



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

---

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

EI70LT



[www.emu.ee](http://www.emu.ee)

**Eesti Maaülikool**  
Estonian University of Life Sciences

## **PV ONLINE KALKULAATORI KONTSEPTSIOON ERAKLIENDILE**

PHOTOVOLTAIC SYSTEM ONLINE CALCULATOR CONCEPTION FOR PRIVATE  
CLIENTS

MAGISTRITÖÖ  
HAJAENERGEETIKA

Üliõpilane: Aleksandra Šabli

Üliõpilaskood: AAHM 153453

Juhendaja: dotsent. Eduard Latõšov

Tallinn, 2017.a.

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika instituudile haridusastme lõpudiplomi taotlemiseks elektroenergeetika erialal.

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.

“ 25 ” Mai 2017

Autor: .....  
/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“ 25 ” Mai 2017

Juhendaja: .....  
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“ ..... ” .....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....  
/ nimi ja allkiri /

## L.1. Lõputöö kokkuvõte

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| <i>Autor:</i> Aleksandra Šabli  | <i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö |
| <i>Töö pealkiri:</i> PV Online kalkulaatori kontseptsioon erakliendile  |                                  |
| <i>Kuupäev:</i> 25.05.2017  | 97 lk                            |
| <i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool   |                                  |
| <i>Teaduskond:</i> Inseneriteaduskond   |                                  |
| <i>Instituut:</i> Elektroenergeetika ja Mehhatroonika instituut   |                                  |
| <i>Töö juhendaja(d):</i> dotsent Eduard Latõšov   |                                  |
| <i>Töö konsultant (konsultandid):</i> ei ole  |                                  |
| <i>Sisu kirjeldus:</i> <p>Käesoleva magistritöö eesmärgiks on luua PV Online kalkulaatori kontseptsiooni mis oleks võimeline kasutajasõbralikult arvutada päikesepaneelide rakendamise otstarbekust vastaval konkreetsele objektile. Kontseptsiooni väljatöötamiseks on planeeritud uurida erinevaid päikesepaneelide veebirakendusi (edaspidi PV Online kalkulaatoreid), võrrelda nende funktsionaalsust ning kasutamise mugavus. Parimaid rakendatud lahendusi on planeeritud kaasata uue PV online kalkulaatori kontseptsiooni loomisel. Alustan päikesepaneelide tutvustamisest ja selgitamisest, miks inimesed paigaldavad päikesepaneele, mis see annab tulemusena. Analüüsin mitmesuguseid parameetreid, mis mõjuvad päikesepaneelide tootlikkusele, et aru saada milliseid lähteandmeid oleks veel vaja juurde lisada. Koostasin PV Online kalkulaatori mudeli, mis sobib erakliendile kasutamiseks. Vaatan kliendi ja kalkulaatori vastastikust koostööd, mis tähendab seda et, kui klient tahab saada tulemusi, siis tuleb sisestada lähteandmed. Täiendavalt annan soovitusi, millistest andmebaasidest jms saab klient leida vajalikke andmeid ja parameetreid, et lisada kalkulaatorisse, näiteks elektri tarbimise ajalugu. Järgmiseks etapiks on - leida ja näidata online programme ja tarkvarasi, mille abil võib ennustada mõndasi välisfaktoreid ja arvutada välja mõned parameetrid, näiteks: katuse pindala, päikese asendid valitud kohal. Teha selle mudeli riskianalüüsi, et paremini tunda nõrku ja tugevaid kalkulaatori külgesi. Uurida millised arenemise võimalused on veel sellel kalkulaatoril – mobiili äpp. Kas Eesti riigile on vaja sellist kalkulaatorit? Kuidas võib kalkulaatorit esitada ja millise programmiga seadistada, et Eesti elanikud võiksid seda kasutada ilma probleemideta. Milliste riikidega on vaja</p> |                                  |

planeerida tulevikus koostööd, et piire avardada.

*Märksõnad:* Päikesepaneelid, Parameetrid, Päikeseenergia, Kalkulaatorid, Andmeid, Võimalused.

## L.2. Summary of the Thesis

|  |  |
|--|--|
| <i>Author:</i> Aleksandra Šabli  | <i>Type of the work:</i> Master thesis |
| <i>Title:</i> Photovoltaic system online calculator conception for private clients   |  |
| <i>Date:</i> 25.05.2017  | 97 pages                               |
| <i>University:</i> Tallinn University of Technology  |  |
| <i>School:</i> School of Engineering   |  |
| <i>Department:</i> Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics   |  |
| <i>Tutor(s) of the work:</i> dotsent. Eduard Latõšov   |  |
| <i>Consultant(s):</i> no   |  |
| <i>Abstract:</i> <p>This thesis aims to explore the different PV Online calculators, comparing them with each other and take the best parts of them, in order to make the most convenient and logical PV Online calculator model, which calculates the feasibility of using solar panels . Will begin with the introducing solar panels and explaining why people install solar panels, what alternatives can it give. Analyzing the various parameters which affect upon productivity of solar panels in order to understand what can be needed to add in calculator’s boxes. Online calculator compiled a PV model, which is suitable for use by private clients. Overview of the client and the calculator in mutual cooperation. This means that if the client wants to get results, he or she ought to enter the initial data. Moreover, I find the places where the customer can take the data what is necessary for fill the relevant boxes. For example, your electricity consumption history. The next step is - to find and display online programs and softwares which can predict some of the external factors and calculate some parameters, such as: roof area, solar positions in choosen location . To make this model better, risk analysis helps to identify the weak and strong sides of the calculator. Investigate what development options are still on this calculator - mobile app. To analyze the theoretical model of the design. Are the Estonian state is in need of such calculator. How can the calculator provide and what program is needed to configure for Estonian people, such as they could use it without worry. With which countries are needed to plan future cooperation in order to expand the boundaries.</p> |  |
| <i>Keywords:</i> Solar Panels, Parameters, Solar Energy, Calculators, Data, Opportunities  |  |

# Sisukord

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Lõputöö ülesanne.....</b>   | <b>8</b>  |
| Teema põhjendus:.....  | 8         |
| Töö eesmärk:.....  | 8         |
| Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:.....  | 9         |
| Lähteandmed:.....  | 9         |
| <b>Eessõna .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>Sissejuhatus.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>1. Tutvustav osa: esimesed päikesekiirguse kasutamise katsed ja esimesed kalkulaatorid.....</b>               | <b>14</b> |
| 1.1. Teadusuuringud päikeseenergia vallas alates 1945. aastast .....   | 16        |
| <b>2. Energia tulevikuvision .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>3. Tutvustamine päikesepaneelidega, mis aitab õigesti ehitada PV Online kalkulaatori kontseptsioonit.....</b> | <b>20</b> |
| 3.1. Miks inimesed paigaldavad päikesepaneele, mida see annab?.....  | 22        |
| 3.2. Päikesepaneelide plussid ja miinused.....   | 22        |
| 3.3. Päikesepaneelide kasutusiga, tingimused .....   | 23        |
| 3.4. Kas paneelide hinnad langevad aina edasi?.....  | 24        |
| 3.5. Parameetrid, millised mõjutavad päikesepaneelide efektiivsusele .....                                       | 25        |
| 3.5.1. Pilvisuse tase.....   | 26        |
| 3.5.2. Vari.....   | 26        |
| 3.5.3. Ilmastikutingimused.....  | 27        |
| 3.5.4. Päikesekiirguse intensiivsus .....  | 28        |
| 3.5.5. Konstruktsiooni õige kaldenurk.....   | 30        |
| 3.5.6. Katuse orientiir .....  | 33        |
| 3.5.7. Kõrged või väga madalad välistemperatuurid.....   | 34        |
| 3.5.8. Tolm .....  | 34        |
| 3.5.9. Aastaajad - päikesevalgustuse kestus – päevavalguse pikkus tundides .....                                 | 35        |
| 3.5.10. Vaba ruum .....  | 36        |
| <b>4. Olemasolevad PV Online kalkulaatoreid.....</b>   | <b>37</b> |
| 4.1. Tüübid. Võrdlused.....  | 37        |
| <b>5. Kellele sobib selline PV Online kalkulaator .....</b>  | <b>55</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6. Tuntumad PV süsteemi modelleerimise ja programmeerimise professionaalsed tarkvarad.....</b> | <b>56</b> |
| <b>7. PV Online kalkulaatori kontseptsioon .....</b>  | <b>70</b> |
| <b>8. Riskianalüüs .....</b>  | <b>75</b> |
| <b>9. Kalkulaatori esitamine Eesti elanikele.....</b>   | <b>76</b> |
| 9.1. Päikeseenergia Eestis .....  | 76        |
| 9.2. TTÜ Uuringuid.....   | 78        |
| 9.3. Miks on Eestis hea päikesepaneele kasutada?.....   | 80        |
| 9.4. Kalkulaatori võimalik kontseptsioon.....   | 81        |
| <b>10. Millises suunas saab veel areneda PV Online kalkulaator.....</b>                           | <b>85</b> |
| 10.1. Mida toob tulevik? Uued võimalused.....   | 85        |
| 10.2. Riigid, kes kasutavad päikeseenergiat.....  | 87        |
| 10.3. Päikesepaneelide tootjad .....  | 88        |
| <b>Lõputöö kokkuvõte .....</b>  | <b>90</b> |
| <b>Lisad .....</b>  | <b>92</b> |
| <b>Kasutatud kirjandus .....</b>  | <b>93</b> |

# Lõputöö ülesanne

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Lõputöö teema:                | PV Online kalkulaatori kontseptsioon erakliendile |
| Üliõpilane:                   | Aleksandra Šabli, AAHM<br>153453                  |
| Eriala:                       | Hajaenergeetika                                   |
| Lõputöö liik:                 | Magistritöö                                       |
| Lõputöö juhendaja:            | dotsent. Eduard Latõšov                           |
| Lõputöö ülesande kehtivusaeg: | 15.05.2017  |
| Lõputöö esitamise tähtaeg:    | <b>25.05.2017</b>                                 |

---

Üliõpilane (allkiri)

---

Juhendaja (allkiri)

---

Instituudi direktor (allkiri)

## Teema põhjendus:

Käesolev töö analüüsib teaduslikku kirjandust, mis käsitleb PV Online kalkulaatori kontseptsiooni kasutamisega tekkivaid võimalusi. Töö aktuaalsus seletatav päikeseenergia ning päikesekiirguse üldise kasutamisega maailmas ja Eestis. See teema on oluline inimestele, kellel on soov päikesepaneelid paigaldada oma maja kõrval või katuse peal. Töö koostamise käigus lähtuti suures osas päikesepaneelide kalkulaatori tüüpidest. See andis mulle võimalust paremini aru saada millest alustada ja millised parameetrid üldse vaja on, et mudelit teha. Mõistetakse, et PV Online kalkulaatoriga paljud küsimused lahendatakse ja kliendi aega säästetakse. Tulemusena sain teada, kuidas peab loogiliselt ja struktuuriliselt välja nägema pv online kalkulaator, kust võib andmeid võtta ja millise faktoriga arvestada peab. Igal majal on oma elektri tarbimise tase. Kõnealune kalkulaator annab võimaluse sisestada täpselt oma kodutarbimise andmed ja leida tarbimisele vastava võimsusega süsteemivalik.

## Töö eesmärk:

Töö eesmärgiks on uurida väljatöötatud PV Online kalkulaatori kontseptsiooni kasutust ja andmeid, mis arvutab välja päikesepaneelide rakendamise otstarbekust. Tihti on inimestel küsimusi ja kahtlusi, kas paigaldada paneelid katusele või maja kõrvale maapinnale.



Kalkulaatori suureks plussiks on see, et klient ei vaja eelnevat konsultatsiooni asjatundjaga ja saab vajaliku tulemuse ja info kätte kalkulaatorist. Uurisin Internetist ja otsustasin, et kui õigesti ehitada PV kalkulaatorit ja anda võimaluse kasutada teda online-is, siis inimesed ei kuluta nii palju aega kui enne ilma kalkulaatorita.

### **Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:**

- 1) Parameetreid, millised võivad aidata pv kalkulaatori mudelit efektiivsemaks teha.
- 2) Programmid võivad aidata modelleerida pv kalkulaatori ja parameetreid mis temaga seotud.
- 3) Olemasolevad PV Online kalkulaatori mudellid.
- 4) Kliendi ja kalkulaatori vastastikust seos, mida peab klient sisestama ja millised parameetreid kalkulaator annab tulemusena.
- 5) Kuidas edasi võib pv online kalkulaatori areneda, mis suunas.

### **Lähteandmed:**

- 1) *Internet*
- 2) *Firmade tootekataloogid*
- 3) *Firmade koduleheküljed*
- 4) *Erialakirjandus*
- 5) *Ajakirjad*
- 6) *Teaduslikke artikleid*

# Eessõna

Lõputöö teemat ma olen valinud ise, olen mõelnud sellest juba ammu. Kuna ma töötan kohas, kus alati räägitakse taastuenergiast, mikrotootmisest, äppidest, kliendi mugavusest, automatiseeritud tehnoloogiast, olen huvitatud sellest teemast väga. Otsustasin uurida võimalikult palju ja analüüsida struktuuriliselt sellist teemat ning panustada omalt poolt.

Loodan, et lõputöö annab teistele inimestele palju huvitavat infot ja nõudlusel kasutab minu lõputöö materjali ehk mõni programmeerija oma projektile vundamendiks.

Tahan avaldada tänu inimestele, kes mulle aitasid lõputöö koostamisel, grammatika kontrollimisel ja toetamisel.

Eialgu tänan oma juhendajat Eduard Latõšovi. Ta ütles mulle kõige peamist, millest ma pean alustama, pärat seda kogu lõputöö kirjutamisel ta aitas mind, alati oli avatud ja abivalmis.

Tänan oma vanemaid – Rozat Šabli ja Sergeid Šabli ja minu abikaasa Eduardi, et nad usuvad minusse, kui mul oli raske, nad ergutasid mind ja andsid jõudu. Tulemuseks ma kirjutasin oma lõputöö lõpuni.

Lisaks, avaldan tänu Angela Rodimale, kuna minu emakeel on vene keel, hästi saan aru eesti keelest, kuid teen veel palju grammatilisi vigu. Ta aitas mind ja ma tunnen end paremini, et tean kui inimesed loevad minu tööd, siis seal on kõik korrektne ja arusaadav.

Tänan Teid !

Aleksandra Šabli

Eesti Energia AS

[byclearmind@gmail.com](mailto:byclearmind@gmail.com)

Harku, Põhja 1-9 , 76 902

Harju maakond

10.05.2017

# Sissejuhatus

Alustan sellest, kuidas ma otsustasin valida just selle teema. Millised rakendused on inimeste seas populaarsed ja millised rohkem kasutatakse? Mul tekkis taolisi mitmeid küsimusi, kui ma hakkasin selle projektiga tegelema. Online kalkulaatoreid ja äppe on palju - ühistranspordi liiklemise jälgimiseks, palgakalkulaator, gaasitarbimine-näitude sisestamine, valuutakalkulaator ja palju muud. Maailm areneb väga kiiresti, mida inimesed palju juurde mõtlevad, kuidas läbida teatud protsesse veelgi kergemini, ohutumalt ja funktsionaalsemalt. Näiteks, Saksamaa vetelpäästjate liit plaanib veepäästes kasutusele võtta droone, mis viskavad õhust abivajajale õhuga täituvat abivahendi, et uppujat vee peal hoida. Aastaid tagasi olid näiteks selliseid seadmeid nagu kaamera, kalkulaator, kalender, raadio ja äratuskell eraldi asjana- teiste sõnadega omavahel mitte seotud. Tänapäeval on kõik ülaltoodud asjad aga kokku pandud ühes kohas, mida nimetatakse SmartPhones (inglise keeles) - nutitelefoniks. See tõestab, et piiranguid ei ole, kuid samas on veel palju arenguruumi.

Kuna õpin energeetika teaduskonnas, otsustasin, et valin antud teema seoses tänapäeval selle vajalikkusest ja aktuaalsusest. Käesoleva projekti eesmärgiks on näidata erinevaid võimalusi ja lahendusi, kuidas võib päikesepaneelide rakendamisel olla maksimaalselt kasu. Selle otstarbekust ja mõju valitud objektile. Näiteks, kas tasub paigaldada päikesepaneeli, kas see säästab raha ja annab vajalikke elektri kogust, mis võib kata tarbimist. Selleks on väljatöötatud PV Online kalkulaatori mudel, mil moel arvutab välja päikesepaneelide rakendamise otstarbekust nii, et kodutarbija näeb kui palju kasu ta saab graafiku abiga, kus on välja toodud tarbimise ja tootmise suhe. Põhimõtteliselt see mudel koosneb kahest osast-

- 1) vajalike andmete sisestamine
- 2) tulemuste saavutamine

Lisaks soovin võrrelda juba olemasolevaid erinevaid PV Online kalkulaatoreid omavahel ja ehitada nende baasil Eesti PV Online kalkulaatori mudel, et anda ülevaade päikesepaneelide elektritootmise tasuvuse kalkulaatori mudeli kohta ja selle mudeli kasutamist kodutarbijatega online veebilehel, et arvutada välja päikesepaneelide nõutav kogus, nurk ja tasuvus .

Milleks see vajalik on? Igal majal on oma elektri tarbimise tase. See mudel annab võimaluse sisestada täpselt oma kodutarbimise andmeid, leida tarbimisele vastava võimsusega süsteemivalik. Mõned inimesed tahavad endale ehitada nõ koduse päikeseelektrijaama, kuid puuduvad mõned ollulised teadmised: kui palju raha selle peale kulub, millise nurga all on kõige kasulik paigaldada ja kui suure pindala see võib katta. On võimalus tellida ka auditi, mille

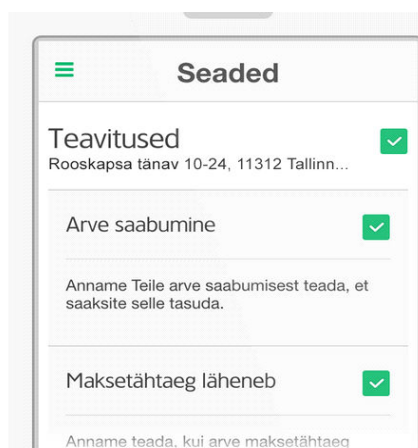
alusel saab klient teada, mida teha. See võtab aega ja võib kujuneda ka kulukaks. Seda kõike võib teha pärast kui kalkulaator näitab, kas on päikesepaneelide paigaldamisest kasu või ei. Käesoleva uurimustööga soovin tutvustada Teid mudeliga, mis aitab lahendada selliseid probleeme, enne päikesejaama ehitamisest. Näitab, millisele parameetritele on vaja rohkem tähelepanu pöörata.

See töö annab põhjaliku ülevaate, kuidas saada päikesepaneelide süsteemiga võimalikult palju kasu, eelnevalt mainitud arvutamise mudelit, kuid arusaadavate pildimaterjalide ja sammudega. Uurimistöö on väga aktuaalne ning perspektiivne, sest pidevalt arenevas maailmas päikeseenergiast elektri tootmine on prioriteediks.

Lisaks, seletan päikesepaneelide rolli maailmas, millised faktorid mõjutavad päikesepaneelide tootlikkust, millised andmebaasid ja tarkvara aitab vajalikke parameetreid välja arvutada. Hiljem, tegelen otse antud mudeliga, vaatan kuidas see võib välja näha veebilehel ja hiljemalt selle basil äppi loomist. Uuringus toon välja kalkulaatorid, mille alusel olen teinud oma kalkulaatori mudeli.

Allpool olen näitena välja toonud ühe juba olemasoleva äppi, mis on seotud elektriga. Eesti Energia sai lähiajal valmis auhinnatud väga hea mobiiläppi, mis annab võimaluse jälgida Elektritarbimise infot, arve infot ning olulisi teavitusi. Selle äppi välja arendamine algas sama etapiga nagu PV Online Kalkulaator - esialgu veebilehel ning kuid selgus, et inimestele see meeldis, siis juba äppi kujunduses

Seadista endale äpis sobivad teavitused, et saaksid teada järgmise päeva elektrihindu ja juhtida oma tarbimist sobivate hindadega tundidele. Lisaks saadab äpp sulle teate, kui Sinu elektritarbimine erineb oluliselt tavapärasest.



### ***Joonis 1. Eesti Energia äpp [1].***

Lühikese ajaga on äpp kogunud juba 13 013 kasutajat.

Käesolevas lõputöös planeeritakse peamiseks eesmärgiks leida parim võimalus teha kõige parem PV Online kalkulaatori kontseptsiooni, mil moel arvutab välja päikesepaneelide kasutamise

otstarbekust erakliendile. Kuna lõputöö teema on mitmekülgne, olen jaganud oma lõputööd mitmeks eri osaks.

# 1. Tutvustav osa: esimesed päikesekiirguse kasutamise katsed ja esimesed kalkulaatorid

Enne, kui puutume kokku uurimisega, mis käsitleb PV online kalkulaatori kontseptsiooni, mil moel arvutab välja päikesepaneelide rakendamise otstarbekust era sektorile, keskendume esimesel ajaloolisel päikesekiirguse kasutamise elektri tootmiseks juhtumil ja millal oli välja mõeldud esimene kalkulaator, nagu räägitakse - on vaja alati alustada algusest kui on soov aru saada süsteemi või mudeli toimimise loogikat.

Päike kiirgab lakkamatult energiat kosmosesse, kuid ainult väike osa sellest langeb Maale. See energia esineb kõikides looduslikes protsessides. Peamiselt tuleb mõista päikeseenergia konverteerimise meetodite spetsiifikat ja eripära ning õppida lihtsa analüüsi teel hindama selle efektiivsust ning kasutegurit.

Pidevalt arenevas maailmas on päikeseenergia kasutamise küsimus paljulubav, aktuaalne ning perspektiivne. Kuna päikeseenergia kasutamine ning päikeseelektrijaamade hulk pidevalt kasvab, avanevad üha uued ning erinevad võimalused päikeseenergia tootmise vallas. Inimesed analüüsivad uusi saavutusi, uurimusi, mis on seotud päikeseenergia kasutamise tehnoloogiate kasvuga ja arenemisega. Ka meie Eesti Vabariik osaleb pidevalt päikeseenergia ja päikeseelektrijaamade kasutamise arengus. Eesti on olnud esindatud paljulubavates projektides, mis on tihedalt seotud päikeseenergia kättesaamise arendamisega.

Antud uuringus on puudutatud nii globaalseid kui ka konkreetseid teemasid, mis on seotud päikeseenergiaga. Inimesed on juba sajandeid kasutanud päikesekiirgusega kaasnevat soojust erinevatel viisidel ning sellest tulenevad tagajärjed päikesekiiri oma tegevustes erinevates suundades, millest paljud toovad tähtsat majanduslikku ja sotsiaalset mõju ühiskonna arengule. Juba muistsed inimesed ja nende primitiivne luule teadsid, et päike on peamasin, mis toob elu Maale. Ilma päikesekiirguseta oleks Maal külm. Inimesed tunnevad, et on vaja kasutada kõiki võimalusi, mis avanevad meile inimkonna uuringutele kaudu, samuti läbi viidud eksperimendid teooriate abil. Päikeseenergia asendab üha enam fossiilseid kütuseid, mille varud aegamööda lõpule lähenevad [2].

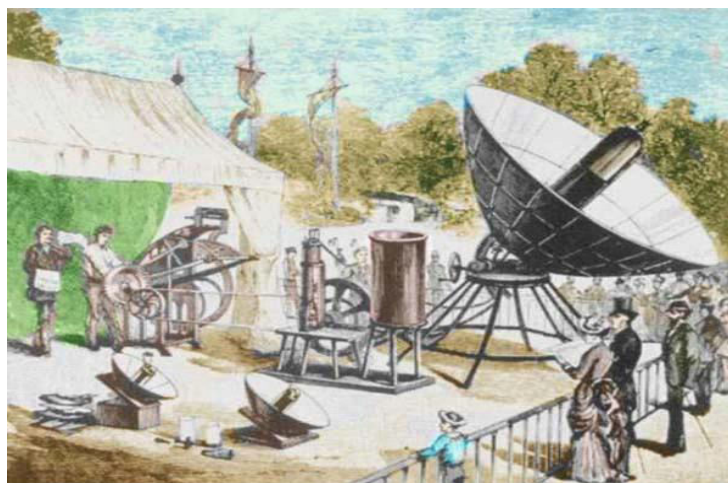
Päikeseenergiat on inimtegevuse tarbeks muundatud juba sadu aastaid. Aastal 1767 leiutas Šveitsi teadlane Horace-Benedict de Saussure esimese päikesekollektori, mis soojendas isoleeritud ahju 110 kraadini kasutades kolme klaasist kihti. Fotogalvaanilise (ingl. *photovoltaic*) efekti avastas 1839. aastal prantsuse teadlane Edmond Becquerel, kes leidis, et kahe elektroodi asetamisel elektrolüüti ning jättes neid valguse kätte, tekib elektrivool. Esimese

fotogalvaanilise elemendi konstrueeris 1883. aastal ameeriklane Charles Fritts, kes kasutas pooljuht-metallina seleeni ning üliõhukesi kullakihte, millega saavutas seade vaid 0,5% efektiivsuse. Efektiivsuse all mõeldakse fotoelemendi võimet muuta pinnale jõudev päikesekiirguse energia hulk elektrienergiaks.

Aastal 1905 avaldas saksa füüsikateoreetik Albert Einstein tulemused fotoelektrilise efekti olemusest, mille eest sai ta ka 1921. aastal Nobeli füüsikapreemia. Eksperimentaalselt tõestas seda ameeriklane Robert Millikan 1916. aastal. 1940. aastal avastas USA uurimisinstituudi *Bell Laboratories* füüsik Russel Ohl räni, mis on pooljuhtdiodide ja bipolaartransistorite põhiomadusi ning 1946. aastal patenteeris R. Ohl moodsa räni kasutava päikeseplatari. Aastaks 1954 täiustasid *Bell Laboratories*'e füüsikud räni baasil töötavat fotogalvaanilist elementi nii palju, et saavutati 6% efektiivsus. Seda võib pidada ka esimeseks praktiliseks päikeseenergiast elektrit tootvaks seadmeks.

Ameerika firma *Hoffman Electronics* on andnud väga suure panuse päikeseelementide arendusse. Aastal 1955 konstrueerisid nad kommertseesmärgiks mõeldud 2% efektiivsusega päikeseelemendi, mille hinnaks kujunes 1,7855 dollarit vati kohta (\$/W) ehk tänapäeva vääringus 15,6 \$/W (11,33 €/W). 1957. aastal täiustasid nad seadet 8%-ni, 1958. aastal 9%-ni, 1959. aastal 10%-ni ning 1960. aastal koguni 14%-ni. 1977. aastaks oli maailmas kokku installeeritud 500 kW päikeseplatari ning viis aastat hiljem 1983. aastal oli neid juba 21,3 MW. Aastal 1985 saavutati Austraalias ränist tehtud päikeseelementidel 20% efektiivsus ning 1994. aastal jõuti USA-s 30% tühiseni.

Esimesed katsed päikeseenergia koduseks kasutamiseks tehti 1920ndate ja 1940ndate aastate vahel Alexander Makneylezh poolt Californias. Ta projekteeris hoone tasapinnaliste päikesekollektoritega, mis olid mõeldud vee ja õhu soojendamiseks ("Castle Scotty" Valley of Death, 1922-1929.). Aastal 1931 avaldas oma projekti saksa arhitekt Martin Wagner. Pariisi maailmanäitusel aastal 1878 esitles prof. Musho teistpäikeseenergiat töötavat masinat, mis oli mõeldud ajalehtede trükkimiseks (*Joonis 1.1.*). Ta avaldas ka raamatu päikeseenergiast, mis kandis nime "Päikese soojuse ja tööstuslikes rakendustes" [3].



*Joonis 1.1. Musho masin, mis oli mõeldud ajalehtede trükkimiseks [3].*

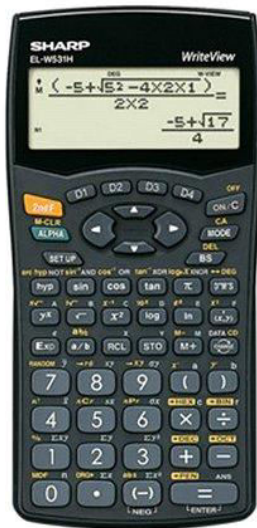
### **1.1. Teadusuuringud päikeseenergia vallas alates 1945. aastast**

Ameerika Ühendriikides (Florida, Texas ja Arizona) on päikesekollektorite kasutamine levinud juba aastast 1940. Aastal 1948 Doveris (Massachusetts, USA) ehtasid teadlased Telkes, Raymond ja Peabody esimese "päikese maja", kus 80% kasutatavast soojusest andis päikeseenergia. Pärast 1945. aastat sai päikeseenergia uued väljakutsed energeetika ja teadusuuringute valdkonnas. Teadlased ja mittespetsialistid üle kogu maailma mõistsid päikeseenergia suurt tähtsust. Paljud uurimistööd olid rahastatud erinevate rahvusvaheliste tööstusettevõtete poolt. Pärast 1950. aastat korraldati USA ülikoolide ja akadeemiliste ning teadusasutuste poolt esimene suur sümposium, mis käsitles päikeseenergia tootmisega kaasnevat probleeme.

Oktoobris 1954 toimus UNESCO ja India valitsuse poolt korraldatud esimene rahvusvaheline konverents, mis oli pühendatud ainult päikese- ja tuuleenergile.

Oktoobris 1955 Phoenixis (USA) asutati päikeseenergia kasutamist puudutav assotsiatsioon ning samal ajal korraldati rahvusvaheline sümposium ning esimene näitus, mis puudutas päikeseenergia tehnoloogiat ning kus osalesid tuhanded teadlased 36 riigist ja eksponeeriti enam kui 80 eksponaati [3].





### ***Joonis 1.2. Kalkulaator [4].***

Kuna minu teema sees on olemas sõna kalkulaator, siis lisasin veidi ajaloolist infot selle mehhanismi kohta, sest selle seadme arendamine andis võimaluse palju muuta protsesse kergemaks, mida mugavalt juhtida. Esimene kalkulaator oli väljamõeldud 1643 aastal- Blez Paskali poolt. Suure vahega ainult 1957 aastal oli väljamõeldud elektrooniline kalkulaator ettevõttega Casio Computer Co, mis kaalus 140 kg. 1965 aastal oli väljamõeldud kalkulaator mäluga . Tänapäevani on need arengu järgus. Hea on see , et kalkulaator annab meile võimalust oma aega pühendada teistele asjadele. Arendustöö tulemusena on saavutatud ka märgatavat edu [5] .

Loodan, et see uurimistöö aitab veel rohkem avaldada inimeste isiklikke vaateid - PV online kalkulaatori mudeli arenguvõimalustele.

Lisaks kirjeldan ma selles töös päikesepaneelide kasutamise ajal tekkivaid võimalikke raskusi, millised on olulisemad parameetrid, et saada rohkem kasu ja millised faktorid võivad segada kasumi saamiseks. Kirjeldan mudeli loogilise struktuuri etappe. Enne mudeli arendamist on vaja mõista “süsteemi”- ümbrust, milles mudel funktsioneerima hakkab. Tuleb tuvastada tegevused (operatsioonid), mida süsteemis teha tuleb, analüüsida, spetsifitseerida, modelleerida, valideerida ja hooldada kõiki nõudeid.

Enne ei saa tehnoloogiat üles ehitama hakata, kui pole selge, millises ümbruses kõik funktsioneerima peab. Süsteem ja tema ümbrus on omavahel väga tihedalt seotud. Kaks olulist põhjust, miks ümbrusega arvestada tuleb:

1.Tihti põhjustab süsteem muudatusi keskkonnas.

2.Samal ajal mõjutavad muudatused keskkonnas süsteemi funktsioneerimist [6].

Õige lahenduse leidmine nõuab põhjalikku kaalutlemist ja väga erinevate asjaolude arvestamist, sh keskkonna mõjusid, mõju elektrivõrgule, majanduslikku tõhusust, reguleerimise võimalusi ja salvestusvõimaluste olemasolu. Kõige suurem säästmine tekib juhul, kui kõik või enamus toodetavast elektrist tarbitakse ka kohapeal ära ning ülejääk müüakse võrku. Selle tulemusena väheneb elektriarve kogu ulatuses – lisaks elektrienergiale vähenevad kulud ka võrguteenusele ning muudele maksudele [7].

## 2. Energia tulevikuvision

Meie maailm areneb kiiresti, ilmuvad uued targad tehnoloogiad, suur osa seadmetest vajab ainult nupule vajutamist, sest kõik protsessid on juba automatiseeritud. Seetõttu on inimeste arvamus energia tulevikuvisioni kohta ka muutunud. Automatiseeritud tööprotsess on tegevus, kus teatud tööülesandeid täidab inimese eest tehnoloogiline seade.

Oma igapäevaelus puutume me kokku sageli küsimusega, kuidas ühe või teise tööülesande täitmise kiiremini ja paremini hakkama saada. Iga inimene unistab masinast või seadmest, mis teatud tööprotsessid tema eest ära teeb. Tänapäeva kiire elutempo juures väärtustatakse aega kui piiratud ressursi aina enam.

Erinevate tööprotsesside automatiseerimine on järjest tõusev trend, mis on tingitud ettevõtete vajadusest saavutada erinevaid eesmärke, näiteks:

- 1) inim- ja ajaressursi kokkuhoid
- 2) konkurentsieelise saavutamine läbi uute, innovaatiliste tehnoloogiate kasutuselevõtu
- 3) kulude kokkuhoid
- 4) tööefektiivsuse tõstmine
- 5) tööprotsessi täpsuse
- 6) kvaliteediomaduste tõstmine

PV Online kalkulaatori mudeli põhimõtte [8].

Energia on ühiskonna tähelepanu keskpunktis. Inimesed tahavad saada rohkem iseseisvamaks energia kasutamises, mistõttu rajavad inimesed maja kõrvale või peale oma isiklikud energia tootmisjaamad- paigaldavad päikesepaneele oma katuse peale. Kuna suurem osa toimuvatest protsessidest toimub elektri abiga, mängib elekter suurt rolli meie elus. Elektrienergia on kõige väärtuslikum energialiik, kuna seda saab kõige lihtsamalt muuta teisteks energialiikideks (mehaaniliseks tööks, soojuseks, valguseks). Elektri peamiseks probleemiks on aga see, et toodetud elekter tuleb kohe ka ära kasutada, sest võimalusi elektrienergia salvestamiseks on väga vähe. Ökonoomsemaks tarbimiseks saab programmeerida maja et ta hakkaks tööle targa majana, lisades automaatika abil veeboilerid, erinevad laadijad ja põrandaküttes tööle päevase päikesega. Mida enam inimene enda toodetud energiat kasutab, seda kiiremini paneelid end ära tasuvad. Samuti saab oma päikesepargi tootlikkust jälgida ja reguleerida interneti kaudu arvutis või nutiseadmes. See on võimalus elada sõltumatult ning viisil, mis kahjustab vähem keskkonda [9].

