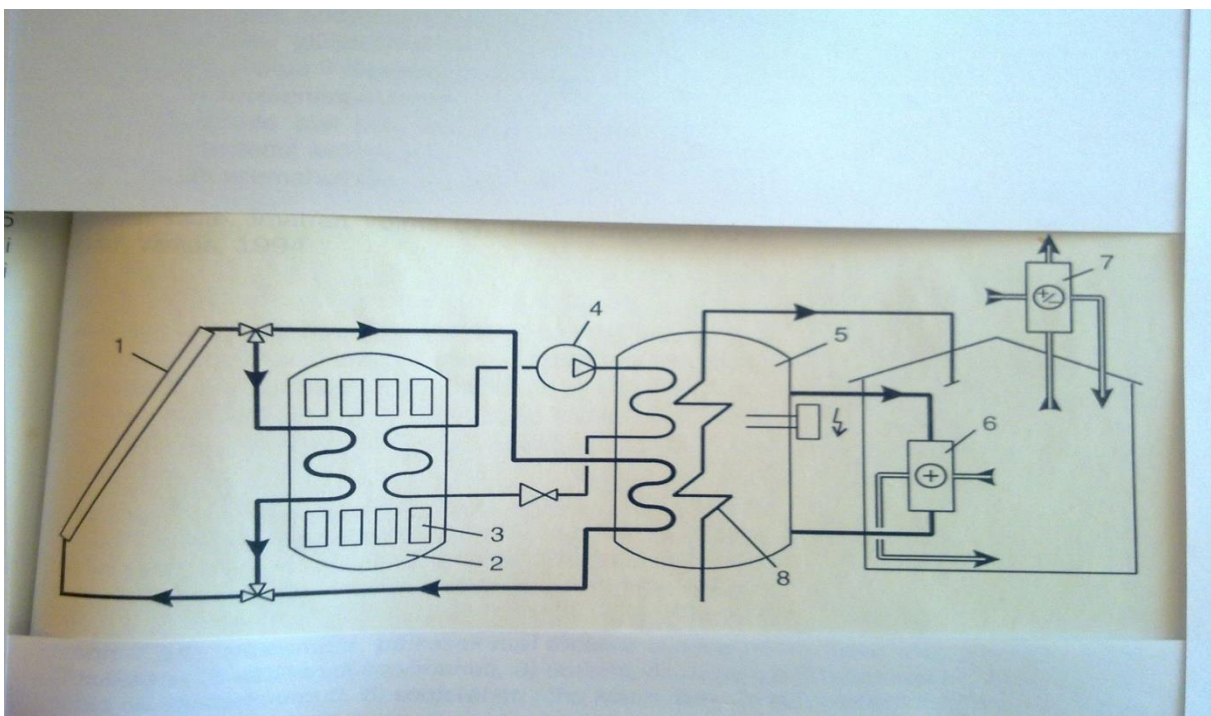
Tasapinnalise kollektoriga saab ära kasutada nii otsest kui hajutatud päikesekiirgust ja Eesti kliimas on need ainsad kasutamiseks kõlblikud kollektorid. Tasapinnalise kollektori kasutegur on parim, kui kiirgusvõimsus ja välistemperatuur on kõrged ning kuumutatava soojuskandja temperatuur madal. Just seepärast on tarbevee kuumutamine aktiivse päikseküttega sobiv [10].

Päikesekollektori võib ühendada ka vesikütte- või õhkküttesüsteemiga, mis määrab ka kasutatava temperatuurinivoo. Mida madalam on küttesüsteemi temperatuur, seda rohkem päikeseenergiat saab kasutada. Seepärast on küllalt tõhusad päikseküttega õhendatud põrand- ja lagiküte. Päikesekütte ringlussüsteem on üldjuhul eraldatud kütteringlusest soojusvahetiga ja kollektorsüsteemis ringleva vedelikuna kasutatakse külmumatut alkoholi või glükooli vesilahust. Soojusvaheti võib paikneda salvestis või asuda väljaspool salvestit. Kasutades soojuskandjana õhku ei ole karta külmumis- ega keemisohtu ning korrosiooniprobleemid on

väiksemad, puuduseks on õhu halvad soojusülekanne omadused ja õhu ringlemiseks on vaja suure võimsusega ventilaatorit [10].

Päikesekütte kasutamiseega kaasneb probleem, et kollektorilt saadav soojaenergia on vähim siis, kui kütteenergia vajadus on suurim. Kollektorilt saadavale soojale võib lisa anda soojuspump (vt. joonis 3.5). Soojuspumbalt saadav kasu on seda suurem, mida suurem on kollektor. Parimates soojuspumpsüsteemides saadav kasulik energia on ligikaudu kaks korda suurem, võrreldes ainult kollektoril töötava päikesepatareiga [10].

Lisaks võimaldab soojuspump tõsta soojuskandja temperatuuri.



Joonis 3.5 Väikemaja päikeseküttel töötava soojuspumpseadme ühendamise näide: 1) kollektor, 2) etüleenglükooli mahuti, 3) ühtlusti, 4) soojuspumba kompressor, 5) veemahuti, milles on elektriküttespiraal, 6) soojusvaheti (õhu soojendamine), 7) soojusvaheti (ringlusõhu soojendamine) 8) soojusvaheti (tarbevee soojendamine) [10]

4. Päikeseenergia kasutamise eelised ja probleemid

Analüüsid ja võrreldes erinevaid artikleid selgus, et päikeseenergia kasutamisel on nii eelised kui ka puudused. Järgnevalt vaatame mõlemaid.

4.1 Päikeseenergia kasutamise eelised

- Üldine juurdepääs. Päikest on külluses, see on tasuta ja varud ammendamatud;
- Teoreetiliselt ohutu ümbritsevale keskkonnale;
- Ei tooda töötamise ajal kasvuhoonegaase ja säästab fossiilseid kütuseid;
- Päikesepatareid (PV-paneelid) ja -kollektoreid saab kasutada paljudes kohtades ja mitmel otstarbel
- Päikesepatareid ja -kollektoreid saab paigaldada katusele, võimalus kasutada ka linnades;
- Vähe nähtavat mõju, vaikne;
- Keskkonnasäästlik taastuvenergia: väheneb fossiilsete kütuste põletamine energia saamiseks, samuti maavarade kaevandamine ja sellega kaasnevad keskkonnamõjud;
- Energia tootmisega ei kaasne ohtlike kasvuhoonegaaside emissiooni keskkonda;
- Küllaltki madalad hoolduskulud;
- Päikeseenergiat saab kasutada kohapeal, ei ole vaja ühendust elektrivõrku;
- Päikeseelektrijaamasid saab kasutada sõltumatu elektrivarustuse tagamiseks;
- Energiatootmise kulusid saab prognoosida ja neid ei mõjuta kütusehinna kõikumine;

4.2 Päikeseenergia kasutamise probleemid

- Päikesepatareide tootmis- ja paigalduskulud on täna veel palju kõrgemad kui tavapärastest allikatest saadud elektri maksumus, tasuvusaeg 10 aastat (pangalaenuga soetades pikeneb tasuvusaeg 15 aastani) - see on liiga pikk aeg;
- Päikesepatareide fotoelementide kasutegur on täna väiksem kui 20% (N: Eestis müüda val 250W paneelil HJM250M-32 on see 15,5% [11]). Märkimisväärse elektri koguse saamiseks on vaja suuri paneelidega kaetud alasid;
- Külmal öödel härmalise moodustumise oht katte välispinnale soojakiirguse mõjul;
- Päikesekollektoril vee kondenseerumine katte sisepinnale ja isolatsiooni absorptsioonipinna alla, külmumisoht;

- Päikeseplatadeid ja -kollektorid ei tööta öösel ja töötavad ebapiisava efektiivsusega hommikul ning õhtu hämaruses, viimaste võimsus sõltub veel ilmastiku tingimustest;
- Päikeseplatadeid ja -kollektoreid tuleb regulaarselt puhastada tolmust ja muust saastest, suurte pindade puhastamine võib osutuda raskeks;
- Päikeseplatadeid fotoelementide efektiivsus langeb märgatavalt nende kuumenemisel, seetõttu on hädavajalikud nende jahutamise seadmed;
- Päikeseplatadeid fotoelementid sisaldavad mürgiseid aineid- tina, kaadium, gallium, arseen jt. Kuna kaasaegsete fotoelementide tööiga on 30 kuni 50 aastat, siis nende massiline kasutamine püstitab keerulise utiliseerimise küsimuse, millele täna puudub ökoloogiliselt vastuvõetav lahendus. Seoses ökoloogilise probleemiga ja räni defitsiidiga on hakatud aktiivselt arendama õhukese lintfotoelementide tootmist, kus räni on umbes 1%.
- Põhilise osa energiast saab toota ainult päevavalguses, öösel saab kasutada vaid juba salvestatud energiat
- Sesoonsus. Talvekuudel on päikeseplatadeid kasutamise efektiivsus madal vähese valge aja tõttu
- Käesolev tehnoloogia on ebaefektiivne - vaid viiendik päikeseenergiast muudetakse elektrienergiaks
- Küllaltki suur ressursikulu ning kõrge hind
- Päikeselementide tootmine ja paigaldamine on kallis
- Vajavad küllaltki suurt maa-ala, kui nende abil arvestataval hulgal elektrit toota
- Pikk tasuvusaeg ilma täiendavate toetusteta

Võitlus probleemidega on pidev. Tehnoloogiaarenduse peamiseks eesmärgiks on päikeseplatadeid kuluva materjalihulga vähendamine, kuid samaaegselt nende efektiivsusnäitajate säilitamine või tõstmine. Selleks viiakse läbi uuringuid erinevate õhukesekihiliste membraanide ning nanostruktuuridega, millest eeldatavasti lähitulevikus jõuab osa ka reaalsete tulemusteni ning toodeteni [3].

