

# Päikeseenergeetika koolitus

## Tartu veebruar 2018

Andres Meesak

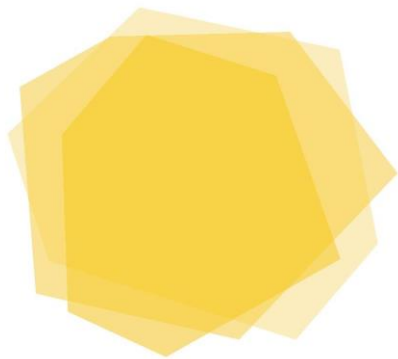
Eesti Päikeseelektri Assotsiatsioon





- 9 kW tootmisvõimsus
- Tootmise algus august 2012
- Tänapäevaks toodetud enam kui 50 000 kWh elektrit





EESTI  
PÄIKESEELEKTRI  
ASSOTSIAATSIOON

energiateenus  
Vajaduspõhised energilahendused



SOLARSTREET



ENERGIA  
PARTNER



Helioest  
energiasäästlikud hooned

# Motivaatorid taastuvenenergia lahenduste kasutuselevõtuks

- **Regulatiivsed** – ma pean (hoonete energiatõhususe nõuded, nõue piirata KHG emissiooni, ...)
- **Majanduslikud** – see on mulle kasulik (sääst igakuistelt energiakuludelt)
- **Maailmavaatelised** – ma tahan säästa keskkonda

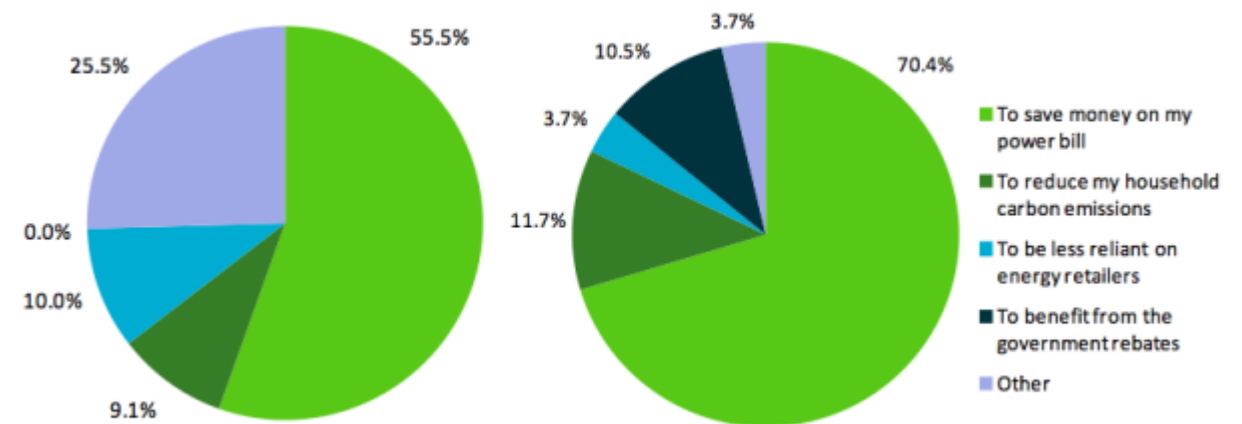
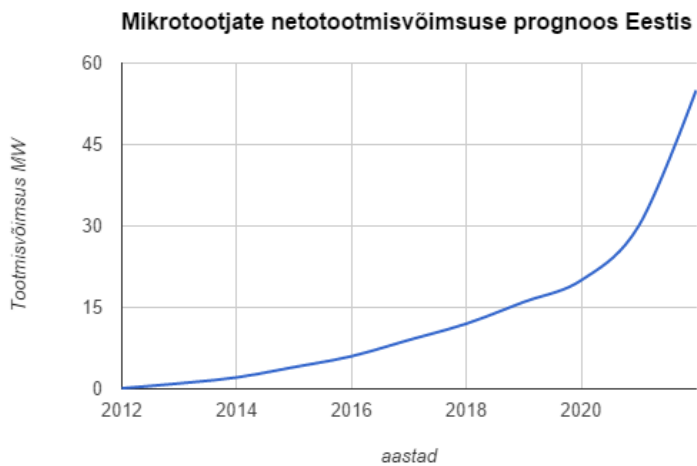
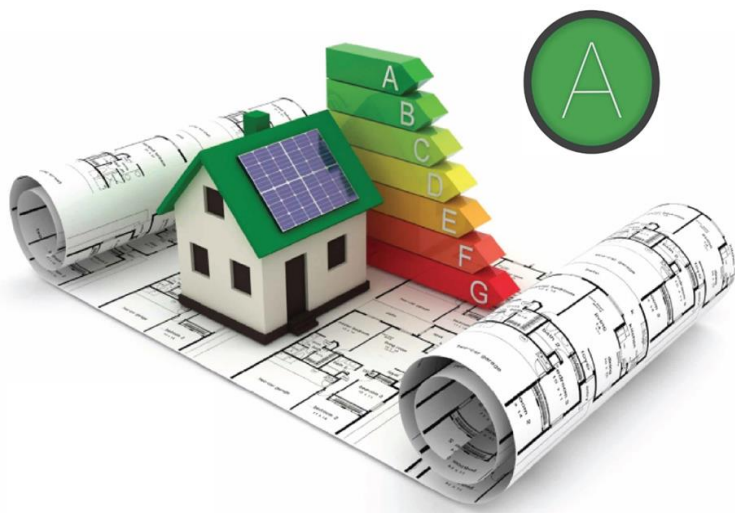


Figure 10 Motivation for distributed energy systems by households already using SHW (left) and SPV (right)



# Euroopa Liidu Hoonete energiatõhususe direktiiv (2010/31/EL):



**01.01.2019** kõik riigi poolt kasutatavad uusehitised

**01.01.2021** KÕIK uusehitised

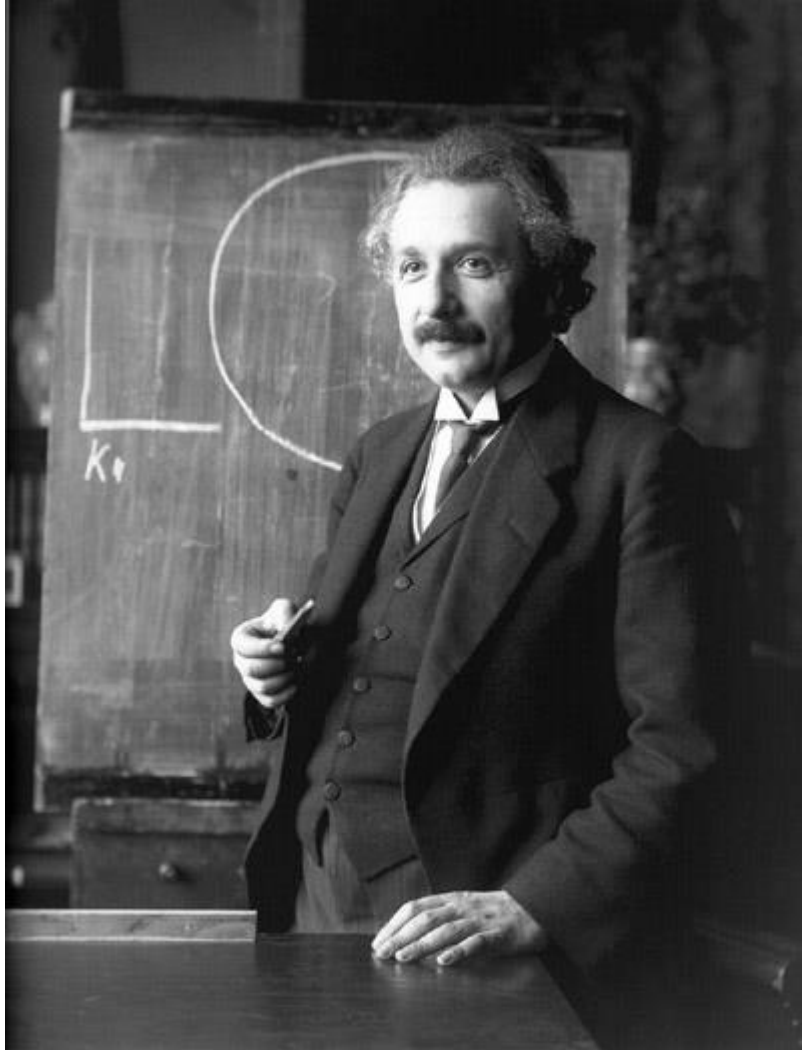
**KAS LIGINULL VÕI NULLENERGIA HOONED**

Juba aastaid näitavad Eurobaromeetri uuringud (2008., 2009., 2011. ja 2014. aasta küsitlusvoorud), et eestlased on eurooplaste seas üks kliimamuutusi kõige vähem tähtsustavaid rahvaid. Justkui elaksime siin Euroopa perifeerias metsade varjus vanajumala selja taga puutumatuna globaalselt üha kriitilisemaks muutuvast magevee probleemist, põudadest, sagenevatest kuumalainetest ja üleujutustest.

**Kati Orru**, Tartu Ülikooli keskkonnasotsioloog  
EPL 10.12.2015







## Kuidas PV elemendid töötavad

PV elementides kasutatakse elektri tootmiseks fotoelektriliseks efektiks nimetatavat füüsikanähtust. Seda kirjeldas esimesena Heinrich Hertz 1887.a. Selle efekti detailse kirjeldamise eest sai **1905. a. Albert Einstein Nobel'i preemia.**

Lihtsustatult on tegu materjalidega, mis valguse toimel toodavad elektrit. Valguse toimel lüüakse mõned elektronid (nn. fotoelektronid) oma aatomite küljest lahti. Kui kinnitada elektrit juhtiv materjal fotoelektrilise materjali pluss- ja miinuspoolele tekitame vooluringi ja saame tekkivat elektrienergiat juhtida.

Esimese PV-elementi valmistas **Bell Labs** enam kui 50 aastat tagasi. Esimene reaalne PV-paneelide kasutuskoht oli kosmosetööstuses satelliitidele energiavarustuse tagamiseks.

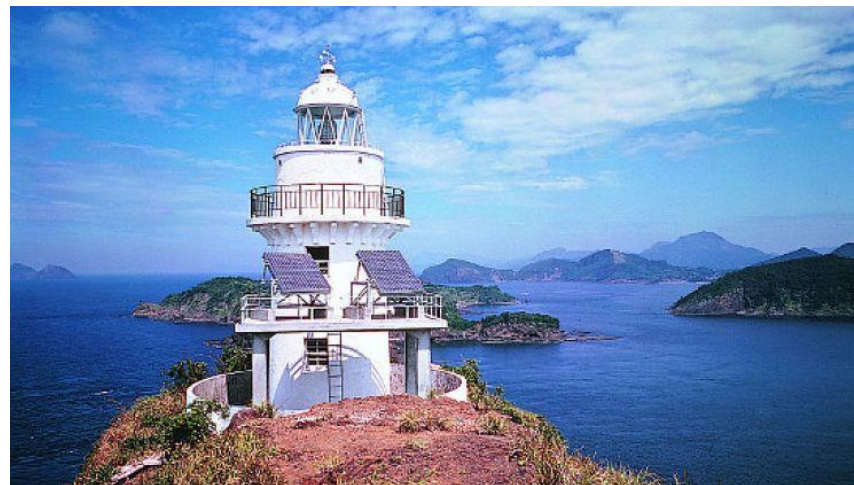
# Päikeseenergia rakendamine



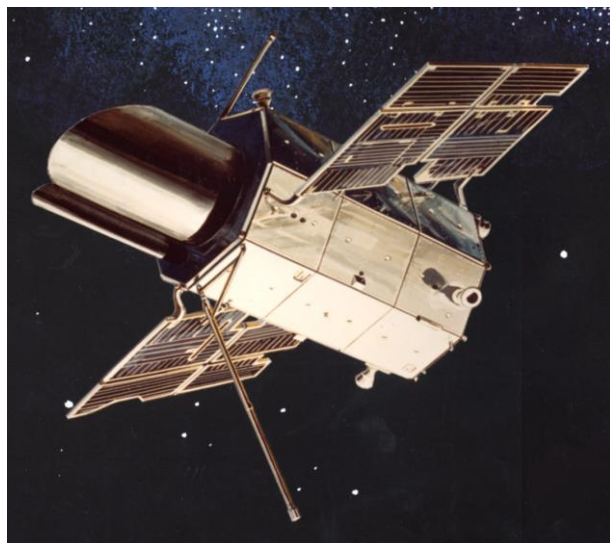
1954 Bell Labs



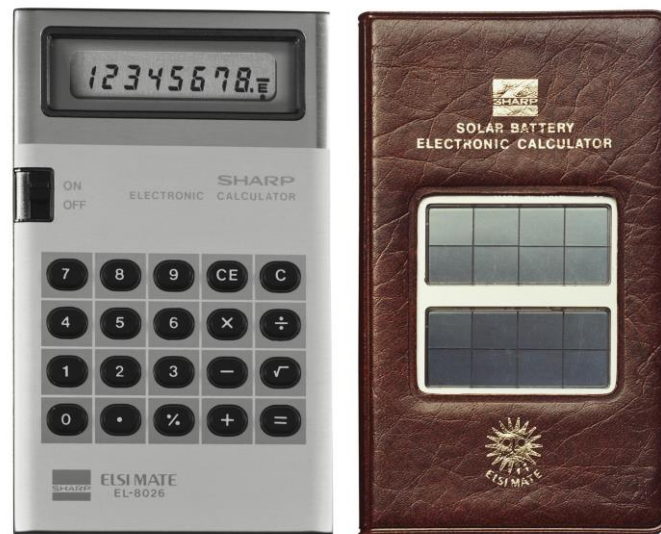
1958 Vanguard 1



1963 Sharp 242W PV-jam



1966 1kW jam NASA



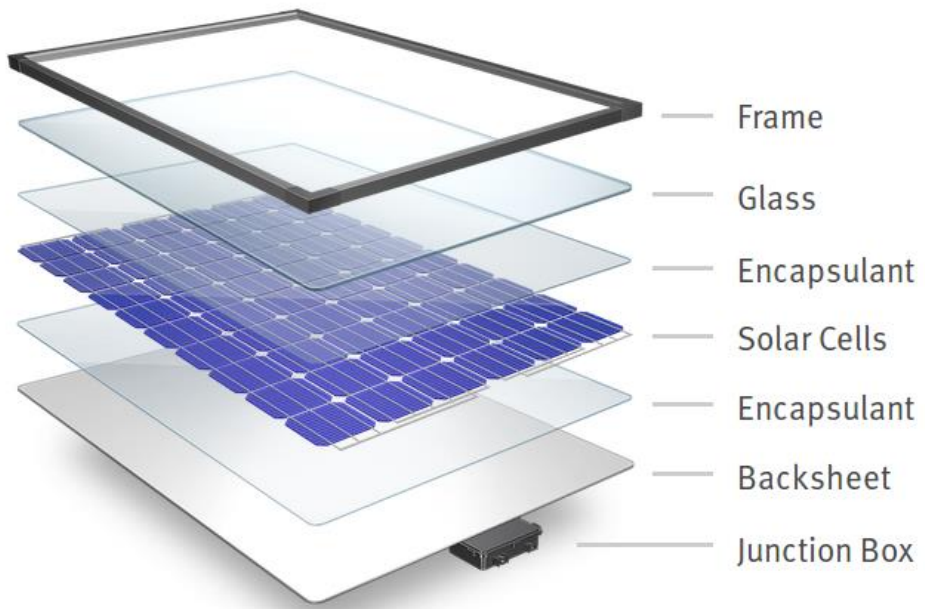
80-dad laiatarbe väikeseadmed



EPEA



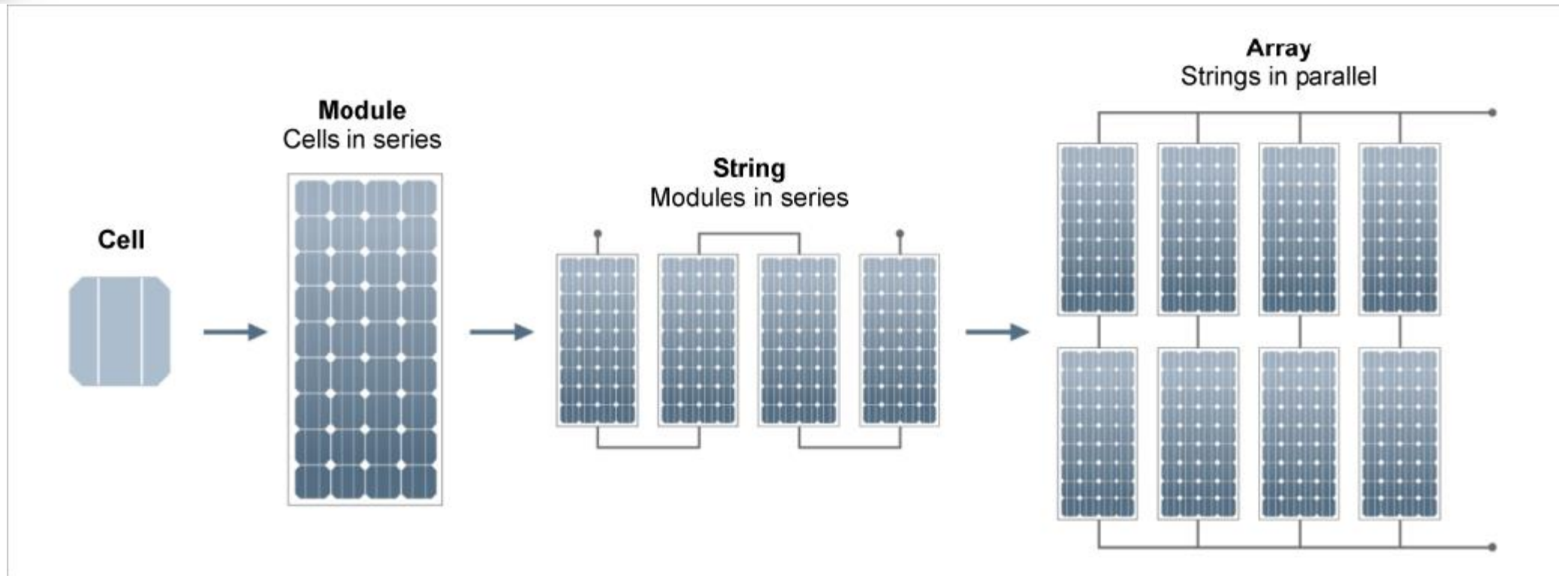
# Element, paneel, ahel?