### 3. Tutvustamine päikesepaneelidega, mis aitab õigesti ehitada PV Online kalkulaatori kontseptsioonit

Minu lõputöö teemaks on PV Online kalkulaatori kontseptsioon, mil moel arvutab välja päikesepaneelide kasutamise otstarbekust. Et aru saada paremini, tuleb välja selgitada parameetreid, mis mõjutavad päikesepaneelide efektiivsusele. Omakorda see aitab paremini ehitada PV Online kalkulaatori mudeli skeemi on vaja tutvuda lähemalt päikesepaneelidega-millised tüübid võivad olla (*Joonis 3.1.*) ja milleks inimesed paigaldavad päikesepaneele. Pidev päikesepaneelide efektiivsuse täiustamine muutis päikesepaneele üha atraktiivsemaks investeringuks, mis viis selleni, et neid hakati suuremates kogustes tootma ning seetõttu ühikmaksumus alanes ning see omakorda põhjustas suuremat nõudlust. See protsess, kus toimub pidevalt positiivse tagasimõjuga tsüklil, on viinud selleni, et installeeritud päikesepaneelide arv on viimastel aastatel hakanud eksponentsiaalselt tõusma: kui 2000. aastaks oli maailmas installeeritud 1 GW võimsuses päikesepaneele, siis 2013. aasta esimeses pooles ületati 100 GW .Uurime välja tugevad ja nõrgad küljed [10] .

Praegu on enamlevinud 60-st elemendist koosnevad 250 W-sed jadaühenduses polükristallilised PV-paneelid. Kõigi PV-paneelide elektrilised andmed antakse standardtingimuste jaoks: 1000 W/m<sup>2</sup> valguskiirgust + 25 °C juures. Paneelid on umbes 1 m laiad, 1,7 m pikad ning 30–50 mm paksud, mass on vahemikus 17–25 kg. Tähtsad näitajad on veel välimise klaasi vastupidavus, sest meie laiuskraadil esineb nii väga tugevat rahet kui ka paksu lund, ning elementide temperatuurisõltuvus. Paneelile, mille pindala on 1,7 m<sup>2</sup>, annab jäikuse alumiiniumraam.

Päikesepaneeli ehk PV paneeli (*photovoltaic*) võib ehituselt võrrelda pangakaardiga, mis kihtidena kokku laotud ja pressi all lamineeritud. Kihte on viis:

Peegeldust vähendava pinnatöötlemisega klaas;

Polümeerist kilematerjal;

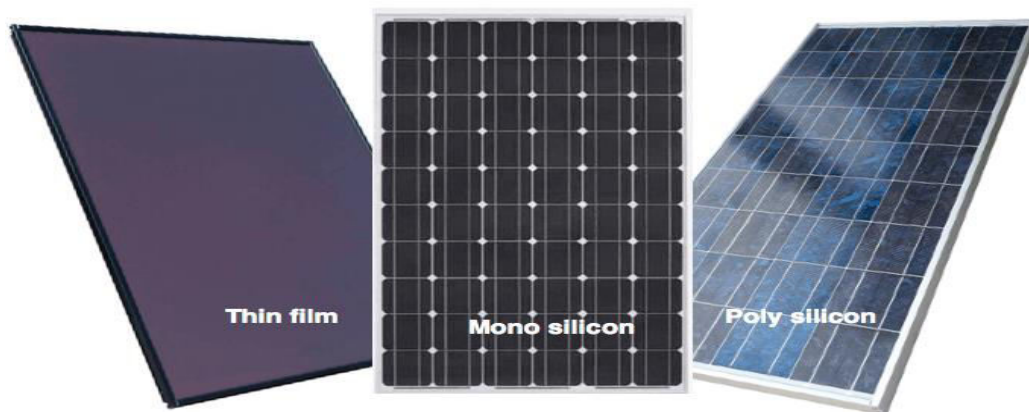
Omavahel ühendatud päikesepatarei elemendid;

Polümeerist kilematerjal;

Alusmaterjal, milleks on tavaliselt plastikust plaat.

Kui erinevad kihid on omavahel kokku lamineeritud, pannakse ümber alumiiniumist raam, tagaküljele kinnitatakse kaablite niiskuskindlaks ühendamiseks karp, milles asuvad ka diodid, mis peavad elektrivoolu mööda juhtima, kui paneel päikesevarju satub.

Päikesepatarei elemente valmistatakse erinevatest materjalidest ja sellest on tingitud ka nende nimetused:



**Joonis 3.1. Paneelide tüübid [10].**

MONOKRISTALL – efektiivsus 17–22%-kõige kallimad ja kõige tundlikumad varjuks

POLÜKRISTALL – efektiivsus 12–18%-kõige populaarsemad

ÕHUKESEKILELINE (thin film) – viis erinevat alaliiki, mille tüüpiline efektiivsus jääb vahemikku 6–11%-odavamad, kuid nende paigaldamiseks on vaja kõige rohkem ruumi. Lisaks võivad olla paindlikud. Kui päikesekiirgus on väga nõrk, siis selles olukorras kõige parem töötavad just õhukesekilised paneelid.

Kõige enam on levinud monokristall ja polükristall paneelid. Nii mono- kui ka polükristall paneelide tootlikkus Eestis on sama. Efektiivsus iseloomustab, mitu protsenti suudab päikesepaneel päikeseenergiat ümber muundada elektrienergiaks.

Päikesepaneeli efektiivsusega puutub tavatarbija kokku läbi paneeli mõõtmete: kindla suurusega pinnahikult (nt hoone katus) toodavad suurema efektiivsusega paneelid rohkem energiat. Seega ei ole niivõrd vahet, mis on paneeli efektiivsus, olulisem on 1W maksumus [11].

Avardunud on ka paneelide võimalused ehk piir päikesepaneelide ja ehitusmaterjalide vahel on hakanud kaduma. See tähendab, et paneele saab kasutada poolläbipaistvatena varikatustel, katusematerjalina hoone katuses ja fassaadikatte asemel. Paneele on eri värvi ja erinevaid disainlahendusi [9].

On olemas 4 päikesepaneelide elementide kvaliteedi taset, mida nimetatakse «kvaliteedi indeks» - A, B, C ja D. Erinevate klasside elemendid erinevad teineteist oma mikrostruktuuriga, mis omakorda mõjutab nende eluajale, vastupidavusele, efektiivsusele. C ja D viskavad ära [12].

### 3.1. Miks inimesed paigaldavad päikesepaneele, mida see annab?

- Fikseerid elektrihinna aastateks – enda toodetud energia eest ei pea sa midagi maksma ning tootmine toimub just päeval ajal, kui börsihind on kõrgem.
- Hakates ise elektrimüüjaks makstakse sulle lisaks börsihinnale taastuenergiatoetust.
- Säätad võrgutasude arvelt – elektrienergia tootjad ei pea maksma võrgutasusid jms makse. Kui kogu toodetud energia tarbitakse kohapeal ära, siis on kasu suurim.
- Parandad hoone energiaklassi ning suurendad selle väärtust kinnisvaraturul.
- Vähendad enda mõju keskkonnale.
- Investeering päikesepaneelidesse on püsiva ja kindla tootlusega
- Kõikidele paneelidele on tootjapoolne 10-aastane tootegarantii ja 25-aastane garantii tootlikkuse säilimisele 80% esialgsest
- Mitte ainult vähendada elektriarvete maksmise summat, samuti nagu varuelektriallikas . Veel see annab võimalust – energiasõltumatusel [7] .



*Joonis 3.1.1. Miks inimesed paigaldavad päikesepaneele [9].*

### 3.2. Päikesepaneelide plussid ja miinused

Plussid:

- Keskkonnasäästlik taastuenergia: väheneb fossiilsete kütuste põletamine energia saamiseks, samuti maavarade kaevandamine ja sellega kaasnevad keskkonnamõjud;
- Töötab ka ilma otsese päikesepaisteta, valguskiirgus jõuab paneelideni läbi pilvede;
- Ei kaasne ohtlike kasvuhoonegaaside emissiooni keskkonda;
- Päikesepaneele saab paigaldada erisugustele katustele, fassaadidele või avamaale;
- Piiramatult ressurs. Päikest on külluses, see on tasuta ja varud ammendamatud;

- Suhteliselt madalad hoolduskulud;
- Päikeseenergiat saab kasutada kohapeal, ei ole vaja ühendust elektrivõrku;
- Päikeseelektrijaamasid saab kasutada sõltumatu elektrivarustuse tagamiseks;
- Energiatootmise kulusid saab prognoosida ja neid kütusehinna kõikumine ei mõjuta;
- Päikeseelektrisüsteem töötab hääletult;
- Juba 2 kW-ne päikesejaam vähendab CO<sub>2</sub> aastast heitkogust 650 kg võrra;
- On välja töötatud regulatsiooni, mis võimaldaks mikroelektrijaamu võrguga liita.
- Keskkonnasõbralikkus: kui kasutatakse fotogalvaanilisi süsteeme, ei põle kütus ja ei ole liikuvaid osasid, nad on vaiksed ja puhtad.
- Modulaarsus: sellise süsteemi omanik võib suurendada või vähendada moodulite arvu, kui tema elektri tarbimise vajadused muutuvad mõne aja pärast.
- Madalad ehitamise kulud: PV-süsteemid on tavaliselt paigutatud tarbimiskoha lähedale, mis tähendab, et elektriliini ei ole vaja tõmmata pikkade vahemaade taha.

Miinused:

- 3 kuud aastast (talveperioodil) töötab 30% võimsusel;
- Nõuab paneelide all oleva ala hõivamus;
- Vajalik päevavalgus, öösel saab kasutada vaid juba salvestatud energiat;
- Sesoonsus. Talvekuudel on päikesepaneelide kasutamise efektiivsus madal;
- Tänapäevane tehnoloogia on ebaefektiivne – vaid viiendik päikeseenergiast muudetakse elektrienergiaks;
- Suhteliselt suur ressursikulu ning kõrge hind;
- Päikesepaneelide tootmine on kallid ning selleks on vaja spetsialiseeritud tööjõudu;
- Vajavad küllaltki suurt maa-ala, kui nende abil arvestataval hulgal elektrit toota;
- Pikk tasuvusaeg ilma täiendavate toetusteta [13].

### **3.3. Päikesepaneelide kasutusiga, tingimused**

Päikeseenergia ei tooda elektrit öösel ja ei saa tõhusalt toimida hajunud päikesekiirguse tõttu hommikuti ja õhtuti. Olemasolevad päikese jälgmise süsteemid (trekery- päikese tracker), parandavad mõningal määral olukorda ja suurendavad süsteemi tõhusust, kuid kahjuks on nad kallid ja vajavad hooldust. Seetõttu on nende kasutamine üldjuhul piiratud suurte energiasüsteemidega. Võimsad tööstuslikud elektrijaamad nõuavad enda paigutamiseks suuri territooriume. Näiteks 1 GW võimsusega elektrijaam võtab enda alla mõnikümmend ruutkilomeetrit. Seda probleemi saab nüüd edukalt lahendada, paigaldades päikesepaneelid suurtes päikeseelektrijaamades 1,8 - 2,5 m kõrgusele, mis annab võimaluse kasutada maad jaama

all, erinevatel põllumajanduslikel eesmärkidel nagu näiteks karjatamine. Lisaks on maailmas päris suur hulk vaba ja puutumatu maapinda (nt kõrbetes). Päikeseenergia kasutamist mitte maapinnal, vaid vastupidi, ehitades selle maast kõrgemale, võib olla lahendus, mis avab suuri maa-alasid päikese elektrijaamadele.

Päikesepaneelide pinda tuleb perioodiliselt puhastada tolmust ja muudest säästeainetest. Suured elektrijaamad, mis hõlmavad mitu tuhat ruutkilomeetrit, võivad puhastustöödel tekitada sattuda suurtesse raskustesse. Fotoelementide kasutegur väheneb kuumenemisel ja kuna nad tegutsevad kuumade päikesekiirguste all, siis on vaja hädasti paigaldada jahutussüsteeme, mis tavaliselt töötavad vee abil. Päikesepaneelide suur puudus on mürgiste ainete sisaldus fotoelementides (plii, kaadmiumi, gallium, arseen) ja mürgiste ainete kasutamise tootmises korral, vaatamata kokkuvõttes saadud elektroenergia puhtus keskkonnale. Pärast 30...50 aastat patareide päikesepaneelide kasutamist võib paratamatult tekkida probleem, mis on seotud nende utiliseerimisega, mis tänaseks ei ole veel ökoloogiliselt puhtalt lahendatud [14].

Päikesepaneelide on testitud paljudes valdkondades erinevate rajatiste peal. Praktika on näidanud, et päikesepaneelide kasutusiga on rohkem kui 20 aastat. Fotogalvaanilised elektrijaamad, mis on tegutsenud Euroopas ja Ameerika Ühendriikides umbes 25 aastat, on näidanud toitemoodulite võimsuse langust umbes 10%. Seega saame rääkida tegelikust monokristallist päikesepaneelide elueast 30 aastat või rohkem. Polükristallilised moodulid töötavad tavaliselt 20 või rohkem aastat. Moodulite amorfsel ränil (õhuke kile või paindumatud) on eluiga 7 (esimese põlvkonna kilega tehnoloogiad) kuni 20 (teise põlvkonna õhukese kile tehnoloogia) aastat. Lisaks kaotavad kilega moodulid tavaliselt 10 kuni 40% võimsusest esimese kahe tööaasta jooksul. Seega, moodustavad praegu ligikaudu 90% turust paneelid: kristalse räni moodulitest. Päikesepatareide efektiivsust määravad kolm peamist tegurit: *esiteks – fookus, teiseks - kaldenurk ja kolmandaks – varjund* [15].

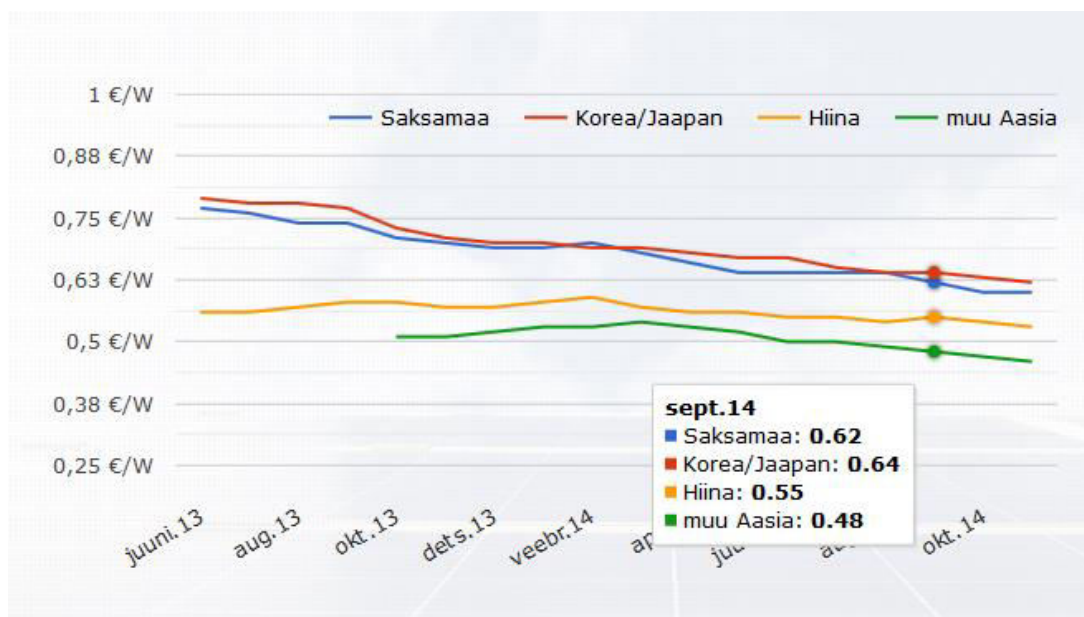
### **3.4. Kas paneelide hinnad langevad aina edasi?**

Hindade languselt võttis hoo maha Hiinas toodetud paneelidele seatud tollipiirang. Piirang seisneb selles, et Hiina paneelidele on määratud miinimumhind, mida Euroopa Liidus võib rakendada. Sellega seoses on Aasia paneelide hinnad püsinud küllaltki sarnasel tasemel. Euroopas toodetud paneelide hinnad on siiski langustrendis. Siiski tõuseb elektri hind kiiremini, kui paneelide hinnad langevad (*Graafik 3.4.1.*). Seetõttu peaksid päikesepaneelide peale mõtlema juba praegu, et saaksid kokkuhoiuga võimalikult kiiresti alustada.

Järgneva graafiku pealt on näha päikesepaneelide maailmaturu hindasi viimase 13 kuu kohta. On näha, et Aasia paneelide hinnad on püsinud küllaltki samal tasemel ning kallimate Saksamaa ja



Jaapani paneelide hinnad langevad. Juhime tähelepanu asjaolule, et tegemist ei ole lõpptarbivate hindadega [16].



**Graafik 3.4.1. Paneelide hinnade prognoos [16].**

Arvestades graafikuga kuna hinnad langevad, tähendab see, et kasvab klientide arv, kellel on soov kasutada PV Online kalkulaatorit. See omakorda tähendab, et mudel, mil moel arvutab välja päikesepaneelide kasutamise otstarbekust erakliendile – läheb kasutusele.

### 3.5. Parameetrid, millised mõjutavad päikesepaneelide efektiivsusele

Selles osas ma kirjeldan, kõige tähtsamat parameetreid millest sõltub päikesepaneelide tõhusus, kui paigaldamine toimub katuse peal. Miks on nii oluline päikesepaneelide töö efektiivsus, sest kui päikesepaneelide efektiivsus on kõrge, see annab võimalust rohkem elektrit saada ja selle tõttu katta investeeringu tehtud kulusid. Nüüd arutatakse tegurite kohta, millised mõjutavad päikesepaneelide efektiivsusele, nad on järgmised:

- 1) Pilvisuse tase
- 2) Vari.
- 3) Ilmastikutingimused
- 4) Päikesekiirguse intensiivsus
- 5) Konstruktsiooni õige kaldenurk
- 6) Katuse orientiir, suund
- 7) Kõrget või väga madalat välistemperatuuri
- 8) Tolmu.
- 9) Aastaajad - päikesevalgustuse kestus – päeva valguse pikkus tundides
- 10) Paneelide konstruktsioonide all vaba ruum

### 3.5.1. Pilvisuse tase

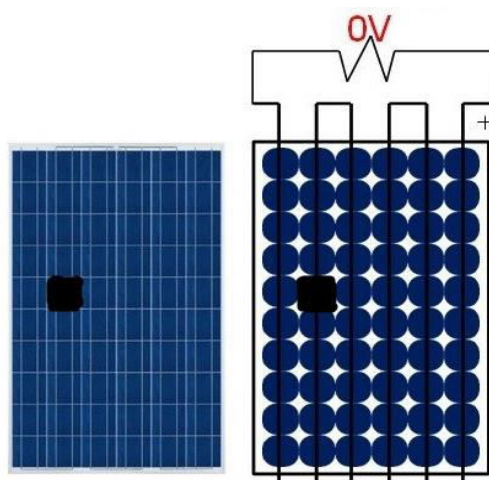
Kui taevas on suured pilved päikesepaneel toodab ainult 60-80% võimalikult kogust, lisaks sõltub ka sellest milline pilvede liik on taevas. Pilved liigitatakse nende aluse kõrguse järgi 4 klassi: ülemised, keskmised, alumised ja vertikaalsuunas arenevad ehk konvektsioonipilved, mille alus asub alumises ja tipp keskmises või ülemises kihis. Ülemised pilved 6-12 km; keskmised pilved 2-6 km; alumised pilved – maapind-2 km; konvektsioonipilved – aluse kõrgus alla 2 km [17].

### 3.5.2. Vari



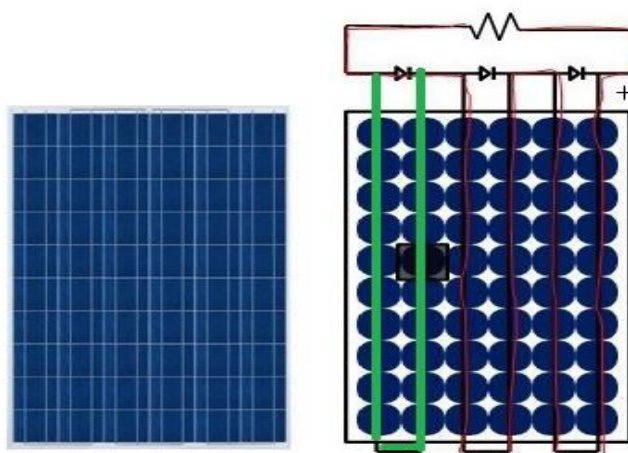
*Joonis 3.5.2.1. Vari [18].*

Ei ole saladus, et päikesepaneelide kasutegur on väiksem kui taevas on pilveid palju, uduses ja vihmases valdkonnas, neid ei ole mõtet paigaldada ja sama kehtib ka varjutatud aladele. Päikesepaneelid on ebasoovitav paigaldada, kui kõrval on olemas majad või puud, asukoha valimiseks prioriteediks on lõuna pool. Isegi kui on ainult üks väike paneeli osa asub varjus, siis pinge langeb pooleks, seega, et kaitsta kogu süsteemi ja selle tulemusena paneel kaob ära kogu võimsust ka.



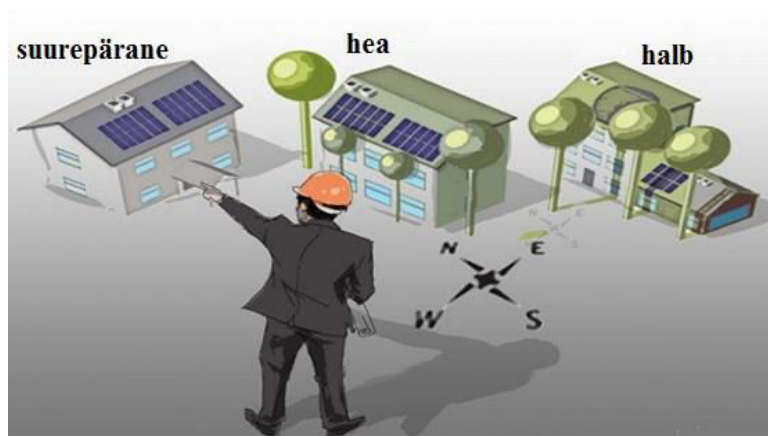
*Joonis 3.5.2.2. Päikesepaneeli vanem süsteem – toodab elektrit ainult siis kui peale ei lange varju [18].*

Sellel pildil on näha, et vanasti oli päikesepaneelil selline süsteem, kui üks väike paneeli osa on varjus, siis kogu süsteem ei tootnud elektrit üldse kuna vool ei olnud läbinud täielikku tsüklit ja efektiivsus langes nulli väärtuseni.



**Joonis 3.5.2.3. Päikesepaneeli süsteem – uus, kui langeb vari, siis ikka toodab elektrit [18].**

Aga sellel pildil on teisiti- kui mingi osa on varjus, siis see ei tähenda, et kogu süsteem ei tööta, ainult osaliselt. See annab võimaluse toota elektrit aga ainult väikeste kadudega. Tänu spetsiaalsetele läbilaskvate diodidele on selline võimalus [18].



**Joonis 3.5.2.4. Milline olukord on kõige parem( Autor: tundmatu ).**

Kuna päike Talvel asub teises asendis, paistab madala nurgaga siis vari on suurem võrreldes Suvega, sellega tuleb arvestada, päikesepaneelide paigaldamise ajal.

### 3.5.3. Ilmastikutingimused

Võivad märgatavalt mõjutada, kuna süsteem töötab ainult 20-30% kogu võimsusest. Näiteks, rahe võib peksta päikesepaneeli pinda. Rahe on põhjustanud kodanikele palju varalist kahju: mõlgitud sõiduaudod, lõhutud katused ja aknaklaasid. Päikesepaneelid on sisuliselt hooldusvabad: talvel on kindlasti kasulik lükata nende pealt maha lumi ning suvel puhastada

vajadusel veesurve abil tolmust, sest läbi lume ja tolmu töötavad paneelid kindlasti kehvemini. Lumi võib olla väga erineva kaaluga. Külmal ajal, st kui õhutemperatuur on alla  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , on lumi kõige kergem. Kergelt, ilma tuisuta katusele sadanud lume kihi paksuseks võiks julgelt lubada 70-80 cm. Aga sama lumi tuisuga tultes muutub palju tihedamaks ning ka raskemaks. Seega peab lubatava kihi paksus olema juba väiksem. Märtsis, mil päike hakkab lund sulatama, muutub lumi vesisemaks ja jäisemaks. Selline lumi on katusele väga ohtlik. Jää kaalub 6-7 korda rohkem kui lumi. Sellega peaks hoone omanik kindlasti arvestama. Mida lamedam, st madalama kaldega on hoone katus, seda suuremat koormust tekitab lumi katusele. Mida vanem on katuse kandekonstruktsioon, seda väiksem on tema vastupanuvõime lisasurvele, see tähendab lume koormusele koos päikesepaneelide konstruktsioonidega. Üks või kaks korda talve jooksul katusele lund maha ajada on tunduvalt odavam kui ehitada uus katus! Lisaks, talvepäevad on pimedamad. Lumel on veel üks omadus - ta peegeldab päikese kiirgust. Füüsikaline tööpõhimõte seisneb tumedate pindade omaduses neelata lühilainelist (nähtava piirkonna) kiirgust (E). Musta keha korral on neeldumine peaaegu 100%. Heledamate toonide puhul efekt väheneb. Päikese kiirguse neelamise käigus keha temperatuur tõuseb. Kuna lumi on valge, selle tõttu ta peegeldab kiirgust tagasi ja süsteem ei kuumene üle. Hoonete katused on arvestatud lumekoormusele ca  $100\text{ kg/m}^2$  [19].



*Joonis 3.5.3.1. Hüdrahe Tartumaal, Kärnka kandis 12.08.2015 [20].*

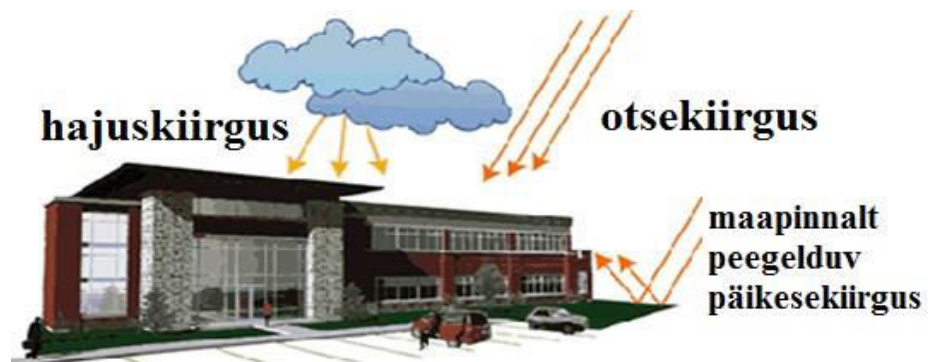
#### **3.5.4. Päikese kiirguse intensiivsus**

Annab suur mõju paneelide tootlikuse efektiivsusele - kiirguse liigid. Päikese kiirguse intensiivsuse kogus, omakorda on selline näitaja milline seotud päikesepaneelide geograafilise paigaldamise asukohaga, eelkõige laiuskraadilt. Päikeselt üldse saabuvast kiirgusest moodustab valgus vaid ühe osa - silmale nähtava kiirguse, lainepikkustega vahemikus 380-780 nm. Kuidas välja arvutatakse päikese kiirguse intensiivsuse näitajad, summaarne kiirgus = otsest + hajus kiirgust korrutatud  $\cos(\theta)$ , kus  $\theta$  – Päikese nurg seniidis ( $0^{\circ}$  vastab päike otse pea,  $90^{\circ}$  - päike horisondil) [21].



**Joonis 3.5.4.1. Püranomeeter [21].**

Püranomeetriga mõõdetakse poolsfäärist horisontaalsele pinnale saabuvat summaarse (otse + hajusa) kiirguse võimsust lainepikkuste vahemikus 300-5000 nm. Juhul kui otse Päikeselt tulevaid kiiri varjutada, saab määrata hajusa kiirguse osa summaarses kiirguses. Püranomeetri kiirgustajuriks on termoelementide patarei [22]. Päikesekiirguse, mida kasutavad päikesepaneelid elektri tootmiseks, saab jagada kolme klassi: otsekiirgus, hajuskiirgus ja maapinnalt peegelduv kiirgus.

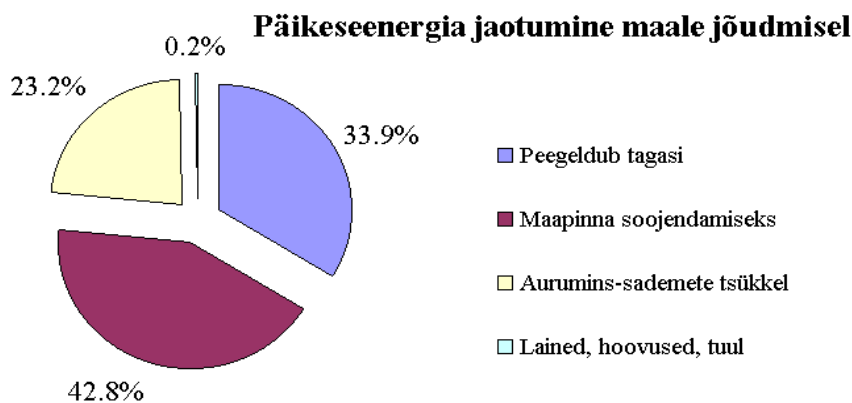


**Joonis 3.5.4.2. Päikesekiirguse liigid [22].**

Otsekiirgus (direct) on paralleelsete kiirtena leviv päikesekiirgus, mis jõuab maapinnani siis, kui taevas on pilvitu (Joonis 3.5.4.2.). Otsekiirgus annab kõige enam energiat, mille maksimaalseks püüdmiseks kasutatakse ka ühe- või kaheteljelisi päikest järgivaid ajameid (*tracking system*). Otsekiirgust esineb Eestis kõige enam saartel ja Põhja-Eestis. Lõuna-Eestis on pilvisust enam ja seega päikesepaneelide tootlikkus mõnevõrra väiksem.

Hajuskiirgus e difuusne kiirgus tekib pilvede või udu mõjul, aga ka õhusaaste on hajuskiirguse tekkimise põhjuseks. Hajuskiirguse puhul ei ole üldjuhul vahet, mis ilmakaarde paneelid suunatud on, energia tootlikkus jääb samaks. Seda seletab lihtne asjaolu, et pilvise ilmaga ei teki objektist varju. Kuigi difuusne päikesekiirgus on oluliselt väiksema energiaga kui otsekiirgus, siis ikkagi on see arvestatav elektri tootmisel päikeseenergiast. Praktilised mõõtmised näitavad, et pilves ilmaga on paneelide tootlikkus ca 7 korda väiksem võrreldes otsekiirgusega.

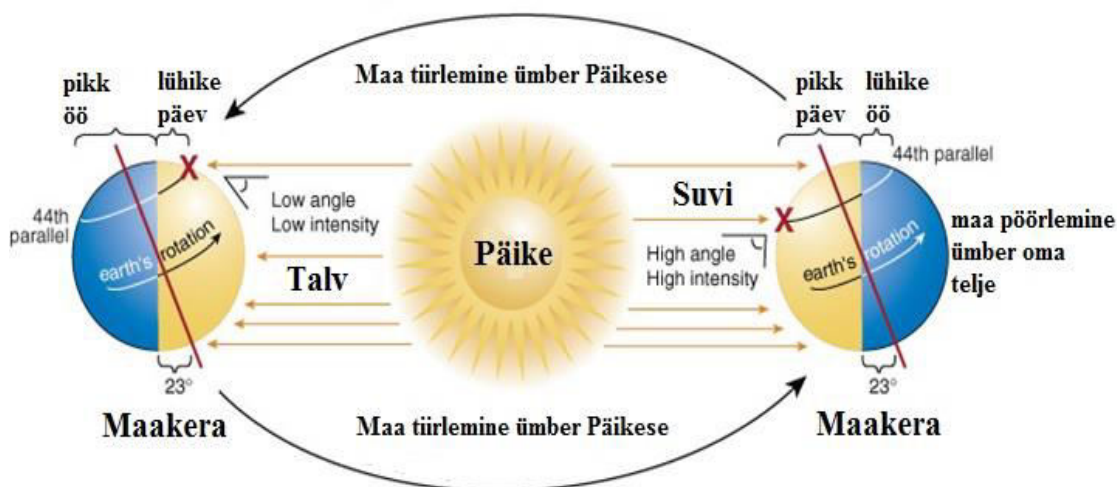
Kolmas liik on maapinnalt peegelduv päikesekiirgus (reflected). Eesti puhul on täiesti arvestatav lume pinnalt peegelduv päike. Näiteks veebruaris keskpäevase päikesepaistelise ilmaga näitasid mõõtmistulemused Tallinna lähiümbruses otsekiirguseks  $850\text{W/m}^2$ , aga  $80^\circ\text{-}85^\circ$  nurga all maapinna suhtes, kus hakkas mõju avaldama ka lumepinnalt peegelduv päikesevalgus, näitas kiirgusemõõtja  $900\text{W/m}^2$  [11].



*Graafik 3.5.4.1. Päikeseenergia jaotamine maale jõudmisel (%) [23].*

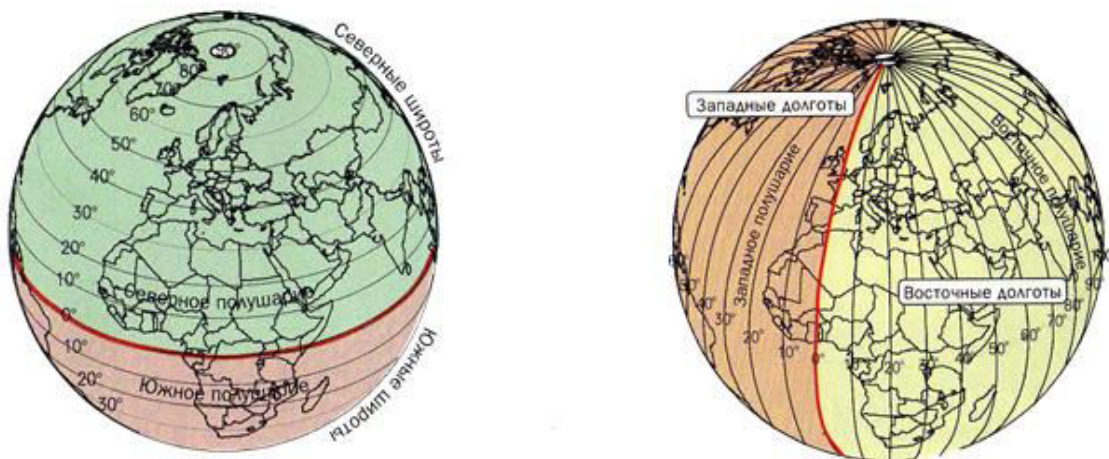
### 3.5.5. Konstruktsiooni õige kaldenurk.