Täna on Eestis päikeseenergeetika kasutamine veel marginaalne. TTÜ materjaliteaduse instituudi professori Enn Mellikovi hinnangul muutub päikeseenergia Eestis majanduslikult kasulikuks mõnekümne aasta pärast. Nimelt otsivad TTÜ materjaliteaduse instituudi teadurid Eesti tingimuste jaoks sobivamaid päikeseplatadeid, sest täna turul pakutavad päikeseplatadeid

on kallid, lühikese elueaga ja väikese kasuteguriga. Mellikov on päikeseenergeetika massilises kasutuselevõttus kindel. Mellikov on öelnud, et juba lähitulevikus võib juhtuda, et ilma päikeseenergeetikata ei saa maailm enam hakkama. Täna otsitakse lahendusi päikeseenergia kogumisele ja salvestamisele. Lisaks uuritakse võimalusi, et päikese paneelid hakkaksid ennast päikese järgi keerama, õigupoolest valguse järgi, sest ka veebruaris pilvise ilmaga toodab selline päikeseenergiajaam energiat, kogudes seda lume pealt peegelduvast valgusest [3].

Soodsam päikese-soojuse kasutamise viis on Eesti kliimaatilistes tingimustes passiivne päikeseküte, kus päikese kiirguse kasutamine toimub peamiselt akende õige suunamisega ja hoone soojusmahutavusega. Aktiivse päikese kütte kasutamise võimalustest on Eesti kliimas kõige majanduslikum ja põhjendatum tarbevee soojendamine. Hoolimata Eesti kõrgest laiuskraadist, suudavad päikeseenergia toimivad päikese kütte süsteemid rahuldada umbes 40-70% sooja tarbevee vajadusest [10].

5 Päikesepaneelide kasutamine elektrienergia tootmisel

5.1 Päikeseelementide tüübid. Päikesepaneelide tüübid.

Päikeseelemente jaotakse sageli kolmeks põlvkonnaks [12]:

- Esimeseks põlvkonnaks loetakse mono- ja polükristallilise räni päikesepaneele.
- Teiseks põlvkonnaks kutsutakse 1970-ndatel turule tulnud õhukesekilelisi päikeseelemente, mis olid esiti palju odavamad tänu väiksemale materjalikulule, kuid ka väiksema efektiivsusega kui esimese põlvkonna elemendid. Levinumateks materjalideks on amorfne räni (a:Si), kaadmiumtelluriid (CdTe) ning vask indium gallium seleniid (CIGS). Kandes element polümeersele substraadile (näiteks polüimiidkilele), on võimalik saada paindlik, õhuke ja kerge kaaluga moodul. Tänapäevaks on õhukesekilelised päikeseelemendid nii oma hinna kui ka efektiivsuse poolest enam konkurentsivõimelised esimese põlvkonna päikesepaneelidega.
- Kolmanda põlvkonna definitsioon pole veel kindlalt määratletud ning sinna alla käivad enamuse arengufaasis päikeseenergia tehnoloogiaid. Üldiselt iseloomustavad selle põlvkonna elemente uudsed materjalid, mis lubavad kõrgemaid efektiivsuseid ning madalamat hinda, ning sinna alla lähevad näiteks kvantttäpp, värvainete sensibiliseeritud ning orgaanilised ehk polümeersed päikeseelemendid. Sageli nimetatakse ka mitme siirdealaga päikeseelemente kolmandaks või isegi neljandaks põlvkonnaks.

Tabel 5.1 Päikeseelementide kasutegurid [7]

Elemendi / Moodulitüüp	Element, labor $\eta_{max}, \%$	Element, sari $\eta_{max}, \%$	Moodul, sari $\eta_{max}, \%$	Moodul, sari FF (bulk factor, füllfaktor)
Mono-Si	24,7	22,0	19,3	0,80
Poly-Si	20,3	17,4	15,2	0,75
SR-Si	17,8	15,0	13,0	0,73
EFG-Si	18,2	14,4	12,8	0,72
HIT	22,3	19,3	17,2	0,75
μ c-Si / a-Si	11,0	9,0	8,5	0,66
a-Si	12,1	6,8	6,6	0,57
CdS / CdTe	16,5	12,0	11,1	0,69
CIS / CIGS	20,0	11,6	11,0	0,73
Kontsentraator (triple)	41,1	36,5	27,0	0,77

Päikesepaneelide saab liigitada veel tasapinnalised ja sfäärilised päikesepaneelid. Eesti ilmastikku sobivad tasapinnalised päikesepaneelid, seda eelkõige hajutatud päikese kiirguse püüdmiseks. Teiseks on tasapinnalisi päikesepaneelide lihtsam hooldada, N: lumest puhastada. Eestis on enamkasutatavad monokristall päikesepaneelid ja viimaste edasiarendus klaas-klaas tüüpi monokristall päikesepaneelid. Kui tavapaneelidel on tagumine külj plastist, siis klaas-klaas tüüpi päikesepaneelil on ka tagakülj klaasist. Klaas-klaas lahendus tagab päikesepaneelile pikema eluea ja töökindluse.

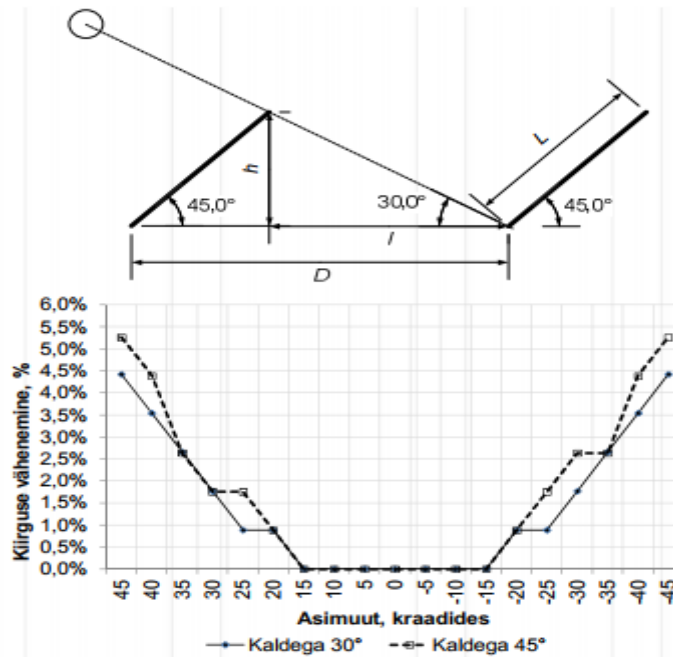
5.2 Päikesepaneelide kalde, asimuudi ja temperatuuri mõju tootlikkusele

Paneeli kaldega 45 kraadi tootlikkus võrreldes 40 kraadise kaldega paneelidega väheneb ligikaudu 1%, kuid kasutatav pind suureneb 5 % võrra, mistõttu suurema arvu paneelide installeerimisest tulenev summaarne aastane tootlikkus suureneb teoreetiliselt 10% [7].

Paneelide paigaldusel kaldega 30° tuleb arvestada mustumisest tingitud kadudega 2...10%, väiksema kaldega paigaldamisel suurenevad mustumisest tingitud kaod märgatavalt [10].

Päikese kiirgus pinnaühikule ei muutu kui PV-paneelid pöörata lääne või ida suunal 15 kraadi.

Kui paneelid on pööratud lõuna suhtes 15...25 kraadi, siis toob see kaasa ca 1% päikese kiirguse languse pinnaühikule sh ka samaväärse tootlikkuse languse [7].



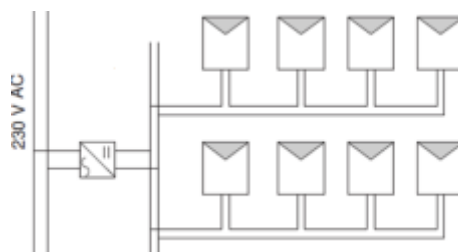
Joonis 5.1 Päikesepaneeli tootlikus sõltuvalt paneelide kaldenurgast [7]

Päikesepatareide projekteerimisel tuleb silmas pidada, et otsese päikesekiirguse mõjul võib PV-paneelide temperatuur olla 20 kuni 40 kraadi kõrgem ümbritsevast temperatuurist. Selline temperatuuri tõus põhjustab PV-paneelidel täiendavaid võimsuskadusid, mida saab vältida paremate jahutustingimuste tagamise abil [7].

5.3 Päikesepaneelide energiaühenduse süsteemid

Päikesepaneelide ühenduse võimalused inverteritega [7]:

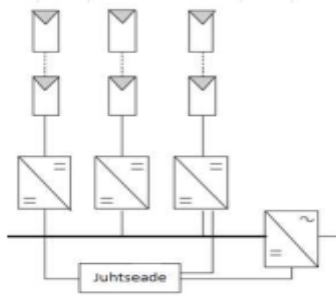
Tsentraalne



Joonis 5.2 Tsentraalne ühendusskeem [7]

- Moodulid ühendatakse jadamisi stringina, suurte võimsuste puhul paralleelselt mitu stringi ühe muunduri külge.
- Puuduseks on stringi diodide töökindlus ja kaod neis.