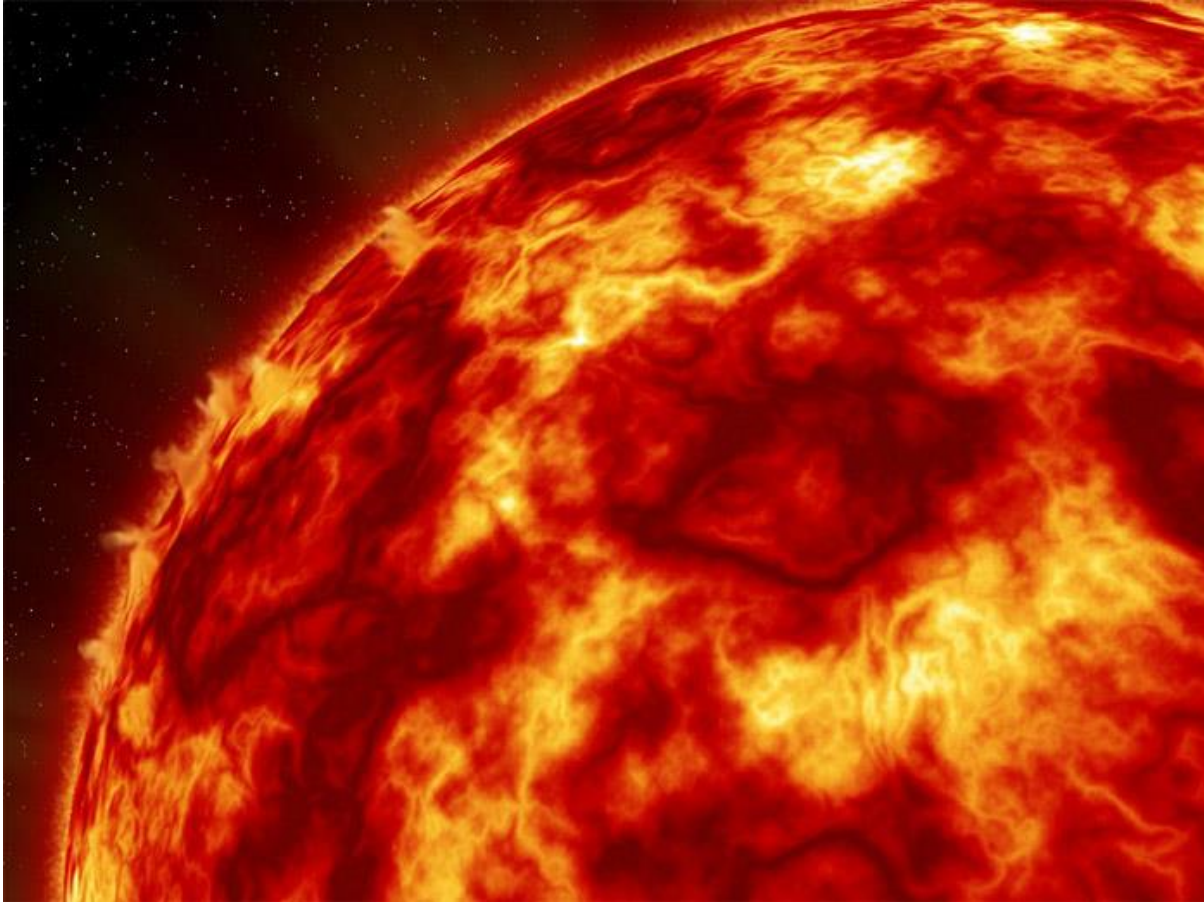


Tavaline PV-element koosneb klaasist või plastikust kattest, mittepeegelduvast kihist, pealmisest kontaktplaadist, alumisest kontaktplaadist ja pooljuht kihtidest.

Kui liita mingi hulk PV-elemente kokku saame PV-paneeli ja kui liita omavahel kokku PV-paneelid saame PV-ahela.

PV-süsteem (paigaldis, jaam) koosneb PV-paneelidest (ahelatest) ja DC/AC muundurist (inverterist). Lisaks on võimalik süsteeme täiendada kas salvestuse või võrguühendusega.





## PV-elementide kasutegur?

PV-elementi kasutegur näitab kui palju talle langevast valguskiirgusest muundatakse efektiivselt elektrienergiaks. Tänapäevaste tehnoloogiatega on kasutegur kusagil 6% ja 44% vahel. Tavalise kodutarbeks mõeldud PV-paneelid on kasuteguriga 15-20%.

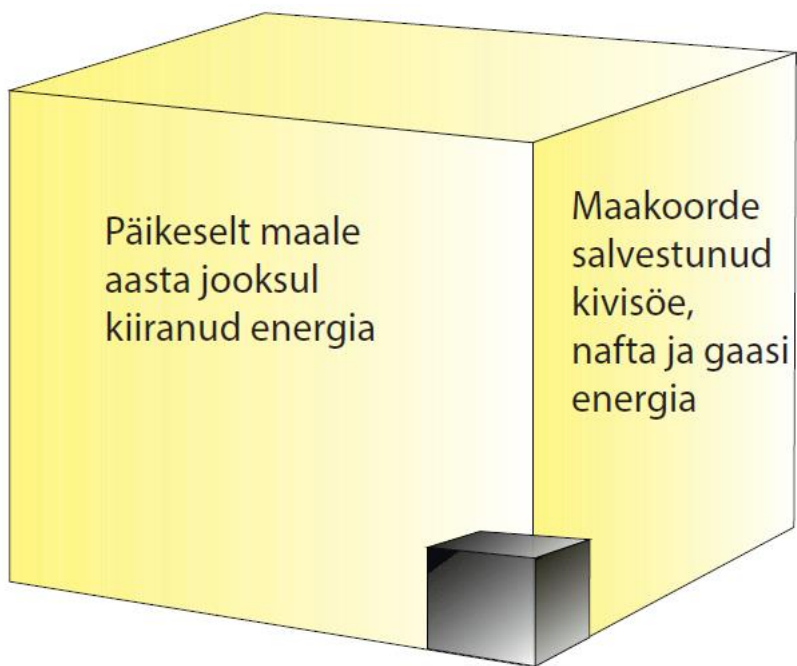
Kui tootjad mõeldavad toodetavate paneelide kasutegurit, tehakse seda kokkuleppelistes standardtingimustes (STC), mis vastavad selgele suvepäevale õhutemperatuuriga +25°C.

Kuigi paneeli kasutegur on ka oluline tegur, vaadakse ostuotsuse tegemisel pigem hinna/võimsuse (€/W kohta) suhet, kuna kasuteguri kasvades kasvab paneeli hind eksponentsiaalselt. Täna tagab parima W/€ suhte 270-275W polükristall paneel.

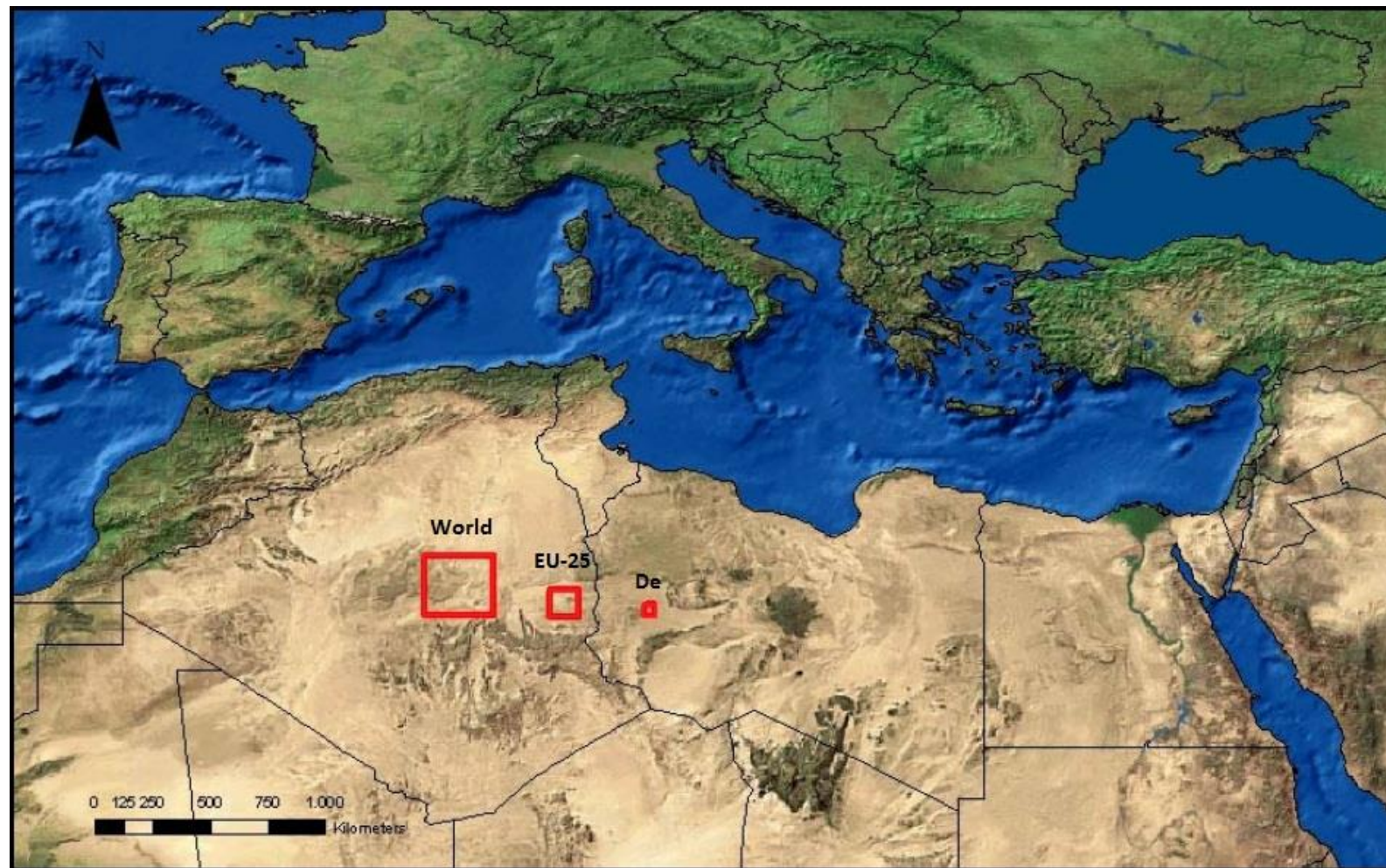
**KASUTUSTEGUR ≠ KASUTEGUR!!!**



Igal tunnil langeb Päikeselt Maale piisavalt energiat, et rahuldada kogu planeedi aastane energiavajadus



*Päikeselt maapinnale aastas kiiranud energiahulk on umbes sada korda suurem, kui leiukohtades veel alles olevast fossiilsest kütusest saadav*





# 2015

## Maailma suurimad PV-elektrijaamad

PV-jaam	Võimsus (MW <sub>p</sub> )	Asukoht	Valmimisaasta
Topaz Solar Farm	550	California, USA	2014
Desert Sunlight Solar Farm	550	California, USA	2015
Longyangxia Dam Solar Park	320	Qinghai, Hiina	2013
Solar Star I and II	309	USA	<i>ehituses (plaan 579 MW)</i>
California Valley Solar Ranch	292	California, USA	2013
Agua Caliente Solar Project	290	Arizona, USA	2014
Mount Signal Solar	266	California, USA	2014
Antelope Valley Solar Ranch	266	California, USA	<i>ehituses</i>
Charanka Solar Park	224	Gujarat, India	2012
Mesquite Solar project	207	Arizona, USA	<i>ehituses (plaan 700 MW)</i>
Huanghe Hydropower Golmud Solar Park	200	Qinghai, Hiina	2011
Gonghe Industrial Park Phase I	200	Hiina	2013
Imperial Valley Solar Project	200	California, USA	2013



# Maailma suurimad PV-elektrijaamad 2017



Longyangxia Dam Solar Park (850 MW)

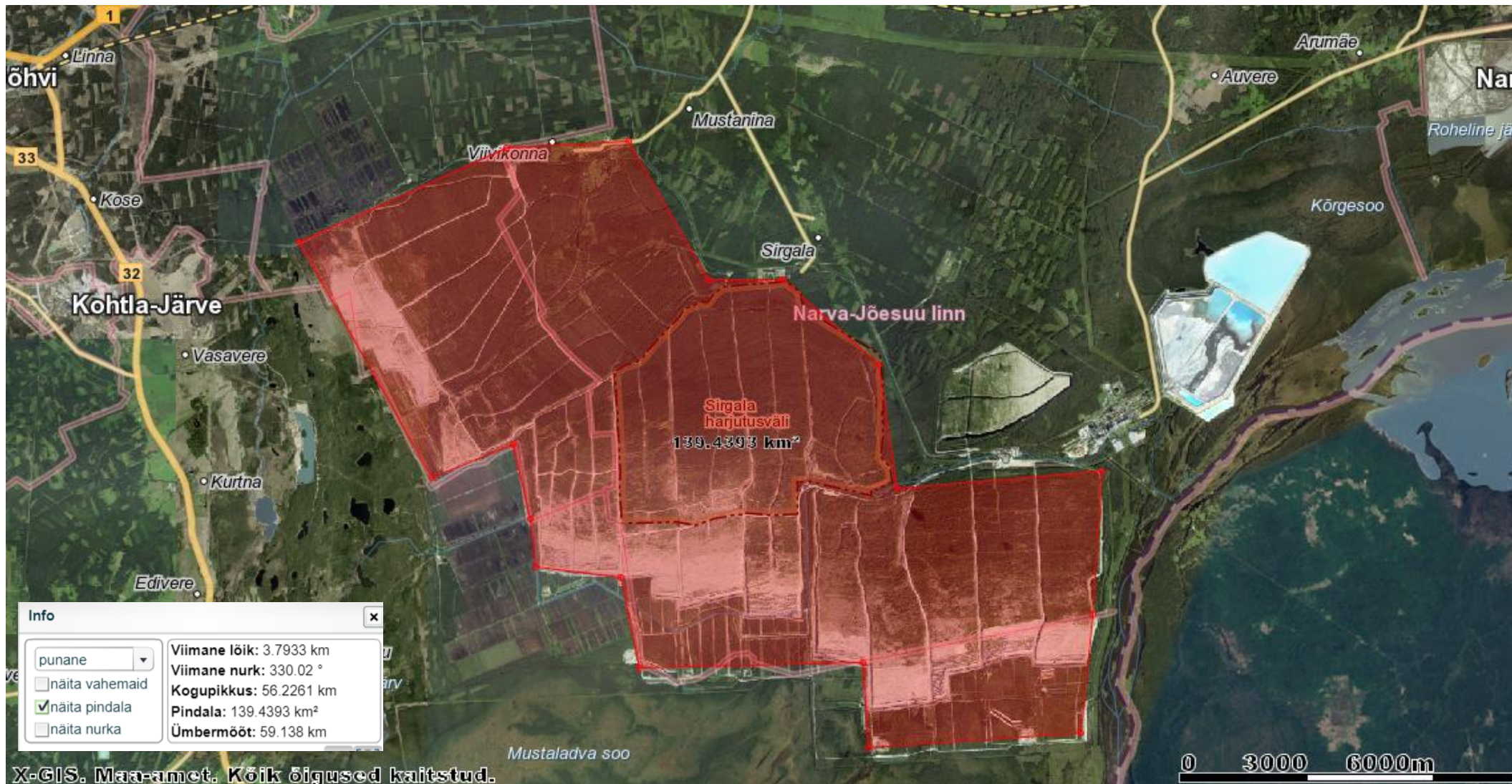
PV-jaam	Võimsus (MW <sub>p</sub> )	Asukoht	Valmimisaasta
Tengger Desert Solar Park	1 547	Hiina	2016
Datong Solar Power Top Runner Base I etapp, kokku plaanis 3 X 1000 MW	1 000	Hiina	2016 (I etapp)
Kurnool Ultra Mega Solar Park	1 000	India	2017
Longyangxia Dam Solar Park	850	Hiina	2015
Kamuthi Solar Power Project	648	India	2016
Solar Star (I ja II)	579	USA	2015
Topaz Solar Farm	550	USA	2014
Copper Mountain Solar Facility	550	USA	2015
Desert Sunlight Solar Farm	550	USA	2015
Huanghe Hydropower Golmud Solar Park	500	Hiina	2015
Bhadla Solar Park	480	India	2016
Mesquite Solar project	400	USA	2013
Quaid-e-Azam Solar Park	400	Pakistan	2015