Eestis on kõige optimaasem päikesepaneelid paigaldada lõuna suunas ja  $42^\circ$  maapinna suhtes. Selline asetus on parim, kui on soov saada aastaringelt maksimaalne energiakogus, näiteks elektri müümisel üldvõrku. Maa orbiidi parameetrid ja tema pöörlemine ümber oma telje on kõige olulisemad tegurid, mis mõjutavad kiirguse jõudmist Maale. Maa telg, mis läbib Maa pooluseid (Maa pöörlemistelg) on orbiidi tasapinna (tiirlemistasapinna ehk ekliptika) suhtes kaldu. Kaldenurk on praegu  $23,5^\circ$ . Ekliptika kaldenurk põhjustab aastaegade vaheldumise. Suvel on päevad pikemad ja Päike kulmineerub kõrgemal horisondi kohal kui talvel.



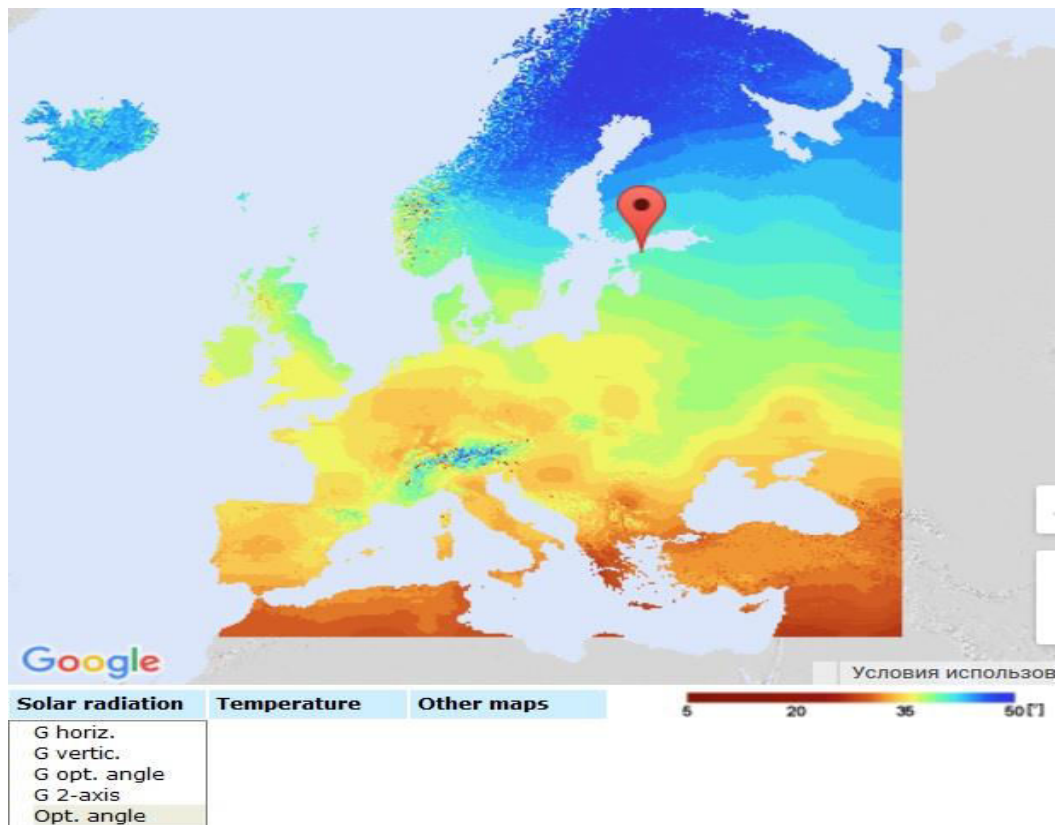
*Joonis 3.5.5.1. Maa kaldenurgad Talvel ja Suvel (Autor: tundmatu).*

Selle Pildi abil on aru saadav, et Suvel ja Talvel on vaja reguleerida kalde nurka, siis efektiivsus ei lange (*Joonis 3.5.5.1.*). Pildil , kus on roheline ja punane värv, näidatakse ja selgitatakse, kus vaadata ja mis väärtusega on laiusekraad meie Maal. Pildil, kus on oranž ja kollane värv on nähtav, kus asub pikkus ja mis väärtusega. Tavaliselt eeldatakse kevadel ja sügisel optimaalse kaldenurka võtta võrdne laiusekraadi väärtusega.



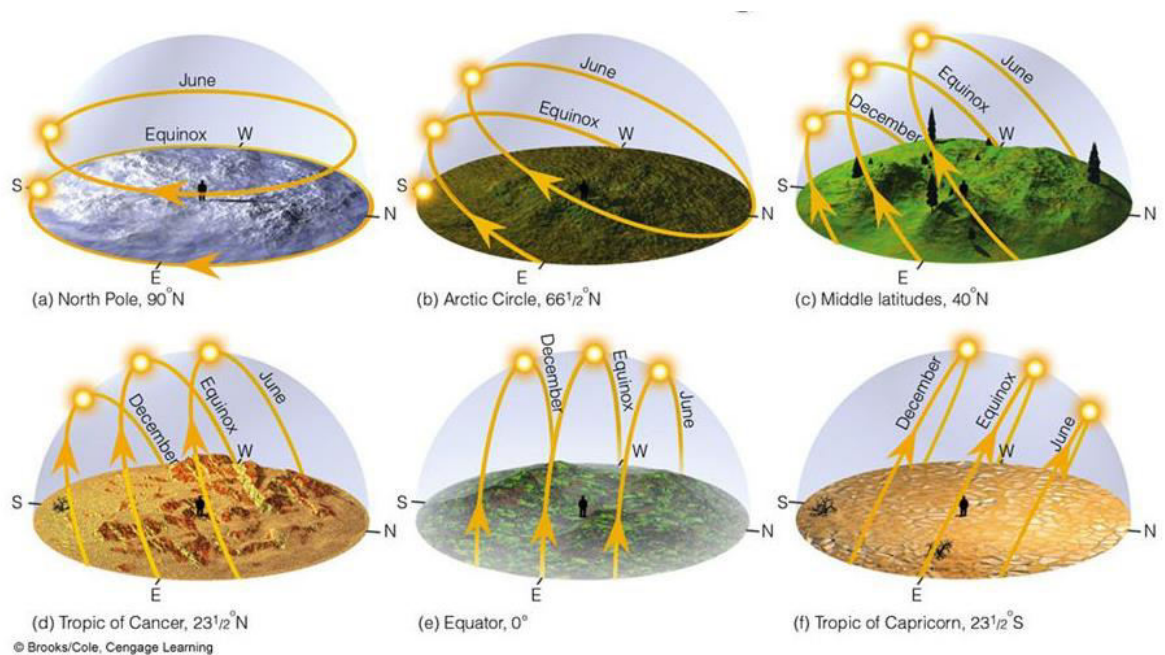
***Joonis 3.5.5.2. Maa laiusjooned ja pikkusjooned (Autor: tundmatu).***

Talvel lisatakse selle väärtusele 10-15 kraadi ning suvel on lahutatakse sellist väärtust 10-15 kraadi maha. Nii on tavaliselt soovitatav nurka muuta kaks korda aastas, kusjuures nurk "Suvi" ja "Talv". Kui see ei ole võimalik, siis kaldenurka võib valida ligikaudu võrdse laiuse alaga. Näiteks, PVGis programmi abiga, aru saadav, et Eesti optimaal nurk on 40-44° selles vahemikus (*Joonis 3.5.5.3.*) [24].



**Joonis 3.5.5.3. PVGIS programmi abiga, aru saadav, et Eesti optimaal nurk on  $40-44^\circ$  [49].**

Lisaks, laboris olevad spetsiaalsed päikese kiirguse ja hajuvalguse stendid, mis aitavad inseneridel ning arhitektidel parandada energiasimulatsiooniprogrammide kasutusoskusi. Joonisel on näha päikese asendid talvel ja suvel, lisaks, kuidas see toimub erinevatel laiuskraadidel. See on lihtsalt seletatav- päikese ja maakera suhtega omavahel.



**Joonis 3.5.5.4. Päikese ja maakera suhe, asendid (Autor: tundmatu).**

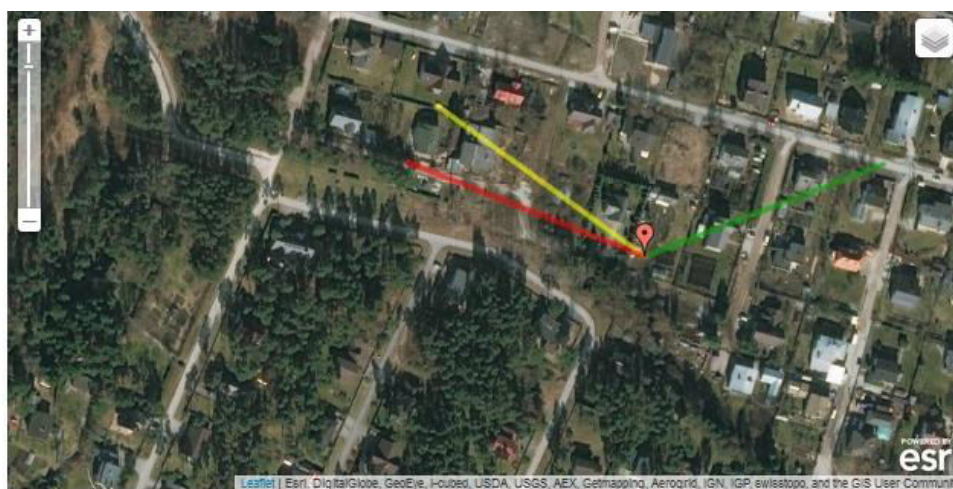


### 3.5.6. Katuse orientiir

Võrreldes lõuna suunas paigaldatud paneelidega väheneb päikesepaneelide tootlikkus aastas kagu või edela suunal ca 5% ja ida või lääne suunal ca 20%. Esialgu on vaja analüüsida, kuidas paigaldada katus ja mis suunaga [24].



Joonis 3.5.6.1. Võimalikud suunad (Autor: tundmatu).



|  |                          |  |   |                             |  |
|--|--------------------------|--|---|-----------------------------|--|
| Location:                                    |                          |  | Date:   |                             |  |
| Latitude:                                    | Longitude:               | Time Zone:                                       | Day:  | Month:                      | Year:  |
| 59.382231                                    | 24.608768E               | -6   | 15  | Apr                         | 2017   |
| <input type="checkbox"/> DST?                |                          |  | Local Time:                                     |                             |  |
| <input type="button" value="Save Location"/> |                          |  | 12 : 42 : 28                                    | <input type="checkbox"/> PM | <input type="button" value="Use Current Time"/>  |
| Result                                       |                          |  |   |                             |  |
| Equation of Time (minutes):                  | Solar Declination (in°): | Apparent Sunrise (hh:mm):                        | Solar Noon (hh:mm:ss):                          | Apparent Sunset (hh:mm):    | Az/El (in °) at Local Time:                      |
| 0.09   | 10.03                    | 21:07 14 Apr                                     | 04:21:34  | 11:38                       | 305.69 -7.99                                     |
|  |                          | <input checked="" type="checkbox"/> Show Sunrise | <input checked="" type="checkbox"/> Show Sunset |                             | <input checked="" type="checkbox"/> Show Azimuth |

Joonis 3.5.6.2. Esri Online programm [74].

Näiteks kõnealune Online programm Esri annab võimalust vaadata valitud asukohta, päikese asendit päeva jooksul, tänu sellele on nähtav kuidas võib paigaldada päikesepaneeli ja millisel katuse küljel (Joonis 3.5.6.2.). Roheline liin on päikese tõus, aga punane on loojumine, pildist nähtav, et sobib katuse lõuna pool.

### 3.5.7. Kõrged või väga madalad välistemperatuurid

Kuumenemine mõjub halvasti fotoelektrilise efektile, aga hästi ventileeritud paneelidel on kasutegur väga kõrge. Suureks imestuseks, külmumistingimustes on uuritud, et nad toodavad rohkem energiat võrreldes kuumades tingimustes (kuigi üldiselt kumulatiivne efekt väheneb tänu päevavalguse lühikese kestvust). Mida madalam on paneeli temperatuur, seda kõrgem on pinge  $U$  ja mida suurem on päikese kiirgus seda suurem on vool  $I$  [25].

### 3.5.8. Tolm



*Joonis 3.5.8.1. Päikesepaneeli puhastamine tolmust (Autor: tundmatu).*

Mida puhtam on päikesepaneeli välimine/ülemine osa, seda suurem footonite arv teisendatakse/muundatakse, just selleks, et tõsta kasutegurit - sel juhul soovitatakse tööpinda puhkida vähemalt kord kahe aasta jooksul, aga see ei ole kerge kui päikesepaneel on palju näiteks nagu siin allpool toodud joonisel. See energia- ja tehnoloogia ime asub Hispaanias Sevillas (*Joonis 3.5.8.1.*). Kasutades ära päikese paistelise ja kuiva Sahara kõrbe eeliseid, valmistuvad päikeseenergia tööstuse hiiglasel maailma suurima päikeseenergiajaama paigaldamiseks, mille võimsuseks saab 100GW [25].



*Joonis 3.5.8.2. Maailma suurim päikeseenergiajaam [25].*

Seetõttu on teadlased hakanud välja töötama spetsiaalseid päikesepaneeli uue kattega, mis oleks võimeline iseseisvalt tolmust vabanema. Tulemusena teadlased suutsid luua spetsiaalse

polümeerist kihi, mis hakkab vibreerima vastavalt päikesevalguse mõjult pinnale, mis annab päikesepaneelidele võimalust automaatselt vabaneda väljakujunenud nende pinnal tolmust. Tehnoloogia põhineb asetades läbipaistva ja elektrist tundliku materjali - klaasi või läbipaistva kilekattele mis katab paneeli. Andurid jälgivad tolmu taset paneeli pinnal ja eritavad materjali, kui tolmu kontsentratsioon on jõudnud kriitilise tasemeni [26].

### 3.5.9. Aastaajad - päikesevalgustuse kestus – päevavalguse pikkus tundides

Praktikas, päikesepaneelide tõhusus talvel väheneb 2-8 korda, kuid see ei ole seotud lumesajuga: tumedal pinnal sulab see kiiresti, peale mida fotoelemendid tajuvad hajuskiirgust. Kõik on seotud sellega, et talvel päevapikkus on lühem kui suvel [27].

Allpool on välja toodud Eesti Suve ja Talve päeva kestused tundides. Tabelist - Juba visuaalselt arusaadav, miks 01.06 kuupäeval päeva pakkus on 18 tundi, sest väljas on suvi, aga suvepäevad on valged ja pikad võrreldes talvega 01.12 ainult 6 tundi 38 minutit. Tabel tehtud XEphem arvutiprogrammi abiga, mis võtab arvesse ka kellakeeramist (*Joonis 3.5.9.1.*). Omakorda selline programm annab võimaluse vaadata, millises kuus on kõige valgemad päevad, arvestades sellega, et päikesepaneel peab tootma rohkem elektrit.

Vali taevakeha: Päike  Tabel:  Efemeriidid  Tõus ja loojumine

Linn: Tallinn  Alguskuupäev: 2016-12-01  Ridu: 7  Näita

#### Päikese tõus ja loojumine (Tallinn, 2016-12-01, 7 rida)

Kõik kellaajad on antud kohalikus ajas. Suveajale üleminek on tabelis arvesse võetud. Märtsi viimasest pühapäevast kuni oktoobri viimase pühapäevani on kasutusel suveaeg (UTC+3), ülejäänud ajal talveaeg (UTC+2).

**Tõus** – Päikese ketta ülemine serv puudutab silmapiiri; **Kulm.** – kulminatsioon (Päikese kõrgeim asend), Päike on täpselt lõuna suunas; **Looj.** – loojumine, Päikese ketta ülemine serv puudutab silmapiiri; **Päev** – päeva pikkus tõusust loojanguni (tunnid:minutid); **Öö** – öö pikkus tsiviilse hämariku lõpust kuni tsiviilse hämariku alguseni (tunnid:minutid); **T. as.** – tõusu asimuut (kraadid:minutid); **L. as.** – loojangu asimuut (kraadid:minutid); **KK** – kulminatsiooni kõrgus (kraadid:minutid)

| Kuupäev      | Tõus  | Kulm. | Looj. | Päev  | Öö    | T. as. | L. as. | KK    |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
|              |       |       |       | (t:m) | (t:m) | (°:')  | (°:')  | (°:') |
| N 01.12.2016 | 08:51 | 12:10 | 15:29 | 6:38  | 15:36 | 134:55 | 224:59 | 8:46  |
| R 02.12.2016 | 08:53 | 12:11 | 15:28 | 6:34  | 15:38 | 135:18 | 224:36 | 8:37  |
| L 03.12.2016 | 08:55 | 12:11 | 15:27 | 6:32  | 15:40 | 135:40 | 224:14 | 8:29  |
| P 04.12.2016 | 08:57 | 12:11 | 15:26 | 6:29  | 15:43 | 136:01 | 223:53 | 8:21  |
| E 05.12.2016 | 08:59 | 12:12 | 15:25 | 6:26  | 15:45 | 136:21 | 223:34 | 8:14  |
| T 06.12.2016 | 09:00 | 12:12 | 15:24 | 6:24  | 15:47 | 136:40 | 223:15 | 8:07  |
| K 07.12.2016 | 09:02 | 12:13 | 15:23 | 6:21  | 15:49 | 136:58 | 222:57 | 8:00  |
| Kuupäev      | Tõus  | Kulm. | Looj. | Päev  | Öö    | T. as. | L. as. | KK    |

Kasutatud on arvutiprogrammi [XEphem](#).

|   |                   |       |       |       |       |      |
|---|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| N | <u>01.06.2017</u> | 04:15 | 13:19 | 22:24 | 18:09 | 3:10 |
| R | 02.06.2017        | 04:14 | 13:19 | 22:26 | 18:12 | 3:05 |
| L | 03.06.2017        | 04:12 | 13:19 | 22:27 | 18:15 | 3:00 |
| P | 04.06.2017        | 04:11 | 13:20 | 22:29 | 18:18 | 2:54 |
| E | 05.06.2017        | 04:10 | 13:20 | 22:30 | 18:20 | 2:49 |

*Joonis 3.5.9.1. Päikese tõus ja loojumine Tallinnas nädala jooksul [28].*

### 3.5.10. Vaba ruum

Paneelide konstruktsioonide all peab olema vaba ruumi 15 cm. On oluline kindel olla, et paneelid on paigaldatud õigesse asendisse ja paneeli ümber on piisavalt ruumi ning õhku. Mida kõrgemale katuse pinnast või kaugemale seinast PV paneelid paigalda, seda rohkem energiat need toodavad, sest nõnda on paneelidel parem jahutus [29].

Päikesepaneelide efektiivsusele võivad mõju avaldada erinevad parameetreid ja tegurid, nii nagu me juba välja uurisime. Mõnda tegurit on võimalik kuidagi muuta või kontrollida, aga mõned on sõltumatud ja kontrollimatud. Päikesepaneelide kasutamise otstarbekuse arvutamisel PV Online kalkulaatori abiga, võib juhtuda et valitud asukohast kliendiga ei piisa süsteemi võimsusest mõne parameetri tõttu, mida saab mõjutada- alati on võimalus kasutada mõningaid nippe, õnneks tänapäeval on sellised võimalused olemas.

Kui katus ei võimalda päikesepaneelide paigaldamist kagu – edela suunal, katuse nurk on ebasobiv või pole katusel piisavalt ruumi, siis hea alternatiivina on võimalik päikesepaneelid paigaldada maapinnale.

Kuna maapinnale paigaldatud paneelidel on tagatud ka hea jahutus, siis tõstab see aastast tootlikkust 5% [29].

## 4. Olemasolevad PV Online kalkulaatoreid

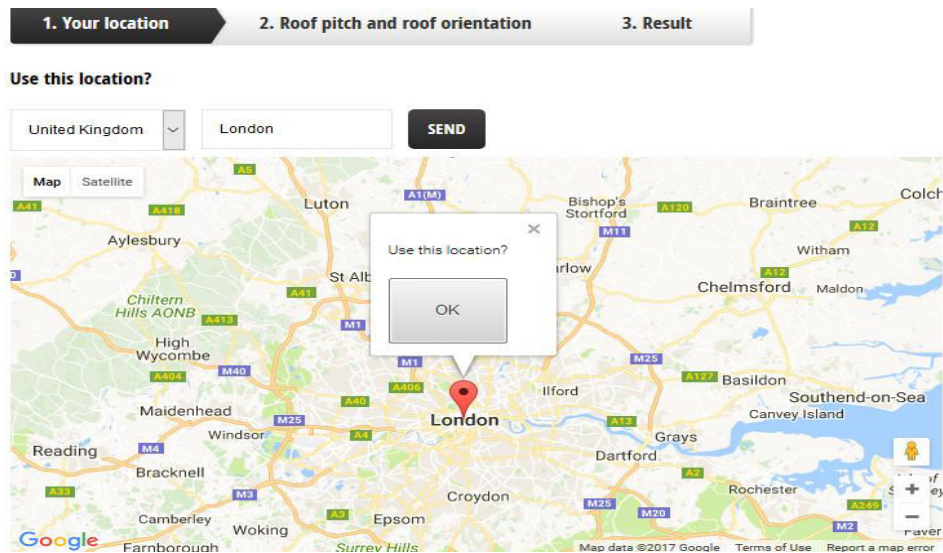
Pole saladus, et Internetis on palju erinevaid PV Online Kalkulaatoreid. Neil on üks sarnane eesmärk ja struktuur, kuid sammude loogika, lahtrid, disain ja tulemused on teised. Olen uurinud kõiki kalkulaatoreid, mis sisaldavad pilte ja graafikuid. Võrdlesin juba olemasolevad PV Online kalkulaatoreid omavahel, *Inglise projekti* , *Saksa* , *Soome*, *Ameerika*, *Venemaa*, *Ukraina* kalkulaatoreid. Milline kalkulaator on nendest parim ja mis sellel mudelil veel puudub. Toon välja soovitusi, mida veel lisada, et teha valitud PV Online kalkulaator veel paremaks ja funktsionaalsemaks, loogilisemaks ja visuaalselt atraktiivsemaks. Kuna ma ei ole programmeerija, siis ma võtsin uuritud mudelitest kõige sobivama ja tugevama mudeli nendest - esialgseks vundamendiks. Põhimõtteliselt kliendile ei ole vaja midagi teha, sest kõik on juba ette programmeeritud. Klient peab täitma vajalikud väljad ja jääb oodama arvutuste tulemus.

Võrreldes erinevaid kalkulaatoreid omavahel, pöörasin tähelepanu: andmete töötlemise kiirusele, kalkulaatorite disainile, andmete sisestamise lihtsusele ja struktuuri loogikale .

### 4.1. Tüübid. Võrdlused.

Esimene on Inglise PV Online kalkulaator.

Ta on jagatud kolmeks osaks. Kui mõelda nagu klient, siis siin on mõnest asjad raske aru saada. Näiteks, kuidas täita väljad ja kust võtta numbreid. Kolmas samm - saadud tulemused, on tähtsad aga neid on vähe. Osa tulemusi ei ole üldse vaja ning mõned lihtsalt puuduvad, just need mida klient kõige rohkem vajab –näiteks: eeldetav tarbimiskogus mille alusel kalkulaator arvutab välja vajalikku võimsuse.



***Joonis 4.1.1. Kalkulaatori esimene samm – päikesepaneele paigaldamise asukoht [30].***

Siin on näha, et klient ise valib oma asukoha (*Joonis 4.1.1.*). Halb on aga see, et siin on piiratud valik, võib valida ainult mõned suured linnad - mitte tänavad, kus asub konkreetne maja. Omakorda see võib tähendada, et saadud tulemused ei ole korrektsed, nad on ümardatud. Ja sellel etapil kalkulaator võtab mõtlemiseks kõige rohkem aega.

1. Your location
2. Roof pitch and roof orientation
3. Result

### Roof pitch and roof orientation

90  
75  
60  
45  
30  
15  
0

45

N NO O SO S SW W NW N

180

#### Measurements:

width:

Height:

Please carefully check the usable area for your solar system. There should be no shadowing, such as large trees, chimneys or the roof of your neighbors. Also roof signs should be considered in the space of the installation area. Of course your Panasonic Solar Professional Installer will calculate the usable surface with you again.

---

Module:

K1740
  K1245
  K1285
  K1275
  K1330

Panasonic offers different module types, that vary in their output. Depending on your panel choice, the expected performance of your Panasonic PV system will change. Panasonic HIT modules have one of the world's highest efficiency. Please select one of the following modules.

---

wpp:

Depending on your roof measurements you can now check the expected yield of a Panasonic PV system on your roof. This yield may vary slightly depending on the module type you choose.

CALCULATE

**Joonis 4.1.2. Kalkulaatori teine samm - katuse kalde nurg , suund ja parameetrid [30].**

Sellel joonisel on näha, et on vaja sisestada oma katuse mõõteandmed, mis tegelikult ei ole nii vajalik info - see näitab mis võimsusega süsteem võib mahtuda selle katuse peale mitte süsteemi efektiivsust. Kui palju süsteem võib toota arvestades pindalaga. Kogu eelnev info aga on ebaoluline, kui klient ei tea oma tarbimise kogused ja ei saa kuhugi neid sisestada, siis ei ole arusaadav kas on päikesepaneelide kasutamise otstarbekust selles olukorras või ei. Positiivne aga on see, et joonisele on lisatud katuse kalde nurk ja orientiir. (Joonis 4.1.2.) Kalde nurga muutmisel näeb klient kuidas katuse kuju muutub ja kliendil on kergem ette kujutada katuse välimust. Lisaks, Inglise kalkulaatoril on võimalus täita pildi all andmetega lahtrid ja see on hea, kuna iga lahtri kõrval on väike kirjeldus, mida on vaja juurde kirjutada ja milleks see vajalik on. Kalkulaator näeb selle disainiga välja kvaliteetsem.

## Online Solar Calculator

### Find out how much solar energy you could generate on your roof

Calculate your personal annual yield with Panasonic HIT® modules!

1. Your location

2. Roof pitch and roof orientation

3. Result

#### Yield in kWh

The calculated yield is based on average values and may vary due to weather changes, shading, etc. Calculated the amount of electricity in kWh, that is produced by the Panasonic PV system.  
The calculated yield is based on average values and may vary due to weather changes, shading, etc. Calculated the amount of electricity in kWh, that is produced by the Panasonic PV system. The Panasonic PV system you chose is a good investment!

**Yield:** **61 882 kWh/Year**

Output over 20 years: 1 237 640 kWh

Number of modules: 200

yearly CO<sub>2</sub> saving\*: 21 658 kg

CO<sub>2</sub> saving over 20 years\*: 433 160 kg

Nominal output: 57 000 wp

\*based on 350 g CO<sub>2</sub> / kWh

#### *Joonis 4.1.3. Kalkulaatori kolmas samm – saadud tulemused [30].*

Kolmas samm on saadud tulemused. Osad numbrid ei ole kliendil üldse vaja. Kui ta tahab päikesepaneeli paigaldada, siis esimene mis teda huvitab on see, kas tootmine katab kliendi elektritarbimise. Kalkulaatorisse võiks lisada antud piirkonnas päikesepaneeli jaama võimalikke tootmiskoguseid ja võrdleva aasta graafiku, kus on toodud kliendi eelnev tarbimine ja võimalik tootmis kogus. Puudvad paljud lahtrid, sellest räägin hiljem.

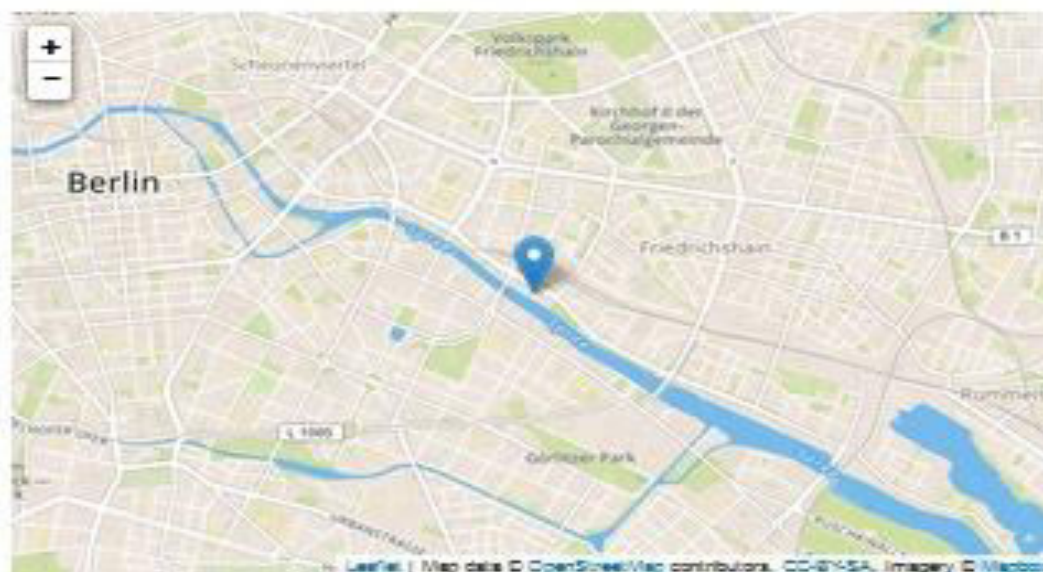
Järeldus - sellel kalkulaatoril on ainult 2 plussi: iga lahtri kõrval on selgitus ja katuse kaldenurga valimisel katuse visualiseeritud mudel.

Kui mõelda sellest mudelist nagu äppist mille eest on vaja maksta, siis see äpp on liiga vähe vajaliku infot. Seda kalkulaatorit ma ei võta alusmudeli ehitamiseks.

Inglise teine projekt.

Teisel kalkulaatoril on rohkem graafikuid, lahtrid, andmeid, infot, tingimusi ja on võimalik saada rohkem tulemusi. Struktuuriliselt on paremini ehitatud, kuid kahjuks on ka veel palju puudu.



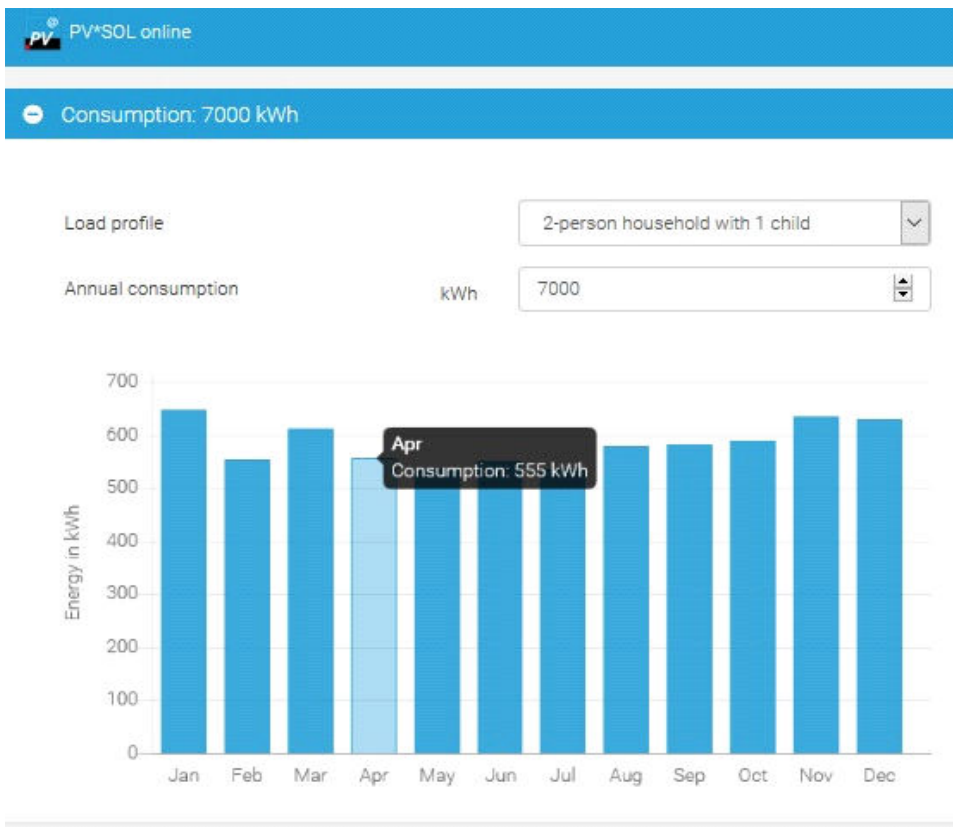


Country: Deutschland  
City: Berlin  
Address: Energieforum Berlin, 54, Straßauer Platz, Friedrichshagen, Friedrichshagen-Krusenberg, Berlin, 10243, Deutschland

Info

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Latitude                  | 52.5087 °                 |
| Longitude                 | 13.48245 °                |
| Annual global irradiation | 1029.7 kWh/m <sup>2</sup> |
| Average temperature       | 9.5 °                     |





***Joonised 4.1.4. ja 4.1.5. Kalkulaatori esimene ja teine samm-PVSol Online [31].***

Esimeses ja teises osas on kõik arusaadav. Selline kalkulaator ei ole liiga keeruline. Kõik lahtrid on nimetatud. Disain on ka päris hea. Sammude loogikat on ilusti näha. Väljade täitmisel annakse ette valikvastused, mis kergendavad info sisestamist.

PV modules: 7.35 kWp

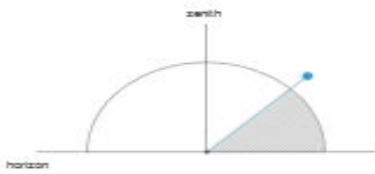
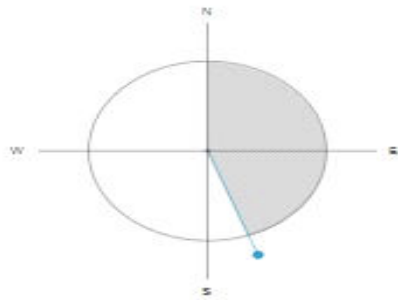
a2peak PEAK ON P220-60 (210Wp)

P: 210 Wp, η: 12.6 %, Type: poly

No. of Modules 35

Total PV power 7.35 kWp

Inclination 45 Orientation 160

Installation type Roof parallel

Albedo % 20

Shadowing % 5

Soiling % 1

**Joonised 4.1.6. Kalkulaatori viimane samm-PVSol Online [31].**

Järeldus - sellel kalkulaatoril on rohkem plusse, kui esimesel Inglise mudelil, kuna seal on juba esimeses osas on rohkem infot, mis ei ole nii ümardatud. Nagu pildist on näha: aastatarbimise kogus, maja asukoht, päikesekiirguse koguseid, aasta temperatuur valitud kohtadel, katuse kaldenurk, katuse orientiir, paneelide valik, paneelide nõutav arv, mis nurgaga klient tahab paneele paigaldada, tolmu tase ja varju tekkimise võimalus. Kahjuks, saadud tulemusi oli antud ainult kahel real. Sellest aga ei piisa, parem lahendus sellele osale oli Ukraina kalkulaatori mudelis.