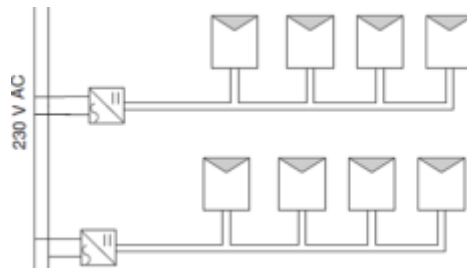
Tsentraalne ülem-alluvseadmetega



Joonis 5.3 Tsentraalne ülem-alluvsüsteem [7]

- Eelisteks on lihtne laiendatavus kui soovitakse võimsust tõsta
- Peamiseks puuduseks on suured kaod osalise varjutamise või moodulite korral, mille väljundvõimsus on oluliselt madalam

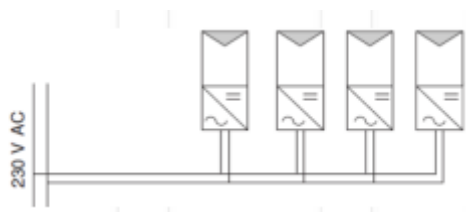
Sõltumatud stringid



Joonis 5.4 Sõltumatute stringidega süsteem [7]

- Suureks eeliseks, et alalisvoolujuhtmete arvu on oluliselt väikesem.
- Sobib hästi kasutamiseks kohtadesse, kus on oht varjude tekkimisele, kasutatakse samaaegselt eritüübilisi paneele sh mooduleid saab grupeerida ja stringe erinevalt häälestada
- Enim kasutatav lahendus

Sõltumatud moodulid



Joonis 5.5 Sõltumatute moodulitega süsteem [7]

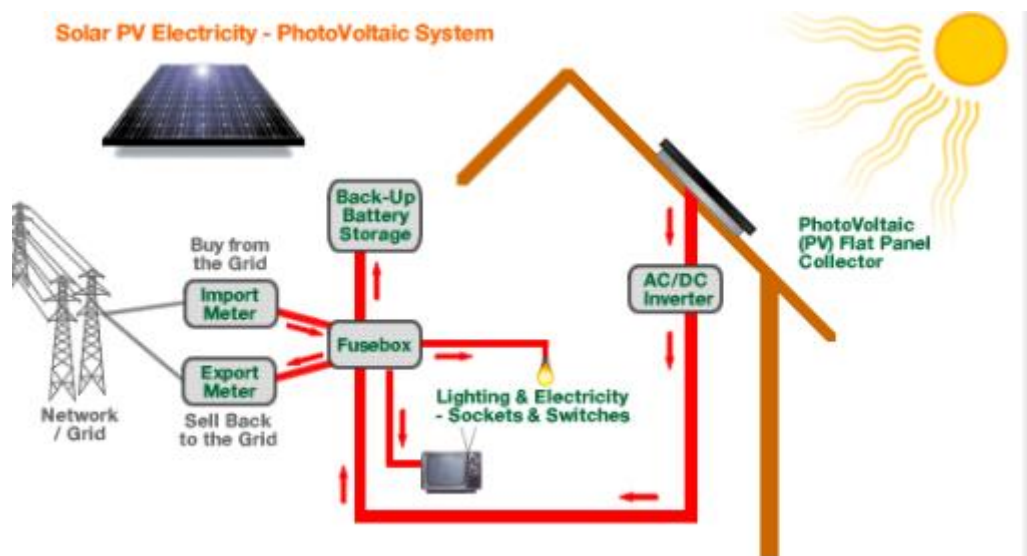
- Optimaalne lahendus varjude korral
- Kaabeldus, laiendatavuskõige lihtsam, kallim ja madalam kasutegur

- Iga moodulit saab eraldi seadistada ja häälestada

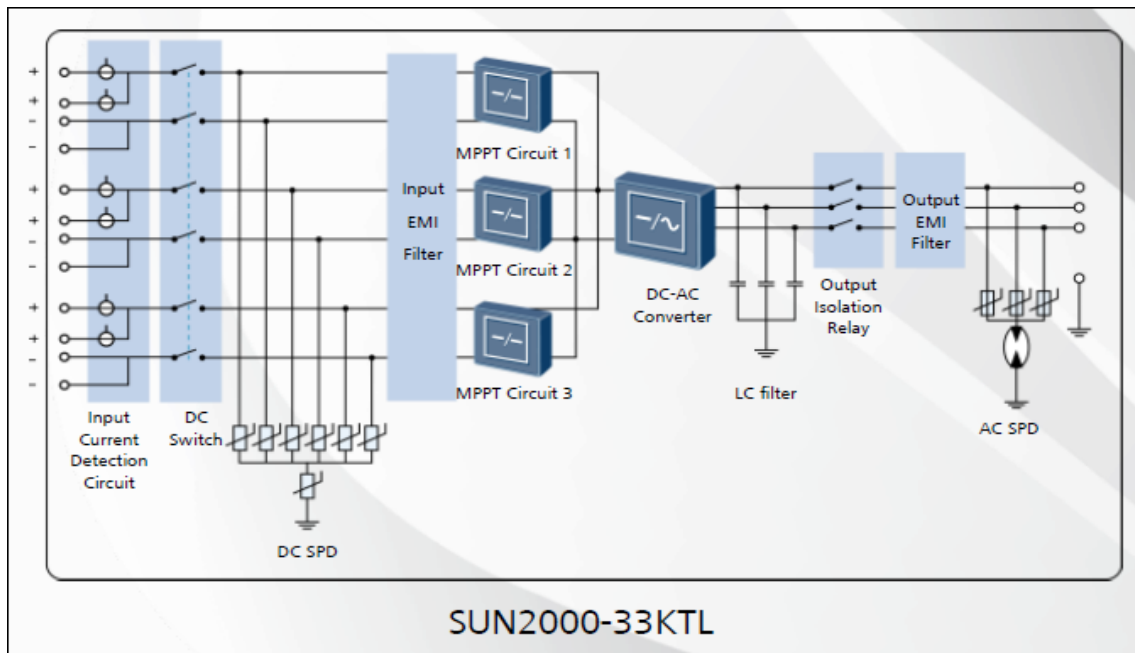
Võrku ühendatud päikesepatareide süsteem ON-grid

Et sagedast osakoormusel töötamist vältida peab muunduri nimivõimsus olema võrdne päikesepatarei mooduliga [7].

- Kui muundur on valitud, tuleb valida optimaalne moodulite arv.
- Muunduri maksimaalne DC-pinge peab olema suurem kui paneelide poolt genereeritav.
- Paneelide maksimaalne pinge on maksimaalsel kiirgusel ja madalaimal temperatuuril töötavate järjestikku ühendatud PV-moodulite tühijooksupingete summa. Saksamaal on vastavad parameetrid 1000W/m² ja -10°C.
- Lõpuks määratakse paralleelsete ahelate arv, et tagada nõutud vool ja võimsus.



Joonis 5.6 Võrku ühendatud päikesepatareide süsteem ON-grid [7]



Joonis 5.7 Päikesepaneelide süsteemi elektripaigaldis hoones [7]



Joonis 5.8 Huawei inverter, 33 kVA ja tema ühendamise skeem [13]

Nagu pildil näha, siis on inveteritel mitu sisendit ja üks väljund. Seda tüüpi inveterit saab kasutada sel juhul, kui pole optimeerijaid [13].

Koos optimeerijatega tuleb kasutada teist tüüpi invertreid, näiteks Solaredge [13].



Joonis 5.9 Solaredge inverter [13]

Kui on hoones ka kompenseerimisseadmed, tuleb päikesepaneelid ühendada enne kompenseerimisseadmete voolutrafosid. Vastasel juhul võib tekkida teisesuunaline vool läbi voolutrafode ja kompenseerimisseadmete „mõistus“ ei tea enam, mida teha [13].

Elektrileviga tuleb teha eraldi leping ja sisendis olev arvesti vahetatakse kahesuunalise arvesti vastu.

Optimeerijad

Optimeerijad on mõeldud päikesepaneelide kasuteguri suurendamiseks ja vajadusel (näiteks tulekahju korral katusel) paneelide väljalülitamiseks [13].

Sõltuvalt paneeli võimsusest on olemas optimeerijad ka kahele paneelile.

Tulekahju korral vastavalt Vabariigi valitsuse määrusele nr.17, „Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõude“, peab saama katusel olevaid päikesepaneelide kaableid pingetuks teha.

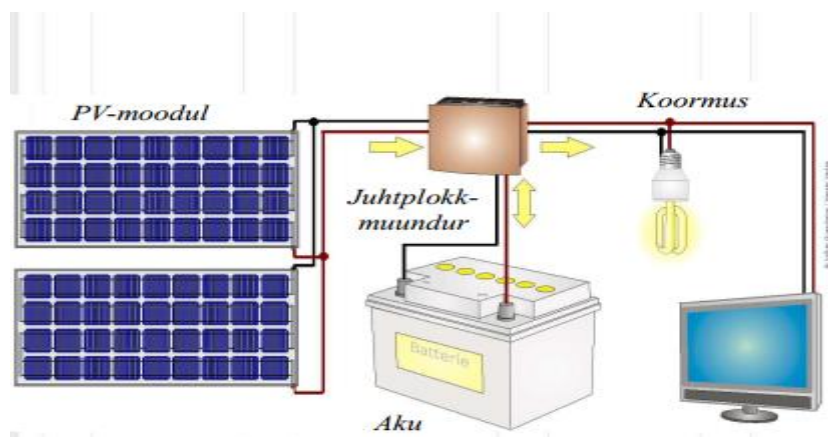


Joonis 5.10 Optimeerija [13]

Võrgust eraldi päikesepatarei süsteem OFF-grid

PV-seade parameetrid tuleb valida nii, et tagada kuu päikese kiirgusega ka kuu elektrienergiavajadus [7].

- Salvesti parameetrid tuleb valida nii, et salvesti katab reservpäevade jooksul ettenähtud tarbe ja seejuures tühjeneb kuni poole peale. Saksamaal loetakse talvel reservpäevadeks ca 4-5päeva. Eesti oludes on mõistlik selleks valida 5-7 päeva
- Akusid tuleb kaitsta ülelaadimise ja –tühjenemise eest. 30%-lisele jääkmahtuvusele vastab pinge 11.4V, mis on alumine piir takistamaks pliiaakus pliiisulfaatkristallide teket.
- Laadides vahemikus 13,8...14,4 tekivad aurud, mistõttu kontrollitakse vedeliku taset akus. Suurel hulgal aurude tekkimine võib rikkuda aku. Seega on eelkirjeldatud vahemikus soovitatav laadimine välja lülitada.



Joonis 5.11 OFF-grid süsteem [7]

- VRLA-akud (*valve-regulated lead-acid battery*) jagunevad AGM- ja geel-akudeks. Need akud ei vaja pidevat hooldust nagu tavalised pliiakud.
- Süsteemi akude eluiga kõigub sõltuvalt laadimisja tühjendamistsüklite arvust, tühjendamistsüklite sügavusest ja temperatuurist vahemikus 3...5 aastat.
- Tüüpiline isetühjenemine pliiakudel temperatuuril 25°C on 10% kuus. VRLA akude korduvlaadimise kestus on pikem kui tavalistel pliiakudel.
- VRLA-akud on tundlikumad ülelaadimisele ja neil on mõnevõrra lühem eluiga.
- Süsteemides kasutatakse harva NiCd or NiMH akusid, kuna on kallid ja madalama kasuteguriga

Salvesti mahtuvuse arvutus

Salvesti parameetrid tuleb valida nii, et salvesti katab reservpäevade jooksul ettenähtud tarbe ja seejuures tühjeneb kuni poole peale [7].