# Ida-Viru põlevkivikarjäärid Pindala 139 km<sup>2</sup>





# Päikeseenergeetika Eestis 2017

- Installeeritud koguvõimsus ca. 20MW
- Installeeritud 2017 ca. 8MW
- Kokku tootjaid ca. 1000
- Suurimad jaamad 1MW (Kärdla, Kareda)
- Valdavalt kuni 15kW erapaigaldised
- Fortum Eesti kavandab Tartusse Raadile 50MW võimsusega jaama



Kareda 1MW PEJ, Lääne-Virumaal

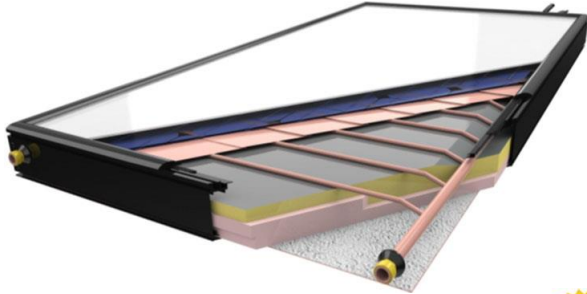


# Elekter, soojus ja mõlemad koos...

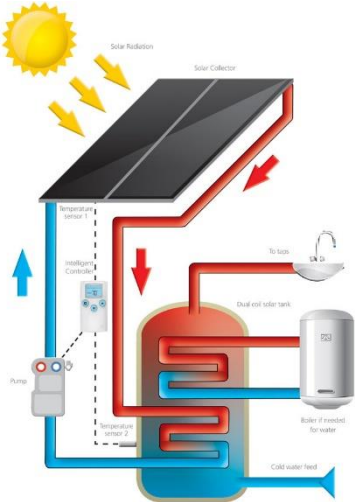
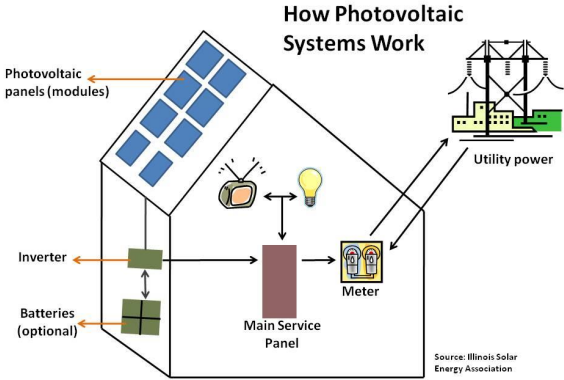
PV



PV-Termo

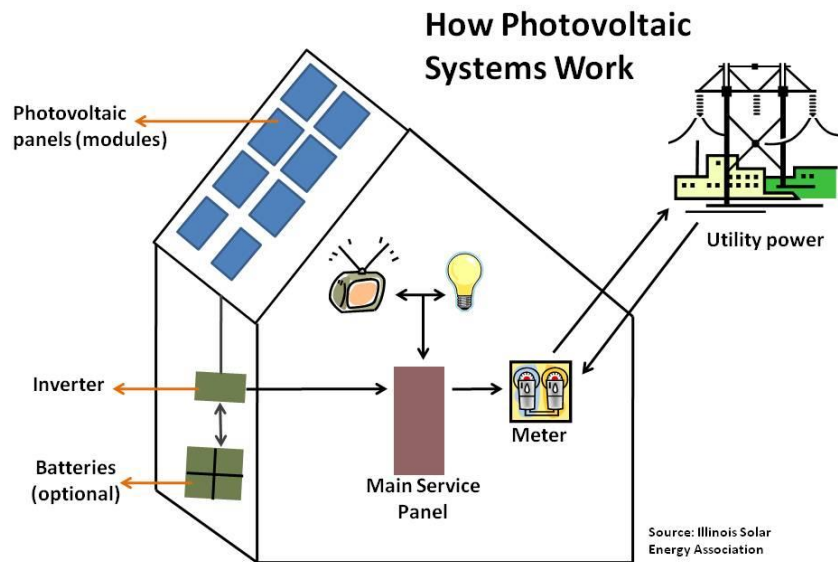


Termo

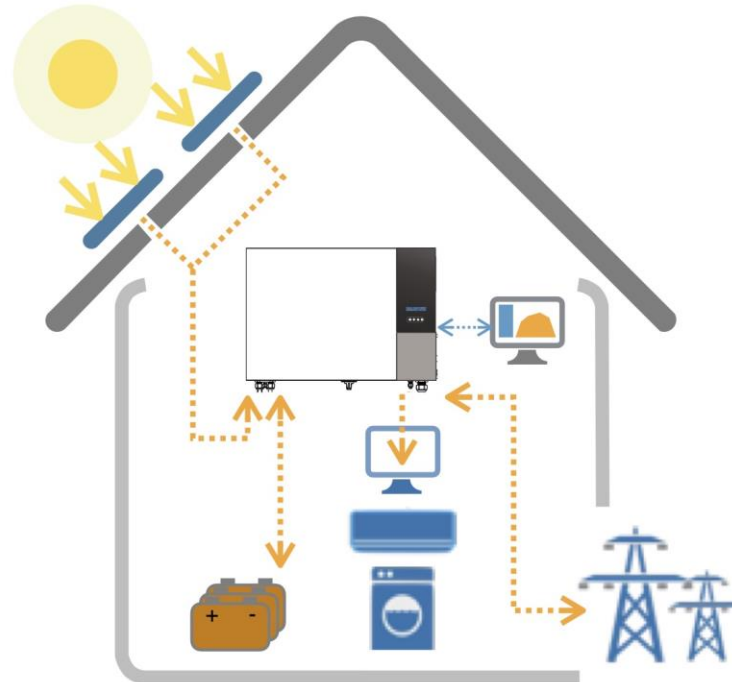


# PV – kuidas süsteemid jagunevad

## Võrgühendusega (on-grid)



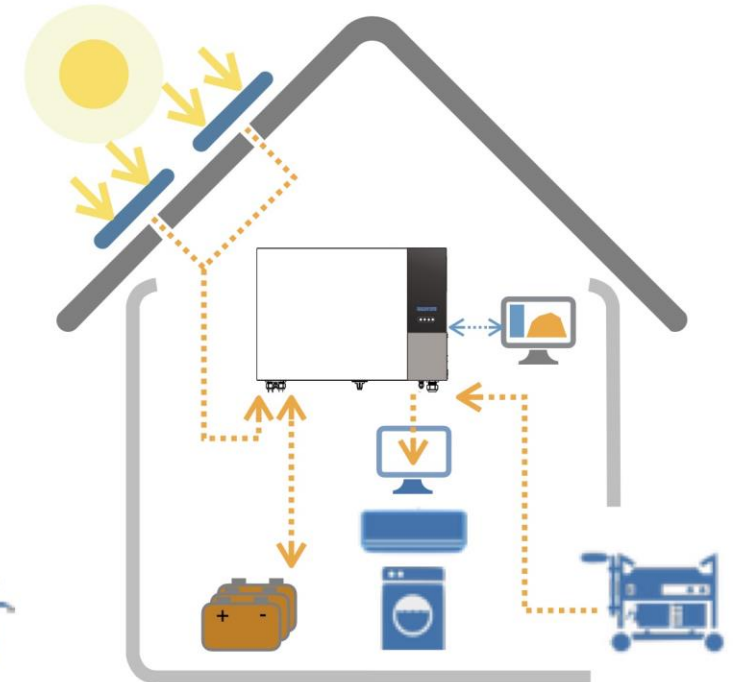
## Võrgühendusega hübriidsüsteem (on-grid)



### Hybrid PV System\*

- ➔ Supplying loads from PV and/or grid
- ➔ Feed-in surplus PV or None to grid
- ➔ Providing power during blackout

## Võrgühenduseeta (off-grid)



### Off-grid PV System

- ➔ Supplying loads from PV and/or battery
- ➔ Charging battery with surplus PV power
- ➔ Generator as the backup



# PV

VIILKATUSELE



LAMEKATUSELE



INTEGREERITUD



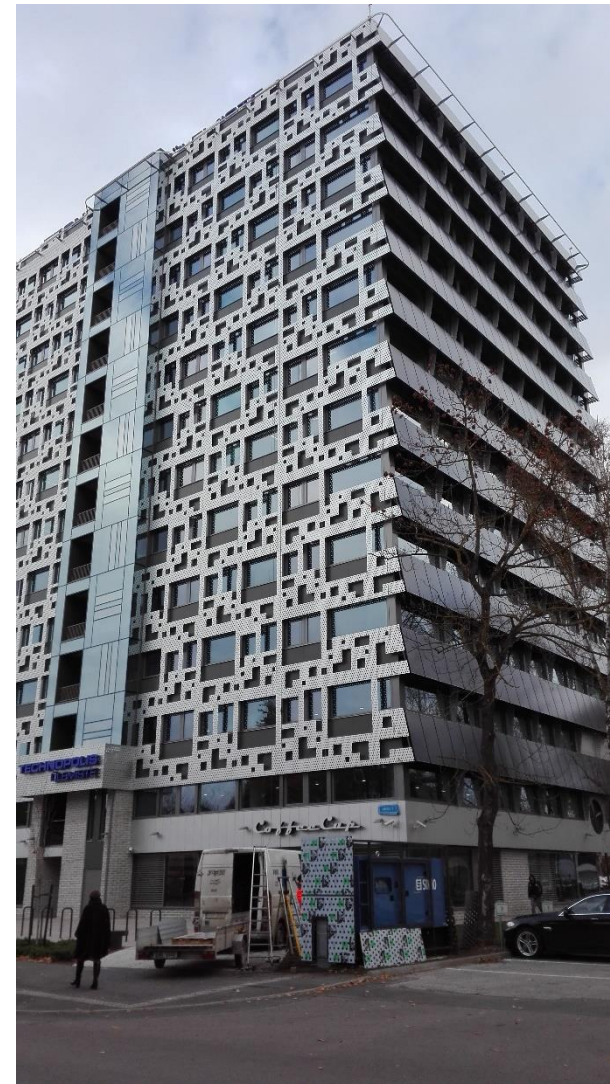
FASSAADILE



MAAPINNALE



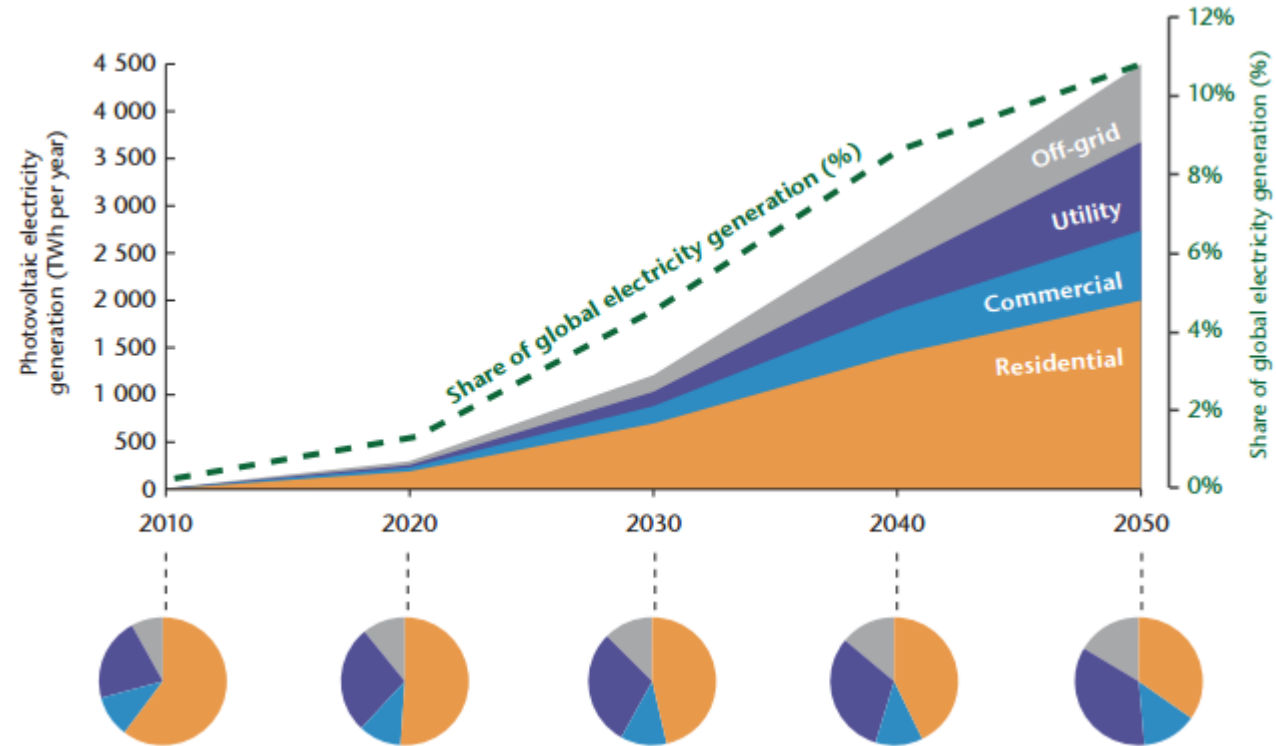
# Ehitisintegreeritud PV-süsteemid



EPEA



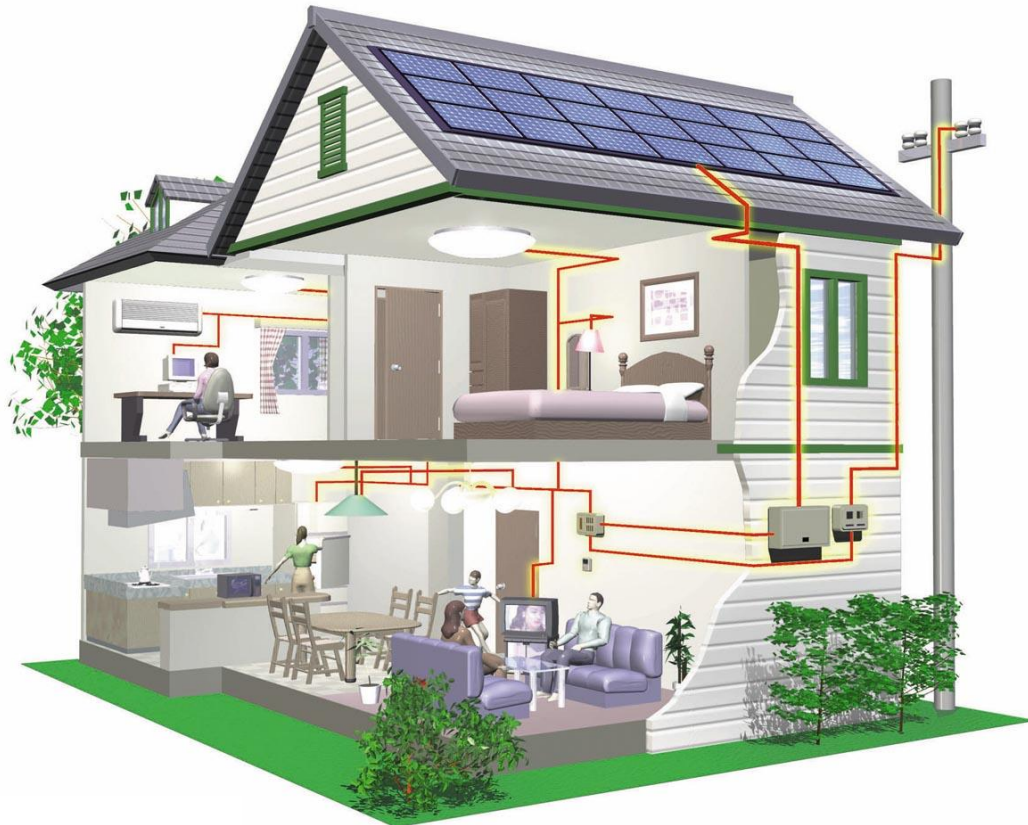
# PV paigalduste jagunemine



Allikas: IEA Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy 2010

- Kodumajapidamiste osakaal väheneb, kuid jääb siiski domineerima
- Salvestustehnoloogiate arenedes suureneb off-grid ja hübriidsüsteemide osa