Teine on Saksa PV Online kalkulaator .

Sellise kalkulaatori variant on visuaalselt paremini hoomatav, kuna tundub kuidagi mugavam, värvilisem, arusaadavam, lihtsam. Inimese silm on võimeline visualiseerimise korral tabama

oluliselt rohkem infot, märkama seoseid ja avastama fakte, mida muidu ei teadvustaks. Ekraanipildi disain pole lihtsalt ilu- ja väljanägemise jaoks, vaid eesmärgiga teha tegevusi senisest kiiremaks ja väärtuslikumaks, võimaldades avastada ja taibata uusi seoseid.

Sellel kalkulaatoril on ainult 2 sammu . See mudel on väga tühi võrreldes teistega kuna pakub vähe tulemusi. Ei ole kasutuses andmebaasi, mis näitab või töötleb, näiteks päikesekiirguse näited, või katuse pindala või kliendi tarbimist.



**Joonis 4.1.7. Kalkulaatori esimene samm – vajalikke andmete sisestamine [32].**

| Results            |               |
|--------------------|---------------|
| PV Power:          | 10.00 kWp     |
| Performance Ratio: | 77 %          |
| Grid Feed-in:      | 8849 kWh/Year |
| Feed-in Payment:   | 486,69 €/Year |

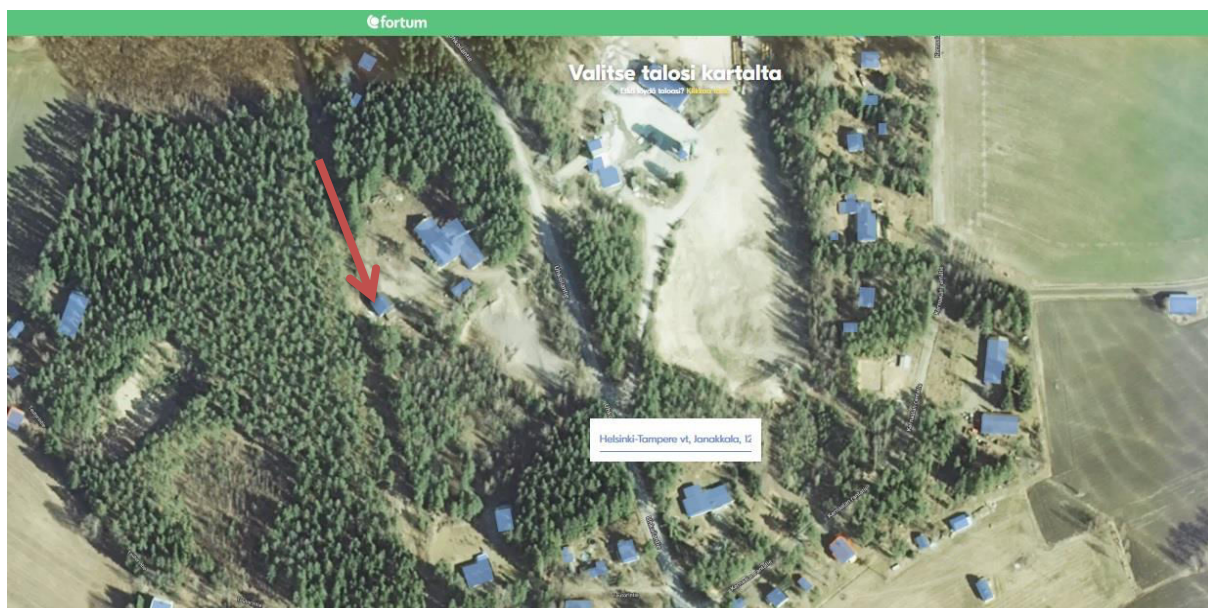
**Joonis 4.1.8. Kalkulaatori teine samm – saadud tulemused [32].**

Järeldus on selline, see mudel on vaadeldutest kõige nõrgem.

### **Kolmas on Soome PV Online kalkulaator.**

See kalkulaator tundus mulle kõige parem. Kuna sellel mudelil on juba lisatud pildid, graafikud ja andmebaasid .Ta on huvitavaim ja kasulik mudel, sest viimased graafikut näitavad just seda, mis kliendile on vaja – kas paigaldatud päikesepaneelidest on kasu ja kui palju nad toodavad.

Kokkuvõttes arvestades kõikide varasemalt välja toodud parameetritega, näeb kalkulaator välja kvaliteetsem ja usaldusväärsem. Teisest küljest ei ole liiga keeruline ja mahukas, ei võta palju aega ja ei vaja mingeid spetsiifilised teadmisi energeetika valdkonnas.



**Joonis 4.1.9. Soome PV Online kalkulaator – esimene samm [33].**

Soome kalkulaatoris on vaja teha sammud sellises järjekorras: valida, täita, vajutada ja oodata tulemust.

Unkoilantie 245, Janakkala, 12400 **76 m<sup>2</sup>** **40 m<sup>2</sup>** **6 083 kWh/vuosi**

Omakotitalo Sähkölämmitys 1 kerros 1940-luku tai aik. Huoneistoala 75 Arvioitu vuosikulutus 11417

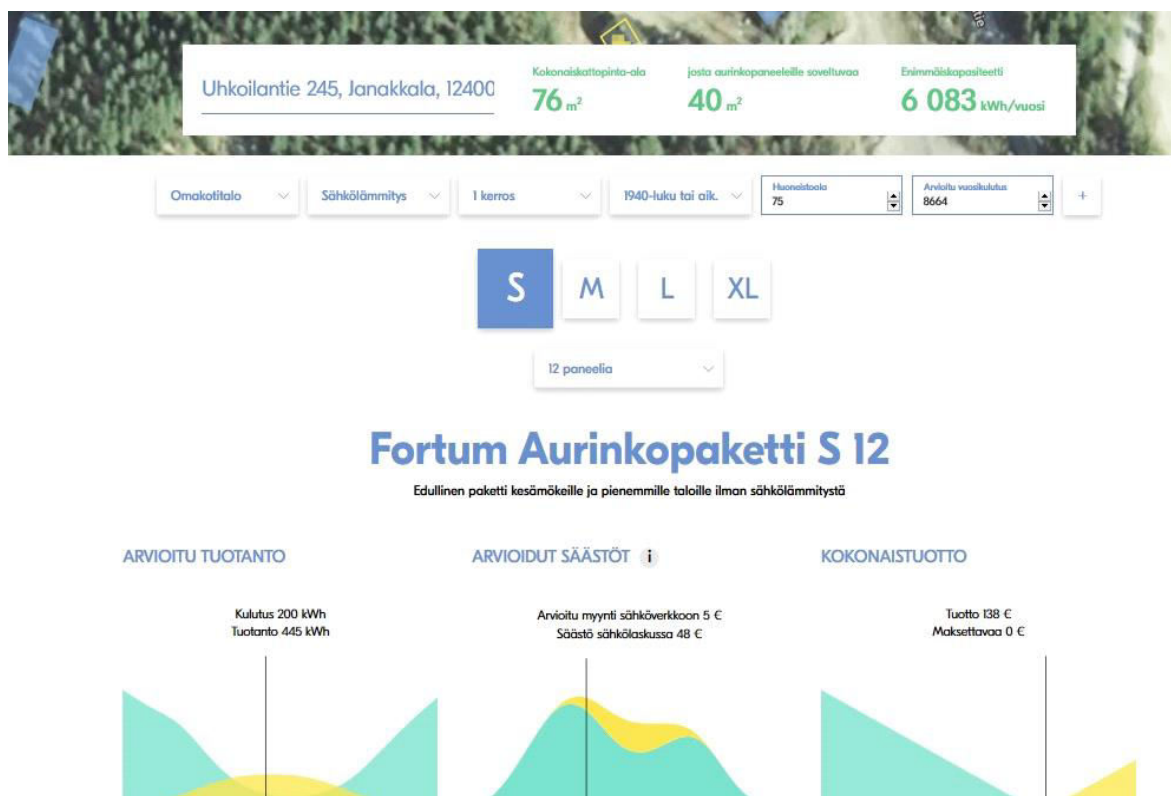
Tiili Muu Kattomateriaali Kattokulma 18°

S M L XL

**Joonis 4.1.10. Soome PV Online kalkulaator - teine samm [33].**

See pilt kujutab seda, mida näeb klient, millised parameetrid on vaja sisestada ja mida antud nimekirjast vaja valida (Joonis 4.1.10.). See on ainuke PV kalkulaator, mis küsib kliendi käest kas kasutatakse elektrikütet või ei, ehitise seisundist ja vanust. Lisaks kalkulaator näitab milline

on valitud katuse pindala ja millisest materjalist on katus. Katuse katte materjal mängib oma rolli siis kui klient tahab tellida endale päikesepaneele koos paigaldamisega.



#### **Joonis 4.1.11. Soome PV Online kalkulaator – viimane samm-tulemused [33].**

Struktuuriline põhimõtte on sama nagu teistel kalkulaatoril. Kaldenurk, pindala, elektri aasta tarbimine ja (S, M, L, XL) tähistused- näitavad paneelide arvu. Saadud tulemused demonstreeritud kolmes graafiku kujundis. Esimene näitab tarbimise ja tootmise osakaalu, teine näitab kui palju raha võib paneelidega säästa ja kolmas näitab investeeringuid.

Järeldus on selline, et sellest kalkulaatorist ma 100% kasutan mudeli ehitamiseks ja täitmiseks, kuna ta on üks tugevast.

#### **Neljäs on Ameerika PV Online kalkulaator.**


Iga riik teeb PV kalkulaatoreid omamoodi. Kordan veel, et põhimõte on sama aga struktuur, lahtrid ja visuaalne disain võivad olla erinevad, mis annavad igale kalkulaatorile oma rosinat.

Modify the inputs below to run the simulation.

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| DC System Size (kW): | <input type="text" value="10.6"/>               | <a href="#">i</a>  |
| Module Type:         | <input type="text" value="Standard"/>           | <a href="#">i</a>  |
| Array Type:          | <input type="text" value="Fixed (roof mount)"/> | <a href="#">i</a>  |
| System Losses (%):   | <input type="text" value="14.08"/>              | <a href="#">i</a> <a href="#">Loss Calculator</a>  |
| Tilt (deg):          | <input type="text" value="42"/>                 | <a href="#">i</a> <a href="#">Kõik vajalikud parameetrid on vaja sisestada lahtrisse, kui on küsimused siis nupp i kõik seltab, paremal poolel võib valida oma katuse asukohta ja vaadata tema parameetrid</a> |
| Azimuth (deg):       | <input type="text" value="180"/>                | <a href="#">i</a>  |

### Draw Your System

Click below to customize your system on a map. (optional)

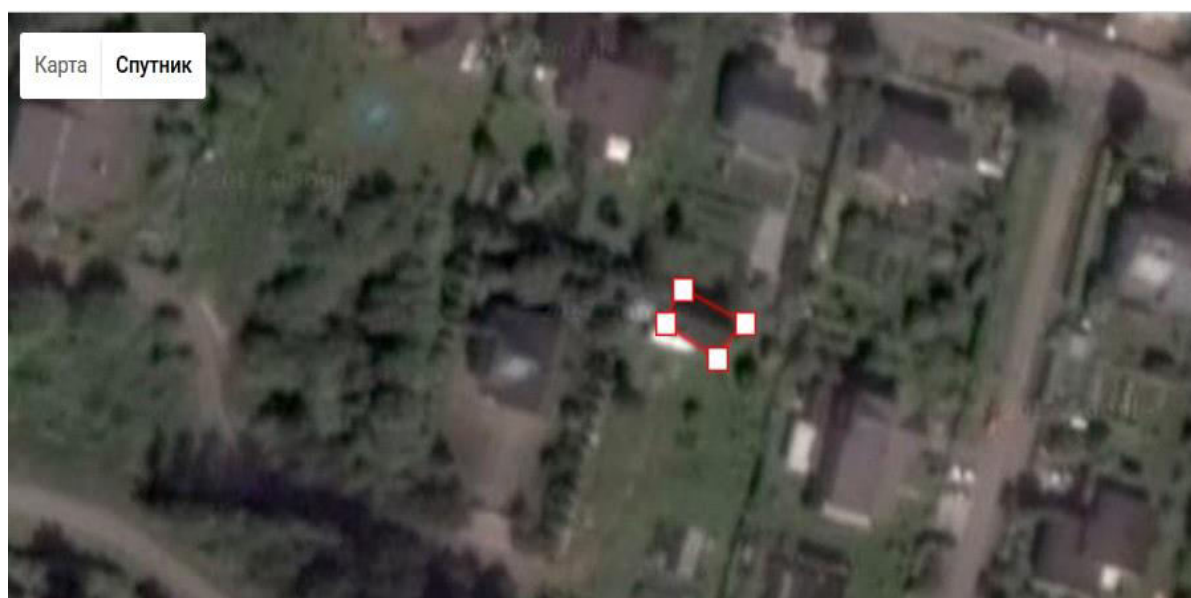


[Map](#) [Satellite](#)

#### Joonis 4.1.12. Ameerika PV Online kalkulaator – andmete sisestamine [34].

Sellel pildil on illustreeritud Ameerika kalkulaatori esimene samm. On näha, et sisestatavaid andmeid vähem ja sellest tingituna võimalikke lahenduste valik väike. Ainult suund, kaldenurk, süsteemi võimsus, paneelide tüüp, süsteemi kaod ja veel võib leida ühe programmi abiga, mis asub pildi paremal poolel - katuse pindala, millise võimsusega süsteem mahub peale. Kõik vajalikud parameetrid on vaja sisestada lahtrisse, kui on küsimused, siis vajutades nuppule **i** võib saada seletused.

**System Capacity: 10.6 kWdc (71 m<sup>2</sup>)** 71m<sup>2</sup> -tähendab valitud ruumi pindala ja 10,6 milline süsteem võib sinna paigaldada, kui klient tahab 15 kW kasutada siis on nähtav, et katuse peal ei mahu.




#### Joonis 4.1.13. Ameerika PV Online kalkulaator – valitud objekti katuse pindala, süsteemi võimsus [34].

Kui ma vajutasin nappu - kalkuleerima, siis sain sellised tulemused.

Esimeses osas olid kõik numbrid, mis ma esialgselt olin ise valinud: asukoht, süsteemi suurus, kaldenurk. Teises osas oli antud: päikesekiirguse kogus, valitud kohal ja igakuised süsteemi tootlikust ja aastane tootlikus. Aga kalkulaator ei näita, milline kaldenurk arvestades asukohaga ja aasta tarbimisega kõige rohkem sobib. Järeldus on selline, ei ole see kõige tugevam kalkulaator võrreldes Soome kalkulaatoriga või Ukraina. Ma ei võtnud seda kasutusele.

| Location and Station Identification                |                           |              |  |
|--|---------------------------|--------------|--|
| Requested Location                                 | põdrasambla               |              |  |
| Weather Data Source                                | (INTL) HELSINKI, FINLAND  | 67 mi        |  |
| Latitude   | 60.32° N                  |              |  |
| Longitude  | 24.97° E                  |              |  |
| PV System Specifications (Residential)             |                           |              |  |
| DC System Size                                     | 10.6 kW                   |              |  |
| Module Type  | Standard                  |              |  |
| Array Type   | Fixed (roof mount)        |              |  |
| Array Tilt   | 42°                       |              |  |
| Array Azimuth                                      | 180°                      | Lõuna suunas |  |
| System Losses                                      | 14.08%                    |              |  |
| Inverter Efficiency                                | 96%                       |              |  |
| DC to AC Size Ratio                                | 1.1                       |              |  |
| Economics  |                           |              |  |
| Average Cost of Electricity Purchased from Utility | No utility data available |              |  |

**RESULTS** **9,781 kWh per Year \***

 [Print Results](#)

| Month         | Solar Radiation ( kWh / m <sup>2</sup> / day ) | AC Energy ( kWh ) | Energy Value ( \$ ) |
|---------------|--|-------------------|---------------------|
| January       | 0.51   | 147               | N/A                 |
| February      | 1.91   | 497               | N/A                 |
| March         | 2.80   | 792               | N/A                 |
| April         | 4.32   | 1,143             | N/A                 |
| May           | 5.93   | 1,574             | N/A                 |
| June          | 5.99   | 1,512             | N/A                 |
| July          | 5.90   | 1,519             | N/A                 |
| August        | 4.65   | 1,207             | N/A                 |
| September     | 3.00   | 781               | N/A                 |
| October       | 1.63   | 452               | N/A                 |
| November      | 0.45   | 120               | N/A                 |
| December      | 0.16   | 39                | N/A                 |
| <b>Annual</b> | <b>3.10</b>                                    | <b>9,783</b>      | <b>0</b>            |

Joonis 4.1.14. Ameerika PV Online kalkulaator – tulemused [34].

Ameerika teine projekt on täielik vastand, kuna seal on rohkem programmeerimist, ei ole nii lihtne, vastupidi keeruline. Rohkem sobib inimesele, kellel on olemas mingid teadmised elektri valdkonnas, sest on rohkem nagu tarkvara mitte kalkulaator. Aga üks asi mis mulle tundus kõige



põnevam, oli katusekatte materjali valimine, mis ei ole seotud ainult disainiga, vaid on oluline tehniline parameeter, mis on seotud juba paneelide paigaldamisega katusele (Joonis 4.1.15.).

### Tell us about the roof

#### Roof Covering

- Slate
- Composite slate
- Concrete tile
- Plain tile
- Pan tile
- Sheet metal
- Flat

#### Dimensions

What is the width of the roof?

Must be numeric

What is the height of the roof?

Optional label for this roof

#### Mounting Type

Grasol pitched roof mounting

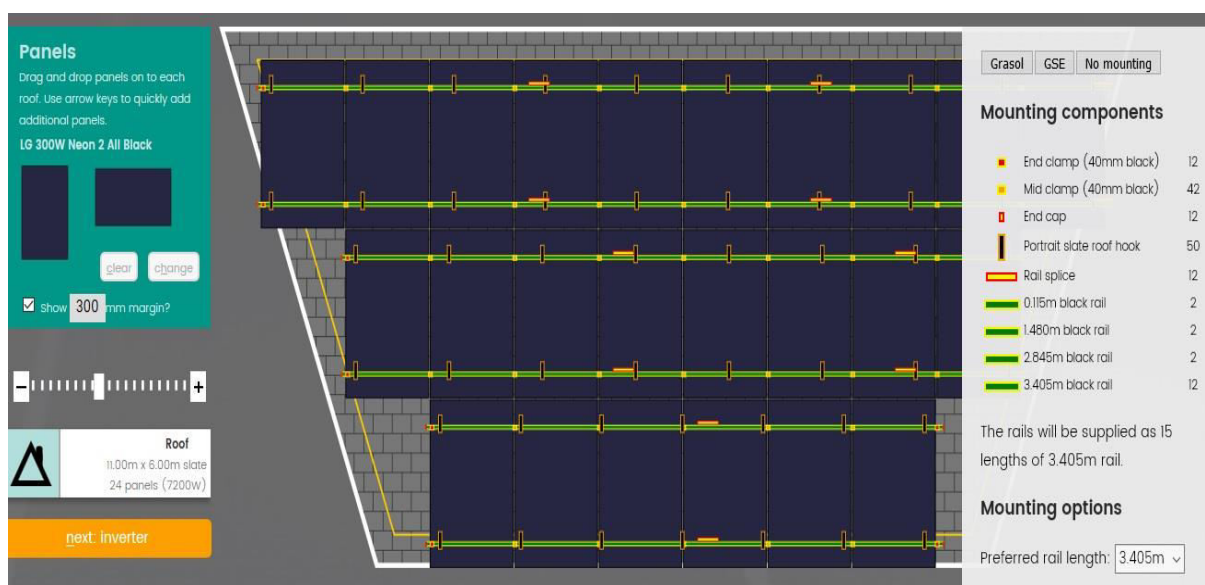
GSE in-roof mounting

No mounting thank you

create roof

**Joonis 4.1.15. Ameerika teine PV Online kalkulaator – katuse materjallid [35].**

Pilt, kus on katuse visualiseerimine koos peale paigaldatud paneelidega, see samm on rohkem vaja projekteerimisel mitte efektiivsuse arvutamiseks. Nagu ise olen proovinud paigaldada paneelid katusel, mille mõõtmised ma olen ise modellerinud - oli kerge ja loogiline. Aga paneelide arv läks valesti ja saadud numbreid panid mind mõtlema ja ajasid segadusse.



**Joonis 4.1.16. Ameerika teine PV Online kalkulaator – paigaldamine katusel [35].**

Kolmas samm, kus on vaja valida Invertorit oli kõige raskem (Joonis 4.1.17.). Seal oli väike spikker üleval, mis aitas mõista, mis numbreid panna. Pildil on näha Input 1 ja Input 2, seal

seisab punane joon, mis tähendab seda, kui valida numbreid mis seisavad pärast , sellisel juhul süsteem näitas vigu või kirjutas error.

#### Aurora PVI 3.0 Valisin ABB invertorit.



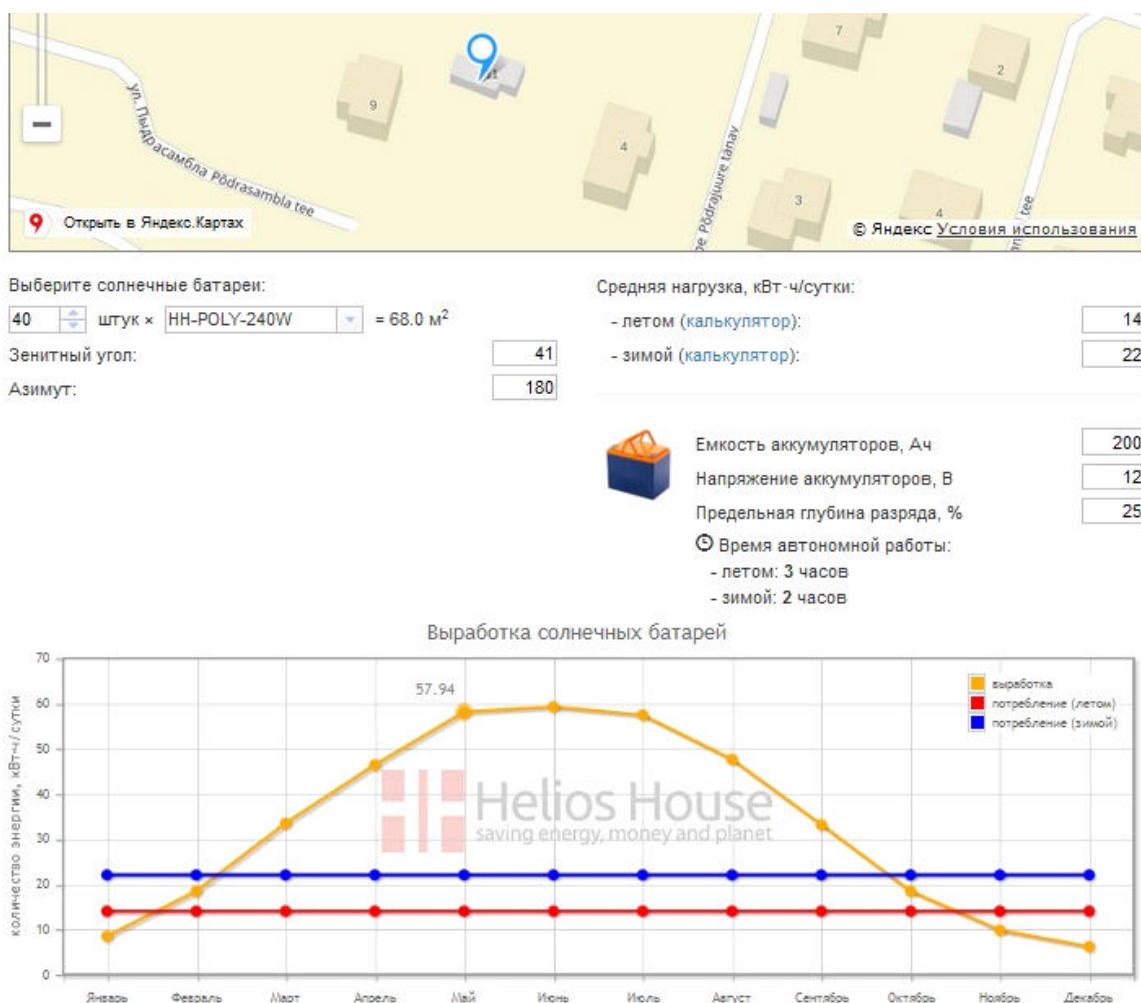
**Joonis 4.1.17. Ameerika teine PV Online kalkulaator – kolmas samm, seadmete valik-Invertor [35].**

Hiljem ilmus veel palju uusi samme ja ma sain aru, et selline PV Online kalkulaator on kõige mahukam ja kõige keerulisem tavalisele kliendi jaoks ja võtab mõtlemiseks päris palju aega. Jõudsin järeldusele, et Ameerika kalkulaatorit ma ei võta päikesepanelide kalkulaatori mudeli aluseks.

#### Viies on Vene PV Online kalkulaator.

Kunagi ma olen seda kalkulaatorit kasutanud, paistis välja mugav. Kõik lahtrid, pildid, graafikud on ühel leheküljel, saadud tulemused olid väga korrektsed. Kuna aga olen uurinud palju teisi kalkulaatoreid, jõudsin järeldusele, et antud kalkulaatoris on väga vähe algandmeid, selle tõttu tulemus ei vasta kliendi vajadusele. On vaja lisada rohkem konfidentsiaalsust ja parandada tarbimise kriteeriumeid, võta neid väiksema perioodilisusega.

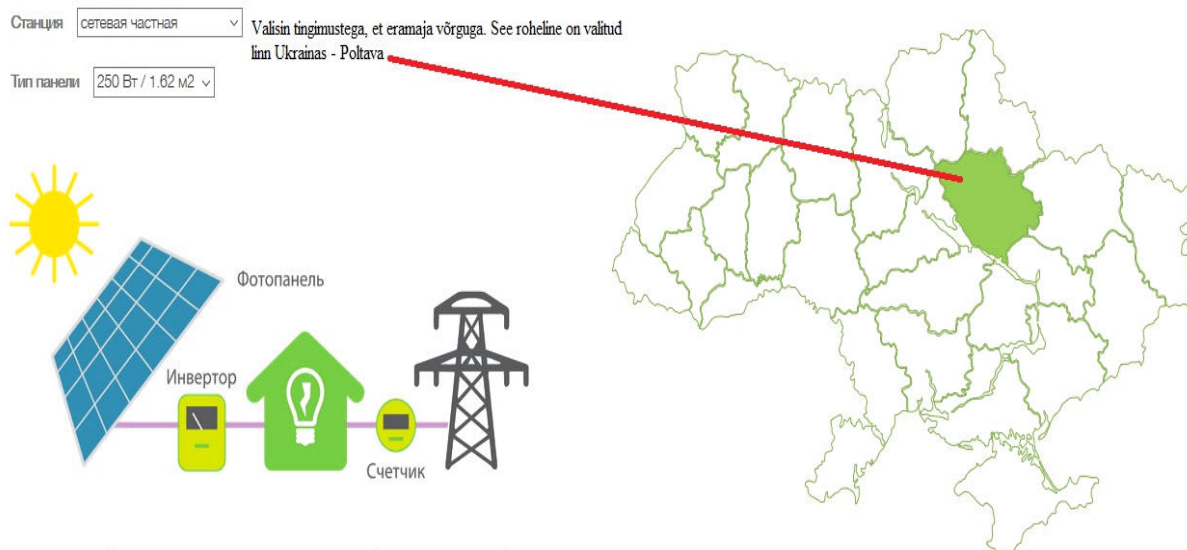
Võrreldes teistega, Vene kalkulaator ei ole heal tasemel ja graafikuid ei ole päris õiged. Kui vaadata punast ja sinisest jooni.



**Joonis 4.1.18. Vene PV Online kalkulaator, kõik sammud ühel pildil [36].**

### **Kuues on Ukraina PV Online kalkulaator**

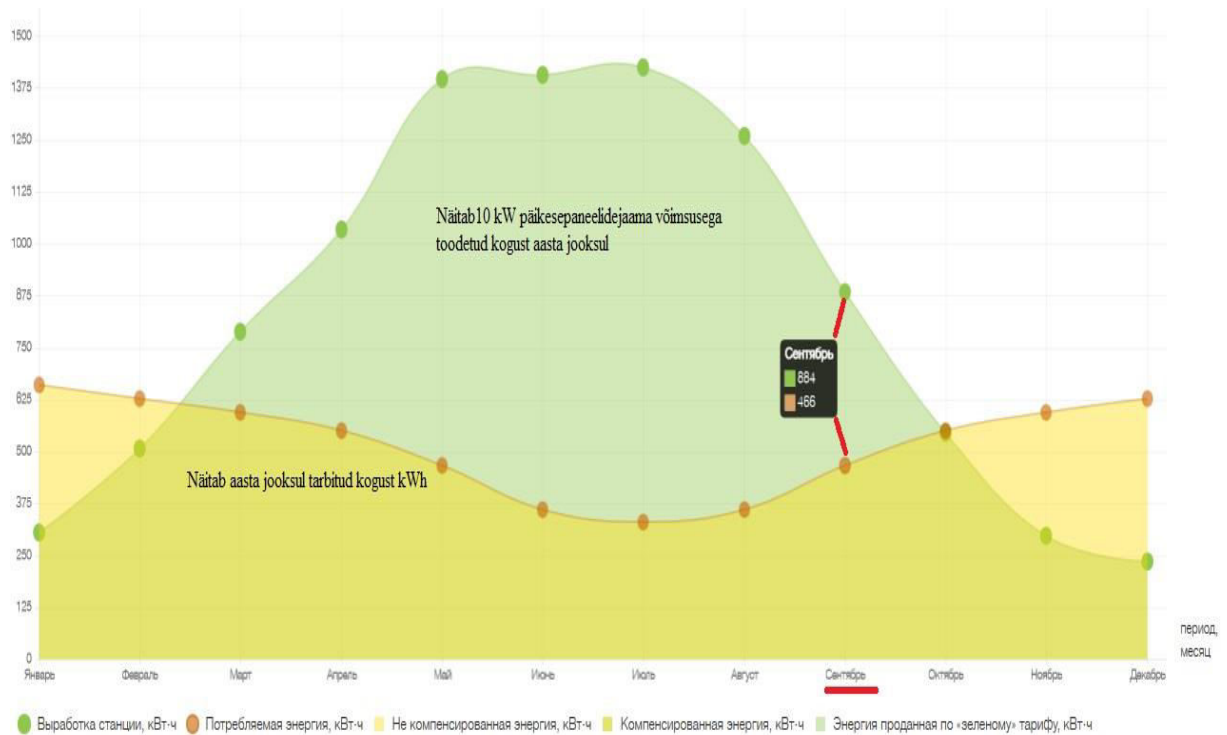
Sellises kalkulaatoris ma hindasin viimast etappi kõige kõrgema hindega, kuna graafik, kus on väljatoodud tarbimine ja tootlikus annab kliendile visuaalse ülevaate ja andmed, kas elektritoomine on otstarbekas.



**Joonis 4.1.19. Ukraina PV Online kalkulaator , asukoha valik [37].**



**Joonis 4.1.20. Ukraina PV Online kalkulaator , andmete sisestamine ja katuse orientiir [37].**



**Joonis 4.1.21. Ukraina PV Online kalkulaator , tootmise ja tootlikuse graafik [37].**

Roheline osa näitab, paneelidega toodetud kogust aasta jooksul. Kollane osa näitab, kliendi elektri tarbimise kogust aasta jooksul.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАСЧЕТА

|  |                   |                   |
|--|-------------------|-------------------|
| Выработка солнечной электростанции в год, кВт·ч      |                   | <b>10 080</b>     |
| Годовое потребление объекта, кВт·ч                   |                   | <b>6 184</b>      |
| Не компенсированная электроэнергия станцией, кВт·ч   |                   | <b>1 169</b>      |
| Энергия проданная по «зеленому» тарифу за год, кВт·ч |                   | <b>5 065</b>      |
| Компенсированная электроэнергия станцией, кВт·ч      |                   | <b>5 015</b>      |
| Ориентировочная стоимость электростанции, грн        | <b>8 980 euro</b> | <b>260 160.00</b> |
| Доход от эксплуатации электростанции за год, грн     | <b>1 186 euro</b> | <b>34 367.00</b>  |

**Joonis 4.1.22. Ukraina PV Online kalkulaator , tulemused - võit [37].**

Viimasel etapil, pealkirjaga Kalkuleeritud tulemused, demonstreeritud kõik saadud numbrid , mida kliendile on vaja, et otsustada , kas tasub päikesepaneele paigaldada või mitte, kas see kattab tema tarbimist .

Lõppkokkuvõttes, pärast pikka uurimist ja erinevate riigi kalkulaatorite külgede kaalumist, võtan ainult kolm kalkulaatorit vundamendiks, mis aitavad kokku panna kõige loogilisem PV Online kalkulaatori kontseptsiooni kliendile, need on järgmised : teine Inglise kalkulaatori

projekt, Soome kalkulaatori disain ja andmelahtrid ja Ukraina kalkulaatori viimase sammu graafikut. Võtan nendest paremad küljed , lisan veel mõned asjad juurde ja saan kätte täielikku mudelit, mis aitab kliendile valitud objektil, päikesepaneele sobiva süsteemi rakendamisel tekkiva kasumi.

## 5. Kellele sobib selline PV Online kalkulaator

Üleval oli välja toodud erinevad PV Online kalkulaatori mudelid , arvestades nende tingimuste ja andmete täitmisega võib öelda , et selle kalkulaatori kasutaja peab olema 21+ vanuses, mitte noorem. Kasutajal peavad olema algteadmised päikesepaneelidest, oma tarbimisest ja paljust muust.

Sellisel juhul on vanus veel seotud mitte ainult süsteemi või mudeli arusaamisega aga , kas potentsiaalsel kasutajal on õigused, tahe ja raha ning investeeringu võimalused. PV Online kalkulaator on väljamõeldud sellele kasutajale või kliendile, kellel on plaanis rajada päikesepaneelide jaamu oma katusel või maapinnal. See võib tähendada, et ta on valmis raha sisse maksuma, et investeerida, kui ta näeb projektist otstarbekust.

Minu lõputöö teema on PV Online kalkulaatori mudel, mil moel arvutab välja päikesepaneelide kasutamise otstarbekust erakliendile. Selle lause võtmesõnaks on eraklient- see tähendab , et selline kalkulaator sobib kõige rohkem kliendile, kellel on oma eramaja ja olemas paneelide paigaldamise võimalus katusel või maapinnal.