Saksamaal loetakse talvel reservpäevadeks ca 4-5päeva. Eesti oludes on mõistlik reservpäevadeks valida 5-7 päeva

$$C = \frac{2 \cdot E_{tarve,K} \cdot d_R}{U_{bat} \cdot 31} \quad (5.1)$$

Kus d_R – reservpäevad

U_{bat} – akupinge

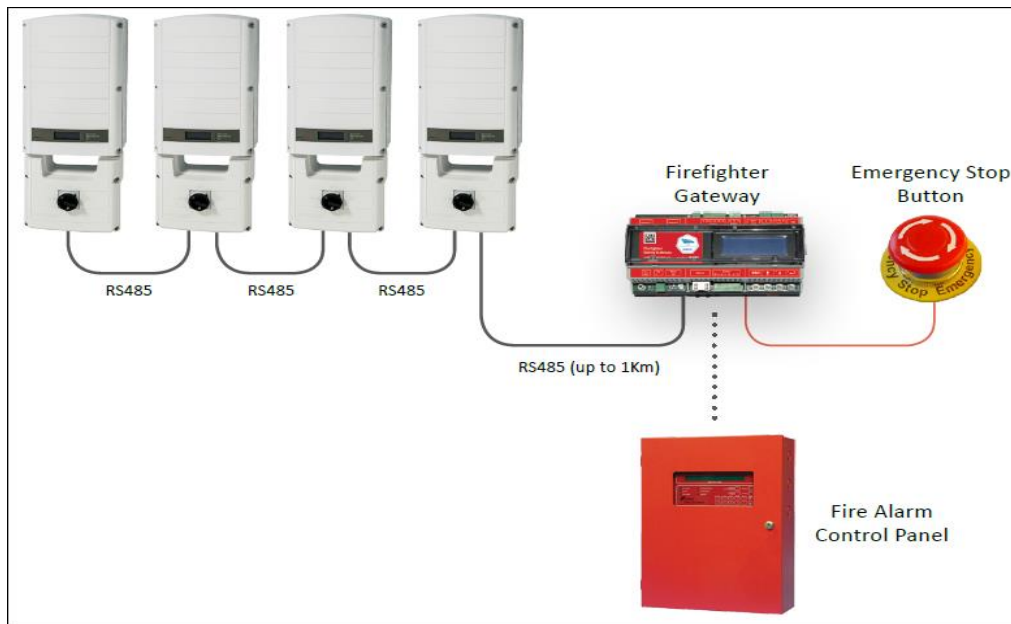
$E_{tarve,K}$ – tarbimine kõige väiksema päikese kiirgusenergiaga kuul

Akude mahutavuse määramisel on eriti oluline arvestada aastaegadest tingitud tarbimise ja tootmise kõikumist [7].

Eriti oluline on see OFF-grid lahenduste puhul, kus tuleb pöörata erilist tähelepanu akude laetusele, sh vältida ülelaadimist, ning tühjendamissügavusele. Mõlemast parameetrist sõltub otseselt akude eluiga [7].

Väljalülitamine tulekahju korral

Tulekahju korral vastavalt Vabariigi Valitsuse määrusele nr.17 peab saama katusel olevaid päikesepaneelide kaableid pingetuks teha [13].



Joonis 5.14 Firefighter Gateway ühendussõlm [13]



Joonis 5.15 Solaredge Firefighter Gateway [13]

Distsantsilt väljalülitamiseks tuleb kasutada näiteks Solaredge-i Firefighter Gateway-d, mis peab olema tulekindla kaabliga ühendatud inverterite võrku (cat5 või 6 kaabel).

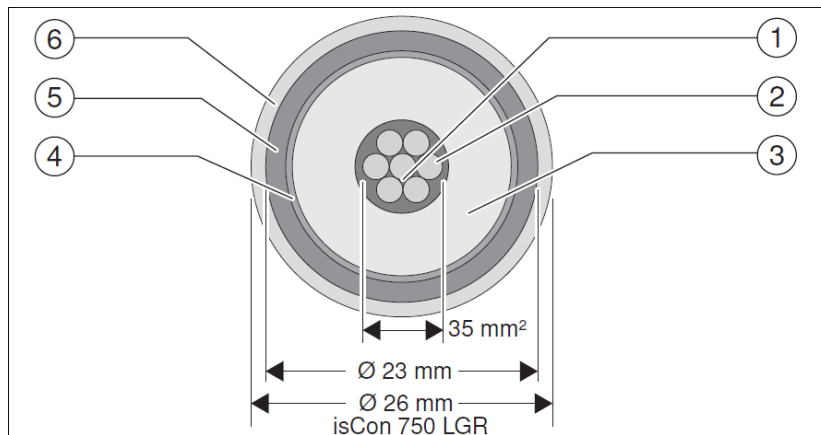
Saab teha nii manuaalse kui ka automaatse väljalülituse [13].

Piksekaitse

Kui on hoonel ka piksekaitse, siis tuleb säilitada soovituslikud vahekaugused paneelidest. DIN EN 62305 kohaselt on ohutu vahekaugus 0,5 ... 1 m.

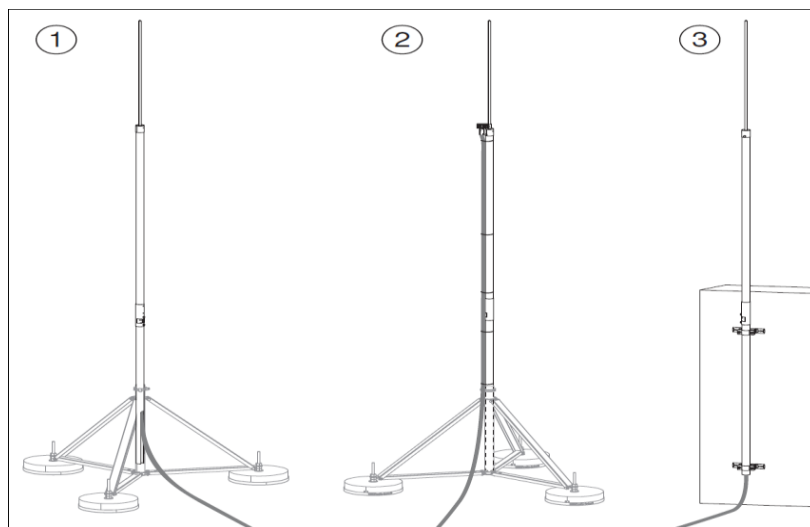
Kui seda pole võimalik tagada, siis on lahenduseks isoleeritud süsteemi isCon kasutamine.

Hinnakallinemine on tuntav. Näiteks kaabli hind on ca 33 €/m ja 4 m piksevarras maksab ca 1100 € [13].



Joonis 5.16 IsCon kaabel [13]

1. Ümarvask kaabel 35 mm²,
2. Sisemine juhtiv kiht,
3. Isolatsioon,
4. Välimine juhtiv kiht,
5. Väliskate (madaljuhtivus),
6. Väliskate (isCon 750 LGR puhul).



Pilt 5.17 Piksekaitse antenn [13]

5.5 Investeeringud päikesepaneelide süsteemidesse

Detsembris 2015 toimunud Pariisi kliimakonverentsil COP21 võtsid 195 riiki vastu globaalse, õiguslikult siduva kokkuleppe kliima soojenemise pidurdamiseks. Kokkuleppe põhieesmärgid on kliimamuutuste leevendamine ja heitkoguste vähendamine.

Täna on jõutud lahendusteni, kus elektrienergiat suudetakse päikesepaneelidega toota odavamalt kui gaasiturbiinidega. Ainus asi, mis suunab inimesi ära kõrgest süsinik energiast

madalasse süsinik energiasse, on selle hind. Hinnad päikeseenergeetikale peavad olema konkurentsivõimelised turul, lisaks peab säilima riikide poolne toetus.

Tabel 5.2 Investeeringu suurus päikesepaneelide süsteemidesse [7]

	Võimsus (kWp)	Investeering (€/Wp)
OFF-grid	0,1...0,5	10...15
	1...4	8...12 (arenenud riikides)
		15...30 (hajaasustusega aladel ja arenguriikides)
ON-grid	1...4	3,5...5
	10...50	3,5...5
	>50	3,5...5
	>200	2...4

Abu Dhabi päikeseelektrijaam

Abu Dhabi päikeseelektrijaam, võimsusega 200MWh, suutis esmakordselt toota elektrienergiat hinnaga 5.84 US sent kWh kohta, mis on odavam kui gaasigeneraatoritega elektrienergiat toota. Samas suured nafta ettevõtted: Shell, BP, Exxon jt., on oma aastaaruannetes hinnanud päikeseelektrijaamadega saavutatava elektri hinnaks 15 US sent kWh kohta. Araabia Ühendemiraadid on päikeseelektrienergia saavutustest vaimustunud ja kolmekordistanud sihtmärki taastuvenergiale 2020. aastaks, eesmärgiga, et päikesepaneelidega toodetava elektrienergia hind saab lähitulevikus olema alla 5 US sent kWh kohta. Teisalt päikeseenergia süsteemide maksumus on viimase 5 aastaga kukkunud 80% [14].

Dubai pole ainus koht, kus päikesepaneelidega toodetud elektrienergia hind on odavam, kui fossiilsete kütustega saadav elektrienergia hind. Kogu maailmas planeeritakse projekte, mille eesmärgiks on toota taastuvenergiaga elektrienergiat odavamalt kui söega või gaasiga. Näiteks Indias peatati kivisüsi Punjamis tehase rajamine viimasel minutil, kuna leiti, et odavam on toota elektrienergiat päikesepaneelidega. Saksa Deutsche Bank on ennustanud, et paari aasta pärast on päikesepaneelidega toodetav elektrienergia 80% maailmas odavam toota, kui fossiilsete kütustega [14].

5.6 Päikesepaneelide ja -kollektorite tootlikkus, elektrienergia tootjate jaotus

Päikesepaneelide ja -kollektorite erinevus on tõhususes. Päikesekollektorid on 2...2,5 korda tõhusamad.