# RAHAVOOG (tasuvust) MÕJUTAVAD



RESSURSS

PAIGALDUS

DIMENSIONEERIMINE

RAHA HIND

ELEKTRI HIND OSTUL/MÜÜGIL

SEADUSANDLUS

KÄIDUKULUD

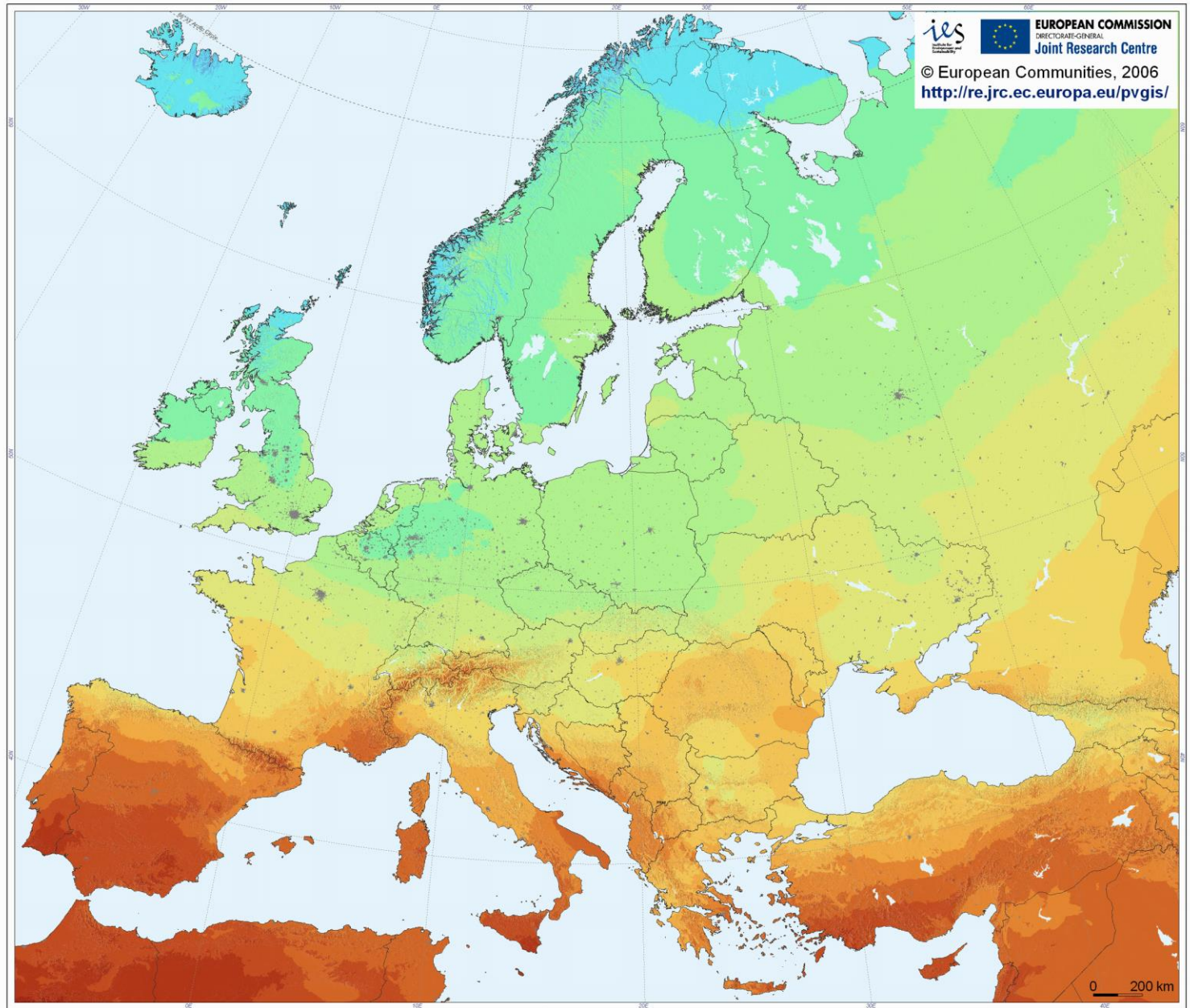


EPEA



# Päikeseenergia potentsiaal Euroopas

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Yearly sum of global irradiation incident on optimally-inclined south-oriented photovoltaic modules

Global irradiation [kWh/m<sup>2</sup>]  
<600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200>

Yearly sum of solar electricity generated by 1 kWp system with optimally-inclined modules and performance ratio 0.75

Solar electricity [kWh/kWp]  
<450 600 750 900 1050 1200 1350 1500 1650>

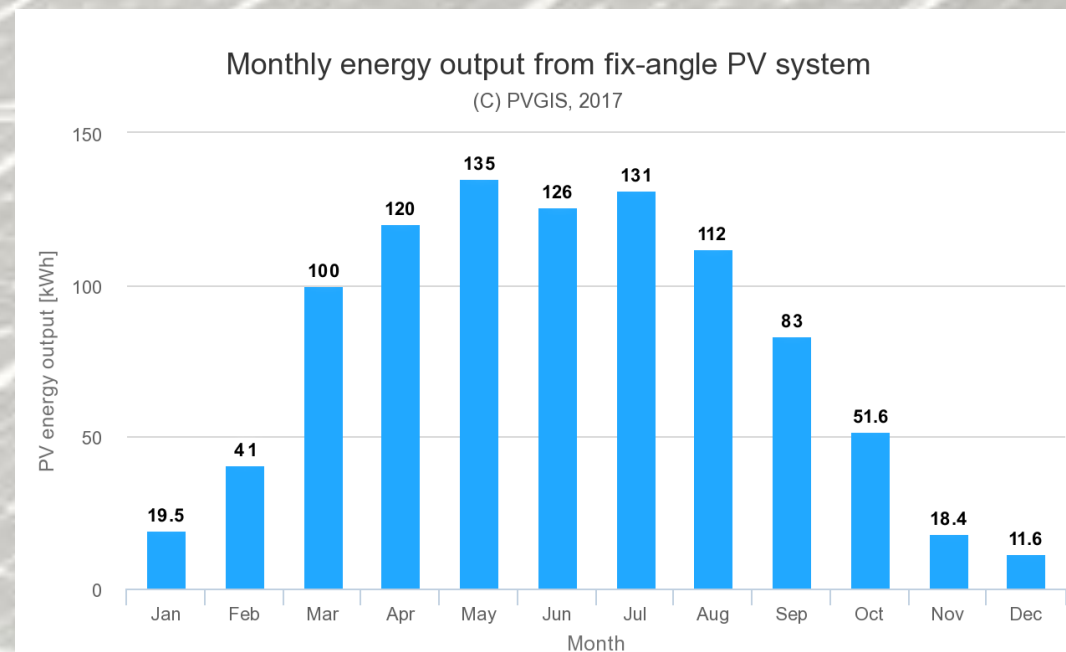


EPEA

# Mõned faktid

## Eesti laiuskraadil:

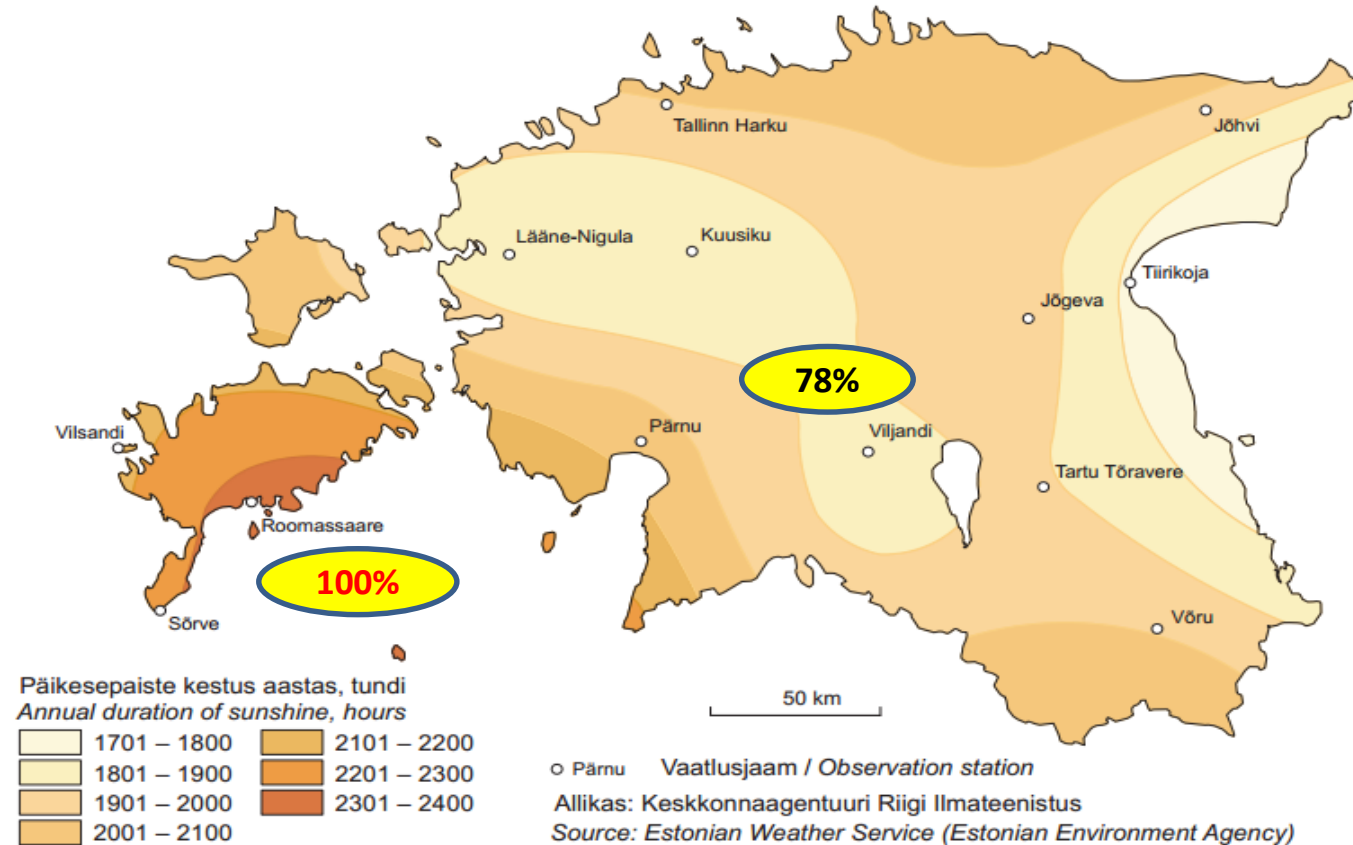
- Optimaalse kalde ja asimuudiga pinnale langeb aastas 1100 – 1200 kWh/m<sup>2</sup> energiat
- 85% sellest langeb vahemikus aprillist oktoobrini
- 1 kW (~ 6m<sup>2</sup>) võimsusega optimaalselt paigaldatud PV-jaam toodab aastas 900 ... 1000 kWh energiat





# Kus on Eestis kõige rohkem ja vähem päikeselisi tunde?

Päikesepaiste, 2013  
Sunshine, 2013



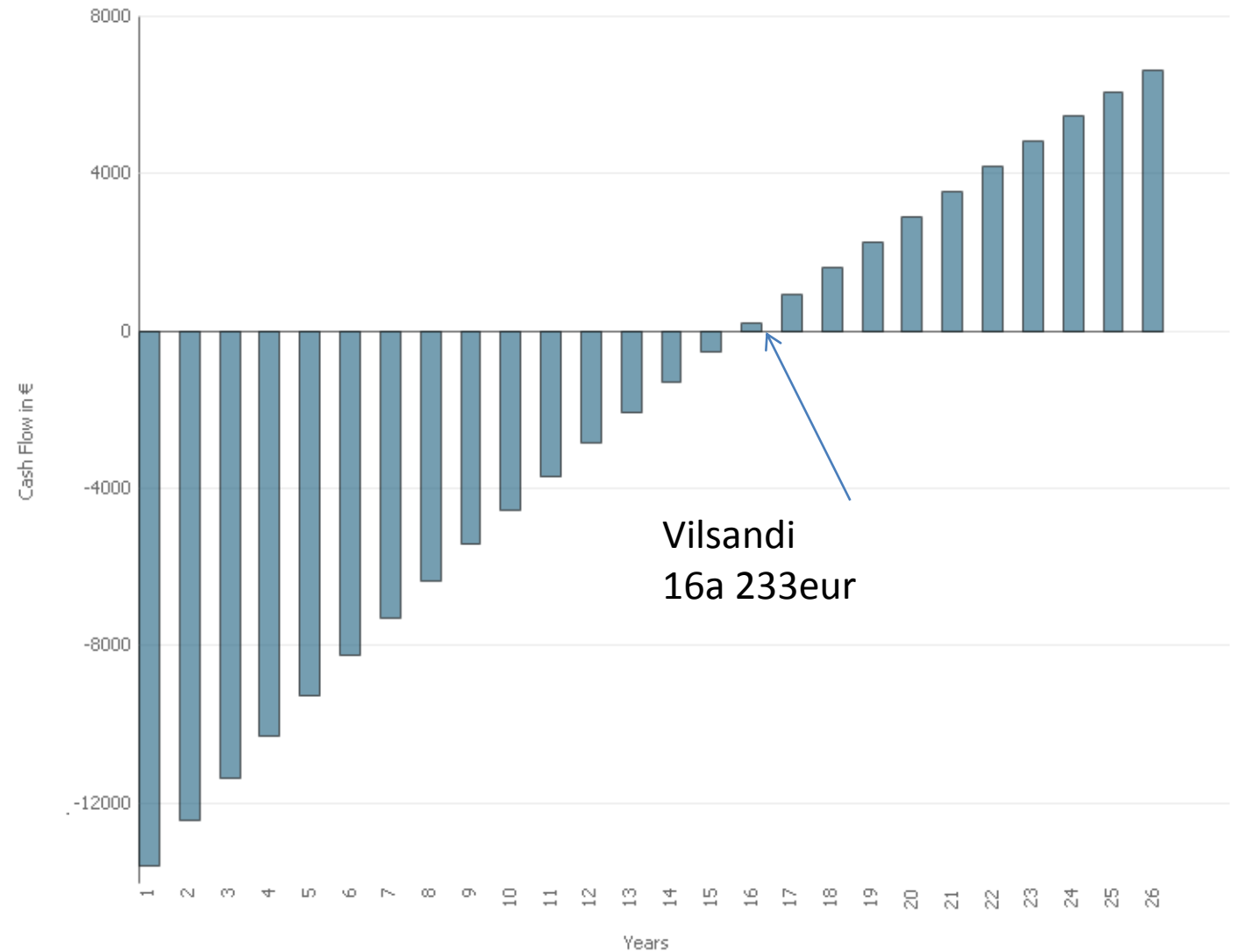
## Eesti laiuskraadil:

Optimaalse kalde ja asimuudiga pinnale langeb aastas 1100 – 1200 kWh/m<sup>2</sup> energiat

85% sellest langeb vahemikus aprillist oktoobrini

1 kW (~ 6m<sup>2</sup>) võimsusega optimaalselt paigaldatud PV-jaam toodab aastas 900 ... 1000 kWh energiat