## 6. Tuntumad PV süsteemi modelleerimise ja programmeerimise professionaalsed tarkvarad.

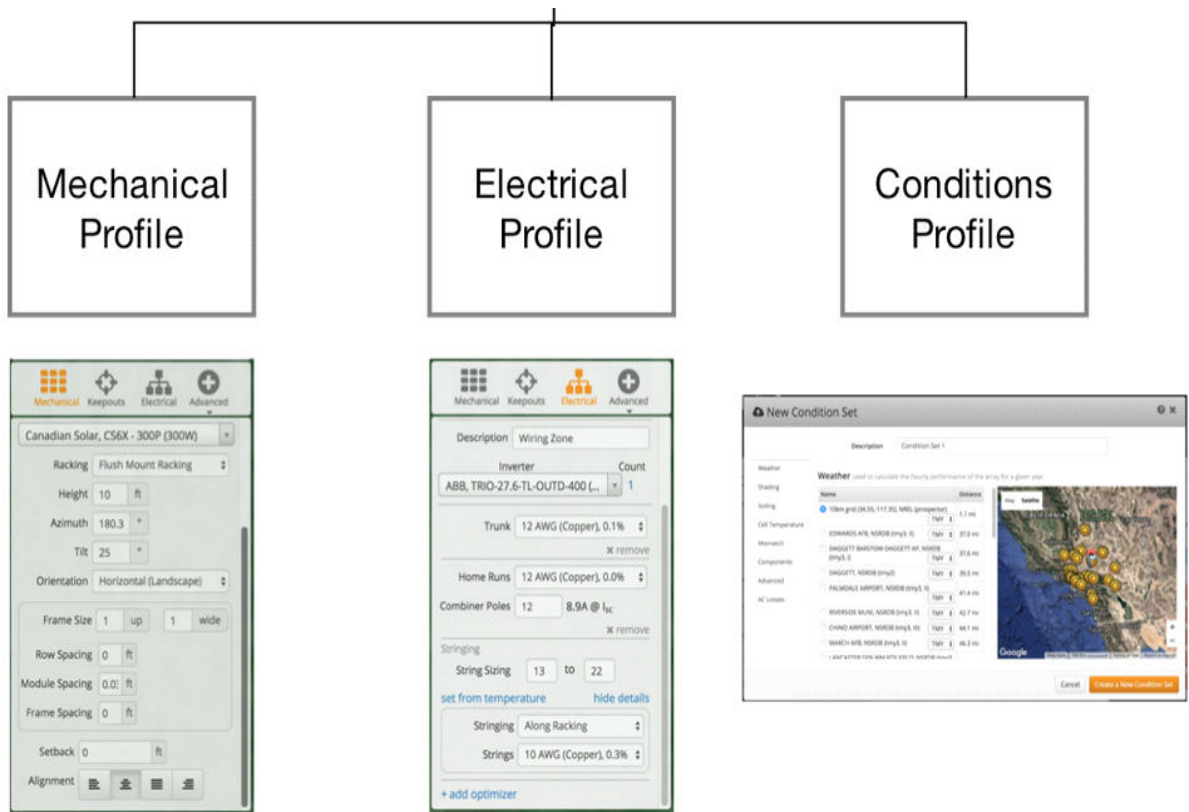
On olemas palju tuntuid, professionaalseid programme, erinevad rahvusvahelised andmebaasid, nende abiks võib saada PV Online kalkulaatoriks vajalikud andmeid või teha nõutud arvutused programmeerimise abiks. PV Online kalkulaatori kasutamiseks on vaja täpsemaid, korrektsemaid andmeid ja numbreid - selleks, et klient saaks reaalsed tulemused, kas tasub või ei tasu päikesepaneeli paigaldada . Järgmiste andmete loetelu on igal riigil oma tähtsusega, näiteks: päikesekiirgus valitud asukohal, pilvede tase, temperatuur, päikese nurgad talvel ja suvel, päikesetõusu ja loojangu ajad, varjund, katuse pindala , elektrienergia tarbimine. On mõistetav, miks on tarkvara ja andmebaas omavahel tihedalt seotud.

Alustan erinevate, professionaalsete programmide tutvustamisega. Kahjuks suur osa nendest on tasulised, aga ma tegin ekraanist pilti - *screenshot'i*, et näidata nende põhimõtet.

Internetis oli palju algupäraseid tarkvarasid, aga ma leidsin kõige huvitavamad variandid. Selline nimekiri: SKELION, HELIOS 3D Solar Plant Layout hind: 11800 EUR, Solarmapper, Archelios PRO hind: 990€, PV Designer Solmetric, SOLARIUS PV (ACCA Software) 99 €/aastas, PLAN4SOLAR , PVPolysun Designer Photovoltaic Simulation hind : 699 Eurot, PVSYST, PVscout 2.0 Premium, PVComplete hind: 999 \$/aastas.

Mõned nendest arvestavad ja arvutavad välja tehnilised tingimused (päikesepaneelide arv), mõned mehaanilised (nende kaldenurk), mõned elektrilised (mis võimsusega need paneelid on) ja viimased visuaalset disaini (kuidas see välja näeb katusel) . Tarkvaras , kus on kokku pandud tehnilised, mehaanilised, elektrilised ja visuaalsed osad , maksab kõige rohkem- on tunduvalt mahukam ja koosneb mitmest osast.





**Joonis 6.1. Mehaanilised, elektrilised ja visuaalsed osad [40].**

Esimene on Päikesepaneelide tootlikkuse arvutamine PVGIS andmebaasi abil – tasuta. Sellelt on näha kui palju lahtreid vaja täita, et saada korrektset vastust.

- Sisene andmebaasi, mis asub aadressil [38] .



**Joonis 6.2. PVGIS andmebaas[38].**

- Kirjuta PVGIS andmebaasis kaardi aknas otsingulahtrisse linna või küla nimi, kuhu või mille lähedale on plaanis päikesepaneelide süsteem paigaldada (Joonis 6.2.).
- Vali "PV Estimation" (Joonis 6.3.).

**Joonis 6.3. PVGIS andmebaas [38].**

- Valikukastis "Radiation database" saab määrata andmebaasi, mida arvutustes kasutatakse. Eestis toimib "Classic PVGIS".
- PV technology - kui mono- või polükristall paneel, siis valik "Crystalline silicon".
- Installed peak PV power - märgi oma päikesepaneelide süsteemi võimsus (kW). (Näide: 2880W / 1000 = 2,88 kW).
- Estimated system losses - siia märgi "5%". Kadude protsent 5 tuleneb inverterite tehniliste andmete ja Eestis praktikas mõõdetud tulemuste põhjal.
- Mounting position - Kui paigaldus maapinnal, siis vali "Free-standing", kui katusel, siis "Building integrated". Maapinnal on paneelide tootlikkus mõnevõrra suurem, kuna jahutus tagaküljel on parem.
- Slope - määrata katuse kaldenurk. Optimaalne Eestis 40°; lamekatus 0°; seinale paigaldus 90°.
- Azimuth - määrata paneelide täpne suund. Optimaalne on lõuna suund ehk 0°. (sisestamisel näit kagu suund - 45° ja ida - 90° ning edel- 45° ja lääs - 90°).
- Show graphs näitab graafikul kuude löikes aastast tootlikkust.
- Show horizon näitab graafikul suvise ja talvise pööripäeva ajal päikese liikumise trajektoori.

- Web page vali tulemuste väljastamiseks, siis kui soovid lähteandmetega jooksvalt katsetada. PDF vali tulemuse väljastamiseks siis kui soovid andmefaili salvestada oma arvutisse.
- Tootlikkuse andmete kuvamiseks vajuta nuppu Calculate.
- Andmefailis toodud tabelis on kuvatud lahtris "Ed" keskmine päeva tootlikkus (kWh) vastavas kuus. Lahter "Em" näitab tootlikkust kuus (kWh). Lahtri "Em" lõpus on toodud PV süsteemi tootlikkus aastas , mis on ka kõige tähtsam number PVgis kalkulaatori tulemuste puhul kui tegemist üldvõrku ühendatud süsteemiga [38] .

Teine on päikesetõusu ja -loojangu kalkulaator, mis võimaldab määrata aega päikesetõusu ja päikeseloojangut oma kogukonnas ja valitud suuremates linnades üle maailma - tasuta. Võimaldab arvutada päikesetõusu ja päikeseloojangut mandritel Aafrika, Aasia, Euroopa, Põhja-Ameerika, Lõuna-Ameerika, Okeania. Kalkulaatorisse kuuluvad talvise ja suvise aja puhul riigid, kelle suhtes muutus suvel talveaeg või muutus talvel suveaeg (*Joonis 6.4.*). See annab võimaluse aru saada, milline on päevavalguse pikkus tundides valitud riigi- taoline parameeter mängib rolli ka PV Online kalkulaatori mudelis [39].

Vali linn:

---

Vali kuupäev:

---

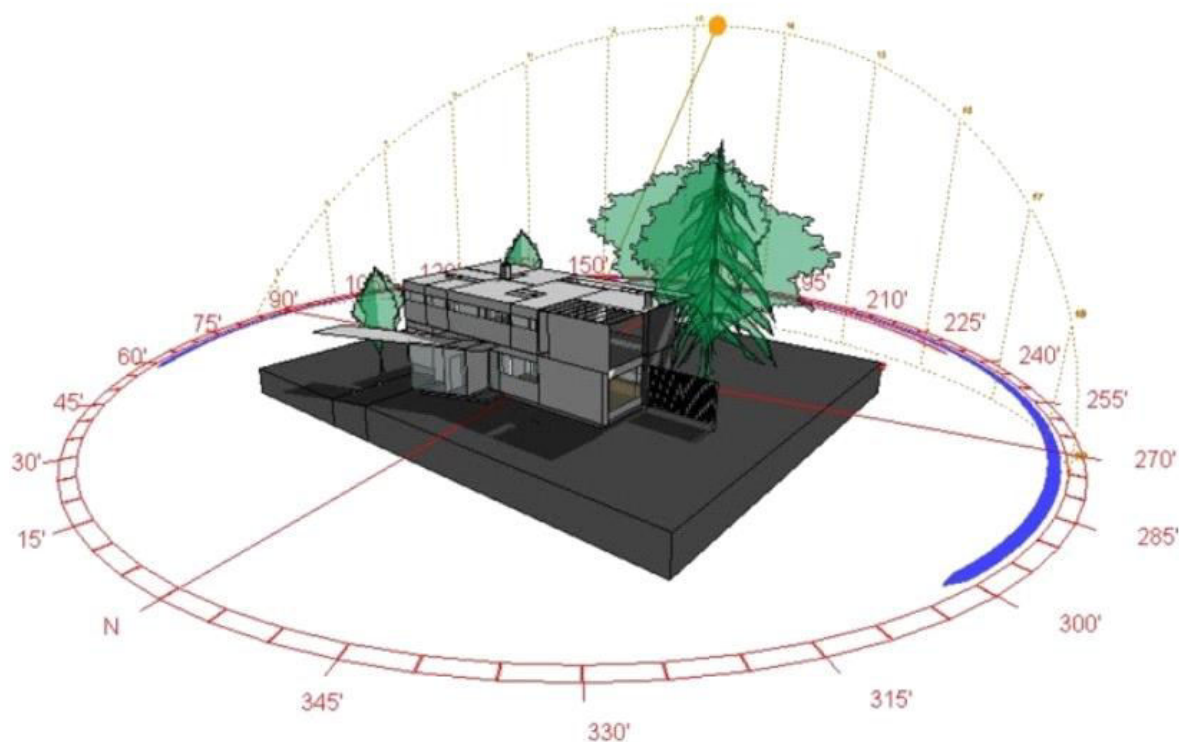
Päikesetõus  
05:12  
Southern Sun  
13:18  
Loojang  
21:24

**ARVUTA**  
**PÄIKESETÕUSU**  
**JA-LOOJANGU**

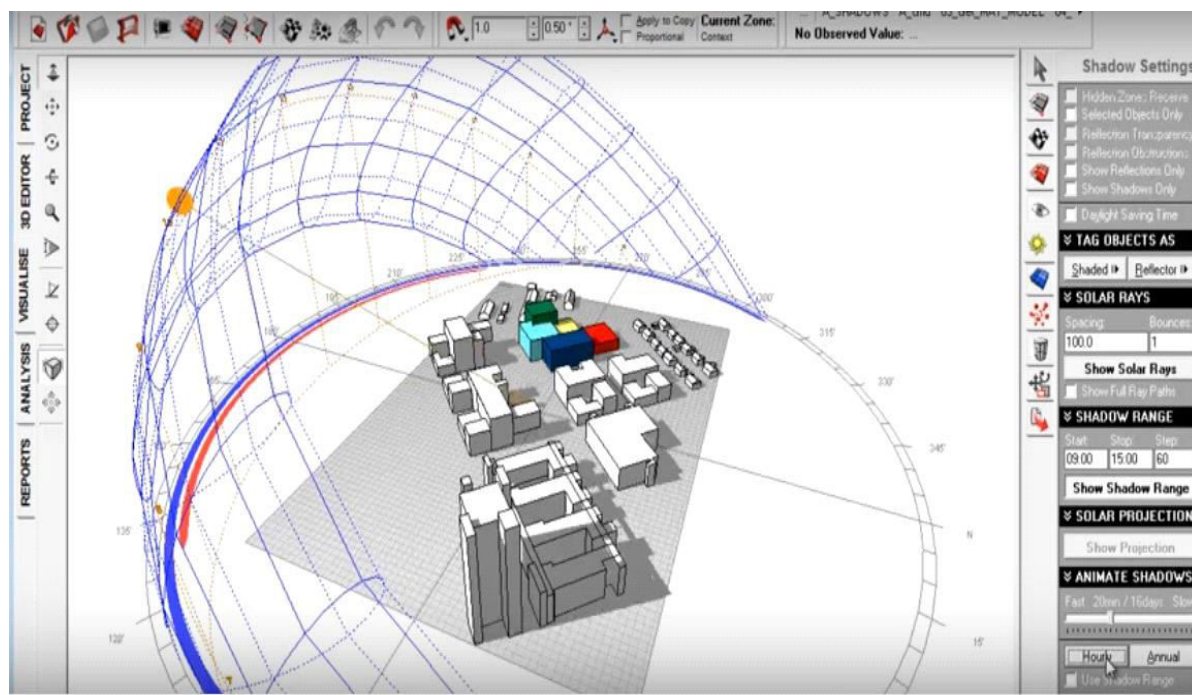
***Joonis 6.4. Päikesetõusu ja -loojangu [39].***

Kolmas on programm, mis arvutab välja võimalike varje valitud kohal, kõik see on vajalik abiks programmeerimisel – kaldenurk, puude pikkused, katuse orientatsioon, päike asendid talvel ja

suvel laiusekraadil. Nimetatakse HELIOSCOPE , määratud hind : 99\$/ kuus.



*Joonis 6.5. Programm- Vari mõõtmiseks [41].*

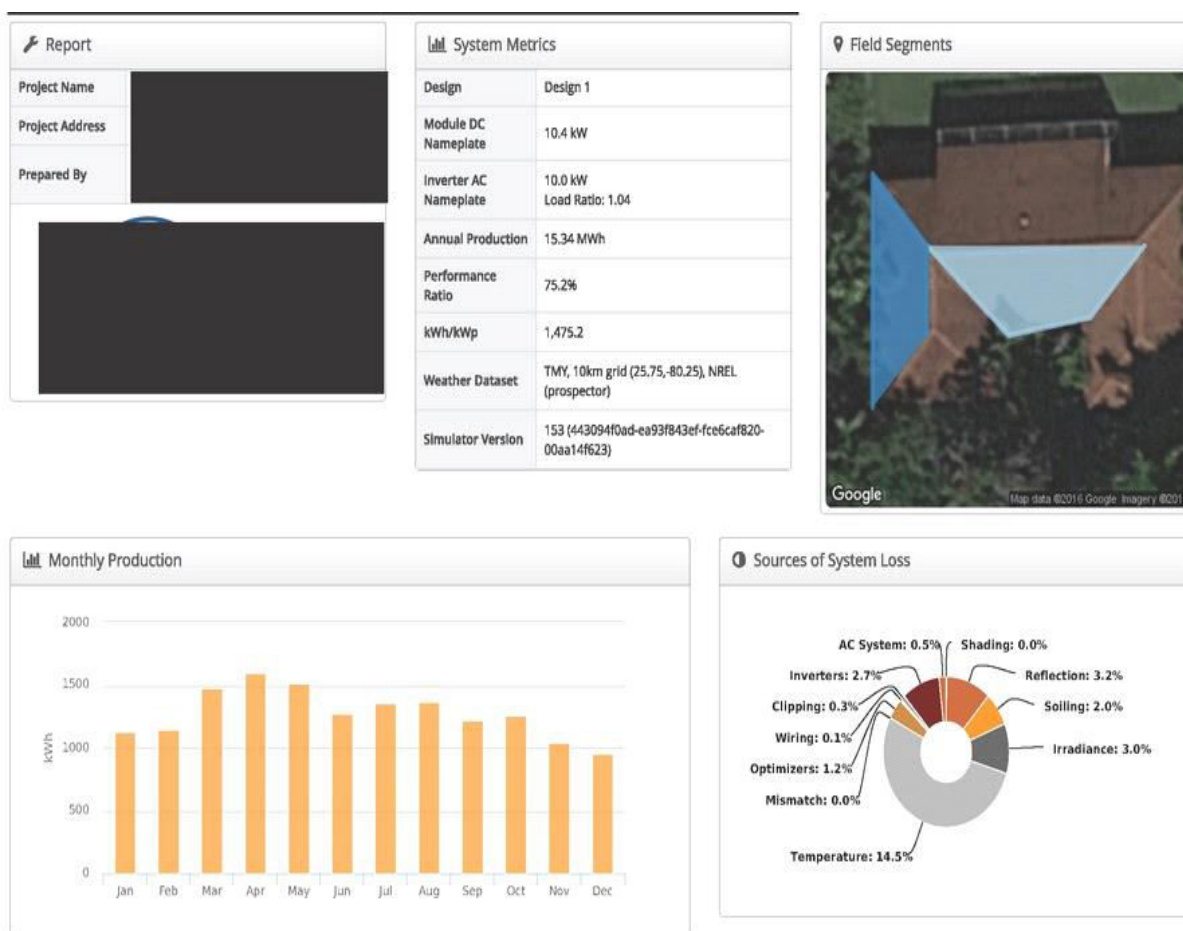


*Joonis 6.6. Tarkvara – vari modelleerimiseks [41].*

Nagu varem olen maininud, kõik need programmid on tugevad ja professionaalsed. Nendel on üks eesmärk, juba valitud objektile arvutada välja tingimused ja andmed, enne päikesepaneelide

paigaldamist ja saada võimalikult rohkem efektiivsust arvestades faktoritega, näidata kliendile saadud tulemusi- tekitab kliendis usaldust .

Neljas näitab, kuidas valitud paneelid näevad välja katuse peal, nende arv, veel arvestades päikesekiirgusega valitud objektile tema aasta tootlikust ja kus kogu paigaldatud süsteem võib oma efektiivsust kaotada – kõik elemendid eraldi süsteemi sees. Näiteks, siin on näha , et temperatuur, inverter ja päikesekiirguse intensiivsus mõjutavad süsteemile kõige rohkem 14,5% , 2,7% ja 3,0 % vastavalt . Lisaks veel parameetreid mõjutavad efektiivsusele: tolmu, varjundi, AC voolu muundumine ja süsteemi optimisatsioon [42].



**Joonis 6.7. Paneelid katuse peal , tootmine, süsteemi kaod [42].**



Joonis 6.8. Modelleerimine katuse peal [42].

Selline osa on olemas igas programmis. Tihti on nii, et süsteemi ehitamine ja koostamine algab esialgselt selle sammuga, kuhu vajalik lisada paneelide arv, kui suurt pindala see nõuab, ei kao efektiivsust arvestades võimsusega kui palju invertorit vajabki ja veel muud.

Grid system definition, Variant "First simulation"

**Global System configuration**

1 Number of kinds of sub-arrays

**Global system summary**

|                  |                    |                  |           |
|------------------|--------------------|------------------|-----------|
| Nb. of modules   | 135                | Nominal PV Power | 14.8 kWp  |
| Module area      | 121 m <sup>2</sup> | Maximum PV Power | 13.5 kWdc |
| Nb. of inverters | 3                  | Nominal AC Power | 12.6 kWac |

**Homogeneous System**

**Presizing Help**

No Sizing    Enter planned power  kWp, ... or available area  m<sup>2</sup>

**Select the PV module**

All modules    Sort modules:  Power     Technology

Generic    110 Wp 29V    Si-poly    Poly 110 Wp 72 cells    Since 2010    Typical   

Maximum nb. of modules: 139    Sizing voltages: V<sub>mpp</sub> (60°C) 29.3 V, Voc (-10°C) 48.7 V

**Select the inverter**

All inverters    Sort inverters by:  Power     Voltage (max)

Generic    4.2 kW 125 - 500 V TL    50/60 Hz 4.2 kWac inverter    Since 2012   

Nb. of inverters: 3    Operating Voltage: 125-500 V    Global Inverter's power: 12.6 kWac

Input maximum voltage: 700 V    **"String" inverter with 2 inputs**

**Design the array**

**Number of modules and strings**

Mod. in series: 9    should be between 5 and 14

Nbre strings: 15    between 13 and 15

Overload loss: 0.2%    P<sub>nom</sub> ratio: 1.18   

Nb. modules: 135    Area: 121 m<sup>2</sup>

**Operating conditions**

V<sub>mpp</sub> (60°C): 263 V    V<sub>mpp</sub> (20°C): 319 V    Voc (-10°C): 438 V

Plane irradiance: 1000 W/m<sup>2</sup>

I<sub>mpp</sub> (STC): 47.4 A    I<sub>sc</sub> (STC): 51.6 A    I<sub>sc</sub> (at STC): 51.0 A

Max. operating power at 1000 W/m<sup>2</sup> and 50°C: 13.1 kW     Max. in data     STC

**Array nom. Power (STC): 14.8 kWp**

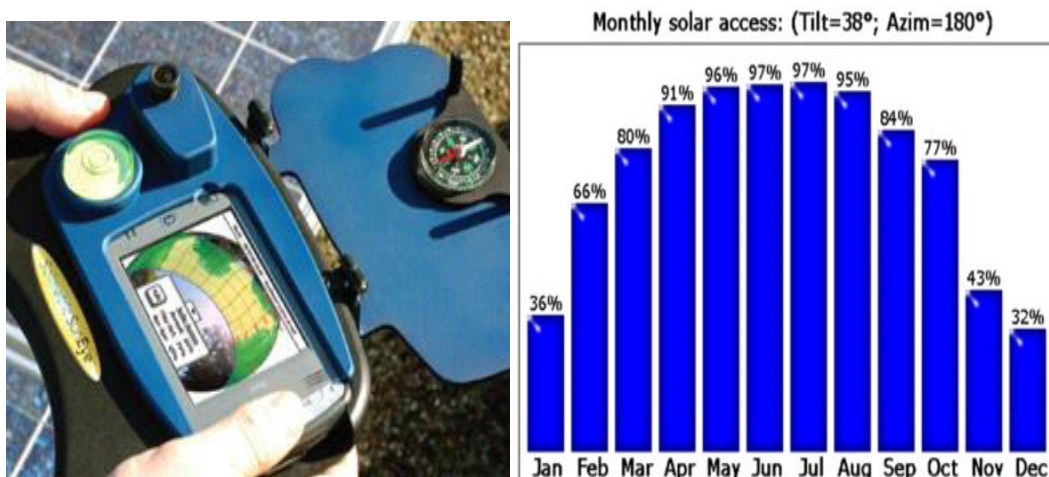
The Array maximum power is greater than the specified Inverter maximum power. (Info, not significant)

Joonis 6.9. Populaarne tarkvara, valik päikesepaneelide elektrilises osas[44].

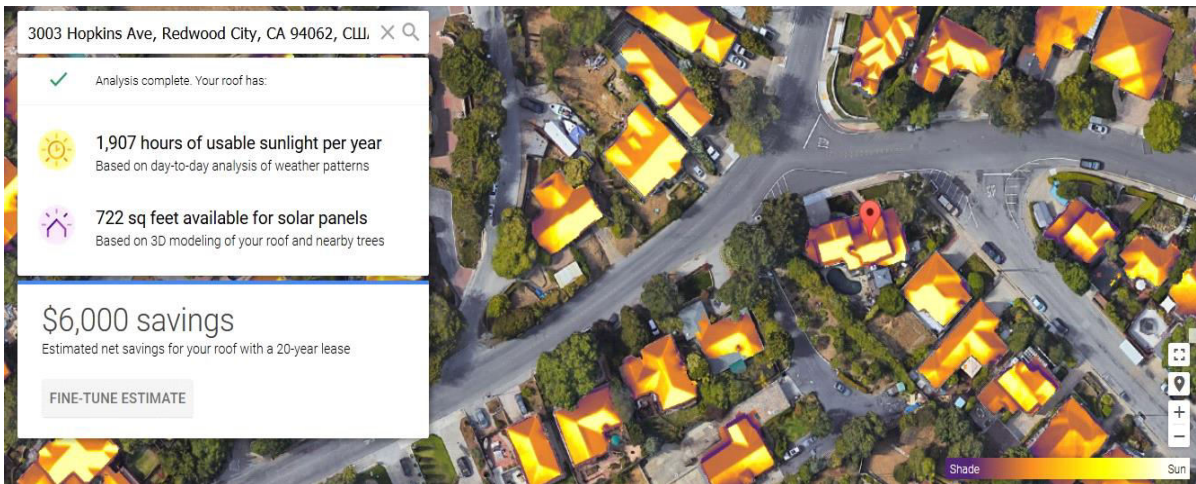
Pilvede liikumistrajektoori ja päikesekiirguse intensiivsust on võimalik vaadata viies tarkvaras. Nimetatakse, EASYSOLAR maksmine algab 20 eurost kuus, kui on soov mingit objekti asukoha parameetreid ja mõned tingimused täpsemalt uurida. EASYSOLARil on üks suur pluss, ta välja näeb nagu väike kohver ekraaniga, kus on monteeritud sisse erinevaid tundlikud andurid, näha pildil.

Võib endaga kaasa võtta ja minna otse valitud kohale, uurida vajalikud andmeid.



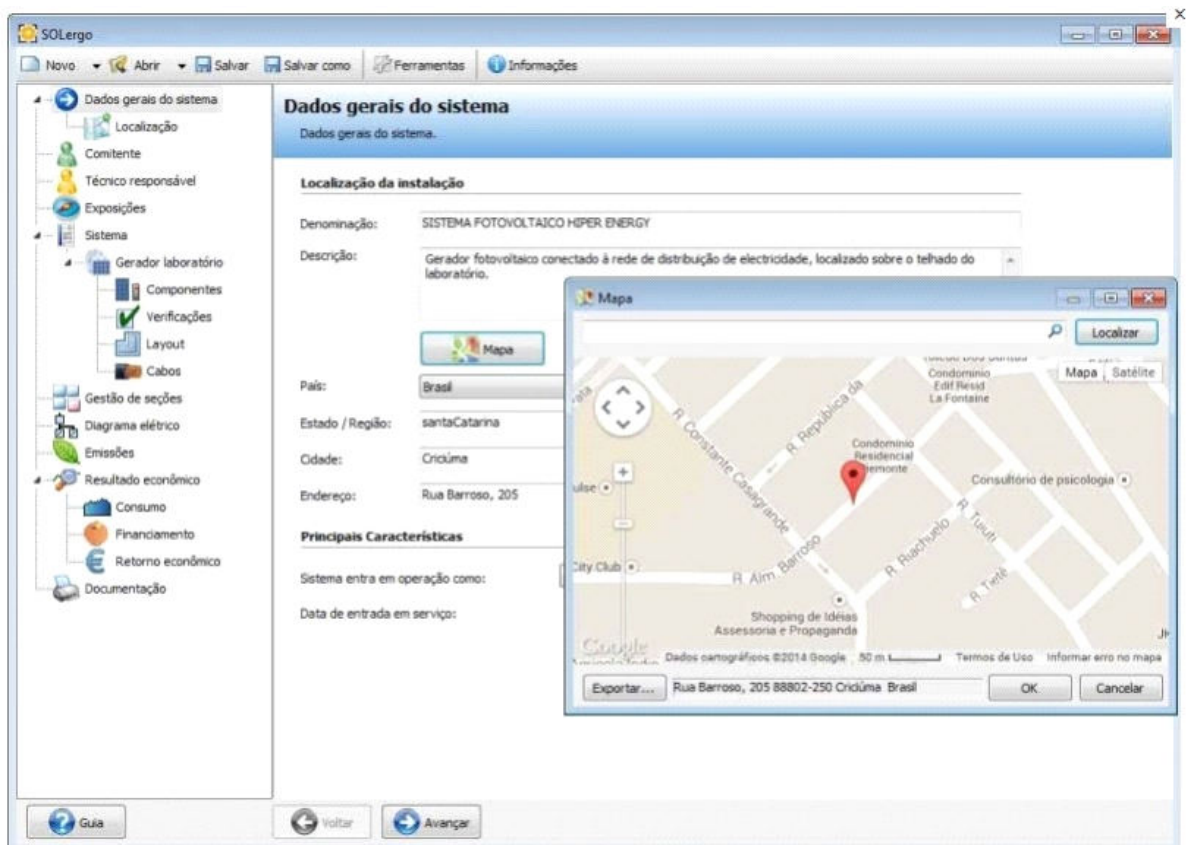
**Joonis 6.10. EASYSOLAR seade ja tarkvara[43].**

Eelviimane tarkvara kuulub Google-ile, nende kehtiv projekt nimetatakse Google Project Sunroof, kahjuks ta töötab ainult Ameerika kaardiga ja andmebaasiga, mis ei lase valida teise riike. Selle programmi eesmärk on näidata kliendile Online tema maja päikesepaneelide paigaldamise võimalused ja tasuvust. Selgitan põhjalikult, mis tähendab, et inimene valib oma maja kaardilt ja sisestab tema aasta tarbimist ja summa ning kui palju maksma hakkab. Hetke pärast programm näitab: kui palju on tema katuse pindala, aasta päikesekiirguse intensiivsuse kogust valitud kohal arvestades ilmastikuga, mis võimsusega süsteem talle sobib, kui palju ruumi võtab ta katusel ja kõige peamine – kui palju klient salvestab raha ja 20 aasta pärast, mis summat ta võib koguda tänu paigaldatud päikesepaneelidele ja nende kasutamisele. Kui potentsiaalsele kliendil kõik sobib, on kõrvale lisatud telefonid, kuhu ta võib helistada. Seda tarkvara on päris kerge kasutada, kuna seal ei ole vaja iseseisvalt mingeid keerulisi parameetreid sisestada. Tean, et teised riigid (Saksamaa, Austraalia) tellisid endale sama programmi, kuna kasutamine on väga mugav ja ta perioodiliselt automaatselt värskendatakse uuele versioonile.



**Joonis 6.11. Google project Sunroof - Ameerika[45].**

Viimane tarkvara on Brasiilia oma. Kuna tarkvara on tasuta, siis sain vaadatanainult mõned osad ja tegin *screenshot-i*. Nimetusega SOLergo. Väga palju inimesi kirjutasid sellest programmist Internetis ja kiitsid. Pildilt on näha, millistest osadest ta koosneb. Siin on neli sammu.

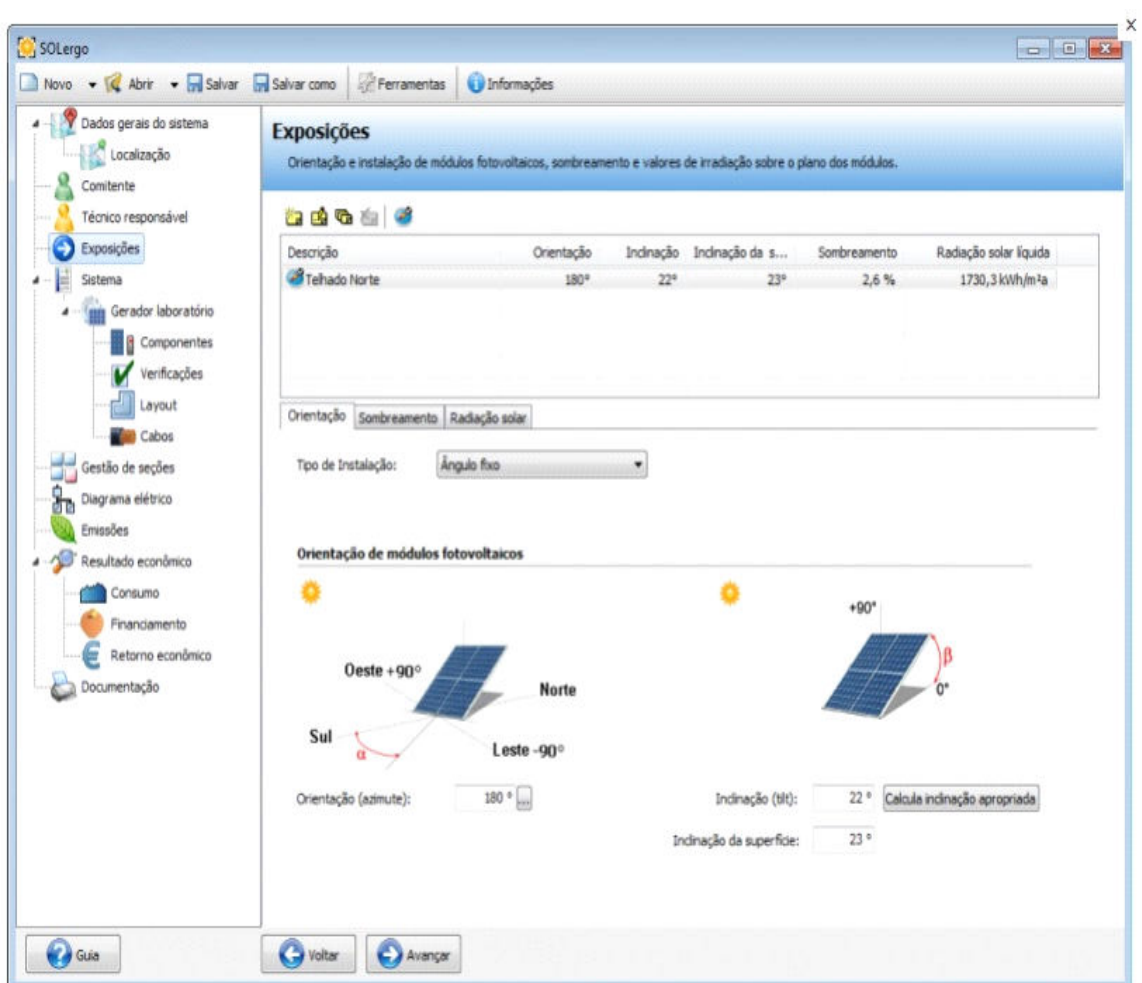


**Joonis 6.12. SOLergo tarkvara – esimene samm-asukoht [40].**

Esimesel ja teisel pildil on tehniline ja mehaaniline osa. Asukoht annab päikesekiirgusest infot, õigesti valitud paneelide orientiir ja nõutav kalde nurk teevad paneelide töö efektiivsemaks.