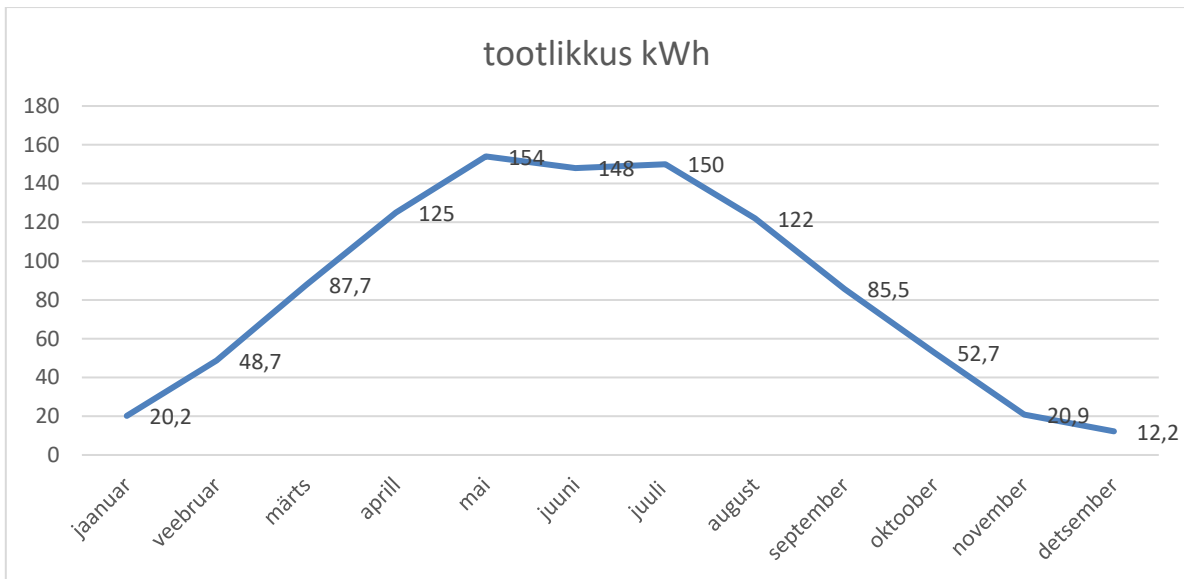
- Investeeringukulud jäävad ligikaudu samasse suurusjärku.
- Kui päikesekollektor muundab kuni 50% päikeseenergiast soojuseks, siis tõhusamad päikesepaneelid muundavad 15...20% päikeseenergiat elektriks.

Kui võrrelda päikesepaneelide tootlikkust Eestis ja Saksamaal, siis aasta lõikes on see sama. Eestis on päikeseenergiat küll vähem, aga seda kompenseerib keskmisest madalam õhutemperatuur, mis omakorda tõstab päikesepaneelide efektiivsust [15].

Eesti eripäraks on, et talvekuudel langeb päikesepaneelide tootlikkus oluliselt ehk perioodil märts kuni oktoober toodavad päikesepaneelid 90% kogu aastasest energia kogusest [15].

Tabel 5.3 Mono- ja polükristall päikesepaneelide tootlikkus Eestis [15]

Suund lõunasse ja nurk maapinna suhtes 40° kraadi	1kW päikesepaneelide süsteemi tootlikkus		Tootmiseks 1kWh energiat päevas peab olema paneelide võimsus
	kWh kuus	kWh päevas	kW
Jaanuar	20,2	0,65	1,54
Veebruar	48,7	1,74	0,57
Märts	87,7	2,83	0,35
Aprill	125	4,17	0,24
Mai	154	4,96	0,20
Juuni	148	4,94	0,20
Juuli	150	4,83	0,21
August	122	3,95	0,25
September	85,5	2,85	0,35
Oktoober	52,7	1,70	0,59
November	20,9	0,70	1,43
Detsember	12,2	0,39	2,56
Aastas kokku	1030 kWh		



Joonis 5.18 Mono-ja polukristall päikesepaneelide tootlikus Eestis graafikuna [15]

Elektrienergia tootjad jaotatakse: mikrotootja, väiketootja ja suurtootja.

Mikrotootja on elektritootja, kui toodab elektrit peamiselt oma majapidamise või ettevõtte tarbeks. Mikro tootmiseade on kuni 15kW nimivõimsusega kolmefaasilises madalpingevõrgus ja kuni 5kW nimivõimsusega ühefaasilises madalpingevõrgus [16].

Väiketootja on elektritootja, kes toodab elektrit 11kW kuni 1MW, nii oma ettevõtte või kodu tarbeks, kui ka elektrienergia müügiks [16].

Suurtootja on elektritootja, kes toodab elektrit eesmärgiga seda müüa ning kelle tootmiseadmete võimsus on suurem kui 1MW [16].

Kui tootmiseadme võimsus on 100kW ja rohkem, tuleb taotleda Konkurentsiametilt elektrienergia tootmiseks tegevusluba [16].

Tabel 5.4 Päikesepaneelide hinnad [17]

Päikesepaneelid	Võimsus	Viilkatuse pindala	Tootlikkus aastas	Hind KM-ta	Hind KM-ga
12 tk	3 kW	20m ²	2 900 kWh	4 500€	5 400€
20 tk	5 kW	32m ²	4 830 kWh	6 100€	7 320€
28 tk	7 kW	45m ²	6 770 kWh	7 600€	9 120€
36 tk	9 kW	58m ²	8 700 kWh	9 300€	11 160€
44 tk	11 kW	71m ²	10 600 kWh	10 700€	12 840€
52 tk	13 kW	86m ²	12 600 kWh	12 000€	14 400€
60 tk	15 kW	99m ²	14 500 kWh	13 500€	16 200€

Päikesepaneelide näidislahenduste hinnapakumine sisaldab:

- Päikesepaneelid
- Inverter
- Süsteemi monitooringusüsteem (soovi korral)
- Elektriprojekti taastuenergialahenduse osa koostamine, ja liitumistaotluse ettevalmistamine. Elektripaigaldse vastavusakti mõõdistused ja kooskõlastamine Elektrileviga
- Paneelikinnitusvahendid
- Paigaldus ja häälestamine, transport

Kui keskmise suurusega maja (120-160m²), mida ei kõeta elektriga, on normaalne energiakulu aastas 6000 kuni 7000 kWh.

Valime 7kW päikesepaneelid, siis saame investeeringu suuruseks 9120 EUR-i koos käibemaksuga.

Ostetava 1kWh hind kodutarbijale on 0,12 kuni 0,13 EUR, mis teeb aastaseks kuluks = maja vajalik energiakulu aastas * energia maksumusega, s.t. $7000 * 0,13 = 910$ EUR/aastas. Investeeringu tasuvusaeg = investeeringu maksumus / aastane tootlikus, s.t. $9120 / 910 = 10$ aastat. Arvutus annab orienteeruva ülevaate investeeringu tasuvusest, sest ei ole arvestatud hoolduskulusid, päikeseelektrienergia tootlikkuse erinevusi aastate lõikes (erinevus aastate lõikes võib olla kuni 20%).

Lisaks tuleks arvestada veel, et PV-paneelide tootlikus väheneb 10 aasta jooksul ca 10% ja 25 aasta jooksul ca 25%, kuid eeldatavalt katab selle elektrienergia hinnatõus. Samuti vajavad pärast 10-12 eksploatatsiooni uuendamist või remonti inverteerid ja akud.

Rusikareegel, 100kWh päikeseelektrijaama maksumus on 100000 EUR-i ja eluiga 30 aastat.

Alates 1 juulist 2017 kehtestas Elektrilevi võrgutasu päikeseelektrienergia väiketootjatele alates 100kWh ja rohkem. Võrgutasu on ca pool päikeseelektrienergia müügihinnast, millele lisandub võrguühenduse kuutasu, mis tähendab, et tänane süsteem on päikeseelektrienergia

väiketootjate jaoks pärssiv. Tootjatel on võimalik taotlema taastuenergia tasu 12 aasta jooksul 0,0537 EUR/kWh kohta, kuid päikeseelektrijaamad ehitatakse üldjuhul laenule. Seega taastuenergia tasust saadav tulu kulub laenu teenindamiseks ja kui lisada ka hoolduskulud, siis saadav tulu on minimaalne, sisuliselt puudub. Täna on päikeseelektrienergeetika müügile suunatud investorid Eestis pigem ootaval seisukohal ja kuni 1MWh uute päikeseelektrijaamade ehitus sisuliselt külmutatud.

Päikeseelektrienergia võrku müümisel ei tohi jätta arvestamata, et müük toimub kehtiva börsihinna alusel, millele lisandub müüja marginaal -5% börsihinnast.

Välja on tulemas uus elektrituruseadus, mille raames on plaanitud lõpetada olemasolev taastuenergia toetussüsteem kuni 1MW võimsusega projektidele alates 31.12.2018. [18]

Küll on endiselt otstarbekas toota päikeseelektrienergia omatarbeks, seda enam, et pärast 31. detsembrist 2020 peavad kõik uusehitised olema liginullenergiahooned.

Eesti tingimustes ei ole eramajades otstarbekas valida päikeseenergiajaamasid katma aastaringselt 100%-liselt elektrienergia vajadust, sest talvekuudel suudavad päikesepaneelid toota tunnis 10-20% koguvõimsusest. Viimane omakorda eeldab korraliku akupargi rajamist, mis omakorda tõstab investeringu maksumust.

Otstarbekas on valida kombineeritud lahendus, s.t. talvel ostetakse elektrienergiat juurde ja suvel jälle müüakse ülejääv elektrienergia. Samas tuleks ette näha liigse elektrienergia osaline akumulereerimissüsteem, sest elektrienergia müümine on kahjulikum kui toodetud elektrienergia omatarbeks ära kasutamine.

Päikeseelektrienergia kasutuselevõtt eeldab samuti inimeste elektritarbimise mõtteviisi muutust, näiteks on otstarbekas käitada kodumasinaid päevasel ajal, jne.

Päikesepaneeli maksimaalne väljundpinge on 50,6 V voolutugevuse 4,94 A juures [8]. Päikesepaneelid edastavad alalisvoolu. Vahelduvvoolu 230V pingele saavutamiseks tuleb ette näha muundur, millel omakorda on kaod, osa elektrienergiast muundub soojuseks. Seega otstarbekas oleks investeerida ka lõpptarbijatesse, vähendamaks 230V elektriseadmete kasutamist, kasutamaks LED valgusteid, jne..