# Paigaldise asukoha mõju – päike, sademed, päikesekiirgus





# Päikeseenergia kalkulaator



Legal notice | Cookies | Contact | English (en) ▼

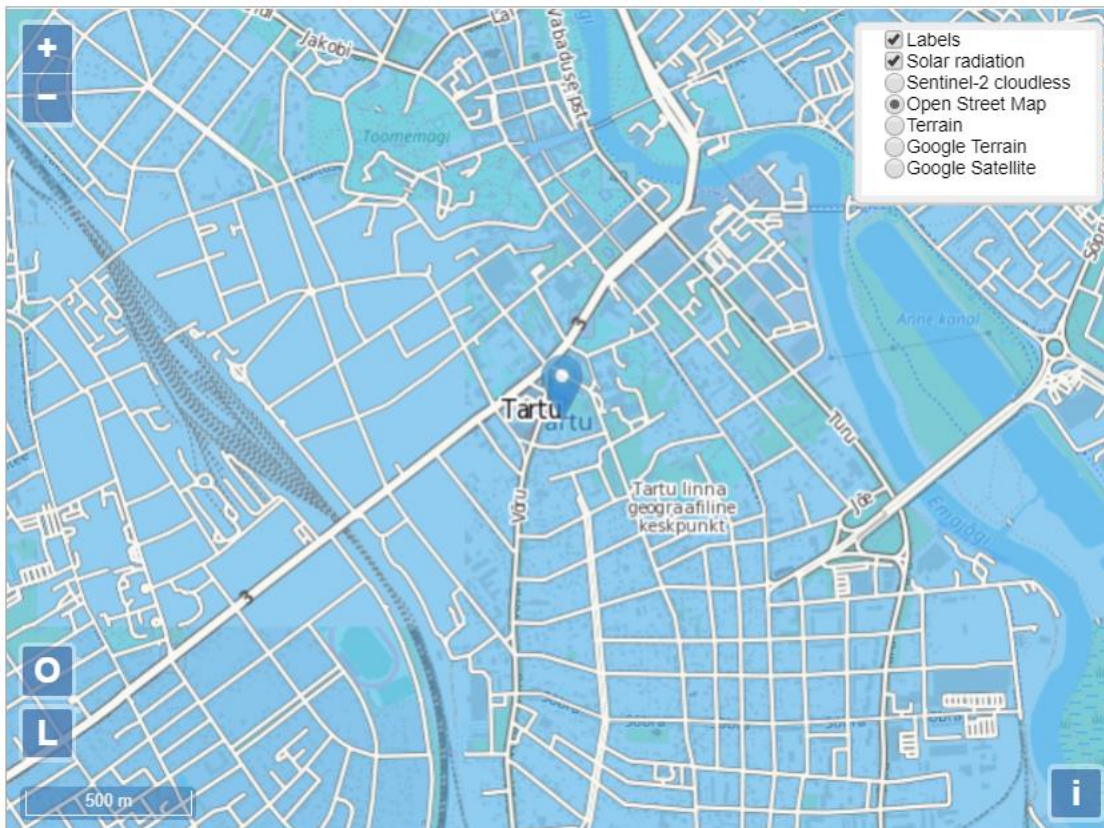


PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

[http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP)

European Commission > PVGIS > Tools > Interactive tools

Home Tools ▼ Download ▼ Documentation ▼ About us ▼ News



Cursor:

Selected: 58.373, 26.724

Elevation (m): 60

Use terrain shadows:

Calculated horizon

Upload horizon file

↓ CSV

Vali fail Pole valitud

GRID CONNECTED

## PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

TRACKING PV

OFF-GRID

MONTHLY DATA

DAILY DATA

HOURLY DATA

TMY

Solar radiation database\*

PVGIS-SARAH ▼

PV technology\*

Crystalline silicon ▼

Installed peak PV power [kWp]\*

↓

System loss [%]\*

↓ 14

### Fixed mounting options

Mounting position\*

Building integrated ▼

Slope [°]\*

35

Optimize slope

Azimuth [°]\*

0

Optimize slope and azimuth

PV electricity price

PV system cost (your currency)\*

1200 ↓

Interest [%/year]\*

3 ↓

Lifetime [years]\*

30 ↓

Address:  Go!

Lat/Lon:   Go!

Visualize results

Download csv

## PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV: RESULTS

[PV output](#)

[Radiation](#)

[Info](#)

[PDF](#)

### Summary

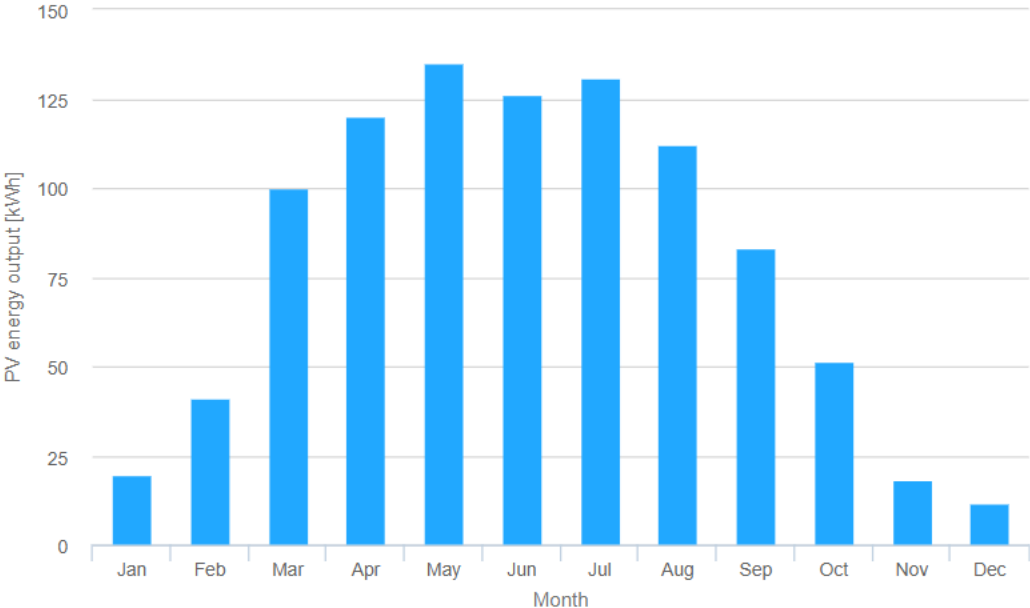
#### Provided inputs:

Location [Lat/Lon]:	58.373, 26.724
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-ERA5
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	1
System loss [%]:	14

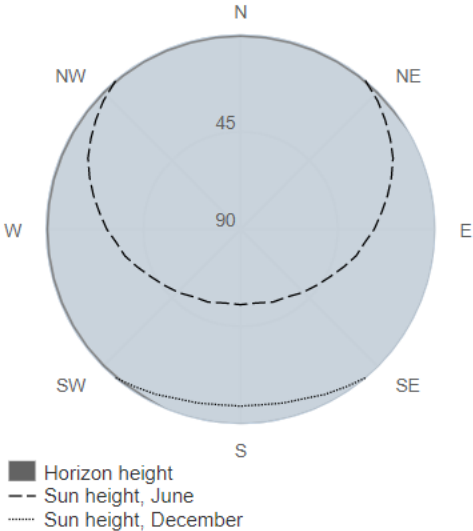
#### Simulation outputs:

Slope angle [°]:	44 (opt)
Azimuth angle [°]:	-5 (opt)
Yearly PV energy production [kWh]:	949
Yearly in-plane irradiation [kWh/m <sup>2</sup> ]:	1210
Year to year variability [kWh]:	39.00
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-2.8
Spectral effects [%]:	? (0)
Temperature and low irradiance [%]:	-6.4
Total loss [%]:	-21.8
PV electricity cost [per kWh]:	0.090

### Monthly energy output from fix-angle PV system



### Outline of horizon





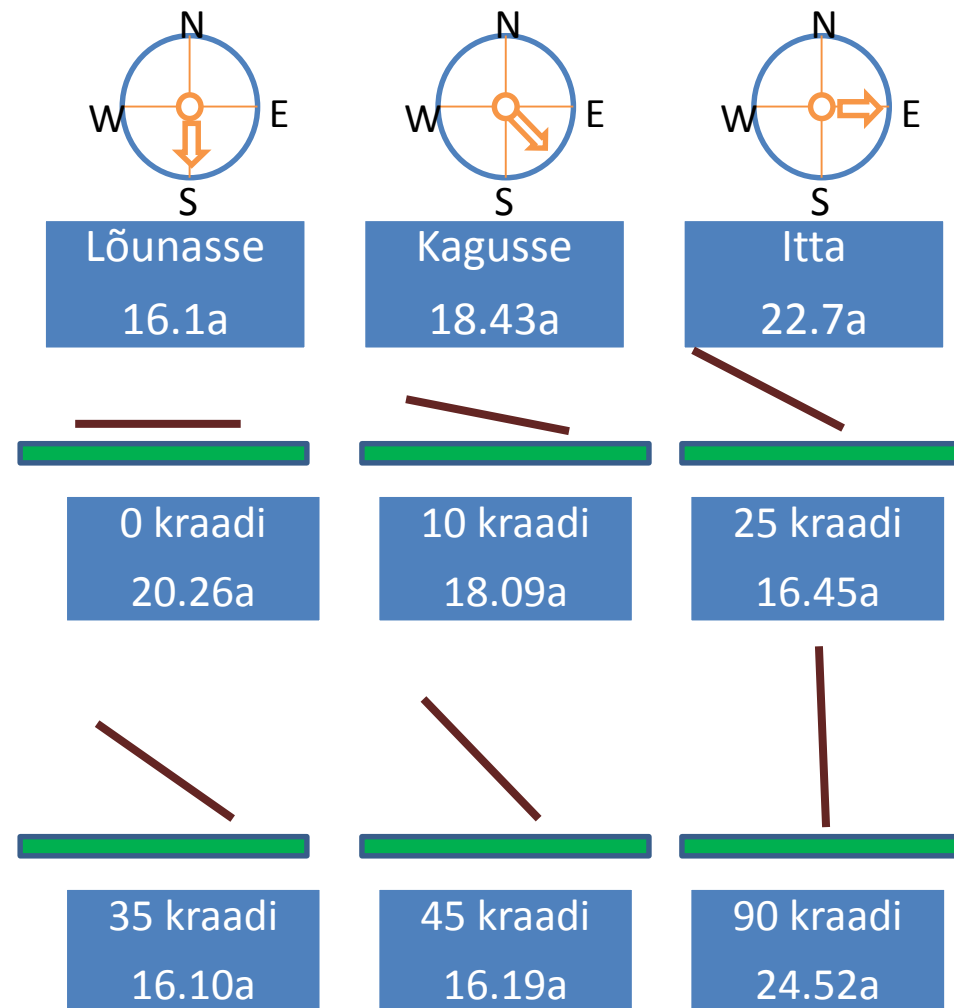
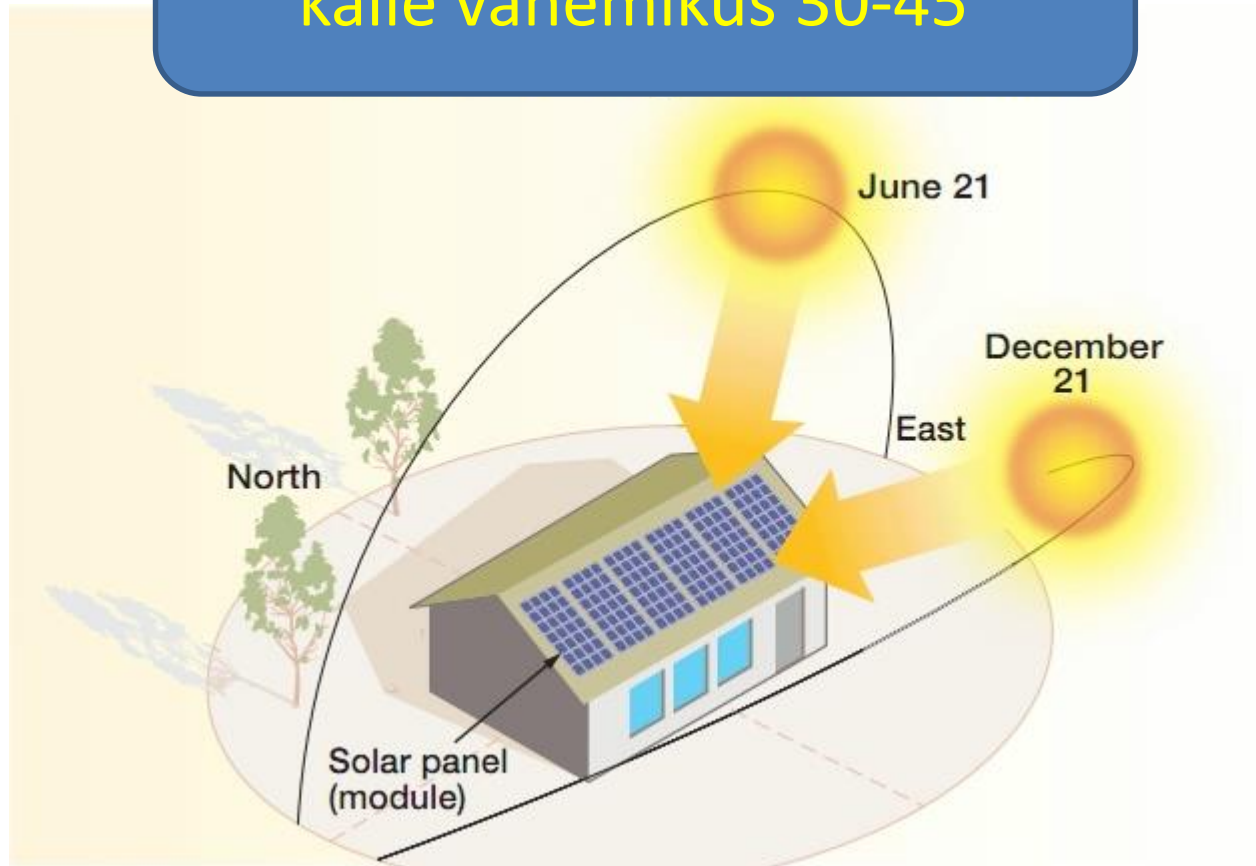
# Optimaalne paigaldusnurk Eestis



Nurk (°) rõhtsuunast püstsuunda	Rõht	Lõuna													
		Lääs	90	75	60	45	30	15	0	-15	-30	-45	-60	-75	Ida
0°		83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
10°		82	84	86	88	89	90	90	90	89	88	86	84	82	
20°		81	85	89	92	94	95	95	95	94	92	89	85	81	
30°		80	85	90	94	97	98	99	98	97	94	90	86	80	
40°		78	85	90	94	97	99	100	99	98	95	90	85	79	
50°		75	82	88	93	96	98	99	98	97	93	89	83	76	
60°		71	78	85	90	93	95	96	95	93	90	85	79	72	
70°		66	73	80	85	88	90	91	90	88	85	80	74	67	
80°		60	67	73	78	81	83	83	83	81	78	74	68	60	
Püst	90°	53	60	65	69	72	74	74	74	72	70	65	60	53	

# Optimaalne paigaldus Eestis

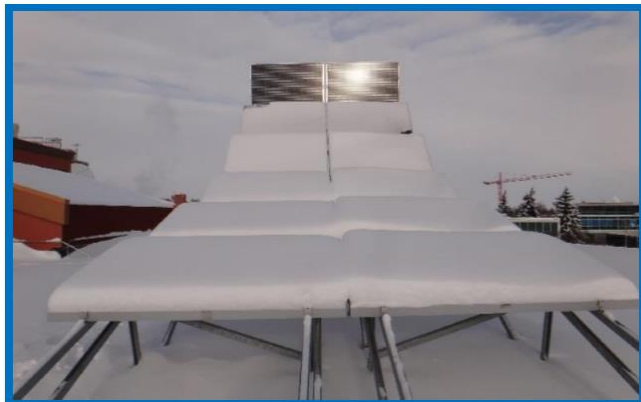
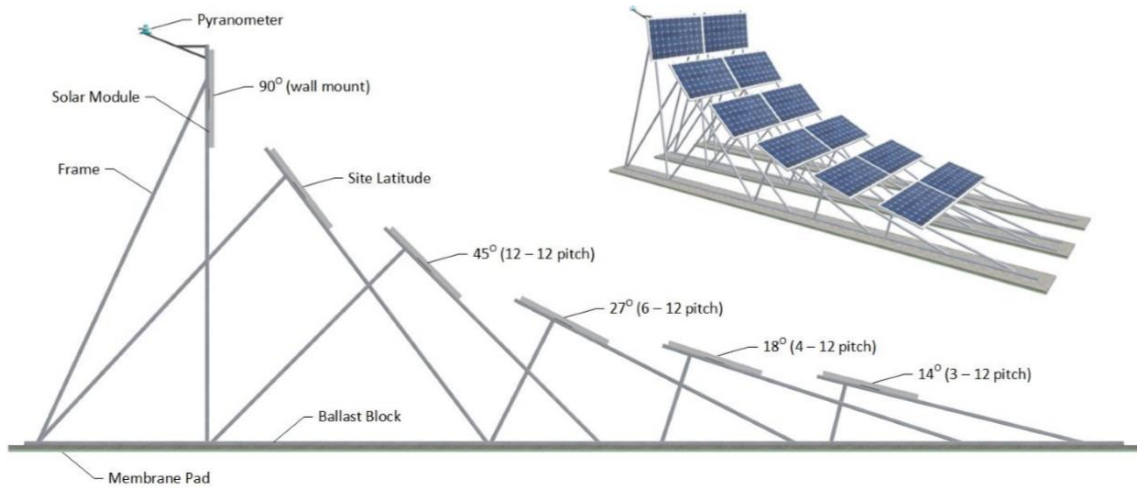
Lõuna suund ( $\pm 15^\circ$ )  
kalle vahemikus  $30-45^\circ$