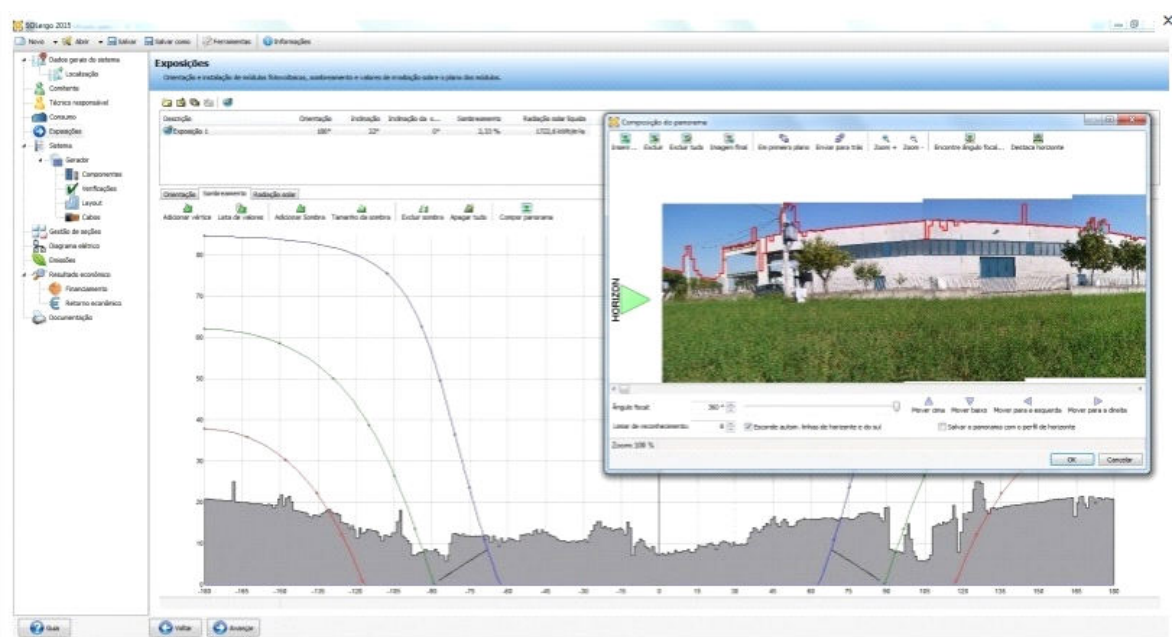
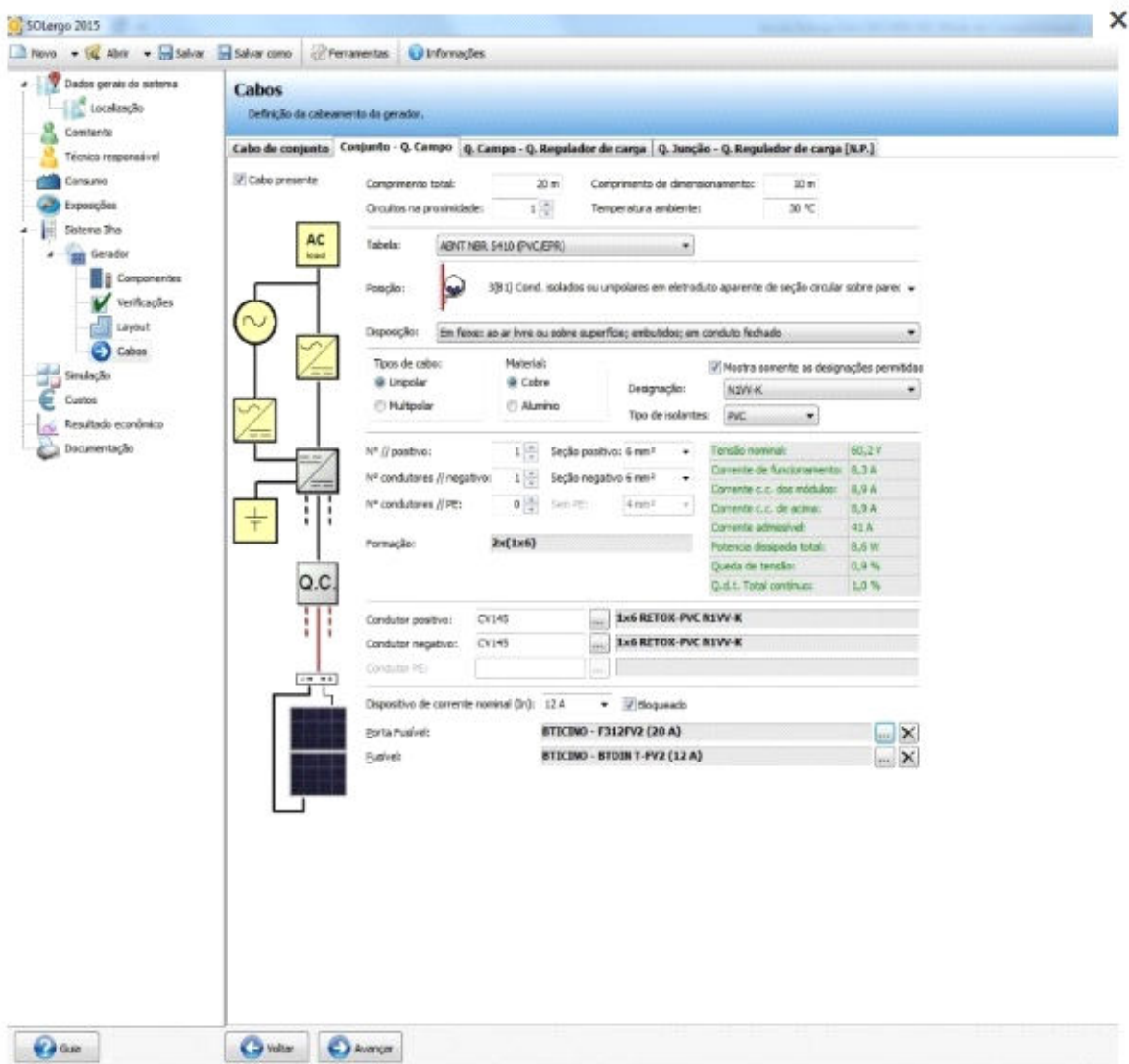


Kuna selles tarkvaras on vaja iseseisvalt programmeerida kõike, on vaja omada vastavaid teadmisi. Ilma nendeta on liiga keeruline.



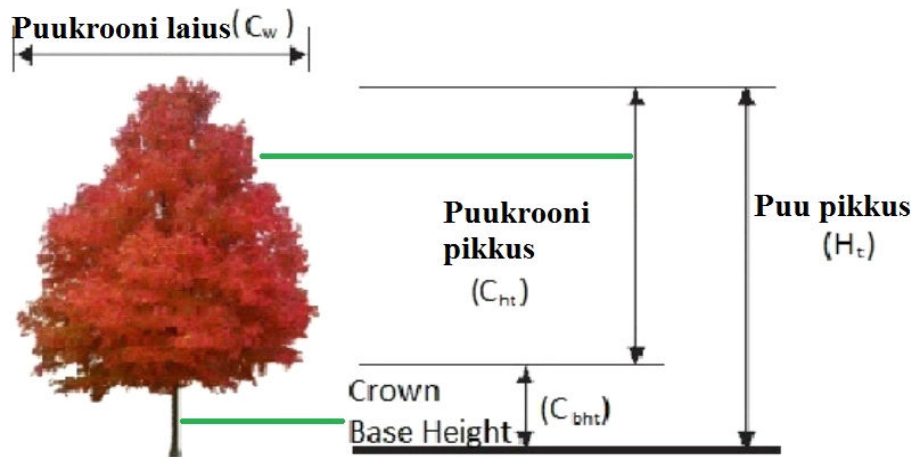
*Joonis 6.13. SOLergo tarkvara – teine samm-paneelide kaldenurgad ja orientiir[40].*

Kolmandal ja neljandal pildil on elektriline osa ja välitingimuste või faktorite mõju süsteemile ja uuritud objektile. Kolmas osa on kõige raskem ja sellega peab tegelema paremal juhul spetsialist. Kui valida valed numbrid, piirid ja parameetrid, vastavalt sellega tulemus võib olla ekslik.



Joonis 6.14. SOLergo tarkvara – kolmas ja neljas samm-süsteemi elektriline osa, vari [40].

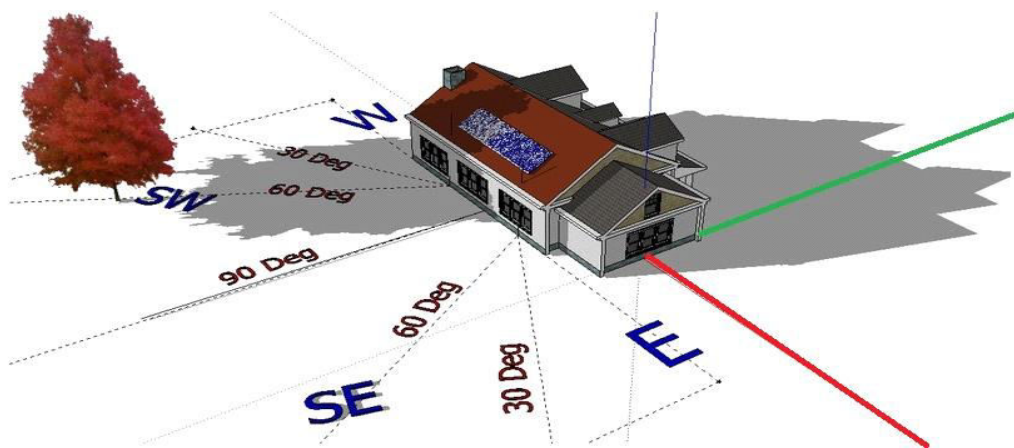
Leidsin ühest raamatus artikli, kus oli kirjutatud ja selgitatud, kuidas võib puuga seotud vari mõjutada päikesepaneelide efektiivsusele, põhjustada süsteemi võimsuse kadu. Et õigesti kaitsta PV süsteemi omanikku sellest ja saada võimalikult palju päikeseenergiat, on vaja tagada ligipääs. Seal kirjeldas teadlane meetodit, kuidas võib ennustada puudest tehtud varjundit. Oli võetud erinevaid puuliike, kuna igal liigil on oma kasvu piirid. Lisaks puude kasvu tunnused, sealhulgas uuriti kõrgus, võra laius ja kasvutempo.



Tree parameters

Joonis 6.15. Puude peamised osad, mis tekitab varju [46].

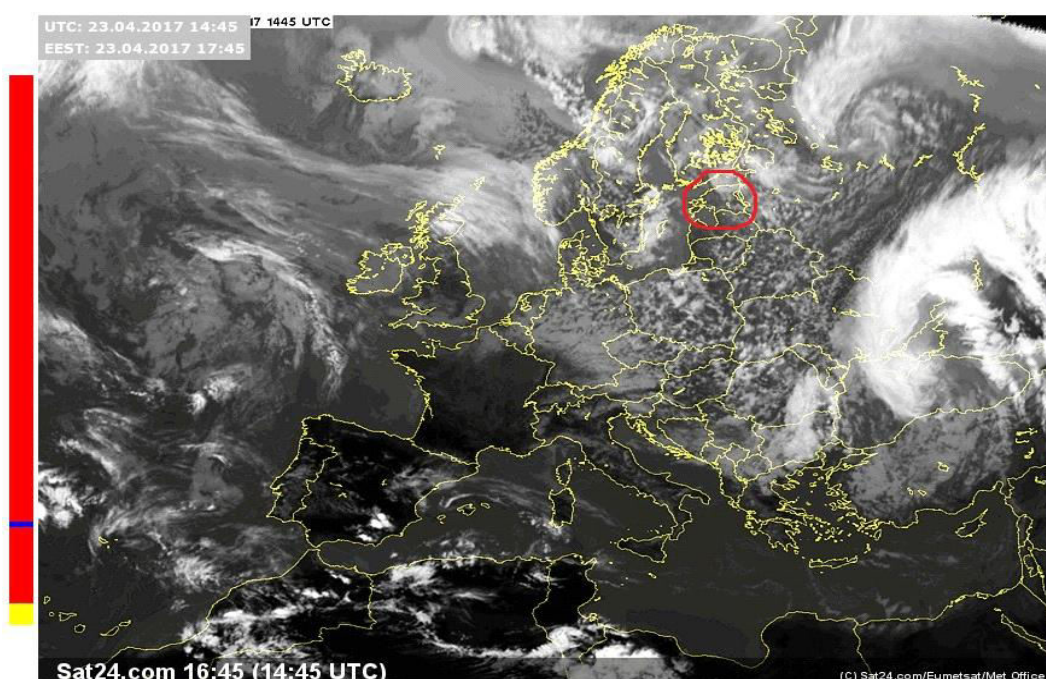
Lisaks sellele tuleb arvesse võtta orientiir, geograafiline asukoht ja päikese asendid talvel. Kuna talvel asub päike madalamal, siis paneelide peale paistab teise nurga alt, võrreldes suvega. Kasutades olemasolevaid tööriistu oli näha, millisel punktil PV süsteem ja puu ei sega teineteist. Puu ja PV süsteemide vahel oli määratud minimaalne istutusvahemaa. Roheline ja punane joon näitavad, millisele kaugusele on vaja puud istutada, et ei tekitaks varju ja ei alandaks paneelide efektiivsust.



Joonis 6.16. Puu vari katuse peal ja nõutav kaugus, kus puu ei sega [46].

Programmeerida ei saa ilma andmebaasita, kuna vajalik võtta kuskilt mitte tavalised aga õiged loogilised numbrid. Näiteks, ei saa ennustada vihma valitud asukohal kui ei võta vajalikke andmeid või ilmavaatluseid.

Selles osas näitan PV Online kalkulaatorile mõned vajalikud andmebaasid. Viimane pilt on PVGisi oma, mille abiga me näeme, kus on kõige kõrgem päikesekiirguse tase (*Joonis 6.19.*). See tähendab, et päikesepaneelide kõige efektiivsem tootlikus on Aafrikas, kuid Aafrikas on liiga kõrged temperatuurid ja see omakorda mõjutab halvasti päikesepaneelide tootlikkusele, kuna süsteem hakkab end jahutada ja selle peale kulub palju energiat, arvestades sellega efektiivsus märgatavalt langeb.



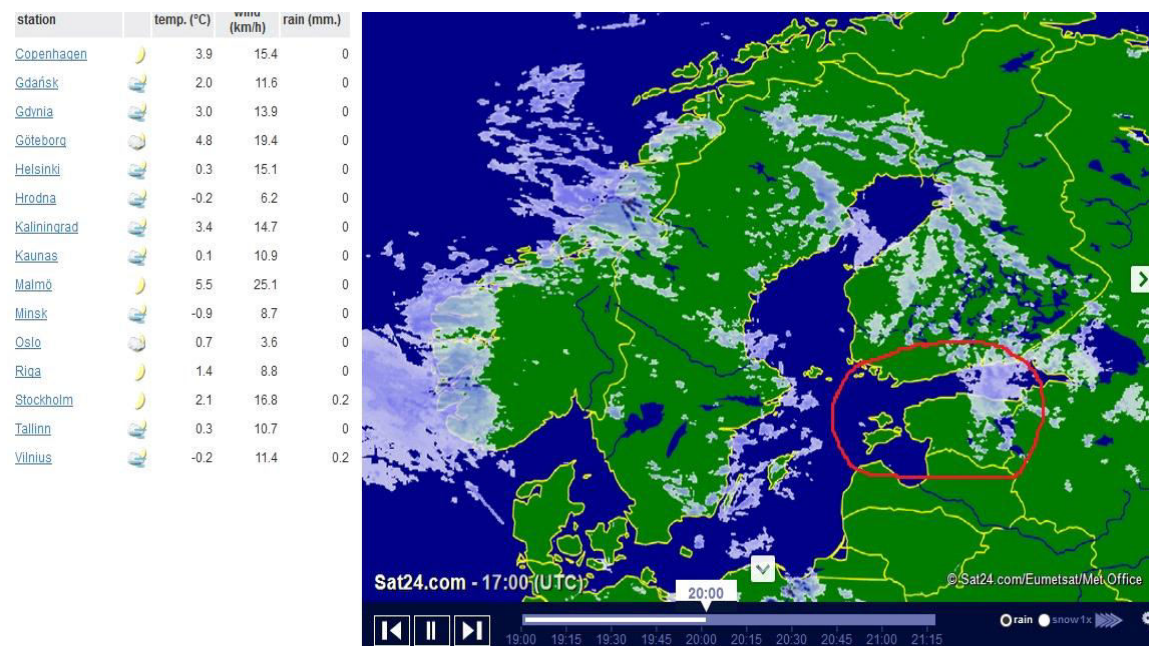
***Joonis 6.17. Online programm SAT24 , näitab pilvide tihedust valitud kuupäeval [47].***

Esitatud esimesel ja teisel pildil ilmastikutingimused, näitavad võimalust ennustada päikesekiirguse intensiivsust ja teha mõned arvutused. Sat24 näitab reaajas, mis toimub ilmaga (*Joonis 6.17.*).

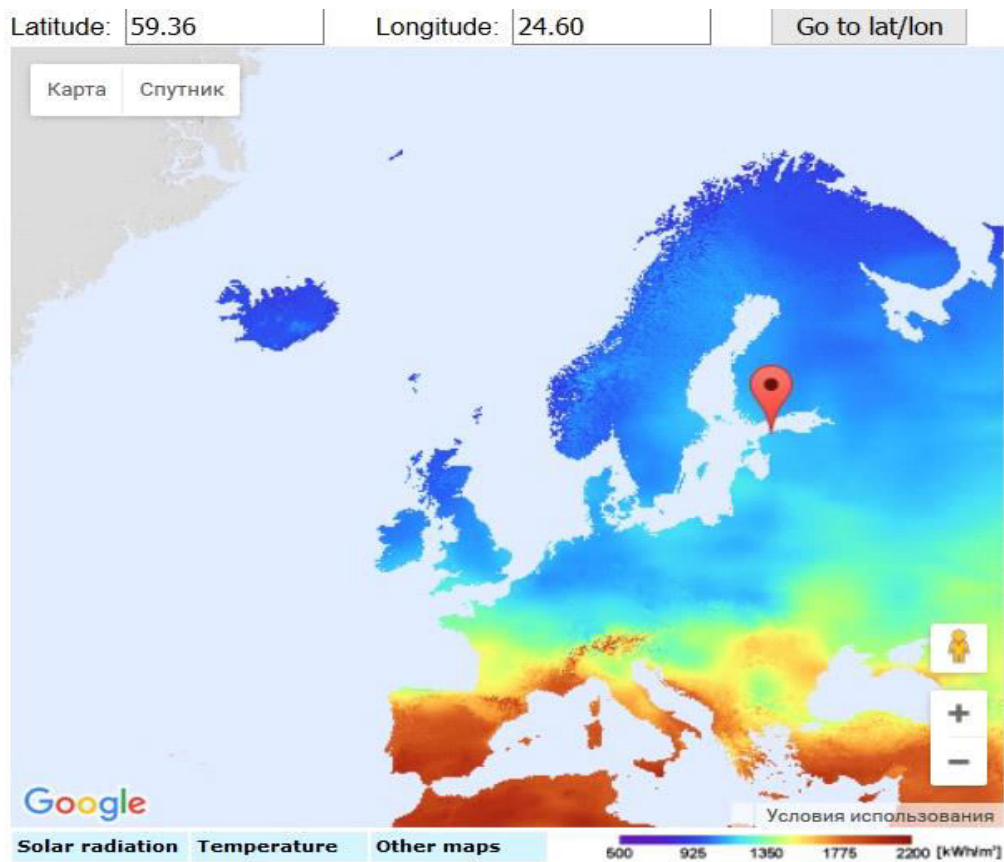
See andmebaas võib olla abiks leida vihmast, päikese intensiivsusest, temperatuurist, pilvedest, lumest ja tuulest vajalikke andmeid ja numbreid . Valida vajalik asukoht ja vaadata, mis hakkab toimuma reaajas nädala jooksul.

Suur osa andmebaase on seotud ilmastikuga, mida omavad NASA-Earth Observatory, TMY-igapäevasad päikesekiirguse tabelid, In-the-Sky, Google, SolarHam, SOLAREX, Oracle,

NOAA-Earth System Research Laboratory, Quandl, ESRI, Maaamet, Pria, Stat, Elering, Voyager, wetter3.de, MeteoGroup. Kaheksat viimast kasutatakse Eestis palju.



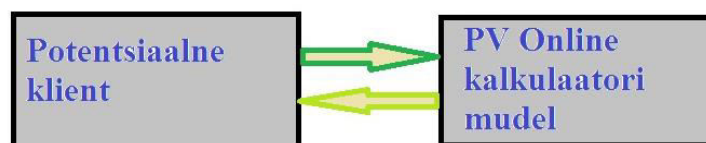
Joonis 6.18. SAT24 online programm, vihma liikumine päeva jooksul [48].



Joonis 6.19. PVGis, päikesekiirguse intensiivsus [49].

## 7. PV Online kalkulaatori kontseptsioon

PV Online kalkulaatori kontseptsioon on vajalik selleks, et paremini mõista kliendi ja kalkulaatori vastastikust seos omavahel. Alustan PV Online kalkulaatori struktuurist. Mida näeb klient, mida on kliendil vaja täita, millised lahtrid juba antud automaatselt ja millised parameetrid ta saab valida. Kuidas peab välja nägema mugav ja huvipakkuv kalkulaatori disain, mitmeks osaks ta on jagatud, kas on liikuvaid osasi, vähemalt see kõik peab olema mõõdukas. Kõike seda tehakse, et meelitada klienti seda kaupa kasutama, kuna turul iga võimaldatud/pakutud teenus on kaup.



Potentsiaalse kliendi ja PV Online kalkulaatori eesmärk on vastastikune koostöö. See tähendab seda et, kui klient tahab saada tulemusi, siis tuleb sisestada esialgsed andmed.

Tänapäeva turul on suur konkurents kalkulaatorite vahel, Internetis on neid meeletult palju.

Ühes eelnevas punktis olen neid juba kirjeldanud. Kuna ma ei ole programmeerija, siis isiklikult valisin kõige parema mudeli, lisasin mõned parameetrid juurde ja sain kõige loogilisema mudeli. Võtsin esimeseks etapiks need lahtrid, mida *klient* peab täitma.

- Võrgupakett
- Kliendi igakuine elektritarbimine (kWh)
- Katusekatte - materjal
- Kas on elektriküte või ei
- Faaside arv
- Hoone tüüp
- Kas on vari katuse peal
- Elektrienergia kasutamine toimub rohkem päeval või öösel (% osakaaluga)
- Valitud objekti täpne aadress või kaardil valitud maja
- Katuse kaldenurk (°)

Teine etapp ja lõplik, saadud tulemused – illustreeritud tabeliga ja graafikuga nagu Soome ja Ukraina PV kalkulaatoril.

- Paigaldamise kalde nurk , mis sobib päikesepaneelidele kõige rohkem (43°)
- Kõige sobivam orientiir saada rohkem tootlikkuse efektiivsust (lääne)

- Elektri tootlikus süsteemidega (päikeselise ja pilvise ilmaga) ja võrdlemine kliendi tarbimisega (1 300 kWh)
- Milline katuse pindala on kliendil ja kui palju ruutmeetrit võtab nõutava võimsusega süsteem katusel, mahub või ei. ( $100\text{m}^2$  ja  $65\text{m}^2$ )
- Paneelide arv (40 tk) ja kaal
- Sobiv süsteemi võimsuse number (10,5kWh)
- Sobivate paneelide tüüp arvestades tingimustega (monokristall, polükristall, õhukesekilelised)
- Kõige tähtsam – ilma päikesepaneelideta ja päikesepaneelidega materiaalne, *rahaline kasu - graafikuga*

Sellise kogu süsteemi maksumus antakse eraldi, isiklike konsulteerimise teel.

Selle paragrahvis selgitan lahti mõned parameetrid:

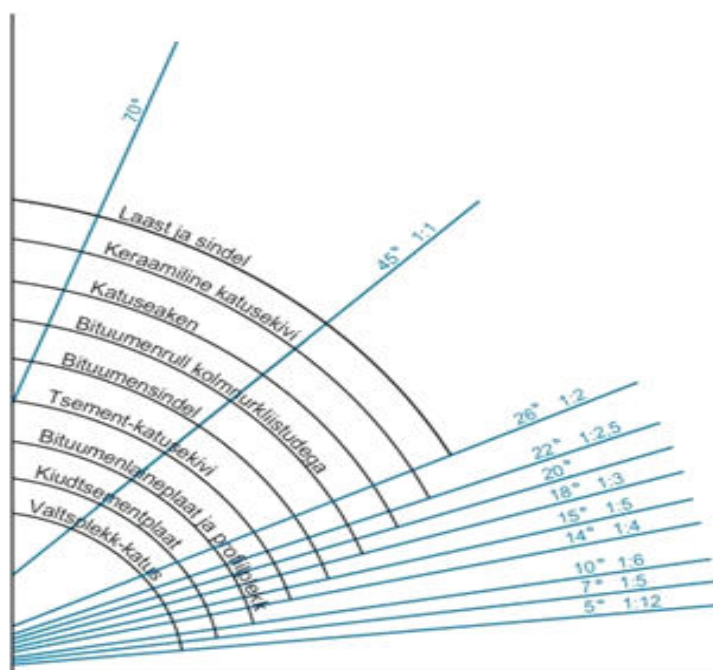
Monokristall päikesepaneel on kõrgema efektiivsusega. Ráni saadakse laboratoorselt, et tagada kõrge kvaliteet ja puhtus, misjärel lõigatakse toorikust õhukesed lehed. Monokristalli elementide tootmine on kallim teistest tehnoloogiatest ja seega on paneeli lõpphind turul kallim. Tema kasutegur langeb, temperatuuri tõustes. Monokristalli päikesepaneel sobib kasutuseks eelkõige olukorras, kus pindala on piiratud ja on vaja saada suuremat võimsust väiksemalt pindalalt. Tavaliselt on sellisteks kohtadeks katused, mille pind on piiritletud teatud suurusega, kuid ühelt ruutmeetritlt oleks vaja saada rohkem võimsust. Paneelide kasutegur on ca 22% arvestusega kui päikesekiirgus on  $1000\text{ W/m}^2$  [50], [51], [52] .

Polükristall päikesepaneel on madalama efektiivsusega. Tootmisprotsessi käigus valatakse sulanud ráni vormidesse, mis pärast lõigatakse õhukesteks lehtedeks. Neid on odavam toota, kui monokristall elemente, kuna tootmisprotsess on tehnoloogiliselt lihtsam. Polükristall päikesepaneel maksab turul vähem, kui monokristalli paneel €/W kohta. Antud paneelidel on ka parem temperatuuri koefitsient, seega paneeli soojenedes ei lange efektiivsus nii palju kui monokristallsetel. Paneelide kasutegur on kuni 18% arvestusega kui päikesekiirgus on  $1000\text{ W/m}^2$  [50], [51], [52] .

Õhukesekilelised on kõige madalama efektiivsusega võrreldes teiste päikesepaneelide tehnoloogiatega. Amorfne lubab paigutada ráni aatomeid õhukesema kihina, kui kristallilises elemendis. Õhukesekileliste ränis neeldub rohkem päikesekiirgust ja sellepärast on võimalik toota õhemaid elemente. Võrreldes teiste tehnoloogiatega on tal parem varjutaluvus. Õhukesekileliste paneelide temperatuuri koefitsient on kõige madalam ja seega mõjutab paneeli soojenemine väljundvõimsust vähem. Kuna efektiivsus on antud paneelil väike, ligi 11%, on vaja

suuremat pindala, et saada võrdväärne väljundvõimsus kristallilise päikesepaneeliga [50], [51], [52], [53].

Igakuine elektritarbimine annab võimalust korrektsem välja arvutada teises sammus, nõutava süsteemi võimsust. Katusekatte materjal seotud katuse kaldega, see ei mängi rolli efektiivsuses aga ohutustehnikas mängib. Allpool olev joonis kujutab erinevate materjalide puhul lubatavaid katusekaldeid (Joonis 7.1.). Näiteks valtsplekist katuste puhul võime graafikul näha, et see võib minimaalselt 5°. See tähendab, et lamekatuste puhul valtsitud plekiga katust kasutada ei tohi, kuna ta ei osutuks siis vettpidavaks konstruktsiooniks [54].

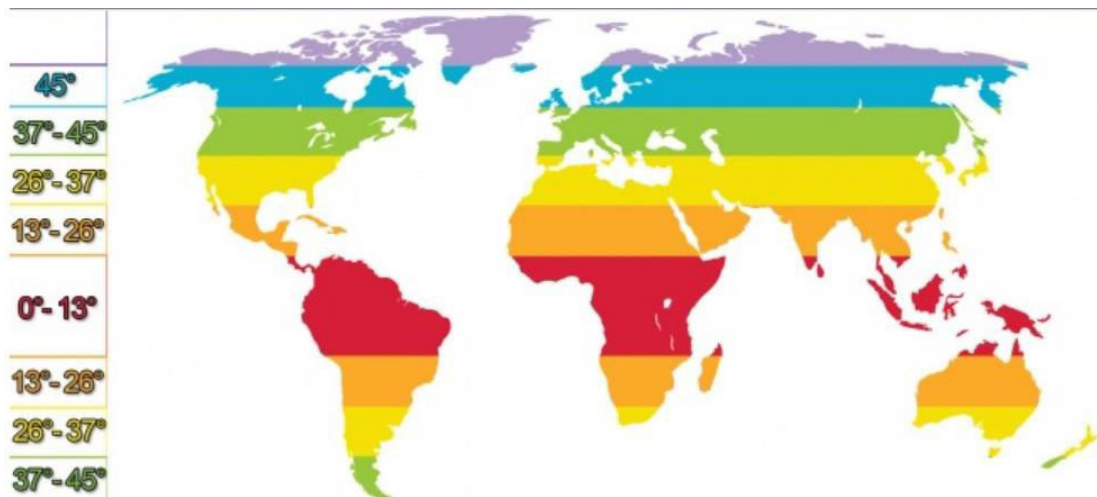


**Joonis 7.1. Katusekatte erinevaid materjallid, nende lubatud kaldeid [54].**

Varjund seotud efektiivsusega, sellest ma olen kirjutanud varasemas pealkirjas.

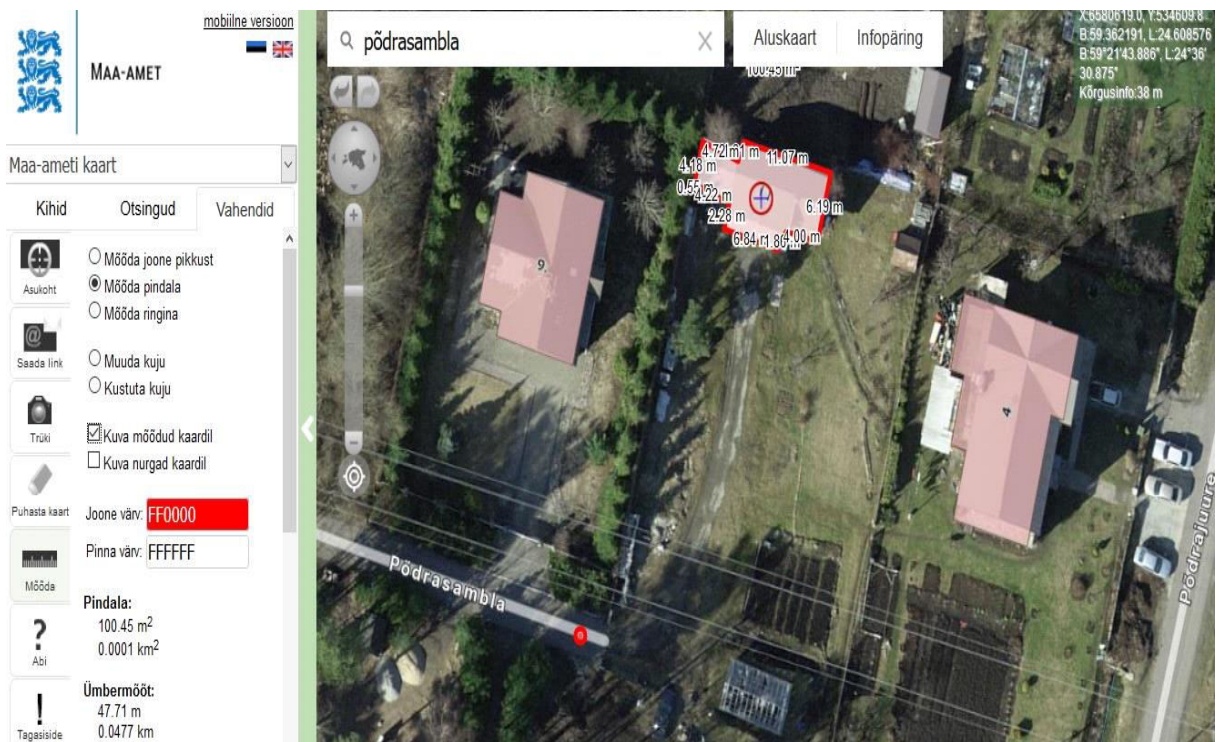
Elektri tarbimine päeval maksab rohkem kui elektri tarbimine öösel, see on nähtav NordPoolSpotis. Valitud objekti täpne aadress annab võimaluse vaadata päikesekiirgust, sobiva süsteemile kalde nurga, orientiiri, päevapikkust, päikese tõusu ja loojangu aegu, asendeid ja katuse mõõteandmeid, mis annab võimalust vaadata kas päikesepaneelid mahuvad nõutava võimsusega katuse peale.