Eesti Energia pakub päikeseelektrijaamade ehitamise teenust kahel viisil:

- a. Võtmed kätte meetodil
- b. Täisteenuslahendus, s.t. Eesti Energia ehitab kliendi kinnistule lokaalse päikeseelektrijaama ja seejärel müüb kliendile päikeseelektrijaama poolt toodetud

elektrienergiat, kuni jaama investeering on ennast tasa teeninud. Täisteenuslahendus on suunatud nendele äriklientidele, kelle aastane elektritarbimine on üle 500 MWh ning vaba katuse- või maapinda on üle 2000 m². Loomulikult kujuneb sellise lahenduse juures jaama maksumus kliendile kallimaks, kui kohe välja osta, kuid annab kliendile võimaluse mitte tasuda korraga kogu investeeringu maksumust.

Päikesekollektorite investeeringu suurus on tänaseks võrdustunud päikesepaneelide investeeringu suurusega, kuid tasuvusaeg on kõrgema kasuteguri tõttu poole lühem kui päikesepaneelidel.

Päikesekollektorite juures on oluline järgida päikesekollektorite suuruse vastavust akumulatsioonipaakidele, viimast omakorda tarbimise eripäradele, vältimaks ühelt poolt keemisohtu ja teisalt ühtlustamaks tarbimise kõikumisi. Eramajade puhul on otstarbekas ühendada maakütte ja päikesekollektorite süsteemid, juhtimaks suveperioodil liigne soojus maapinda. Teiseks on oluline lõpptarbija valik. Otstarbekas on kasutada päikesekollektoreid tarbevee valmistamiseks ja/või pörandaküttes, kus soojuskandja temperatuurid on madalad, tarbeveel 55°C pörandaküttes 41/37°C.

6. Rajatud päikeseelektrijaamad Eestis

Toome väljavõtte uuematest Eestisse rajatud päikeseelektrijaamadest:

- a) Hiiumaa päikeseelektrijaam. Jaama võimsus on 1,1 MW (liitumisvõimsus 0,9 MW) ja valmimise aeg 2017. Kasutatud on 345 W monokristallpaneelid, 3240 tk. Investeeringu suurus oli ligikaudu 1 miljon eurot. Planeeritud tasuvusaeg on vahemikus 12 - 16 aastat.
- b) Saikla päikeseelektrijaam. Jaama võimsus 280kW ja valmimisaeg 2016. Investeeringu suurus 370000 eurot. 80kW võimsust planeeritud jaama läheduses asuva aiamaa tootvale firmale ja 200kW võimsust on planeeritud müüa võrku. Kasutatud päikesepaneelide arv 1200tk., jaama pindala 1ha. Planeeritud tasuvusaeg 7-8 aastat [19].
- c) Laastu talu päikeseelektrijaam. Jaama võimsus 177kW DC, 160kW AC müüakse võrku. Kasutatud 668 tk polükristall rüni päikesepaneeli. Investeeringu suurus 170000 eurot + käibemaks. Planeeritud tasuvusaeg 10 aastat. Aastane tootlikus 163MWh. Valmimise aeg 2016.

7. Päikeselementide kasutamine hoone energiatõhususe tõstmiseks; liginullenergiahoone

7.1 Hoonete energiatõhusus

Umbes 33% Eestis kasutatavast energiast kulub elamutele ja seetõttu on Eestis väga oluline muuta eluhooned energiasäästlikumaks.

Hoonete energiatarbimise vähendamise eesmärgil on ministeeriumis välja töötatud toetused ja laenukorterelamute renoveerimiseks. Aastatel 2009–2013 renoveeriti riigi toel üle 600 korterelamu [20].

Perioodil 2014–2020 investeerib riik elamute energiatõhusamaks muutmisel kokku üle 100 miljoni euro struktuurifondide raha, millega on võimalik renoveerida hinnanguliselt 1000 korterelamut [20].

Peale hoonete energiasäästlikumaks muutmise parandab kompleksne renoveerimine ka hoone sisekliimat, aitab säilitada olemasolevaid konstruktsioone ning teeb maja fassaadi silmale kaunimaks [20].

Tulenevalt Euroopa Liidu Energiatõhususe Direktiivist on liikmesriigid ja sealhulgas ka Eesti kohustatud uute ja oluliselt rekonstrueeritavate hoonete osas järgima energiatõhususe nõudeid. Pärast 31. detsembrist 2020 peavad kõik uusehitised olema liginullenergiahooned. Samu nõudeid peavad juba pärast 31. detsembrist 2018 täitma uusehitised, mida kasutavad ja omavad riigiasutused.

Hoonete energiasäästu potentsiaali on hinnatud Eesti energiamajanduse arengukava ENMAKi uuendamise hoonete energiasäästupotentsiaali uuringus. Uuringus on leitud, et olemasoleva hoonefondi energiasäästu tehniline potentsiaal on 9,3 TWh/a soojust ja 0,2 TWh/a elektrit ning ehitusstatistika ja energiatõhususe miinimumnõuete määruse energiatõhususe tasemetest (miinimumnõue ja liginull) lähtudes leiti, et uute liginullenergiahoonete ehitamine annaks energiasäästu 0,5 TWh/a soojust ja 0,4 TWh/a elektrit [21].

Liginullenergiahoone on parima võimaliku ehituspraktika kohaselt energiatõhusus- ja taastuvenergiatehnoloogiate lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille energiatõhususarv on suurem kui 0 kWh/(m²/a) kuid mitte suurem kui järgnevalt kirjeldatud piirväärtused [22]:

Tabel 7.1 „Energiatõhususe miinimumnõude“ [22]

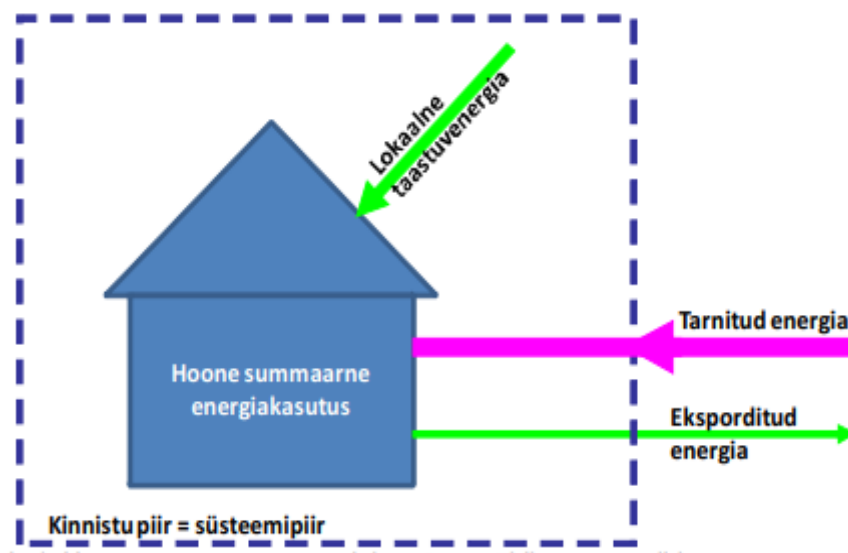
Hoone	kWh/(m ² ·a)
1) väikeelamu	50
2) korterelamu	100
3) büroohoone, raamatukogu ja teadushoone	100
4) ärihoone	130
5) avalik hoone	120
6) kaubandushoone ja terminal	130
7) haridushoone	90
8) koolieelne lasteasutus	100
9) tervishoiuhoone	270

Liginullenergia hoone tasemeni jõudmiseks ei piisa hoone soojuskadude vähendamisest ja efektiivsemate tehnosüsteemidega, hoone peab suutma ise energiat toota.

7.2 Energia tõhusust mõjutavad tegurid ja osakaal

Hoonete energiatarbimist kirjeldab summaarne energiakasutus, mida väljendatakse energiatarbimisarvuna ning millele on kehtestatud miinimumnõuded [23].

Energiatarbimisarv kajastab hoone kompleksset energiakasutust nii sisekliima tagamiseks, tarbevee soojendamiseks kui ka olme- ja muude elektriseadmete kasutamiseks ning see arvutatakse hoone kätava pinna ruutmeetri kohta hoone standardkasutusel [23].

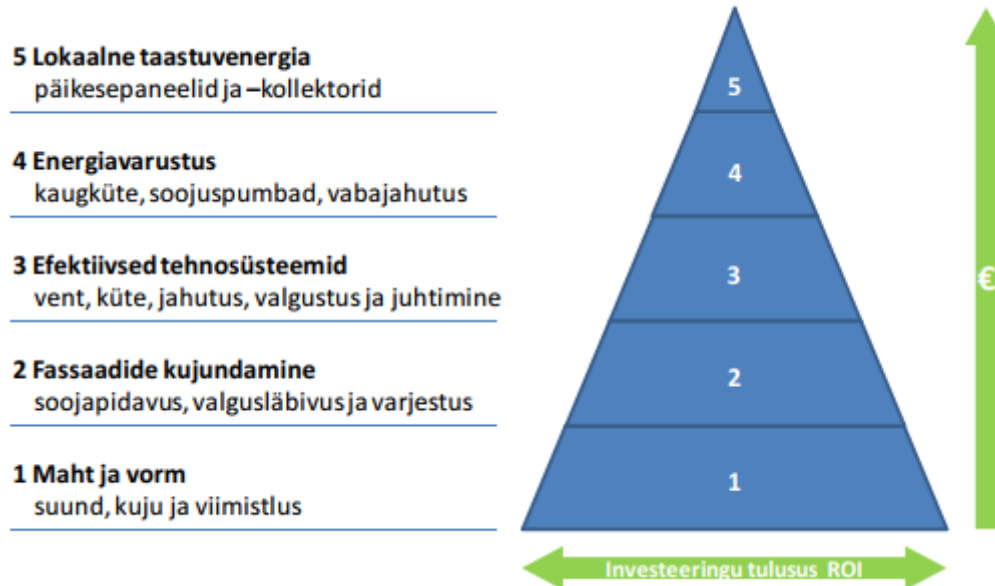


Joonis 7.1. Hoone summaarse energiakasutuse põhikomponendid [23]

Tarnitud energia all mõistetakse hangitud elektrit, kaugkütet ja kütuseid.