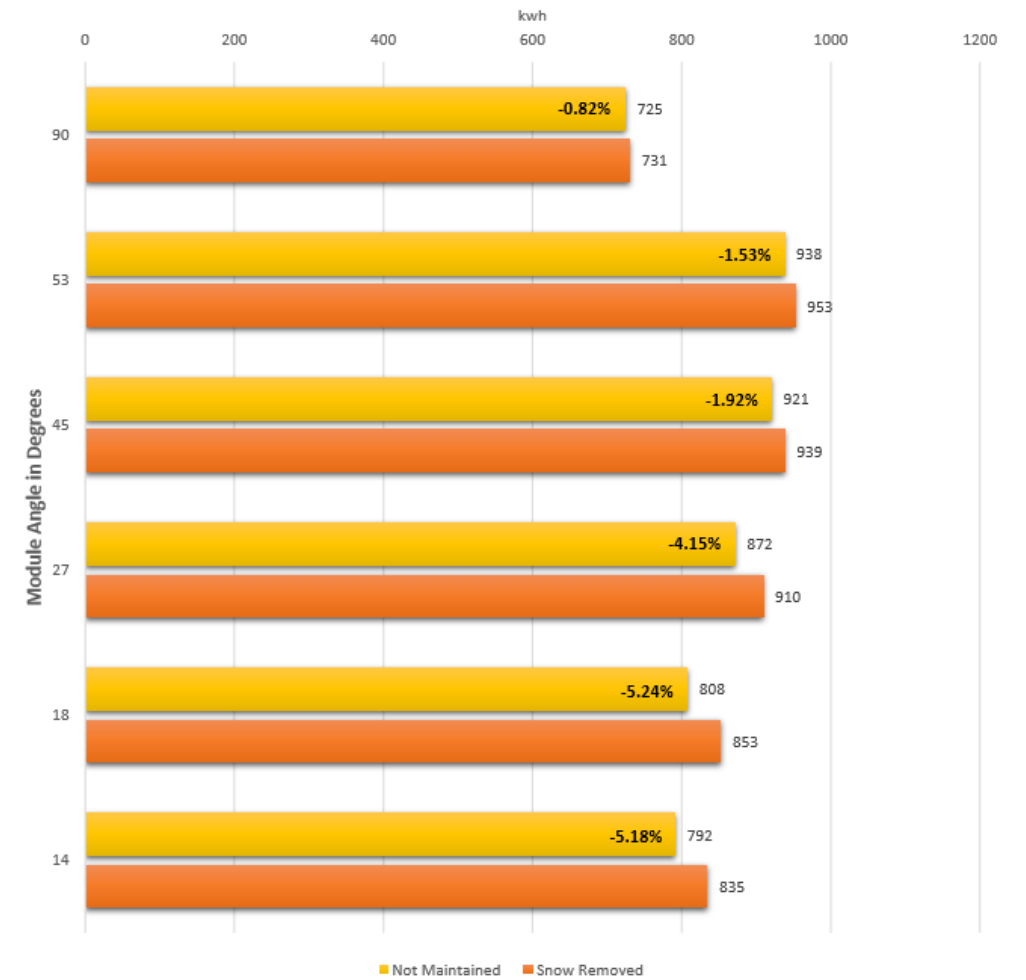


# PV-paneelid ja lumi?

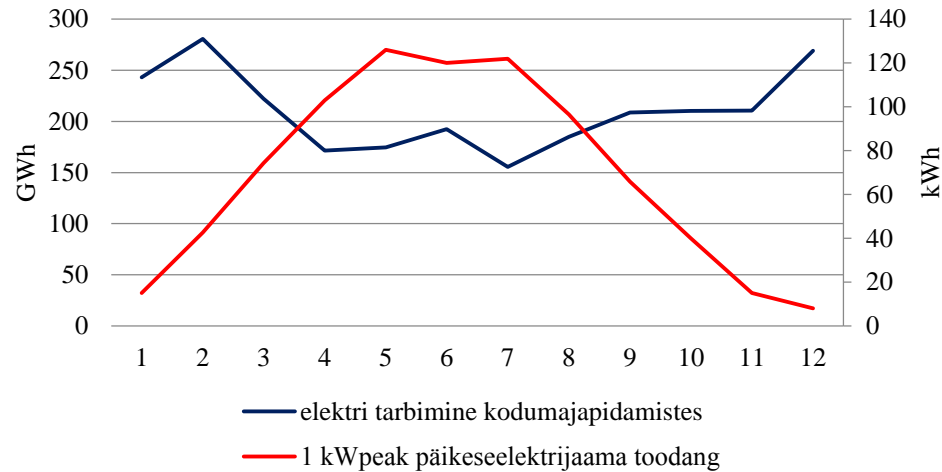
Kanada Põhja Alberta Tehnologiainstituudi uuring 2012-2015



Performance Comparison Between Snow Removed and Non-Maintained Modules  
April 01, 2012 - March 031, 2015



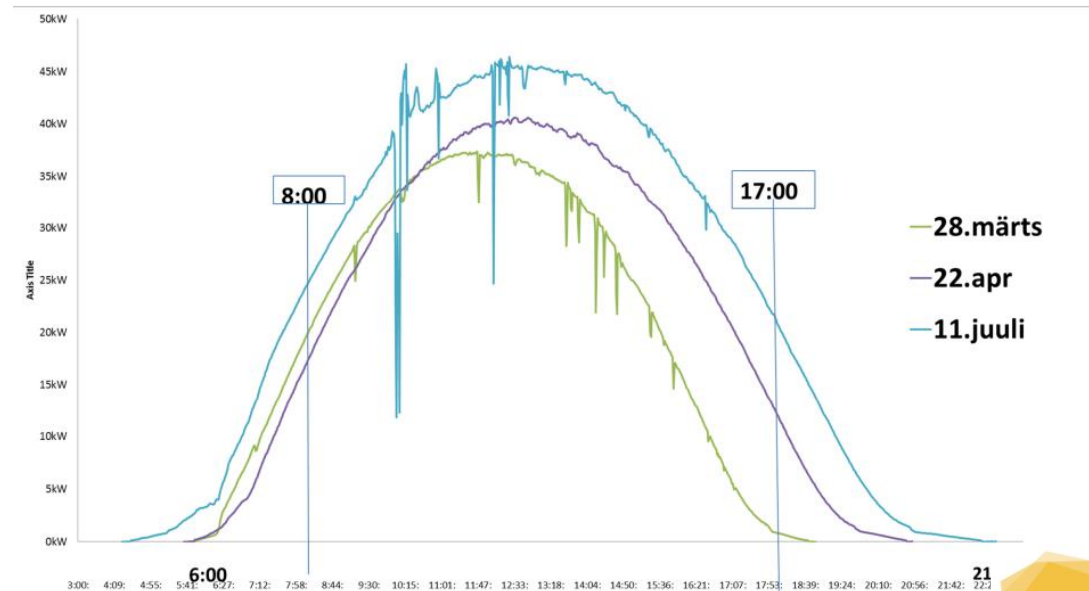
# „Faasinihked“



Ööpeva siseselt:

- **Ettevõtte** tüüpiline tarbimine langeb PV-jaama tootmistsükliga kokku
- **Majapidamise** tüüpiline tarbimine pigem ei lange kokku

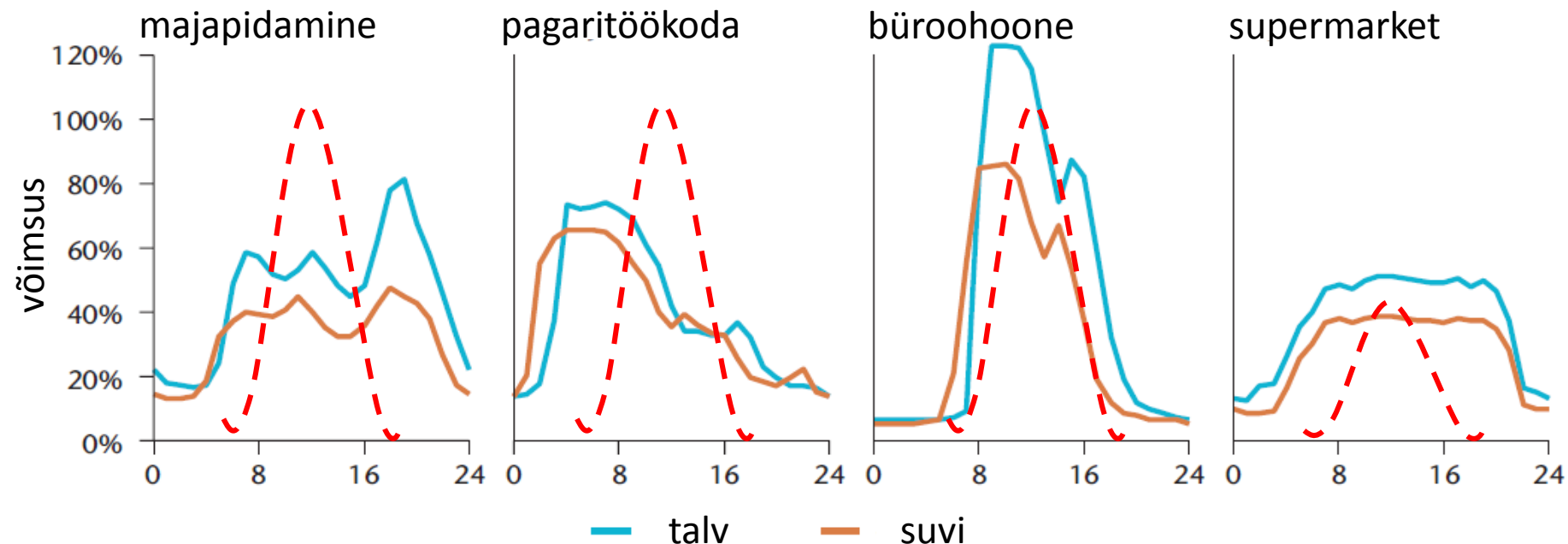
Elektritarbimise- ja PV jaama tootmise tipp on erinevatel aastaegadel - **85% kiirgusest vahemikus aprillist oktoobrini**



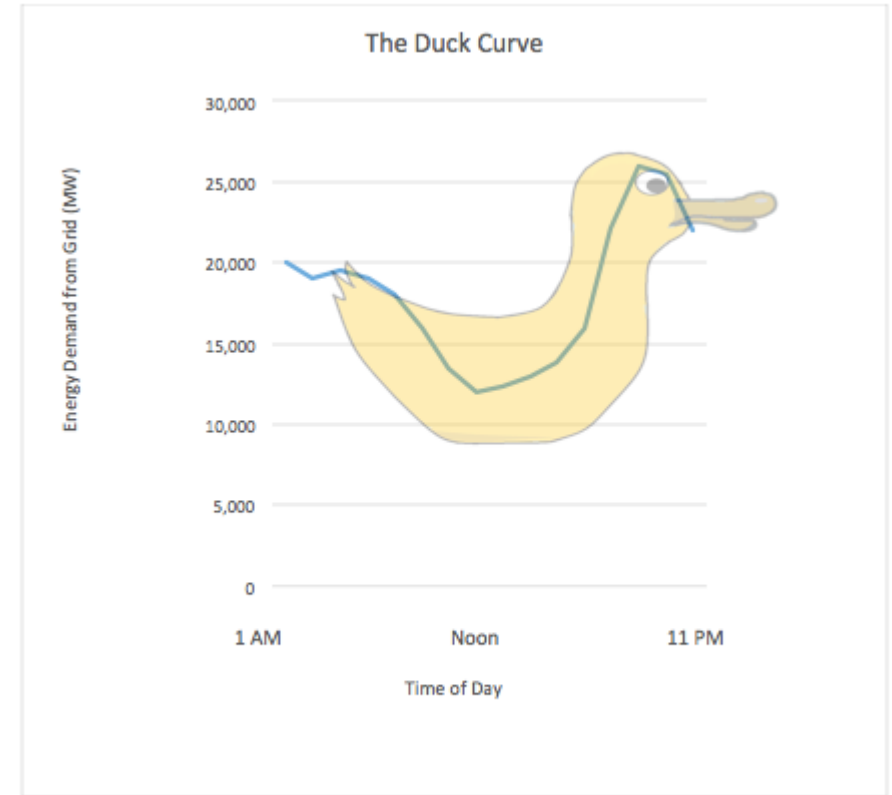
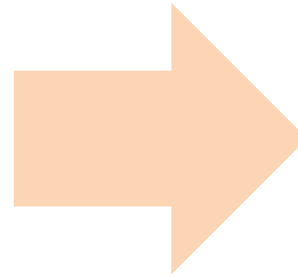
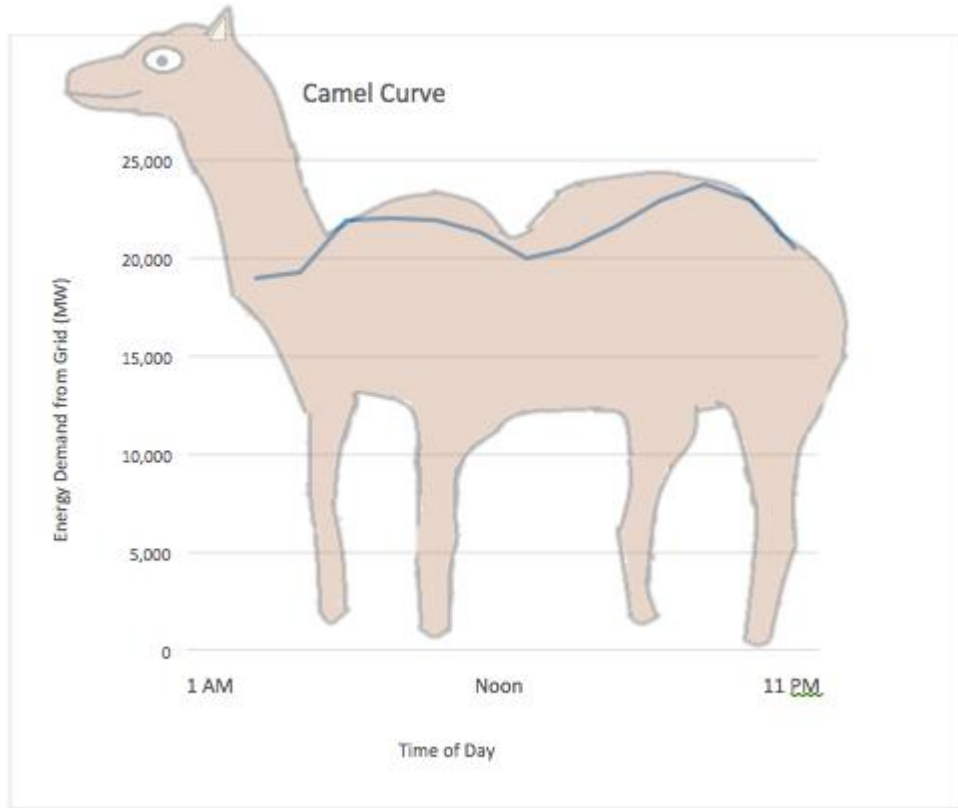


# Kes kuidas ja millal elektrit tarbib?

Erinevate tarbijate ööpäevane suvine ja talvine elektritarbimise muster ja päikeselektrijaama toodang

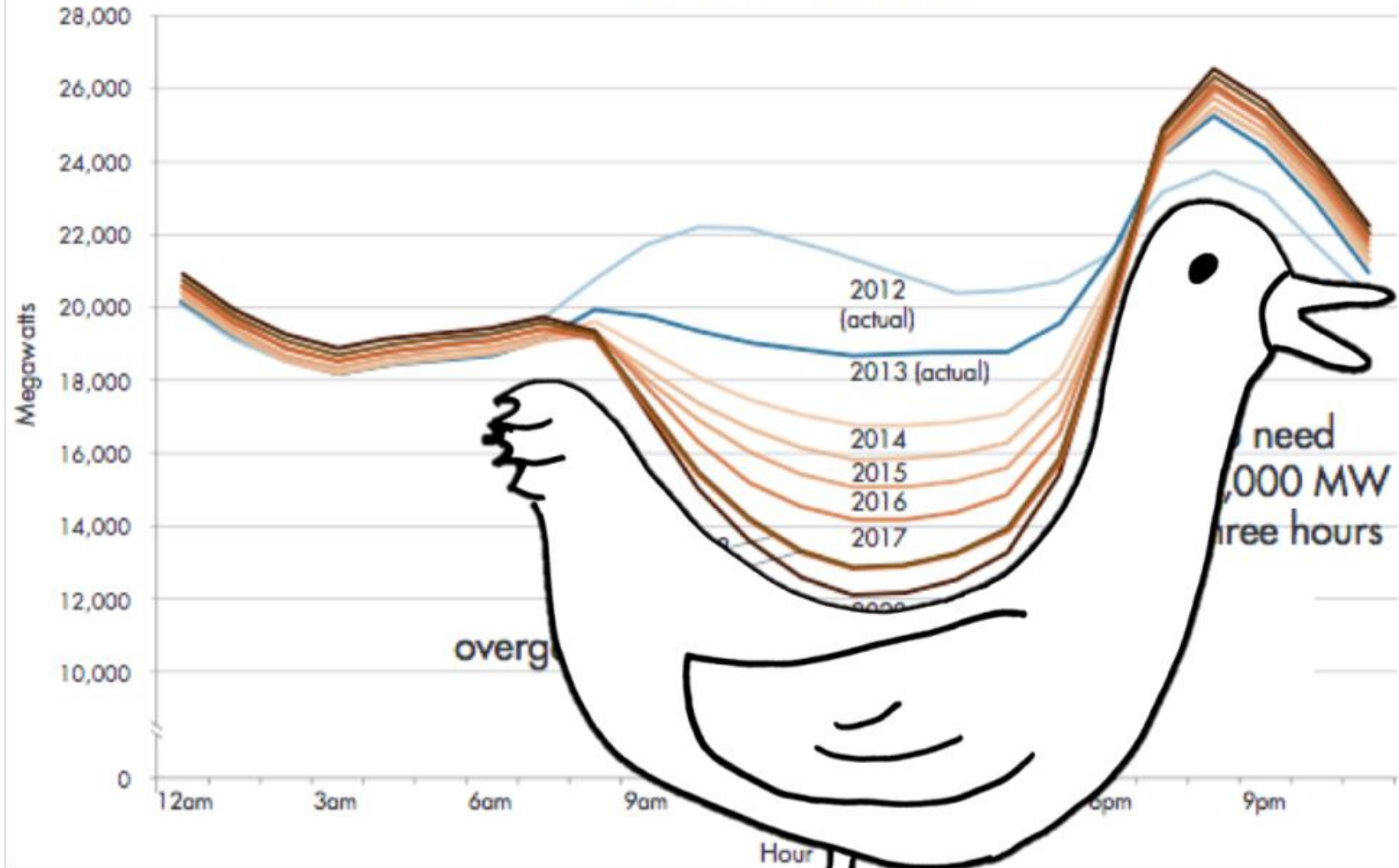


# Kaamel ja part





# Net load - March 31



Quack!