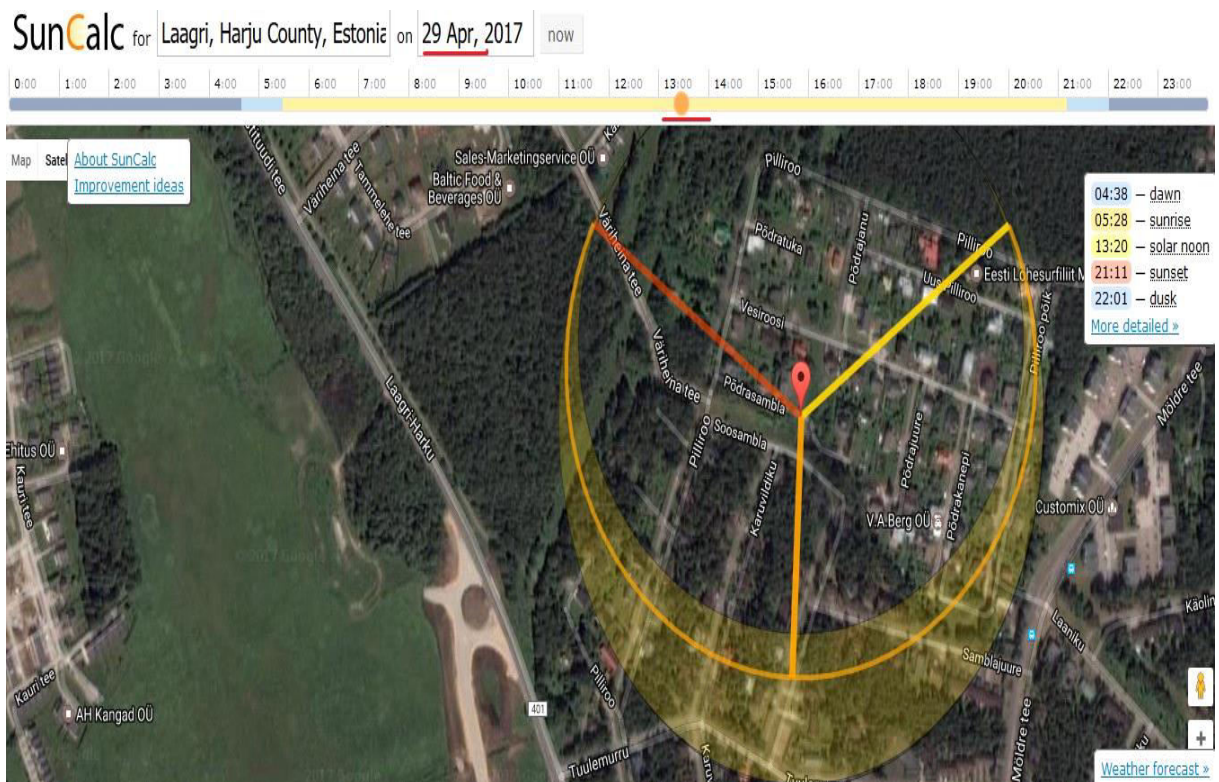


**Joonis 7.2. Päikesepaneelide optimaalne kaldenurk tsoonide kaupa [55].**

Alltoodud kaks pilti näitavad, kuidas võib välja näha, kui valida objekt kaardi peal ja kuidas vajalik info edastatakse kliendile otse. Mul oli huvitav ja ma olen valinud oma maja, kuna tean selle katuse pindala, milleks on 80 m<sup>2</sup> ilma garaažita (Joonis 7.3.). Programm näitas 100m<sup>2</sup> garaažiga- päris õige. Pildil näha veel, et on viilkatus mitte lamekatus, vari ei lange katuse peale.



**Joonis 7.3. Valitud objekti, katuse mõõtmine ja pindala saamine [56].**



**Joonis 7.4. SunCalc , katuse orientiir ja valitud kuupäeval päikese asendid päeva jooksul, tõus ja loojang [57].**

Tegemist on Online programmiga, kus võib vaadata oma katuse orientiiri, päikese asendit ja päevapikkust. Annab võimaluse kliendil aru saada, kas tasub päikesepaneel paigaldada katuse peale või maapinnale. Valime vajalike kuupäeva, vaatame tähelepanelikult - punane joon see on päikeseloojang, kollane päikesetõus. Nende vahel on oranžikas joon, üleval valisin kellaaja 13:00 ja programm näitab, et sellel ajal päike on selles asendis. Lisaks kellaaja abiga antud valitud kuupäeva valguse kestvust tundides.

## 8. Riskianalüüs

Väikest riskianalüüsi on vaja, et ikkagi uurida nõrku külgi ja aredada äppi nii palju kui võimalik.

*Tabel 8.1. Võimsused ja ohud*

| Võimalused   | Ohud  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Vajalike andmete kättesaadavus-kliendile</li><li>• Eestis on tihe konkurents turul selle äppiga.</li><li>• Proovida uut tehnoloogiat-andmebaasid, disain, äpp</li><li>• Lihtsus- ei ole vaja nii palju samme teha nagu varem ilma selleta</li><li>• Äppi ei ole vaja tihti uuendada</li><li>• Kui on soov siis võib alati midagi disainile veel lisada</li><li>• Andmete jälgimine ja muutmine-päikese kiirus-(tähtis)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• IT spetsialistide tase peab olema kõrge-kallis töö</li><li>• Võib tekkida piisavalt palju konkurente, kes tegelevad sarnaste teenustega</li><li>• Tehnilised ja loogilised raskused</li><li>• Peab olema arusaadav klientidele eri vanusega - lihtsus</li><li>• Andmete kättesaamine-avalik, kooskõlas seadusega</li><li>• Süsteemi / tarkvara uuendamine</li><li>• Atraktiivne / huvipakkuv peab olema</li></ul> |

Kõige parem aeg pöörduda päikesepaneelide müüja poole on maja projekteerimise alguses, sest paneelidel on efektiivseks töötamiseks omad nõudmised: need peavad olema suunatud lõunasse ning terve aasta ja ööpäeva lõikes ei tohiks neile puude, ventilatsiooniseadmete, korstna ega naabermajade varje peale langeda. Lisaks on paneelide ning nende kinnituste valikul oluline katusematerjal ja kalle, samuti peab läbi mõtlema inverteri asukoha ja juhtmete käiguteed, et maja valmides oleks visuaalne üldmulje silmale ilus [58].

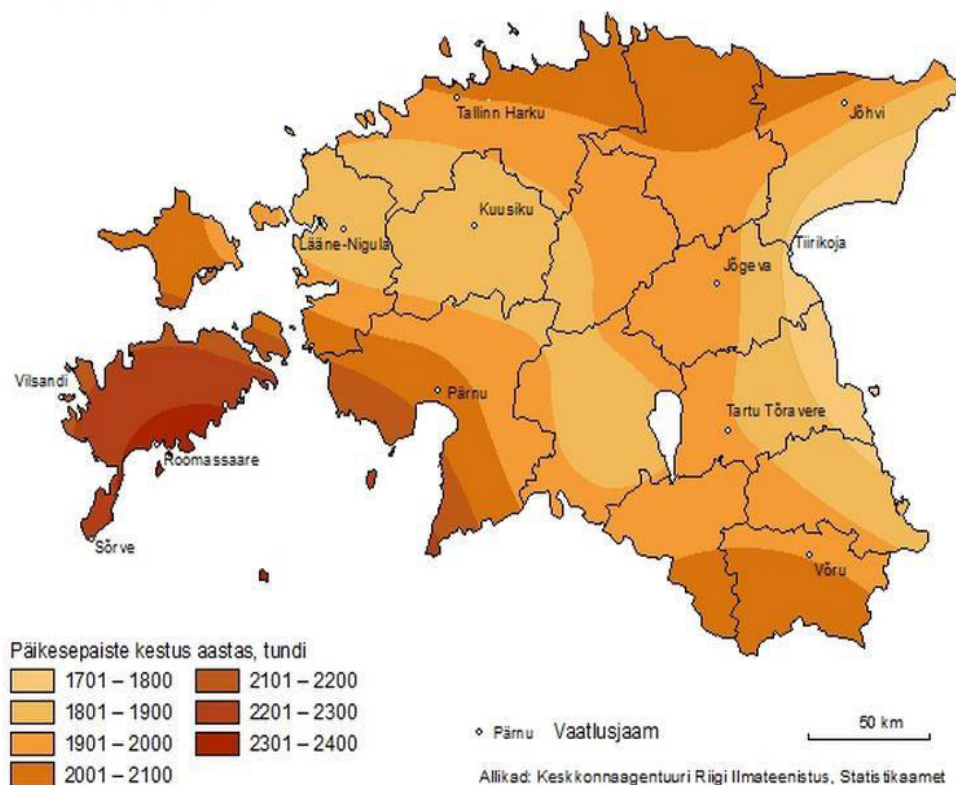
## 9. Kalkulaatori esitamine Eesti elanikele

Mida külmem kliima ja päikeselisem ilm, seda paremini päikesepaneel energiat toodab, sest liigse kuumuse käes vajab paneel lisaenergiat enda jahutamiseks. See on ka põhjus, miks päikeseenergia tootmine on Eesti kliimas väga tõhus. Elektrienergia üheks oluliseks on keskmine võimsustihedus mõõdetuna  $W/m^2$  ja seda iseloomustab energia hulk, mida saab energiaallikas valmistada pinnauhiku kohta. Päikesekiirguse indikaator on  $170 W/m^2$ , mis on rohkem kui teistel taastuvatel loodusvaradel, kuid madalam kui nafta, gaas, kivisüsi ja tuumaenergia[59].

### 9.1. Päikeseenergia Eestis

Eesti kiirguskliimat on uuritud ja mõõdetud alates 1950. aastast alates, mil loodi Tartu Aktinomeetriaajaam (praegu Tartu-Tõravere Meteoroloogiaajaam). Aastate jooksul tehtud aktinomeetrilised mõõtmised tagavad Eesti kiirguskliima ning selle varieeruvuse usaldusväärse andmekogu.

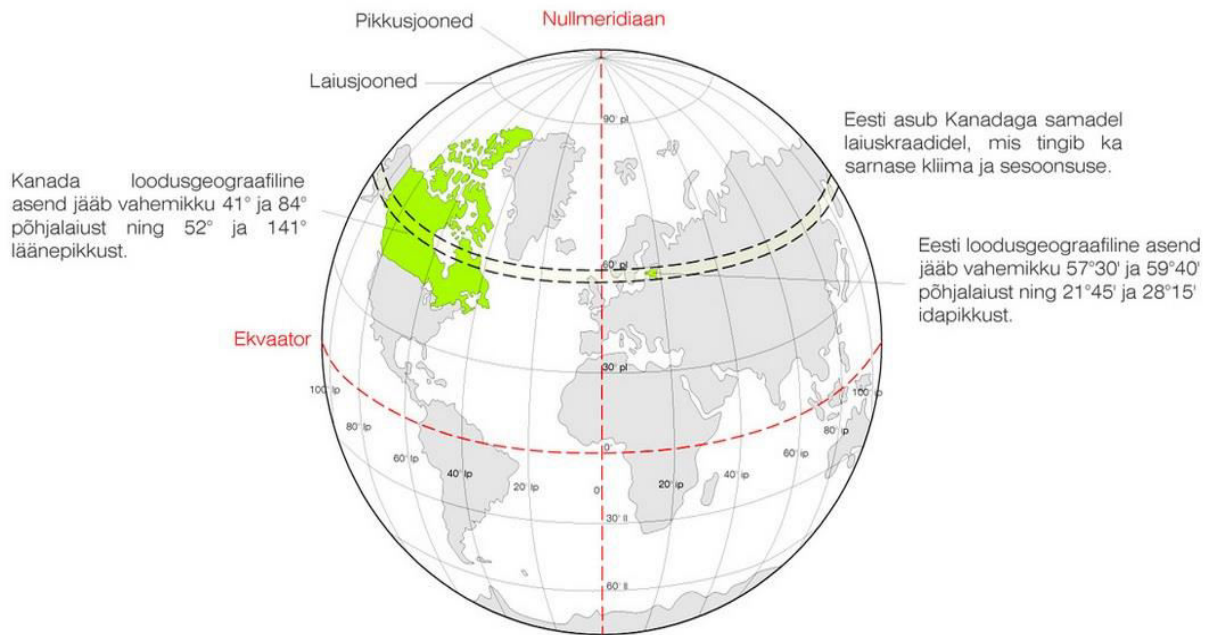
Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi 1971-2000 aasta vaatluste andmeil oli Eestis keskmiselt 1745,7 tundi päikesepaistet aastas. 2005-2010 aasta vaatluste tulemusel oli keskmiselt 1862,3 tundi päikesepaistet. Tartu-Tõravere Meteoroloogiaajaama andmeil paistab aastas keskmiselt 252-el päeval päikest. Päikesepaiste keskmine kestus Eestis on suurim juunikuus 286 tundi ja väikseim detsembrikuus 19 tundi. Suvekuudel on päikesepaistet rannikualadel päeva ajal umbes 1-2 tunni võrra kauem kui sisemaal, talvel erinevus puudub. Päikesepaistega päevi on Eestis keskmiselt kõige rohkem juulikuus 30 päeva ning kõige vähem detsembrikuus 8 päeva. Kõige päikesevaesem periood on novembrist veebruarini. Päikesepaiste ei ole (üldjuhul) päeva jooksul pidev. Talvekuudel kestab pidev päikesepaiste keskmiselt 2-4 tundi, alates märtsist tõuseb kestvus 8-10 tunnini ning suvel langeb 4 tunnini. Eesti territooriumil jaguneb helienergia suhteliselt ühtlaselt, erinevus umbes 10%, tehniline ressurss natuke ebäühtlasemalt, erinevus umbes 20% [60].



**Joonis 9.1.1. Eesti päikesepaiste kestuse kaart –tunnid aasta jooksul [60].**

Kõige päikesepaistelised paigad saavad aastas horisontaalpinna 1 m<sup>2</sup> kohta kuni 2500 kWh päikeseenergiat. Sama näitaja Eestis on keskmiselt 977 kWh/m<sup>2</sup>. Eesti päikeseenergia tehnilist varu hinnatakse kuni 150-600 GWh. 82% helioenergia ressursist on koondunud vahemikku märtsist septembrini (oktoobrist veebruarini on olematu) ning ligi 15% ressursist saab märtsis. Kõige rohkem kiirgust saame mai-, juuni- ja juulikuul jooksul, ligi 442 kWh/ m<sup>2</sup>, mis moodustab pea poole aasta summast. Kõige vähem saame päikeseenergiat detsembris 7 kWh/ m<sup>2</sup>. Pilvituul juuni päeval 8,5 kWh/ m<sup>2</sup>, pilvisel talvapäeval 0,02 kWh/ m<sup>2</sup>. Kuigi detsembris jaanuaris langeb vähe päikesekiirgust, on sügisel ja kevadel pikk periood, mil üheaegselt on olemas kütmisvajadus kui ka soodne päikesekiirgus. Eesti kliimas on umbes 50 % maapinnale jõudvast päikesekiirgusest hajus (pilves ilmad).

## EESTI GEOGRAAFILINE PAIKNEMINE



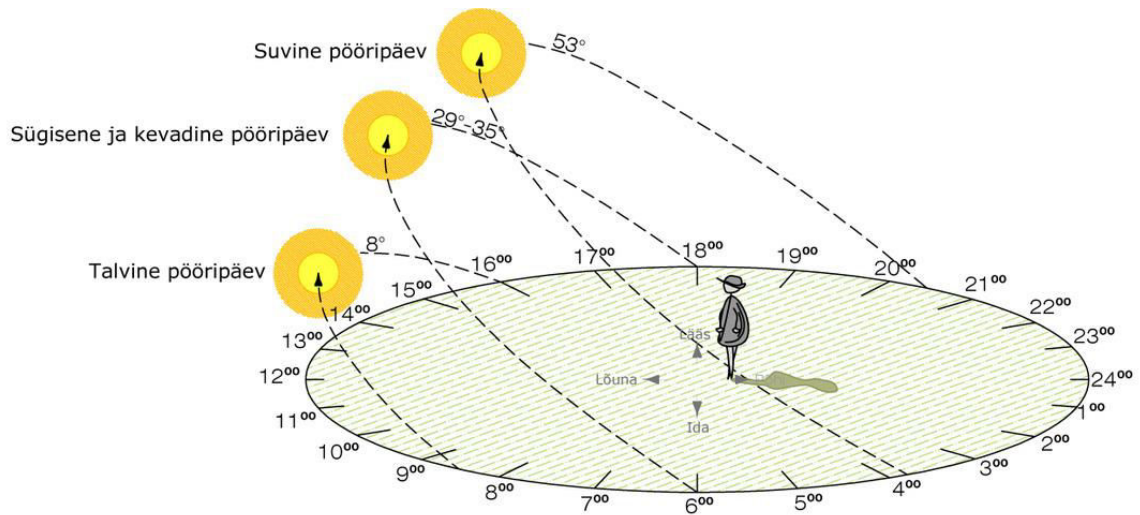
### **Joonis 9.1.2. Eesti geograafiline paiknemine, Eesti ja Kanada sarnasus [60].**

Eesti keskmised kiirgusnäitajad on sarnased Kanada, Inglismaa, Saksamaa ja Põhja-Euroopa riikidega. Jaanuaris on meil Põhjamaadega samaväärne päikesekiirguse hulk, juulis on kiirguse hulk meil suurem kui Kesk-Euroopas. Viimane näitab, et päikesekiirguse kasutamine hoone energiavajaduste rahuldamiseks on Eesti geograafilises asukohas Kesk-Euroopaga võrreldes sarnase efektiga. Heliomaastik OÜ pakub vaakumkollektoreid, mis on välja töötatud Kanada kliimatingimustes toimimiseks ning seega sobivad ideaalselt ka meie kliimasse [60].

## **9.2. TTÜ Uuringuid**

TTÜ-s on tehtud uuringuid päikesekiirguse kohta. Laboris olevad spetsiaalsed päikesekiirguse ja hajuvalguse stendid aitavad inseneridel ning arhitektidel parandada energiasimulatsiooniprogrammide kasutusoskusi. Heliodon-stend on 1,1 m<sup>2</sup> suurune ruudukujuline pind, mida on võimalik kasutada analüüsima päikesekiirgust hoonetes erineval laiuskraadil, aasta- ja kellaajal. Päikesestendi juurde kuulub prožektor ehk valgusallikas ja peegel, mis peegeldab prožektorist tuleva valgusjoa päikesestendile kinnitatud hoone maketile (Joonis 9.2.1.)[61].

Päikese kõrgus ning päeva pikkus Eesti laiuskraadil

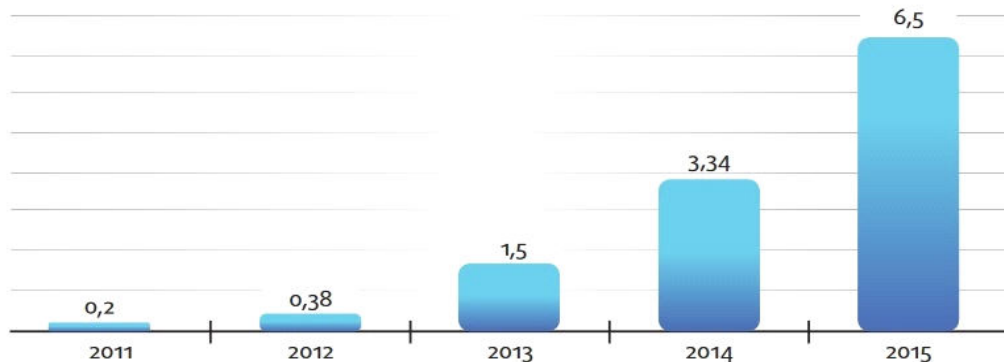


**Joonis 9.2.1. Päikese asendid nii nagu stendis [61].**

Päikesepaneelidega jaamu arv Eestis kasvab märgatavalt, inimesed kes paigaldavad endale päikesepaneeli nimetavad mikrotootjana. Eestis on 2015. aasta lõpu seisuga hinnanguliselt 588 päikesepaneelide abil elektrit tootva mikrotootjad, kes müüvad elektrit võrku ja saavad taastuvenergia tootmise eest toetust. Kui palju on neid, kes on hoonete katustele paigaldanud paneelid, aga pole sellest võrguettevõtjatele teada andnud, on keeruline hinnata [62] .

**Graafik PÄIKESEENERGIA VÕIMSUSED KOKKU (MW).**

Allikas: ETEK, algandmed Elektrilevi ja Imatra



**Joonis 9.2.2. Päikeseenergia võimsused, Elektrilevi ja Imatra kokku, aastade kaupa [62].**

Eelmisel aastal lisandus rekordilised 3,1 MW päikeseenergia tootmisvõimsuseid, mis on 44% rohkem kui 2014. aastal. Kokku on seega Eestis võrguga ühendatud 6,5 MW paneele 2015 aastal (Graafiku joonis 9.2.2.). Levinumad on päikesepaneelide paigaldamine viilkatusele, lamekatusele, katusekattena, rõdupiiretena, hoone fassaadile või maapinnale. Eestis on kõige optimaalsem päikesepaneelid paigaldada lõuna suunas ja 42° maapinna suhtes. Selline asetus on

parim, kui on soov saada aastaringsest maksimaalne energiakogus, näiteks elektri müümisel üldvõrku [62].

Näiteks Türi linnas elav Vello Ohu on Eestis esimene mikrotootja, kes müüb oma eramu katusel asuvate päikesepaneelide abil toodetud ja majapidamisest alles jäävat elektrit Eesti Energiale. [ -- - Suvel on maksimumtootlikkus 2800 vatti. Kui päikeseenergiat on rohkem, jagub seda Eesti Energia võrku müümisekski, mille eest makstakse koos taastuvenergia hüvitisega umbes 10 senti kilovatti eest. Päikesepaneelide abil toodetud elektrit tarbides on Ohu pere elektriarve muutunud märksa väiksemaks. “Minu elektriarve on olnud 10-12 eurot, kui väljas valgust on,” sõnas Ohu. Maja kütmiseks Ohu pere omatoodetud elektrit ei kasuta, selleks seda lihtsalt ei jätku, kuid katusel paiknevad 25 ruutmeetrit päikesepaneeli on piisav selleks, et katta valgustuse ja kodumasinate energiavajadus. Vello Ohu sõnul ühes majapidamises ainult päikeseenergiale panustada ei tasu, sest kõige pimedamal ajal detsembrist veebruarini tuleb kindlasti elektrit juurde osta. Süsteemi rajamine maksab üle 5000 euro ja sinna võib veelgi kulusid lisanduda, nentis Ohu, kes loodab, et see end 10-15 aastaga ära tasub. Ta on esimene mikrotootja, kel õnnestus sõlmida leping Eesti Energiaga elektri suurde võrku müümiseks, tal on tulnud paljudele huvilistele oma kogemusi jagada. “Üks, mis on selgeks saanud, et meie kliimaoludes ja meie geograafilise asendi puhul on täiesti õigustatud päikesest või valgusest elektri tootmine,” nentis ta. Kahe ja poole kilovatine süsteem annab aasta jooksul toodangut keskel läbi 2500 kilovatti ---] [63].



*Joonis 9.2.3. Paneelid katuse peal Laagri, Saue Vald, autor – Aleksandra Šabli.*

### **9.3. Miks on Eestis hea päikesepaneeli kasutada?**



- Eestis on jahe. Päikesepaneelide tootlikkus sõltub olulisel määral selle takistusest. Kõige suurem takistuse mõjutaja on temperatuur – mida jahedam õhk, seda väiksem takistus ning kõrgem pinge. Päikesepaneelide niminäitajad arvestatakse temperatuuril 25°C, seega on Eestis paneelide tootlikkus enamjaolt kõrgem kui Kesk- ja Lõuna-Euroopas. Tänu madalamale temperatuurile on päikesepaneelide tootlikkus kevadisel ja sügisesel ajal võrreldav suvega, kui päikese intensiivsus on suurem.
- Eestis sajab küllaltki palju. Üks päikesepaneelide vaenlastest on tolm, mis tahes-tahtmata õhus ringleb ning langeb paneelidele. Eestis on tolmuga seotud probleemid väikesed, kuna sademeid on igal aastaajal piisavalt. Lisaks toimub talviti paneelide suurpuhastus lume abil.
- Eestis on suvel päevad pikemad. Näiteks on Tallinnas kõige pikem päev aastas (21.juuni) üle pooleteise tunni pikem kui Berliinis. See tähendab, et päikesepaneelid toodavad kauem [64] .

#### 9.4. Kalkulaatori võimalik kontseptsioon

Sellist kalkulaatorit on Eestis ka vaja, sest meil on palju andmebaase, kust kliendid võivad võtta neile vajalikke andmeid. Meil on kaugloetavad arvestid mis aitavad jälgida tarbimise ja tootmise eest . See on uus KLG arvesti, väga tark seade. Arvesti ekraanil saab vaadata tarbitud kilovatt-tunde kokku või eraldi päeval ja öösel tarbitud koguseid. Selleks vahelduvad arvesti ekraanil 15-sekundilise vahega järgmised näidikud: üld, päev, öö (Joonis 9.4.1.). Need arvestid edastavad näidud automaatselt.

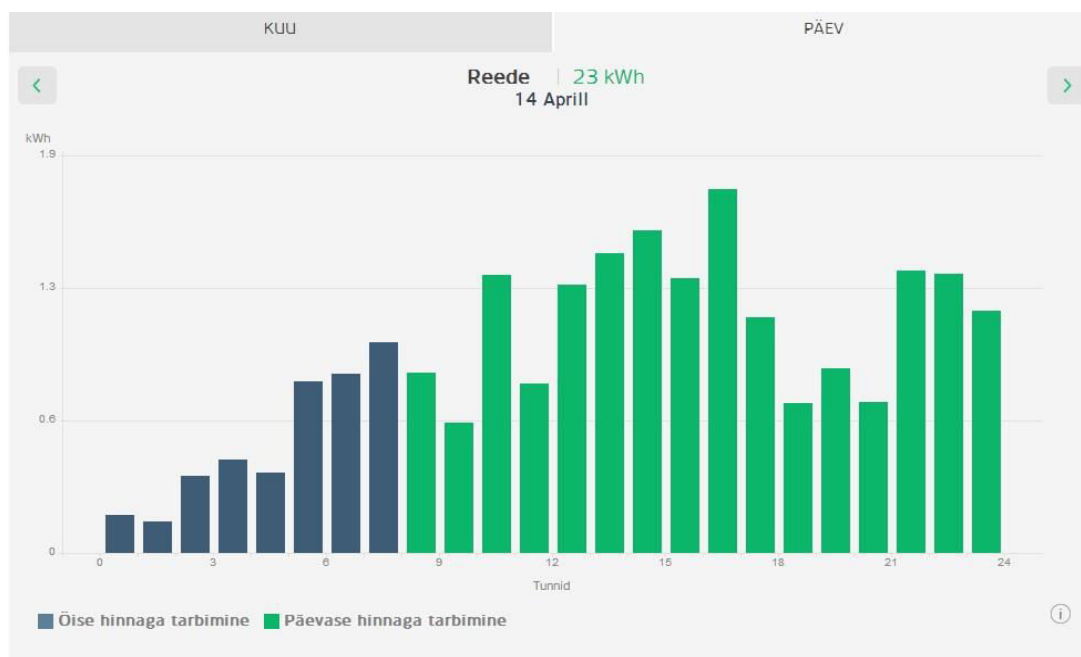


*Joonis 9.4.1. Kaugloetav arvesti E450 – igapäevane opereerimine [65].*

Näiteks elektritarbimise ajalugu, päeva ja öine tariifide osakaal %, faaside arv-Elektrilevi, katuse orientiir – Maa-ametis on avalik ligipääs, peakaitsme suurus, börsi hinnad on avatud NordPoolSpotis.

Kuna olen uurinud ja vaadanud erinevaid PV kalkulaatoreid sain aru, mida ma võtan vundamendiks, mida on vaja paremini teha, lisada ja kust saab vajalikke andmeid kätte.

Nii näeb välja kalkulaatori põhimõte algsel etapil, kus lõplik tulemus sõltub kliendi antud või edastatud infost. Tarbimise kogused saab klient võtta Eleringi andmelaost, kasutades panga kontot või ID-kaarti, või *energia.ee* kodulehel (*Joonis 9.4.2.*), kus ta saab neid kontrollida ja sisestada olemasse arvutumise süsteemi.



#### Tarbimismaht päevas

Kokku:  
23kWh

#### ***Joonis 9.4.2. Kliendi andmeid ja tarbimise ajalugu-Tunnipõhine [1].***

Need andmed on võetud [www.energia.ee](http://www.energia.ee) kodulehelt, neid saab vaadata iga klient, kes tarbib elektrit ja kellel on olemas võrguleping. Vajalik lisada mudelisse, mis on välja toodud ülevalpool. Tänapäeval on välja mõeldud erinevaid äppe, mis aitavad jälgida oma igapäevast tarbimist, kaugloetavad arvestid, mis annavad täpsemat infot ja näitavad online ühendust võrguga –VOYAGER tarkvara.

Võrgupaketi valib klient ise ([elektrilevi.ee](http://elektrilevi.ee)) ja sellest ka sõltub elektritarbimise koguse hind (*Joonis 9.4.3.*).

Seal on olemas väga mugav kalkulaator, mis näitab arvestades tarbimisega ja peakaitsme suurusega sobiva paketti. Väike uudis, alates 1. juulist 2017 hinnad muutuvad. Koduleheküljel selline info varsti on kättesaadav.

## Võrguteenuste hinnakiri madalpingel liitumispunktis kuni 63 A ja jaotatud võrguteenuse ostul

Kehtib alates 1. aprillist 2014

| Võrguteenuse nimetus (3-faasiline võrguühendus) |   |   | Võrgutasu kaibemaksuta |              | Võrgutasu kaibemaksuga |              |
|---|---|---|------------------------|--------------|------------------------|--------------|
| VÖRK 1  | Võrguteenus põhitariifiga                               | Edastamistasu põhihind                    | 5,40                   | sent/kWh     | 6,48                   | sent/kWh     |
| VÖRK 2  | Võrguteenus ajatariifidega                              | Edastamistasu päevahind                   | 6,49                   | sent/kWh     | 7,79                   | sent/kWh     |
|   |   | Edastamistasu ööhind                      | 3,77                   | sent/kWh     | 4,52                   | sent/kWh     |
| VÖRK 3  | Võrguteenus põhitariifiga ja püsitasudega               | Edastamistasu põhihind                    | 3,47                   | sent/kWh     | 4,16                   | sent/kWh     |
|   |   | Võrguühenduse kasutamise kuutasu          | 1,84                   | eurot/kuus   | 2,21                   | eurot/kuus   |
|   |   | Võrguühenduse kasutamise ampripõhine tasu | 0,41                   | eurot/A kuus | 0,49                   | eurot/A kuus |
| VÖRK 4  | Võrguteenus ajatariifidega ja püsitasudega              | Edastamistasu päevahind                   | 4,17                   | sent/kWh     | 5,00                   | sent/kWh     |
|   |   | Edastamistasu ööhind                      | 2,41                   | sent/kWh     | 2,89                   | sent/kWh     |
|   |   | Võrguühenduse kasutamise kuutasu          | 1,84                   | eurot/kuus   | 2,21                   | eurot/kuus   |
|   |   | Võrguühenduse kasutamise ampripõhine tasu | 0,41                   | eurot/A kuus | 0,49                   | eurot/A kuus |
| VMLN  | Võrguteenus mõõtesüsteemita 3-faasilisel võrguühendusel | Võrguühenduse kasutamise ampripõhine tasu | 16,63                  | eurot/A kuus | 19,96                  | eurot/A kuus |

Võrguteenuse pakettidele lisandub elektrienergia hind, taastuvenergia tasu ja elektriaktsiis.

**Põhihind** kehtib ööpäevaringsel, sõltumata nädalapäevast.

**Päevahind** kehtib esmaspäevast reedeni: suvel kell 8.00-24.00 ning talvel kell 7.00-23.00

**Ööhind** kehtib esmaspäevast reedeni: suvel kell 24.00-8.00 ja talvel kell 23.00-7.00 ning kõigil laupäevadel ja pühapäevadel.

Argipäevadele langevatel riiklikel pühadel kehtivad samad hinnad, mis tavalistel argipäevadel.

### Joonis 9.4.3. Elektrilevi võrguteenuste hinnakiri madalpingel liitumispunktis kuni 63 A[65].

See Exceli tabel näitab struktuuriliselt meie mudeli, mida tulevikus võime panna veebileheküljele. IT osakond tegeleb mudeli projekteerimisega veebilehel, ehk kuidas see värviline majake välja näeb ja mis lahtrid on aktiivsed (näiteks: oma tarbimiskoha aadressi sisestamine, see võetakse kaardilt ja arvutatakse sobiva päikese kiirgusega sellel kohal). Aga kliendid näevad ainult seda osa (Tabel 9.4.1.), mõned lahtrid veel lisatakse, näiteks: tema tarbimine kuus, maksmise kuu makstud summa ja pindala, mis võtavad enda alla päikesepaneelid. Teiste sõnadega, see on nii öeldud lihtsustatud mudel, kus nad valivad nendele sobivad parameetrid.

Kus on lahter Aeg/tariifid, siin on konstantsed numbrid. Järgmine lahter NPS, siin andmed on võetud NordPoolSpot-ist-(Elspot day-ahead/Prices/EE/Table/Hourly) või võib ka Eleringist võtta numbreid kuna kui kasutada kaua aega tasuta NPS hinnad, nad võivad kinni panna oma andmebaasi, aga Eleringi andmebaas on alati kättesaadav, ehk nad värskendasid automaatselt kuupäeva seoses.

Lahter Tootmine, siin pannakse valitud kW jaama kohta info ja arvestatakse päikesekiirusega valitud tarbimiskohal, sest sellest sõltub andmete suurus ja elektri tootlikuse kogus. Viimane kõige suurem lahter (päikesejaamaga), arvutatakse välja nagu mikrotootja arvet. Võtame

tarbimiskoha ja terve kuu elektri ja võrku antud kogus, NPS EE hind – näiteks veebruari hinnad tuleks arvutada 31.01.2017 23:00 hinnast alates. Kuna NPS keskuse Norra aeg erineb Eesti ajast 1 tunni võrra, siis on vaja teha arvestus ise. Paketi marginaal lepingus - iga klient ise teab või võib vaadata *energia.ee* . Ostuhind- klient võib vaadata, et aru saada kas tal on kasu tootmisest.

Elekter mis jääb üle ja ei ole tarbitud klientidega , ära ostakse võrguettevõtjana , arvutatakse välja selle valemiga (NPS-marginaal/1000)\*toodetud temaga energiat.

**Tabel 9.4.1. Kalkulaatori struktuuriline kontseptsioon(jaama tootlikkust, aitavad täpsemalt välja arvutada – andmed: objekti asukoht ja kiirus),autor Aleksandra Šabli.**

| Kuupäev   | Võrgutasudel arvesta, et: Suveajal on öötariif 0-8 ja Talveajal öötariif 23-7 |                  | Börsi tunnihind EUR/MWh käibemaksuta | Elektrilevi, Võrk1, Võrk2, Võrk 3, Võrk 4 | Näiteks: 5kW jaama tootlus, kWh | Kliendi tarbimine, kWh | Ilma päikesejaamata   | Päikesejaamaga |                  |       |
|-----------|---|------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------|------------------|-------|
|           | Aeg/tariifid  | NPS-nordpoolspot | Võrgutasu                            | Tootmine                                  | Tarbimine                       | (võrgutasu + NPS) *    | omatoodangu tarbimine | võrku antud    | võrgust tarbitud | Kasum |
| 1.01.2017 | 0   | 24,03            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 1   | 24,03            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 2   | 24,02            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 3   | 23,19            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 4   | 24,1             |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 5   | 25,01            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 6   | 25,62            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 7   | 25,87            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 8   | 26,18            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 9   | 25,74            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 10  | 26,89            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 11  | 27,48            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 12  | 28,04            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 13  | 28,7             |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 14  | 29,66            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 15  | 30,38            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 16  | 30,8             |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 17  | 30,93            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 18  | 30,78            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 19  | 30,51            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 20  | 30,19            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 21  | 29,94            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 22  | 29,65            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |
| 1.01.2017 | 23  | 29,36            |                                      |   |                                 |                        |                       |                |                  |       |

# 10. Millises suunas saab veel areneda PV Online kalkulaator

## 10.1. Mida toob tulevik? Uued võimalused

Täna investeeritakse päikeseenergiasse globaalselt aastas rohkem kui naftasse, gaasi ja tuumaenergiasse kokku. Ehk meie maailm muutub kiiremini, kui oskame arvata.