Lokaalse taastuvenergia all mõistetakse päikesest, tuulest või veest toodetud soojus- või elektrienergiat.

Tarnitud – eksporditud energia = summaarne energiakasutus – lokaalne taastuv



Joonis 7.2 Energiatõhususe kavandamise püramiid meenutab hoone ehitamist: ilma vundamenti tegemata ei saa järgmise korruse kallale asuda [23]

7.3 Lokaalne taastuvenergia

Lokaalne taastuvenergia taandub ärihoonete puhul põhiliselt soojuspumpadele ja päikesepaneelidele, kuna päikesekollektoritel ei ole märkimisväärset kasutusotstarvet sooja tarbevee vähese kasutuse tõttu ning lokaalsed tuulikud ei paku hoonete kõrgusel nimetamisväärset tootlust [23].

Korterimajade puhul saab rääkida ka päikesekollektoritest, kuid siin tuleb väga täpselt järgida keemisohtu, sest suvel, päikese kõige intensiivsemal perioodil, viibivad inimesed tihti puhkustel ja on seetõttu kodust eemal.

Liginullenergiahoone saavutamiseks ei saa me mööda minna päikeseelementide kasutusele võtmisest. Samas ärihoonete ja korterimajade juures arvestada, et hoone liigendatuse ja teiste kommunikatsioonide tõttu on katusele päikesepaneelide mahutamine piiratud.

Liginullenergiahoone nõude täitmiseks on kolm põhimõttelist võimalust [23]:

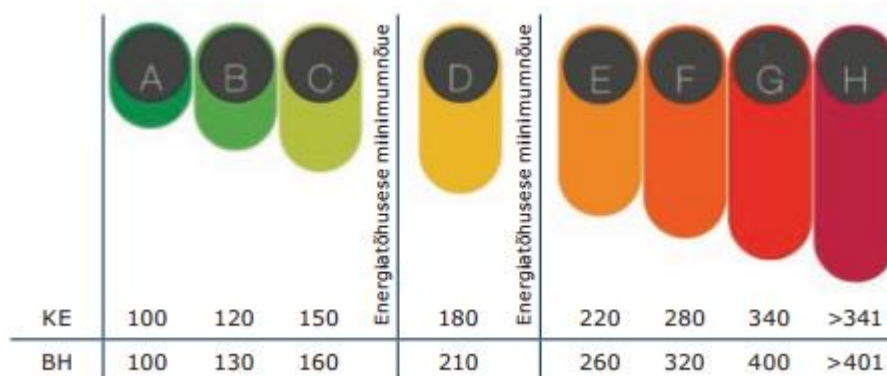
- paigaldada päikesepaneele ka lõunafassaadile
- arhitekt peab hakkama hoonet ümber joonestama energiatõhususe parandamiseks
- tuleb otsida energiatõhususe parandamise võimalusi muude tehniliste lahendustega

7.4 Energiatõhusarv ja energiamärgis

Eestis mõõdetakse hoonete energiatõhusust energiatõhususarvu ETA (arvutuslik) abil. Tarnitud energiatega kogused korrutatakse läbi kaalumisteguritega, mis tulenevad primaar-energiast ja on heas korrelatsioonis energia hinnaga, ning jagatakse kütava pinnaga [24].

$$ETA = \frac{\text{elekter} \left(\frac{kWh}{a} \right) \cdot 2,0 + \text{kaugküte} \left(\frac{kWh}{a} \right) \cdot 0,9}{\text{kõetav pind} (m^2)} \quad (7.1)$$

Energiamärgise skaala näitab, kui palju võib energiakasutus kõikuda – G-klass vastab kõige kehvas seisundis olevatele hoonetele, D-klass on olulise rekonstrueerimise miinimumnõue, C-klass uute hoonete miinimumnõue ja A-klass liginullenergiahoonete nõue, mis edaspidi muutub uute hoonete miinimumnõudeks [24].



Joonis 7.3 Energiamärgise klasside energiatõhususarvud korterelamutes (KE, kWh/m²) ja büroohoonetes (BH, kWh/m²) [24]

Kui täna ehitatakse uued büroohooned energiamärgise klassiga C 160 kWh/m², siis saavutamaks liginulli nõuet 100 kWh/m², A-klassi, tuleb energiatõhusust parandada 1,6 korda. Viimane tähendab väga suurt hüpet energiatõhususe parandamisel.

7.5 Päikeseelementide kasutamine hoone fassaadi lahendustes, tuleviku lahendused

Päikesepaneelide kasutamisel hoone fassaadil on mitmeid lahendusi:

pööratavatel sirmidel, topelt fassaadidel, hoonesse integreeritud laminaat tüüpi päikesepaneelide kasutamine või õhukesekilelisi fassaadile kleebitavate päikeseelementide kasutamine.

Esimese ja teise põlvkonna päikeseelementide paigaldamist lõunafassaadile saame rääkida tööstushoonete juures. Linnapildis ei ole üldjuhul arhitektidele viimane vastuvõetav. Mistõttu tuleb otsida alternatiivseid lahendusi. Nimelt päikesepaneelide kasutamisel fassaadidel on probleemne akende välipesu ja päikesepaneelide hooldus. Lisaks esteetiline külg, iga arhitekti unelm on rajada tähelepanu püüdev ja samas ümbritsevasse keskkonda hästi harmoneeruv hoone.

Hoone fassaadidel päikeseelementide laiemaks kasutuselevõtt eeldab teise põlvkonna õhukesekileliste ja kolmanda põlvkonna polümeersete erivärviliste päikeseelementide edasiarendust ja kasutamist.

Polümeersete elementide ja õhukesekileliste elementide, positiivsed omadused kattuvad väga suurel määral: kerge kaal, mehaaniline paindlikus, läbipaistvus. Õhukesekileliste tehnoloogia eeliseks on esimese põlvkonna päikesepaneelidega võrreldav efektiivsus ja eluiga. Pealekauba on antud tehnoloogia enda jätkusuutlikust turul viimase 20 aastaga juba tõestanud. Sellest hoolimata on õhukesekilelise päikeseelementide turusegment viimase 6 aasta jooksul kokku tõmbunud, mille põhjuseks on kristalliliste räni põhiste päikesepaneelide tootmise plahvatuslik kasv Aasias ning sellega kaasnenud paneelide turuhinna lang. See omakorda tähendab aga seda, et polümeersed ja õhukesekilelised päikeseelementid peaksid võistlema veelgi väiksema turusegmendi eest [12].

Samas tuleb märkida, et lisaks teise ja kolmanda põlvkonna päikeseelementide kallimale maksumusele võrreldes päikesepaneelidega, on teise ja kolmanda põlvkonna päikeseelementidel ka tootlikus madalam kui päikesepaneelidel. Teise ja kolmanda põlvkonna päikeseelementide tootlikus on ca 10%, kui päikesepaneelidel on ca 15%.

Üheks võimalikuks tuleviku lahenduseks, parandamaks päikeseüsteemide elektritootlikust, oleks kasutada päikesepaneelide fotolüüsi protsessis, lõhustamaks vett valguse abil vesinikuks ja vesinikus peituv keemiline energia muuta elektrienergiaks.

Ameerika ja Austraalia teadlastest koosnev uurimisgrupp on välja töötanud katalüsaatori, mis suudab efektiivselt toime panna ühe osa vajalikust reaktsioonist, milleks on vee fotooksideerimine. Katalüsaatori peamise koostisosa on mangaani sisaldav kompleksühend, mis on modelleeritud fotosünteesiliste organismide eeskujul. Teadlaste eesmärgiks on saada kirjeldatud energiaprotsess käima päikesevalguse abil.

Sellise ülesande lahendamiseks on vaja kaasagsete päikesepaneelide valgusest saadud energia kombineerida tõhusate fotokatalüsaatoritega, mille tulemusena vesi oksüdeeruks ja vesinikuioonidest saaks vesinik. [25]

7.6 Hoone energiatõhususe parandamise muud tehniliste lahendused

Vaatame siinkohal, lisaks päikeseelementide kasutamisele, mõningaid teisi kõige uuemaid tehnosüsteemide lahendusi, täitmaks liginullenergiahoonetele püstitatud nõudeid:

1. Muutuvate õhuhulkadega ventilaatorite kasutamine, s.t. integreeritud sagedusmuunduriga mootorid, väiksemad ventilaatorid EC mootoriga ja suuremad ventilaatorid PM (püsिमagnet) mootoriga.

Alalisvoolumootoriga ventilaatorid erinevad vahelduvvoolumootoriga kollektsoonist uut tüüpi mootori poolest. Alalisvoolumootorites ei ole harju; selle asemel kasutatakse rootori pöörlema panekuks püsिमagnetit. See vähendab kulumist ja energiakadu, kuna puudub mehaaniline hõõrdumine. Andur edastab informatsiooni rootori asendi kohta mootori juhtseadmesse, mis suunab voolu õigesse mähisesse, pannes seega rootori püsिमagneti abil pöörlema. EC (elektrooniliselt kommuteeritud) tehnoloogia suurimad eelised on kõrge kasutegur, pidev reguleerimine (puudub vajadus sagedusmuunduri järele, mootorisse läheb ainult juhtsignaal) ning samuti hea kasutegur osaliste koormuste korral [26].

PM mootor on alalisvoolumootor, milles rootori kiirust juhib sisemise juhtseadme asemel eraldi sagedusmuundur. Kuigi mootor kasutab sagedusmuundurit, on tehnoloogia sarnane EC-mootoritega. PM-mootorid ühenduvad alalisvoolutehnoloogia eelised (parem kasutegur, reguleeritavus) vahelduvvoolu eelistega (lai ventilaatorivalik, samuti suuremad ventilaatorid) [26].