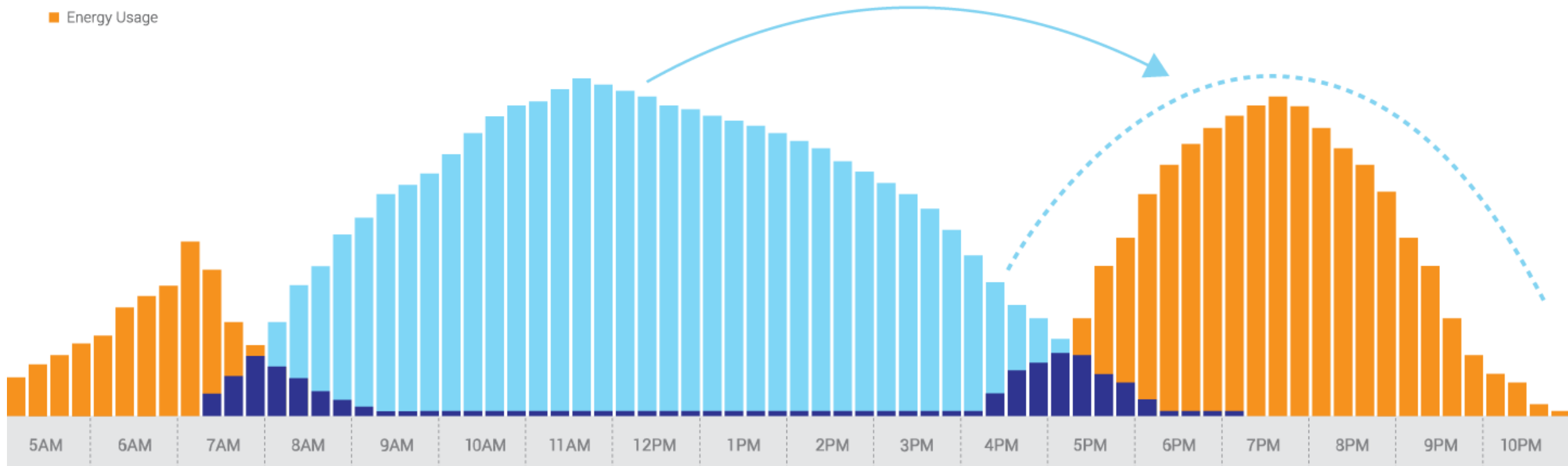
need  
3,000 MW  
three hours

Päike ja salvestus käivad kokku nagu või ja leib, nagu suvi ja rand, sukk ja saabas...

Kuluefektiivne salvestus lahendab päikeseenergia kasutamise fundamentaalse probleemi – tootmise ja tarbimise erineva tsükli. Salvestuse abil õnnestub päeva tootmine nihutada katma tarbimistippe õhtul ja hommikul.

## Save It for Later: The Value of Energy Storage

- Solar Production
- Energy Usage





# Koduse akusalvestuse omahind



**Toodetud ja salvestatud elektri omahind**

**=**

**Tootmise omahind (LCOE)**

**+**

**salvestuse omahind (LCOS)**

**Tootmise omahind 8 ... 10 €/kWh**

**Salvestuse omahind ~ 10 ... 12 €/kWh**

**Kokku 18 ... 22 €/kWh**

**vs.**

**Elekter võrgust:**

**EE; LT, CZ, HU: 11 ... 12€/kWh**

**EU avg 21 €/kWh (2015)**

**DK 30€/kWh (2015)**

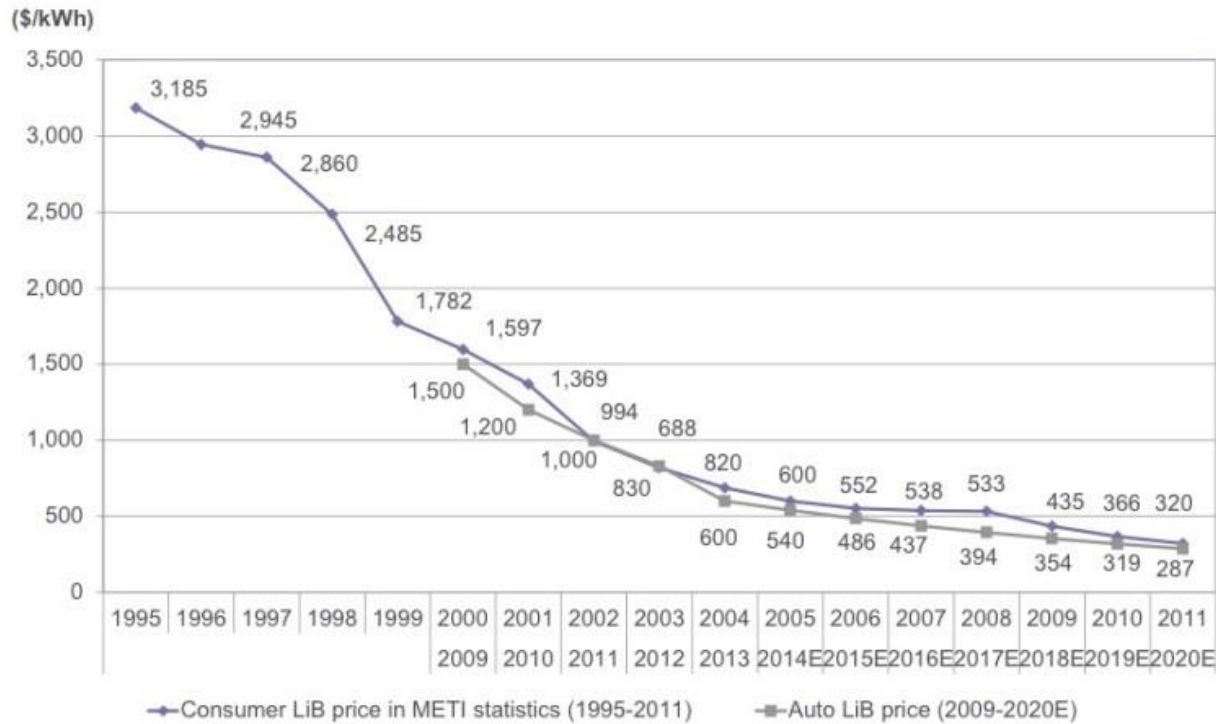
**DE 29€/kWh (2015)**

**BG 9€/kWh**

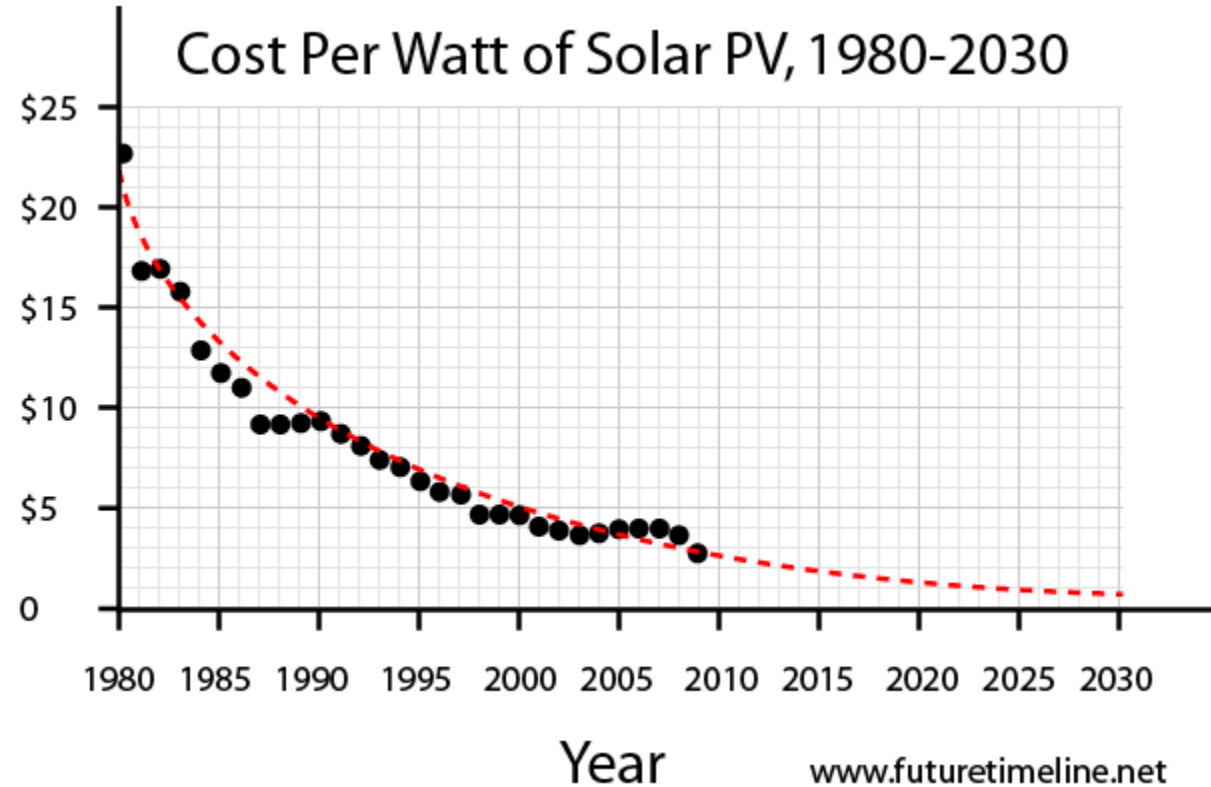


# Akusalvestuse hind on langemas... Kas langus on võrreldav PV hinnalangusega?

Figure 37. Historical price declines in consumer and automotive lithium-ion batteries



Note: We assume ¥100/\$ for consumer lithium-ion battery prices.  
Source: Company data, TSR, METI, Citi Research



www.futuretimeline.net

# Üliväikesed 1-3 paneeliga paigaldised nn. rõduelektrijaamad muutuvad tarbekaubaks



Saksamaal on väljatöötatud ja vastu võetud üliväikestele paigaldistele eraldi, lihtsustatud standard (DIN VDE 0100-551) – puudub igasugune loamenetlus, vajalik vaid paigaldusjärgne teavitamine.

Inimene ostab poest mõned paneelid ja ühendab need tavapistiku abil voluvõrku.



# Eesti kehtiv regulatsioon:

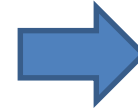
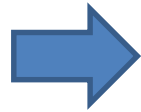
- **Elektrituruseadus** (muutmisel)
  - Tootmine, müük, toetused
- **Võrgueeskiri** (muutmisel)
  - Tegutsemise tehnilised tingimused
- **Alkoholi-, tubaka-, kütuste- ja elektriaktsiisi seadus**
  - Omatarbe aktsiis
- **Riigilõivuseadus**
  - Tootja, müüja, otseliini riigilõivud
- **Maksuseadused**
  - Tulumaks

# Taastuenergia toetus

- Täna makstakse vastavalt EITS kehtivale redaktsioonile mikrotootjale taastuenergia toetust samadel alustel kui suurtele TE tootjatele
- Investeeringutoetusega paigaldatud PV-jaamad saavad TE toetust sõltumata investeeringutoetusest (tuulikud ei saa)
- Toetust makstakse võrku antud **saldeeritud elektrikoguselt**
- **Toetuse määr 53,7 €/MWh**



# Kas päikeseelektrijaam on must kast?



EPEA



**Päikeseelektrijaam ei ole  
must kast!**



**Päikeseelektrijaam on:**

- prognoositava rahavooga tootmistehnoloogia
- energiakulude fikseerimine 30 aastaks
- investering 30 aastaks

# Süsteemi dimensioneerimine (olemasolev hoone)

- Planeeritava tootmiseadme maksimaalne tootmisvõimsus sõltub:
  1. majapidamise elektritarbest
  2. tootmise asukohas saadaolevast energiaressursist (päike ja tuul)

Väljendudes valemiga:

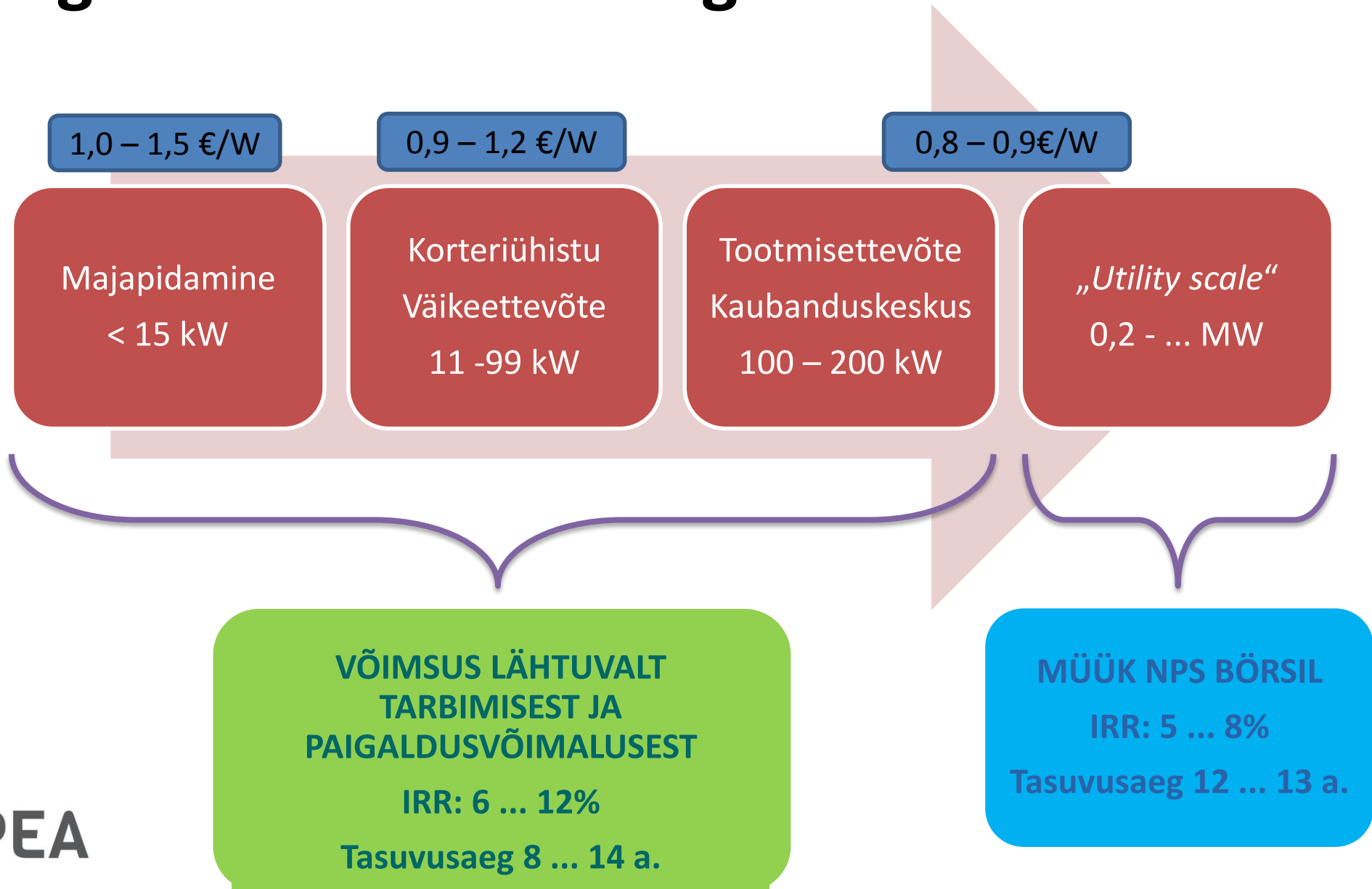
$$P_{peak}^0 = \frac{E_{load}}{E_{gen}(P_{peak}=1kW)} \times 1 kW$$

Tasandamiseks olulisi kõikumisi tootmiseadme poolt toodetava energia ja omatarbe nõudluse vahel peaks paigaldatava tootmiseadme optimaalne võimsus olema ligilähedane väärtusele mis on saadud elneva arvutuse tulemusena.

$$P_{peak}^0 = \frac{5000}{821} \times 1 kW = 6,09 kW$$

- Keskmise tarbimisega eramu PV-jaama hetketootmisvõimsus võiks Eesti tingimustes olla mitte üle 6 kW.
- Suurem hetketootmisvõimsus pikendab süsteemi tasuvusaega märgatavalt.