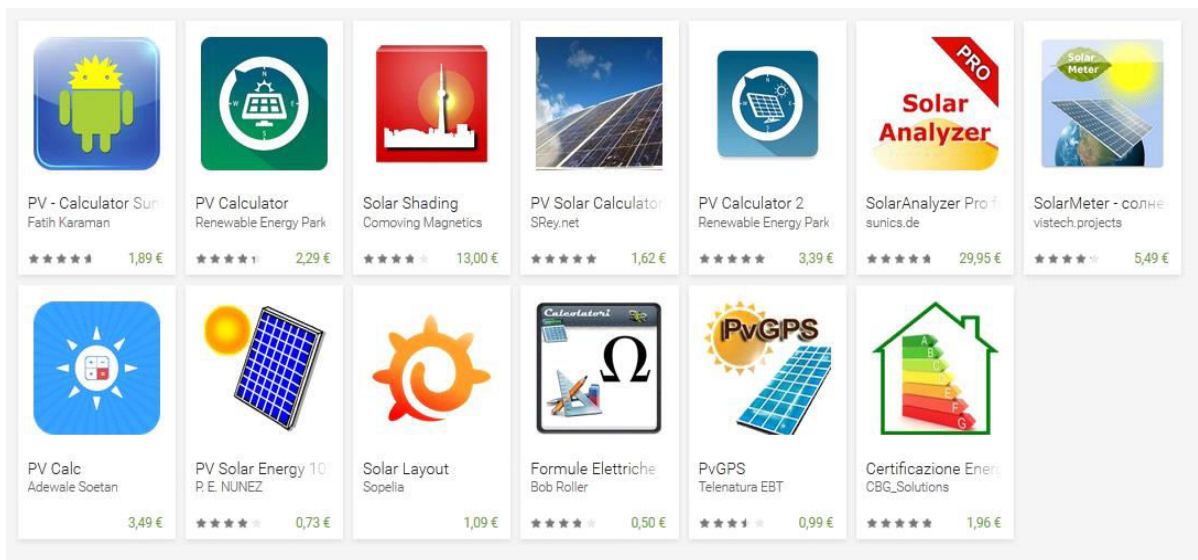
Äppide arendamine ja nendega kauplemine on viimaste aastate jooksul kasvanud päris omaette majandusharuks. Näiteks 2015. aastal prognoositi maailmas alla laetud äppide hulgaks 180 miljardit ning ainuüksi iOS App Store pidavat genereerima ca 10 miljardi dollari ulatuses müügitulu.



*Joonis 10.1.1. Tehnoloogia arenemine ( Autor: tundmatu )*

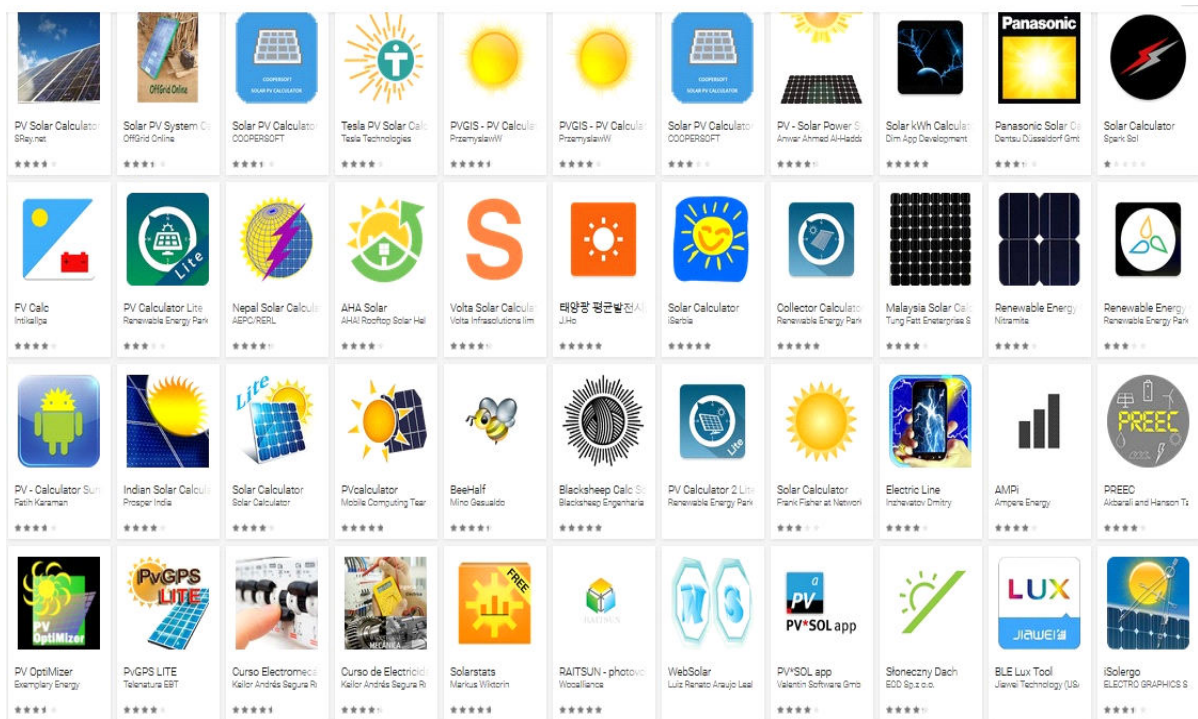
Ka Eestis suureneb pidevalt nende ettevõtete ja teenusepakkujate hulk, kes tulevad välja oma mobiilirakendusega. See on hea võimalus pakkuda oma kliendile uusi võimalusi nii ettevõttega suhtlemiseks kui ka tema toodete-teenuste kasutamiseks. Ilmselt võib täna öelda, et äpp on muutunud paljude ettevõtte ja teenusepakkujate peegliks, nagu ka näiteks veebileht – see peab töötama tõrgeteta, olema usaldusväärne ja loogiliselt üles ehitatud ning lihtsalt ja mugavalt kasutatav. Muidu äppi arendamine ei ole odav asi ja äppi arenemisel on ka erinevaid, mitmekesised tüübid, summad [66], [67].

Tänapäeval ei saa enam keegi telefonis mööda äppidest – on ju tegu nii mugava ja kiire võimalusega pääseda ligi uuele infole. Olen vaadanud Google Play programmis, Solar PV calculator tasulised äppid, kõige kallim oli SolarAnalyzerPro 29 € Saksa projekt (*Joonis 10.1.2.*) ja umbes 5000 allalaadimist. See näitab, kui kliendil on nõudlus ja äpp on kvaliteetselt tehtud, siis ta võib maksta selle eest, sest ta on sellest huvitatud.



**Joonis 10.1.2. Tasulised PV Online äppid - Google Play-Android süsteemis [68].**

Alloleva näitena toon välja juba olemasolevaid äppe, mida on võimalik alla laadida tasuta ja näiteks päikesepaneeli äppi kasutamine nutitelefonis on lihtne ja mugav. Osad nimetatud äppid on kõrge kvaliteediga ja võivad konkureerida online kalkulaatoriga.



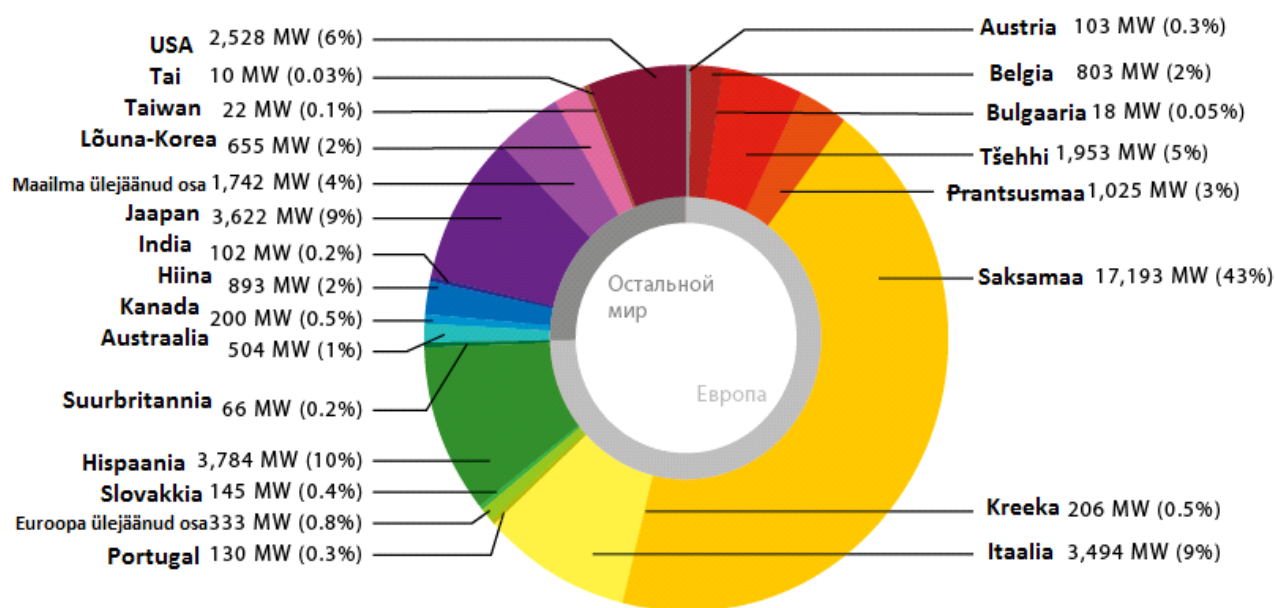
**Joonis 10.1.3. Tasuta PV Online äppid Google Play-Android süsteemis [68].**

Riigid, kes on huvitatud päikesepaneelide kasutamises, ning PV Online kalkulaatoris, mis näitab, nende paigaldamise otstarbekust. See on nii nimetatud vastastikune seos ja see on võimalus, mis

annab teada, kellega saab edaspidi koostööd jätkata ja millises keeles saab kalkulaatorit arendada.

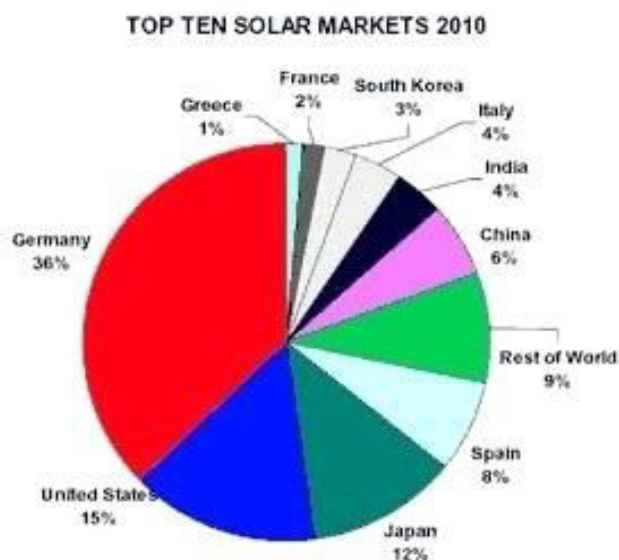
## 10.2. Riigid, kes kasutavad päikeseenergiat

Paljud riigid on juba hinnanud päikeseenergia kasutamist. Top 10 riigid, mis kasutavad päikeseenergiat: Saksamaa, Itaalia, Jaapan, USA, Hispaania, Hiina, Prantsusmaa, Tšehhi Vabariik, Belgia ja Austraalia (*Joonis 10.2.1.*). Need riigid ei tooda ainult päikeseelektrit, vaid neil on ka oma tehased varuosade tootmisest. Saksamaal on juba 2050. aastal plaanis katta elektrivajadused 100% ainult päikeseenergiaga. 9. juunil 2014 aastal murdis see riik energiatootmise päikesepaneelidest saadud energia osakaalu rekordi, olles tootnud seda 50,6% päevasest tarbimisest. Saksamaal on asutatud nii palju päikeseenergiajaamasid, kui kõigis teistes riikides kokku. Enamik päikesepaneelidest on paigaldatud katustele. See analüüs on tehtud 2014. aasta uurimiste abil [69].



*Joonis 10.2.1. Riigid, kes kasutavad päikeseenergiat [70].*

### 10.3. Päikesepaneelide tootjad



*Joonis 10.3.1. TOP 10 päikesepaneelide tootjad [71].*

Tänu valitsuse poliitikale on Saksamaa maailma juhtiv päikeseenergia kasutusele võtja ja sellesse investeerimise riik. Isegi, kui mõõdeti toodetud päikeseenergia mahtu (2010), on Saksamaal esimene koht - 36% -ga, järgnesid USA (15%) ja Hispaania (8%) (*Joonis 10.3.1.*).

All on toodetud 2013 aasta nimikiri, kus on seitse suuremat tootjat, kes teevad päikeseelemente:

- Sharp 28%;
- Q-Cells 11%;
- Kyocera 9%;
- Sanyo 8%;
- Mitsubishi 7%;
- RWE Schott Solar 6%;
- BP Solar 5% [71].

Tänapäeval situatsioon natukene muutus ja konkurents turul kasvas ka, praegused kõige suuremad tootjad *Tabelis 10.3.1.* [72].



**Tabel 10.3.1. Kõige suuremad päikesepaneelide tootjad maailmas 2016 aastal [72].**

| Company/ brand    | In-house module capacity (MW/year) |
|-------------------|------------------------------------|
| Jinko Solar       | 6,500                              |
| GCL               | 6,000                              |
| Trina             | 6,000                              |
| JA Solar          | 5,500                              |
| Canadian Solar    | 5,000                              |
| Hanwha Q Cells    | 4,800                              |
| First Solar       | 3,200                              |
| Risen Energy      | 3,100                              |
| Talesun           | 2,800                              |
| Suntech/ Shunfeng | 2,400                              |
| Seraphim          | 2,100                              |
| Chint/ Astronergy | 2,000                              |
| Hareon            | 2,000                              |



**Joonis 10.3.2. Erinevate firmade logot – kõige tuntumad [73].**

Kõige suuremad päikesepaneelide tootjad maailmas 2016 aastal 4 kvartalis – firmade nimikiri. Nende veebileheküljel võib paigaldada kalkulaatori kuna nendel on suur kliendiandmebaas. Teiste sõnadega, see suur nimekiri ja need logod annavad võimalust sellised ettevõtted leida ja pakkuda nendele tihedat koostööd. Alati on hästi kui partnereid on palju mitte ühes riigis.

# Lõputöö kokkuvõte

Taastuvate energiaallikate kasutamine on Eestis järjest populaarsem. Samuti on töö aktuaalsus seletatav päikeseenergia ning päikesekiirguse üldise kasutamisega maailmas ja Eestis. Päikeseenergia tuleneb päikesekiirgusest ja saadav energia on sobilik elektri ja sooja vee tootmiseks. Päikeseenergia kasutamine muutub aina populaarsemaks, kuna seadmed ja lahendused, mis võimaldavad antud energiat kasutada, muutuvad aina soodsamaks, efektiivsemaks ja varsti ka majanduslikult mõttekamaks. Päikeselt saadud energia on üks suurimaid ja võimsaimaid energialiike, mis leiab igapäevaselt aina rohkem kasutust.

Päikeseenergeetika omab tänapäeval kõige enam väljavaateid. Summaarne päikeseenergia hulk, mis langeb maapinnale nädalas, ületab naftast, gaasist, kivisöest ja uraanist saadava energiahulga kokku. Samuti päikeseenergial on oma puudused ja eelised, aga kõige peamine on see, et aru saada kuidas õigesti seda kasutada .

Inimesed pole harjunud kasutama päikeseenergiat igapäevaseks eluks ja paljud isegi ei tea, et niisugune võimalus on. Minu meelest tuleb laiendada päikeseenergia kasutamise võimalusi, sest see annaks igale inimesele võimaluse valida, mis on säästlikumaks ja efektiivsemaks.

Paljud inimesed mõtlevad sellest, et teha enda maja katusel või maapinnal päikesepaneelid, suur osa nendest kahtleb, kuna raske ette kujutada ilma konsulteerimata, kas tasub või et tasu paigaldada ja raha kulutada. Uurisin Internetis ja otsustasin, et kui õigesti ehitada PV kalkulaatori ja anda võimaluse kasutada teda online-is, siis inimesed ei kuluta nii palju aega kui ennem ilma kalkulaatorita. Kuna see on pv kalkulaator, otsustasin esialgselt kirjeldada üldiselt, mis kujutavad endast päikesepaneeli ja millised parameetrid mõjutavad nende tootlikkuse efektiivsusele. Kui klient näeb mitte ainult seda, et tema valitud objektile tasub rakendada päikesepaneeli, aga lisaks sellele kui efektiivne see on ja annab kasu, näiteks raha salvestamisel ja elektri sõltumatult tarbimisel, siis kes teab, võib nii juhtuda, et veel kiiremini kasvab mikrotootjate hulk.

Töö eesmärgiks oli seatud probleemidele lahenduste optimaalsete lahenduste leidmine. Kuna ma ei ole programmeerija, võtsin palju juba olemasolevaid, erinevaid PV kalkulaatoreid, analüüsisin neid ja võtsin nendest kõige paremat- minu mudeli vundamendiks. Õnneks, neid oli palju aga ma keskendusin kõige keerulisemale, huvitavamale ja visuaalselt ilusaimale. Visuaalselt, võrdlesin nende disaini, pilte, graafikuid, lahtreid . Struktuuriliselt, vaatasin loogikat, andmete korrektsust, keerulisust, lihtsust, andmete töötlemise kiirust, sammude ja osade ehitust, saadud tulemuste kasu.

Töö esimeses osas selgitati rohkem ajaloost, sest alati peab vaatama algusest, kus see kõik sündis ja hakkas arenema.

Teises osas kirjeldasin parameetreid, millised võivad aidata pv kalkulaatori mudelit efektiivsemaks teha .

Kolmandas osas kirjeldasin, millised programmid võivad aidata modelleerida pv kalkulaatori ja parameetreid mis temaga seotud, kuna tulemus oleneb paljudest asjaoludest.

Neljandas osas ka päris suures, kirjeldasin kliendi ja kalkulaatori vastastikust seos, mida peab klient sisestama ja millised parameetreid kalkulaator annab tulemusena .

Viimases osas arutlen, kuidas edasi võib pv online kalkulaatori areneda, mis suunas. Kuna tänapäeval inimene ja nutitelefon on tihedas koostöös, siis arusaadav et kõige kergem variant on mobiili äpp. See on hea võimalus pakkuda oma kliendile uusi võimalusi nii ettevõttega suhtlemiseks kui ka tema toodete-teenuste kasutamiseks.

Töö koostamise käigus lähtuti suures osas päikesepaneelide kalkulaatori tüüpidest. See andis mulle võimalust paremini aru saada millest alustada ja millised parameetrid üldse vaja on, et mudelit teha. Tulemusena sain teada, kuidas peab loogiliselt ja struktuuriliselt välja nägema pv online kalkulaator, kust võib andmeid võtta ja millise faktoriga arvestada peab.

Mõistetakse, et pv online kalkulaatoriga paljud küsimused lahendatakse ja kliendi aega säästetakse. Igal majal on oma elektri tarbimise tase, see mudel annab võimalust sisestada täpselt oma kodutarbimise andmeid ja leida sobiva võimsusega päikesepaneelijaamu.

Magistriõppe lõputöö täitmise õigus koostas ülevaate päikeseenergia olemusest, rakendusviisidest, parameetritele millised mõjutavad päikesepaneelide tootlikuse efektiivsusele, erinevatest kalkulaatori mudelitest, huvitavatest tarkvaradest, kalkulaatori loogilise struktuurist ja disainist, kalkulaatori kliendina kasutusest ja kalkulaatori arenemist ja koostööst.

Lõputöö koostamine ja sellesse teemasse süübitamine oli huvitav ja õpetlik, andis palju uut informatsiooni. Loodan, et seda teemat saaks ka arendada programmeerimise valdkonnas.

Olen kindel, et olen oma eesmärgi lõputöö koostamisel täitnud ja veel enam.

# **Lisad**

L.1. Lõputöö kokkuvõte (eesti keeles)

L.2. Summaray of the thesis (inglise keeles)

# Kasutatud kirjandus

- [1] Eesti Energia äpp ja tarbimise ajalugu [Võrgumaterjal] <http://www.energia.ee> Vaadatud 10.05.2017.a.
- [2] Päikeseenergiast [Võrgumaterjal] <http://www.apollo.ee/elektrivarustuse-tulevikuvisioonid.html> Vaadatud 11.05.2017.a.
- [3] Ajalugu, esimesed katsed [Võrgumaterjal] <http://энергии-солнца.рф/> Vaadatud 08.05.2017.a.
- [4] Kalkulaator [Võrgumaterjal] <https://calcsoft.ru/vidy-i-tipy-kalkulatorov> Vaadatud 09.05.2017.a.
- [5] Kalkulaatorite ajalugu [Võrgumaterjal ] <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80> Vaadatud 09.05.2017.a.
- [6] Süsteem ja tema ümbrus [Võrgumaterjal ] [http://www.cs.tlu.ee/~inga/SE\\_materjal/Tarkvaratehnika\\_etapid\\_2008.pdf](http://www.cs.tlu.ee/~inga/SE_materjal/Tarkvaratehnika_etapid_2008.pdf) Vaadatud 09.05.2017.a.
- [7] Päikeseenergia - elektrienergia [Võrgumaterjal] <https://smartecon.ee/paikeseenergia/> Vaadatud 10.05.2017.a.
- [8] Protsesside automatiseerimine - Tartu Ülikooli Pärnu Kolledž [Võrgumaterjal] [http://pc.ut.ee/~ttamb/ikt/mis/mis2009/1.../14\\_Protsessid1.doc](http://pc.ut.ee/~ttamb/ikt/mis/mis2009/1.../14_Protsessid1.doc) Vaadatud 10.05.2017.a.
- [9] Päikesepaneelid on meie tulevikuenergia [Võrgumaterjal] <http://www.aripaev.ee/veebiraamat/2016/04/07/paikesepaneelid-on-meie-tulevikuenergia> Vaadatud 10.05.2017.a.
- [10] Päikesepaneelid ja elektri tootmine [Võrgumaterjal] <http://www.tera.ee/Päikeseelektri%20ajalugu> Vaadatud 11.05.2017.a.
- [11] PV paneelid, päikese kiirguse liigid [Võrgumaterjal] <http://www.taastuvenergia.ee/paikese kiirgus.html> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [12] Päikesepaneelide kvaliteet [Võrgumaterjal] [http://www.solarhome.ru/pv/buyer\\_guide/pv\\_cells\\_grade.htm](http://www.solarhome.ru/pv/buyer_guide/pv_cells_grade.htm) Vaadatud 08.05.2017.a.

- [13] Fotoelemendi tekkimine[Võrgumaterjal] <http://alternativenergy.ru/solnechnaya-energetika/507-solnechnaya-energetika-elektrostantsii-perspektivy.html> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [14] Päikesepaneelide kasutusiga  
[Võrgumaterjal] [http://www.ecoenergyservise.com/sunbat\\_pr.html](http://www.ecoenergyservise.com/sunbat_pr.html) Vaadatud 07.05.2017.a.
- [15] Päikesepaneelide kasutusiga  
[Võrgumaterjal] [http://www.solarhome.ru/basics/pv/pv\\_longevity.htm](http://www.solarhome.ru/basics/pv/pv_longevity.htm) Vaadatud 07.05.2017.a.
- [16] Päikeseelektrijaam, paneelide hinnad [Võrgumaterjal]  
<http://solarpartner.ee/paikeseelekter/paikesepaneel> Vaadatud 08.05.2017.a.
- [17] Pilved [Võrgumaterjal] <http://www.ilmateenistus.ee/ilmatarkus/kasulik-teada/pilved/alumised-pilved/> Vaadatud 09.05.2017.a.
- [18] Päikest varju katusele [Võrgumaterjal] <https://www.gemenergy.com.au/solar-shading-and-solutions/> Vaadatud 10.05.2017.a.
- [19] Ilmastikutingimused [Võrgumaterjal]  
<http://loodusvaatleja.blogspot.com.ee/2015/08/suure-kuumuse-ara-minekut-saatsid.html?m=1> Vaadatud 11.05.2017.a.
- [20] Hiidrahe pilt [Võrgumaterjal ] <http://www.ilmateenistus.ee/ilmatarkus/kasulik-teada/lumi/lumi-ohustab-katuseid/> Vaadatud 11.05.2017.a.
- [21] Päikesekiirguse intensiivsus [Võrgumaterjal] <http://ust.su/solar/media/section-inner12/1585/> Vaadatud 11.05.2017.a.
- [22] E. Altpere "Valgustustehnika käsiraamat". Tln. 1981. Handbook of Applied Photometry. Ed. by C. DeCusatis, Springer 1998. Vaadatud 12.05.2017.a.
- [23] Päikeseenergia jaotamine maale jõudmisel [Võrgumaterjal]  
<http://www.eau.ee/~mhovi/kuiv/paike/> Vaadatud 12.05.2017.a.
- [24] Õige kalde nurk [Võrgumaterjal] <http://www.solarhome.ru/basics/pv/techtilt.htm> Vaadatud 13.05.2017.a.
- [25] Kõige suuremad hooned päikesepaneelidega  
[Võrgumaterjal] <http://www.facepla.net/content-info/art-menu/362-gratest-solar-project-2009.html> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [26] Uus materjal tolmu vastu [Võrgumaterjal] <https://naked-science.ru/article/hi-tech/novyy-material-uvelichit> Vaadatud 09.05.2017.a.
- [27] Päikesepaneelide kasutegur [Võrgumaterjal] <http://termoframe.ru/koefficient-poleznogo->

- [dejstviya-solnechnyx-batarej.html](#) Vaadatud 10.05.2017.a.
- [28] Päikese tõus ja loojumine [Võrgumaterjal] <http://www.astronoomia.ee/tahistaevas/efemeriidid/?taevakeha=paike&tabel=touslooj&linn=tallinn&kuupaev=2017-06-01&ridu=7> Vaadatud 11.05.2017.a.
- [29] Konstruktsioonide all vaba ruum [Võrgumaterjal] <http://www.tesla-tehnika.biz/power-conversion-efficiencies.html> Vaadatud 12.05.2017.a.
- [30] PV Online kalkulator [Võrgumaterjal] <https://eu-solar.panasonic.net/en/solar-tool-calculator-yield.htm> Vaadatud 10.04.2017.a.
- [31] PV Online kalkulator [Võrgumaterjal] <http://pvsol-online.valentin-software.com/#/> Vaadatud 25.04.2017.a.
- [32] PV Online kalkulaator [Võrgumaterjal] [http://valentin.de/calculation/pvonline/pv\\_system/en](http://valentin.de/calculation/pvonline/pv_system/en) Vaadatud 12.04.2017.a.
- [33] PV Online kalkulaator [Võrgumaterjal] <http://aurinkolaskuri.fortum.fi/> Vaadatud 12.04.2017.a.
- [34] PV Online kalkulaator [Võrgumaterjal] <http://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php> Vaadatud 28.04.2017.a.
- [35] PV Online kalkulaator [Võrgumaterjal] <https://easy-pv.co.uk/roof> Vaadatud 28.04.2017.a.
- [36] PV Online kalkulaator [Võrgumaterjal] <http://www.helios-house.ru/on-line-kalkulyator.html> Vaadatud 12.04.2017.a.
- [37] PV Online kalkulaator [Võrgumaterjal] <http://greenlogic.com.ua/calculator.php> Vaadatud 12.04.2017.a.
- [38] Päikesepaneelide tootlikkuse arvutamine PVGIS andmebaasi abil [Võrgumaterjal] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [39] Päikese tõusu kalkulaator [Võrgumaterjal] <http://www.timeadate.eu/pages/et/sunrise-calc-et.html>
- [40] Programmide struktuuri jagamine [Võrgumaterjal] <http://hiperenergy.com.br/idc-portfolio-category/solergo/> Vaadatud 10.05.2017.a.
- [41] Programm vari mõõtmiseks [Võrgumaterjal] [http://www.thesolarplanner.com/array\\_placement.html](http://www.thesolarplanner.com/array_placement.html) Vaadatud 11.05.2017.a.

- [42] Vari analüüs [Võrgumaterjal] <http://freesolaraudit.com/index.php/2015/09/09/shading-analysis-making-sense-of-obstacles/> Vaadatud 12.05.2017.a.
- [43] Tarkvara [Võrgumaterjal] <http://photovoltaic-software.com/professional.php> Vaadatud 13.05.2017.a.
- [44] Tarkvara pilt ekraanist [Võrgumaterjal] <http://skysheep.livejournal.com/148045.html> Vaadatud 12.05.2017.a.
- [45] Google – uus võimalus – projekt <https://www.google.com/get/sunroof#p=0> Vaadatud 10.05.2017.a.
- [46] Simple and low-cost method of planning for tree growth and lifetime effects on solar photovoltaic systems performance **Original Research Article**  
*Solar Energy, Volume 95, September 2013, Pages 300-307*  
Z. Dereli, , C. Yücedağ, , J.M. Pearce,
- [47] Pilvide online kaart [Võrgumaterjal] <http://en.sat24.com/en/scan/visual> Vaadatud 04.05.2017.a.
- [48] Vihm, päike, pilved, tuul – online kaardid [Võrgumaterjal] <http://en.sat24.com/en/forecastimages/europa/forecastprecip> Vaadatud 03.05.2017.a.
- [49] PVGIS nurk ja kiirguse intensiivsus [Võrgumaterjal] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> Vaadatud 05.05.2017.a.
- [50] Päikeseelektri tootmine[Võrgumaterjal] <http://www.tera.ee/P%C3%A4ikeselektrist%20lihtsalt> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [51] Asendid ja nurgad,efektiivsus [Võrgumaterjal] <http://elektroskandia.ee/artiklid/taastuvenergia/paikeselektrijaamad-on-meie-tulevik> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [52] Päikesepaneelid ja elektri tootmine [Võrgumaterjal] <http://www.tera.ee/Päikeseelektri%20ajalugu> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [53] Dr. Peter Gevorkian, Suistanable Energy Systems Engineering, 2007.
- [54] Katusekatte materjalide nurk [Võrgumaterjal] <http://www.hariduskeskus.ee/pracmath/est/1.html> Vaadatud 09.05.2017.a.
- [55] Optimaalne päikesepaneelide kaldenurk tsoonide kaupa [Võrgumaterjal] <http://freesolaraudit.com/index.php/2015/09/03/tilt-angle-optimizing-solar-yield/> Vaadatud 09.05.2017.a.



- [56] Võib mõõda eesti katuse pindala valitud objektil [Võrgumaterjal] [https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app\\_id=UU82A&user\\_id=at&LANG=1&WIDTH=952&HEIGHT=582&zlevel=12,534633,48828125,6580638,5517579](https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app_id=UU82A&user_id=at&LANG=1&WIDTH=952&HEIGHT=582&zlevel=12,534633,48828125,6580638,5517579) Vaadatud 10.05.2017.a.
- [57] Päikese tõus ja asend kaardil [Võrgumaterjal] <http://www.suncalc.net/#/59.3626,24.6073,4/2017.04.29/13:28> Vaadatud 02.05.2017.a.
- [58] Päikesepaneelide paigaldamine – õige hetk [Võrgumaterjal] <http://www.aripaev.ee/veebiraamat/2016/04/07/paikesepaneelid-on-meie-tulevikuenergia> Vaadatud 03.05.2017.a.
- [59] Päikeseenergia kasu [Võrgumaterjal] <http://solarelectro.ru/articles/preimuschestva-i-nedostatki-solnechnoj-energii> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [60] Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut [Võrgumaterjal] <http://heliomaastik.weebly.com/helioenergia-eestis.html> Vaadatud 08.05.2017.a.
- [61] TTÜ-s uuringud [Võrgumaterjal] <http://www.ttu.ee/ettevottele/edulood-3/ehitusteaduskond-5/> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [62] Päikeseenergia võimsused Elektrilevi [Võrgumaterjal] [http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2016/12/TEK\\_aastaraamat\\_A4\\_juuni16\\_40lk\\_PREVIEW-1.pdf](http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2016/12/TEK_aastaraamat_A4_juuni16_40lk_PREVIEW-1.pdf) Vaadatud 05.05.2017.a.
- [63] Kliendi intervjuu [Võrgumaterjal] <http://www.paikesekute.ee/artiklid/paikeseenergia-eestis/> Vaadatud 03.05.2017.a.
- [64] Päikesepaneelide kasutamisest kasu Eestis [Võrgumaterjal] <https://smartecon.ee/paikeseenergia/> Vaadatud 02.05.2017.a.
- [65] Võrgupakettide hinnakiri Elektrilevi [Võrgumaterjal] [https://www.elektrilevi.ee/-/doc/6305157/kliendile/el\\_hinnakiri\\_vorguteenused\\_01072017\\_est.pdf](https://www.elektrilevi.ee/-/doc/6305157/kliendile/el_hinnakiri_vorguteenused_01072017_est.pdf) Vaadatud 15.04.2017.a.
- [66] Äppi arendamine[Võrgumaterjal] <http://www.tallinn.ee/est/Uudis-Tule-ja-testi-oma-appi-Baltimaade-ainsas-apilaboris> Vaadatud 20.04.2017.a.
- [67] Päikesepaneelid on meie tuleviku energia [Võrgumaterjal] <http://www.ehitusuudised.ee/veebiraamat/2016/04/07/paikesepaneelid-on-meie-tulevikuenergia> Vaadatud 13.05.2017.a.
- [68] GooglePlay tasulised ja tasuta äppid [Võrgumaterjal] [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR\\_2016\\_Full\\_Report.pdf\\_pilt\\_2015](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf_pilt_2015) Vaadatud 10.05.2017.a.
- [69] Riigid, mis kasutavad päikeseenergiat[Võrgumaterjal] <http://ekonomika.eizvestia.com/full/882-vnedryat-solnechnuyu-energiyu-tyazhelo-no-perspektivno> Vaadatud 07.05.2017.a.

- [70] Pilt - riigid[Võrgumaterjal] <http://www.hevelsolar.com/solar/> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [71] Päikesepaneelide tootjad[Võrgumaterjal] <http://facepla.net/content-info/art-menu/88-solar-production.html> Vaadatud 07.05.2017.a.
- [72] Kõige suuremad ettevõtted, kes toodavad pv [Võrgumaterjal] <https://www.slideshare.net/RyanSong9/20161130-q4-2016-company-ranking-tier-1-pv-module-makers> Vaadatud 04.05.2017.a.
- [73] Kõige tuntumad paneelide firmad maailmas [Võrgumaterjal] <http://www.totnesenergy.co.uk/solar-panel-review/> Vaadatud 10.05.2017.a.
- [74] Online programm Esri [Võrgumaterjal] <https://www.esri.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/> Vaadatud 10.05.2017.a.