2. Muutuva pööretega pumpade kasutamine, sagedusmuundur on mootorile sisseehitatud, mis võimaldab kasutada erinevaid juhtimisviise. Väiksemate pumpade juures kasutatakse püsिमagnetit ja staatoriga elektrooniliselt juhitavaid mootoreid. Sellised pumbad on energiasäästlikumad ja mugavamad optimaalse seadistuse leidmiseks [17].
3. Köögi väljatõmbe agregaatides Econet tüüpi vahesoojuskandja süsteemide kasutamine. Viimaste kasutamine suurendab süsteemi kasutegurit kuni 25% võrreldes tavalise Ecoterm tüüpi vahesoojuskandja süsteemiga. Econet tüüpi vahesoojuskandja süsteemide kasutamine tagab minimaalselt 63% suuruse kasuteguri. Ecoterm süsteemide juures on minimaalne kasutegur 50% [27].
4. Ventilatsiooni agregaatides Regasorp rootorsoojusvahetite kasutamine. Tegemist niiskust imava rootorsoojusvahetiga, mis aitab vähendada vajalikku jahutusvõimsust, ca 25% võrreldes tavalise rootorsoojusvahetiga. Regasorp rootorsoojusvaheti võimaldab suvel õhku kuivatada, mis tagab, et meil kulub vähem jahutusenergiat õhu kuivatamisele ja õhu kuivatamisest ärajääva energia saama kasutada õhu jahutamiseks [27].
5. 3 toruga VRV tüüpi soojustagastusega jahutussüsteemide kasutamine. Soojustagastussüsteem võimaldab samaaegselt nii kütta kui jahutada, s.t. lõunafassaadil jahutada ja sealt vabanev energia suunata põhjafassaadi kütteks või hoone sooja vee tootmiseks [28].
6. „Tark Kodu“ juhtimissüsteem, s.t. süsteemi, mis võimaldab jooksvalt jälgida tarbimist ja juhtida nutikalt erinevaid tehnosüsteeme nii kodus olles või eemalt.

Lõputöö kokkuvõte

2014 leppisid Euroopa Liidu liidrid kokku kliima- ja energiapoliitika eesmärgid aastaks 2030. Nende kohaselt peab 2030. aastaks taastuvenergia osakaal Euroopa Liidus olema 27%.

2015. aastal oli taastuvenergia osakaal Eestis 28,6%, mis tähendab, et oleme direktiivist tuleneva eesmärgi täitnud, kuid siiani on täitmata elektri- ja transpordisektori taastuvenergia alameesmärgid (need valdkonnad peaksid aastaks 2020 jõudma vastavalt 17,6% ja 10% taastuvenergia määrani).

Eesti taastuvenergia potentsiaal avaldub eeskätt bioenergial baseeruva elektri ja soojuse koostootmises ning tuuleenergias ning rohegaasi (biometaani) tootmises.

Teisalt me liigume liginullenergiahoonete rajamise suunas, mille saavutamiseks päikeseenergia kasutusele võtmine mängib järjest olulisemat rolli. Päikese-elekter ja päikese-küte saavad tulevikus olema hoone tehnosüsteemide integreeritud osad.

Päikesekollektorite kasutamine hoone küttesüsteemides on kõrge kasuteguri tõttu enim kasutatav lahendus, kuid viimast on võimalik veelgi parandada, ühendades süsteemidesse soojuspumbad, jahutuse jääksoojus ära kasutamine ja madalama temperatuuriga energiakandja kasutamine tehnosüsteemides.

Päikesepaneelide kasutamine, ehk päikesest elektri tootmine, tuleb jaotada kaheks: üle 1MW võimsusega päikeseelektrijaamad ja alla 1MW võimsusega päikeseelektrijaamad. Alla 1MW võimusega päikeseelektrijaamad (mikro- ja väiketootjad) on Eestis tasuvad ainult siis, kui enamuse saadavast elektrist kasutatakse omatarbeks, s.t. konkreetse hoone või tootmise tarbeks. Päikesepaneelid on Eestis tingimustes otstarbekas paigaldada 45 kraadi alla, mis tagab katusepinna maksimaalse ära kasutamise ja väiksemad hoolduskulud. Lisaks tuleb kõik päikesepaneelid varustada optimeerijatega, mis tagab paneelide automatiseerimise võimekuse ja selle kaudu kõrgema kasuteguri.

Päikesepaneelide laialdasemaks kasutamiseks ei piisa ainult odavamate päikesepaneelide turule tulekust ja uutest direktiividest, vaja on tehnoloogilist hüpet. Tehnoloogilise hüppe all tuleks näha õhukesekihiliste päikeseelementide kasuteguri parandamist ja võimalust fotolüüsiga veemolekuli lagundamiseks vesinikuks ning vesinikus peituva keemiline energia muutmist elektrienergiaks.

Täitmaks hoonete energiatõhususele püstitatud eesmäärke, ehk pärast 31. detsembrit 2020 peavad kõik uusehitised olema liginullenergiahooned (A-klaasi energiamärgisega), tuleb hoone tehnosüsteemidele ja päikeseenergiale enam pöörata tähelepanu.

Täna on uued rajatavad kortermajad enamuses B-klassi energiamärgisega ja ärihooned C-klassi energiamärgisega. Selleks, et liikuda C-klassist A-klassi, tuleb energiatõhusust parandada 1,6 korda. Viimane tähendab väga suurt hüpet energiatõhususe parandamisel ja tõsist väljakutset arhitektidele ja inseneridele. Teisalt vajab üle vaatamist ka energiamärgise arvutamise alused, näiteks kas on mõistlik ahjuküttega eramaja juures kasutada kaugküttega võrdset kaalumistegurit 0.9, jne.

Tegelikult on ehituses juba täna probleemne saavutada kortermajade juures energiaklass B ja ärihoonete juures energiaklass C, kui soovitakse saada avatavaid aknaid, aktiivseid jahutussüsteeme, jne, tagamaks tellijate soovitud mugavusi ja seda kõike mõistliku ehitusmaksumuse juures.

A energiaklassile üleminekul tuleb lisaks efektiivsemate tehniliste seadmete kasutamisele pöörata suuremat tähelepanu ka süsteemide automatiseerimisele ja häälestamisele, vastavalt hoone eripärale. Seda kõike selleks, et A energiaklassi saavutamine ei jääks teoreetiliseks tulemiks, vaid selleks, et süsteeme saaks jälgida, juhtida ja koostada toimimise graafikuid (trende).

Kokkuvõtteks, päikeseenergia on kõige keskkonnasõbralikum teadaolevaist energialiikidest ja päikeseenergia kasutamisel Eesti kliimatilistes tingimustes on perspektiivi. Vajadus päikeseenergia laiemaks kasutusele võtuks on kindlalt olemas, täitmaks Euroopa Liidu ees võetud kohustusi taastuvenergiale ja energiatõhususele.

Kirjandus

- [1] „Taastuvenergia aastaraamat 2016“ Eesti Taastuvenergia Koja ETEK www.taastuvenergeetika.ee (kasutatud 02.03.2018)
- [2] „Taastuvenergia“, Elering, <https://elering.ee/taastuvenergia> (kasutatud 11.04.2018)
- [3] L. Tanning, „Maailma Energia Ülevaade. III osa“, OÜ Infotrükk, Marcelus Trade OÜ, Tallinn, 2010.
- [4] Siiri Velling, Taavi Vaasma „Energiaallikas päikeseenergia“ 2012
- [5] M. Pinn, R. Pinn., M. Pinn, „Elekter päikesest ja tuulest“, MTÜ Kolm Kobrast, 2012.
- [6] T. Trapido, „Taastuvenergia käsiraamat“, Eestimaa Looduse Fond, 2007.
- [7] Argo Rosin „Päikeseenergeetika põhialused“ Energiatalgud 2012
- [8] HJM250M-32, OÜ Solar4you reklaammaterjal, 2012
- [9] „Võtke süsteemiga energiat- päevast päeva“, Eesti Buderuse esinduse reklaamimaterjal, 2012
- [10] O. Seppänen, M. Seppänen, „Hoone Sisekliima Kujundamine“, Koolibri, Tallinn, 1998.
- [11] „Hoonete energiatõhusus“, Energiatalgud, www.energiatalgud.ee (kasutatud 24.03.2018)
- [12] Akob-Anhtu Tran, „Polümeersete päikeseelementide perspektiivid“, bakalaaurusetöö, 2015
- [13] Hans Anion „Päikesepaneelid“ Merko Ehitus Eesti 2017
- [14] „The breakthrough in renewable energy“, Aruanne, 2016, <https://www.youtube.com/watch?v=mmyrbKBZ6SU> (kasutatud 24.03.2018)
- [15] Taastuvenergia OÜ koduleht, www.taastuvenergia.ee (kasutatud 24.03.2018)
- [16] Eesti Energia koduleht, www.energia.ee (kasutatud 30.03.2018)
- [17] Energogen OÜ koduleht, www.energogen.ee (kasutatud 30.03.2018)
- [18] „Uus elektriseadus kaldub ikka kreeni“, postimees 5. aprill 2018
- [19] „Saiklas käivitus Eesti suurim päikesejaam“, Saarte Hää, 13. veebruar 2018
- [20] „Hoonete energiatõhusus“ Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi koduleht (<https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/ehitus-ja-elamumajandus/hoonete-energiatohusus>) (kasutatud 12.03.2018)

- [21] „Hoonete energiatõhusus“, Energiatalgud, www.energiatalgud.ee (kasutatud 24.03.2018)
- [22] „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“, Riigi Teataja, 22.01.2018
- [23] TTÜ „Madal- ja liginullenergiahooned“ juhendmaterjal 19.12.2012
- [24] J. Kurnitski „Liginullenergiahooned täna ja homme“, TTÜ. Eesti Teadusagentuur. Artiklite kogumik, 2015
- [25] „Tõhus vesiniku tootmise lahendus“, Forte, <http://forte.delfi.ee/news/teadus/tohus-vesiniku-tootmise-lahendus?id=19703934> (kasutatud 11.04.2018)
- [26] „Recair ventilatsiooniseadmed“, www.comfort.ee (kasutatud 27.03.2018)
- [27] „Fläkt Woods ventilatsiooniseadmed“, www.flaktwoods.com (kasutatud 27.03.2018)
- [28] „Daikin soojustagastusega VRV IV jahutusseadmed“, www.daikin.ee (kasutatud 24.03.2018)