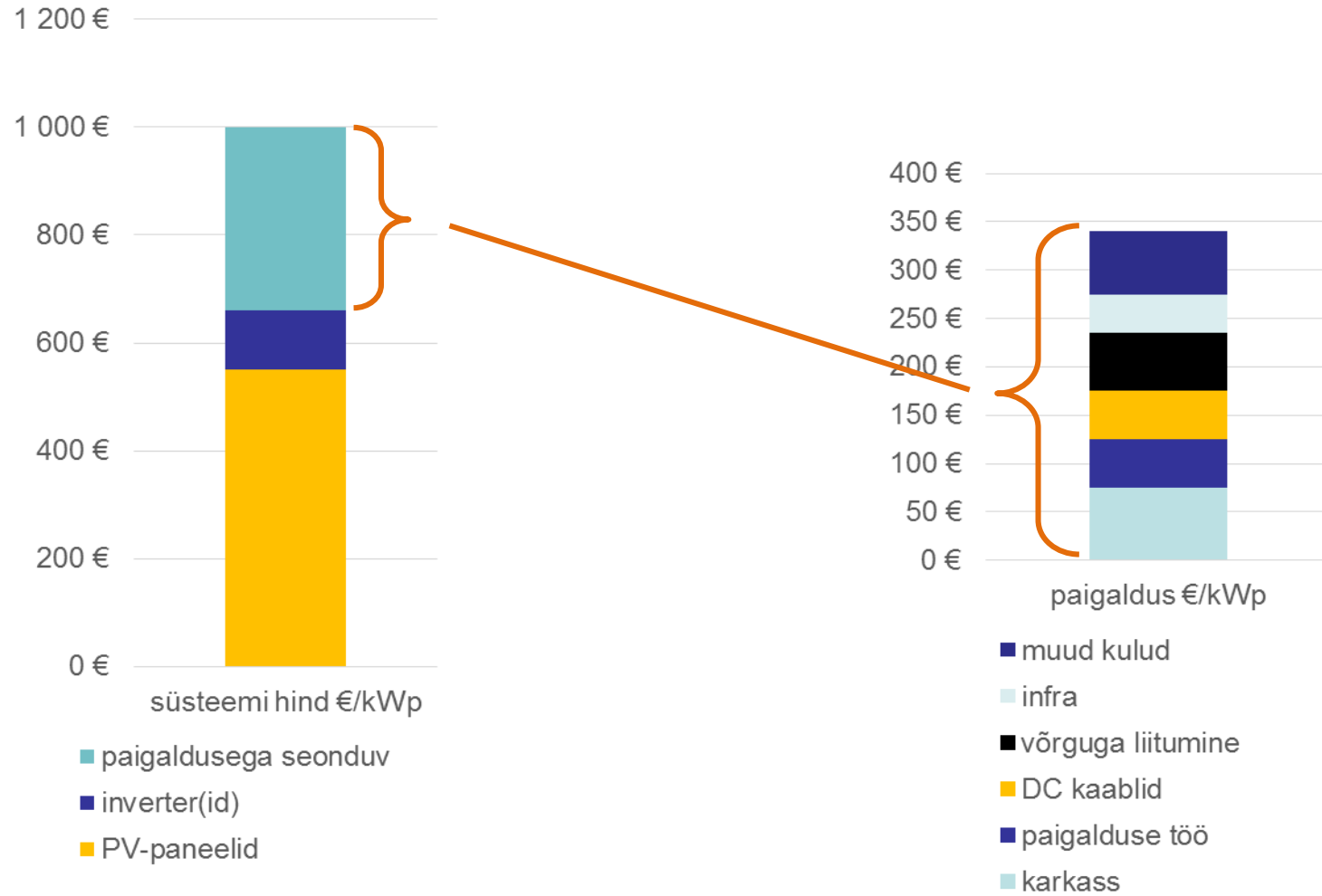
# PV-paigalduste investeeering



EPEA



# PV paigaldise investeering komponentidena



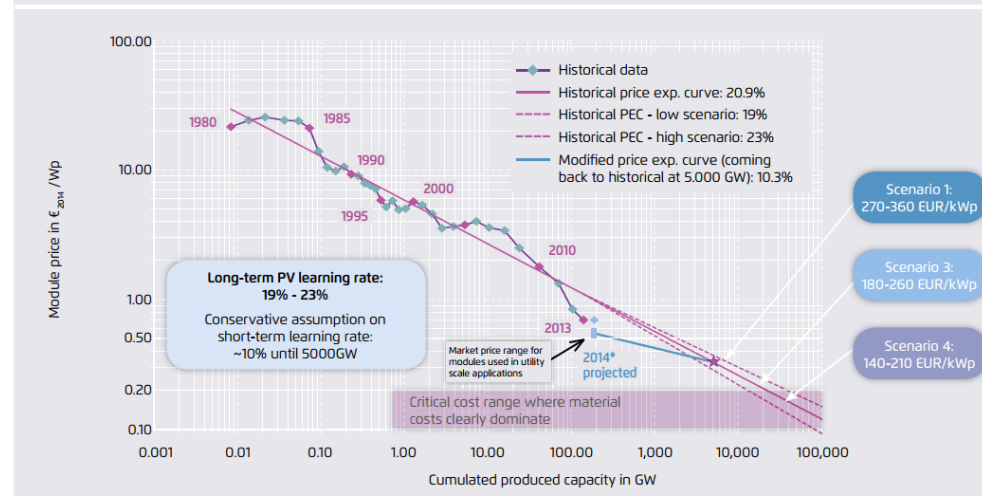
# PV CAPEX ja LCOE

- Globaalse tootmismahu kahekordistumine alandab süsteemide hinda 25 – 30%
- Täna Eestis „võtmed kätte“ hind:
  - Ettevõttele vahemikus **0,8 – 1,0 €/W**
  - Eratarbijale vahemikus **1,1 – 1,6 €/W**
- **Hind sõltub konkreetse paigalduse tingimustest**
  - Võrguliitumine
  - Tehn. keerukus
- Süsteemi hinnast lähtuvalt toodangu omahind (LCOE) täna vahemikus **0,06 – 0,1 €/kWh**
- **Fikseeritud hind 25 ... 30 aastaks!**



Future module prices in different scenarios based on the historical “learning rate”

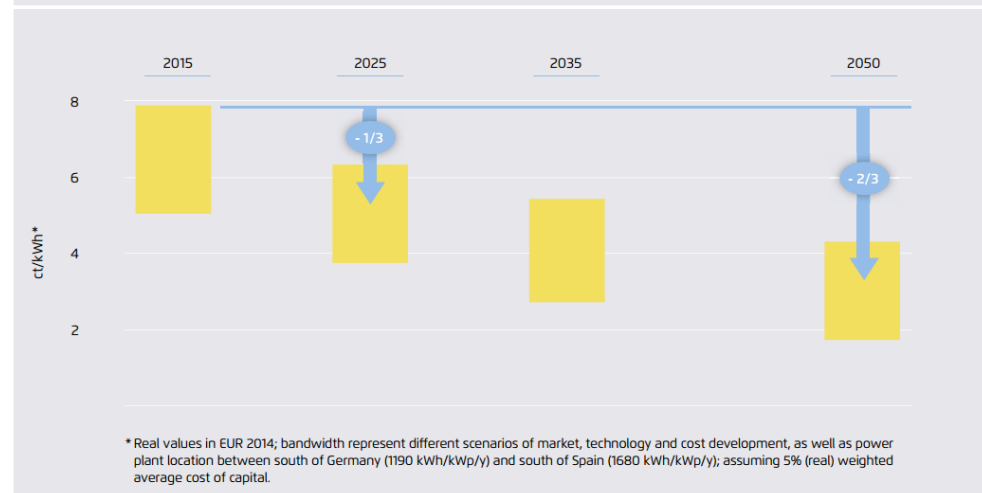
Figure E2



Fraunhofer ISE, own illustration

Cost of electricity from new solar power plants in Southern and Central Europe

Figure E4



\* Real values in EUR 2014; bandwidth represent different scenarios of market, technology and cost development, as well as power plant location between south of Germany (1190 kWh/kWp/y) and south of Spain (1680 kWh/kWp/y); assuming 5% (real) weighted average cost of capital.

# Toodetava elektri omahind (LCOE)

$$\text{LCOE} = \frac{I - \sum_{t=1}^T d_t + S \gamma^T}{\sum_{t=1}^T x_t \times (1 - \alpha)}$$


$$\text{LCOE} = \frac{\text{diskont. investeering} + \text{diskont. hoolduskulu} + \text{diskont. kütusekulu}}{\text{jaama energiatoodang kogu elutsükli jooksul}}$$



# Toodetava elektri omahind (LCOE)

Päikese-, tuule- ja hüdrolektrijaamadel puudub kütusekulu

$$\text{Toodetava elektri omahind (LCOE)} = \frac{\text{CAPEX(diskont)} + \text{OPEX(diskont)}}{\text{eluea jooksul toodetud energia}}$$

**NB! Fikseeritud hind 30 aastaks!**

CAPEX	17000 €							
								toodang eluea
Tootmisaastad	1	5	10	15	20	25		30jooksul (kWh)
Toodang kWh/a	10000	9801	9559	9322	9092	8867	8647	279232
OPEX €/a	170	177	186	195	205	216	227	5913

$$\text{Toodetava elektri omahind (LCOE)} = \frac{17000 \text{ €} + 5913 \text{ €}}{279232 \text{ kWh}} = \mathbf{0,082 \text{ €/kWh}}$$

**Intress 5%, periood 10 aastat**

$$\frac{21637 \text{ €} + 5913 \text{ €}}{279232 \text{ kWh}} = \mathbf{0,099 \text{ €/kWh}}$$

CAPEX	21637 €							
								toodang eluea
Tootmisaastad	1	5	10	15	20	25		30jooksul (kWh)
Toodang kWh/a	10000	9801	9559	9322	9092	8867	8647	279232
OPEX €/a	170	177	186	195	205	216	227	5913



# Investeering = rahavoog:

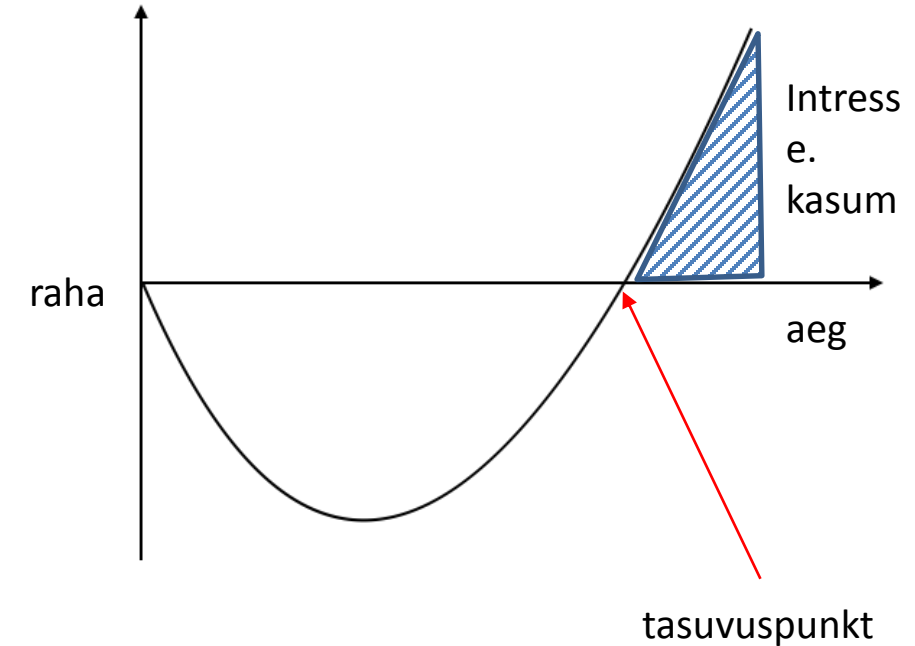
Süsteemi rajamiseks tehtud investeeringu katmine rahavooga, mis koosneb kahest komponendist:

## POSITIIVNE RAHAVOOG:

1. **SÄÄSTURAHAVOOG** – võrgust ostmata jäänud elektrienergia hind koos ülekandetasude ja riiklike maksudega (kaetakse toodetava elektri tarbimisega kohapeal, samavõrra võrgust vähem elektrit ostes)
2. **ELEKTRIMÜÜGI RAHAVOOG** – kohapealsest tarbimisest ülejääva elektri müügist saadav tulu, millele lisandub 12a. jooksul taastuenergia toetus

## NEGATIIVNE RAHAVOOG:

1. **SÜSTEEMI HOOLDUSKULU** – 0,5% alginvesteeringust aastas (diskonteeritud inflatsiooniga)
2. **INTRESSIKULU** – sõltub lepingust (5 ... 10%)



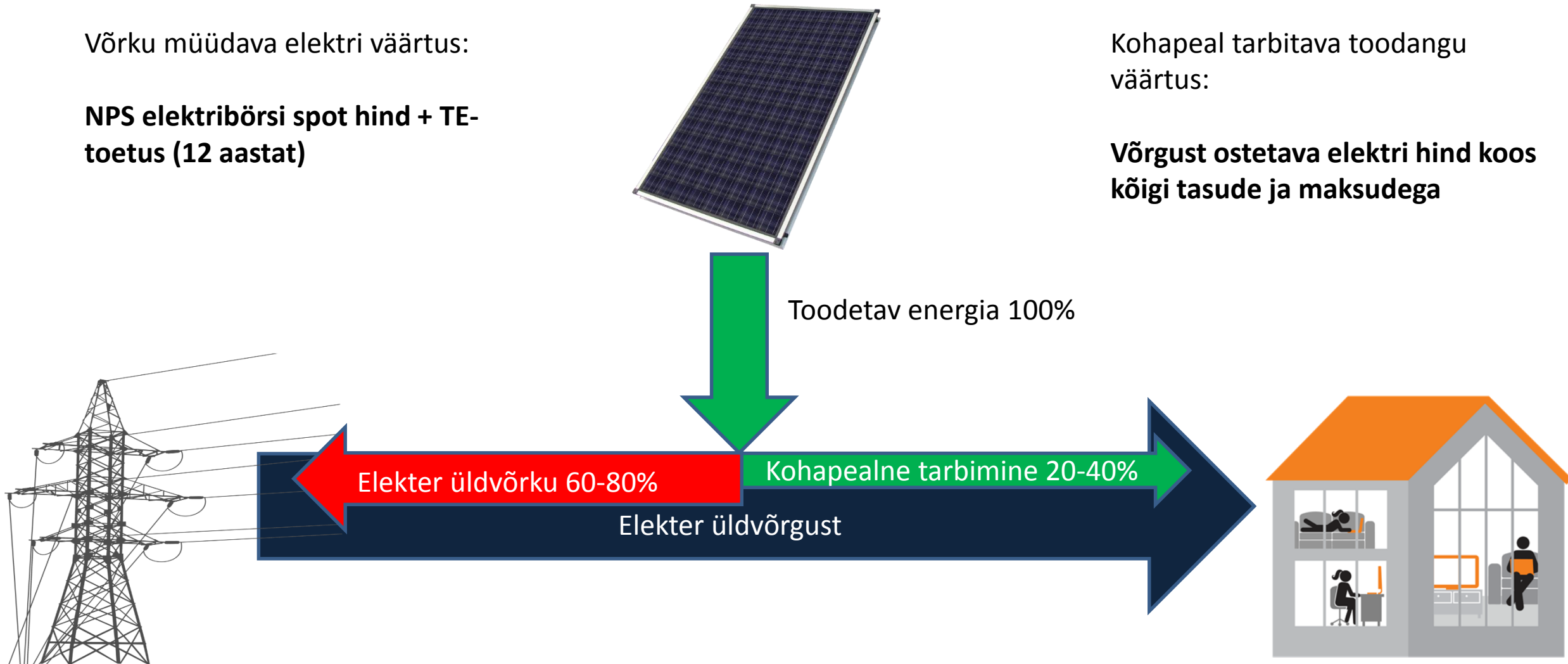
# Säästurahavoog + müügirahavoog

Võrku müüdava elektri väärtus:

**NPS elektribörsi spot hind + TE-toetus (12 aastat)**

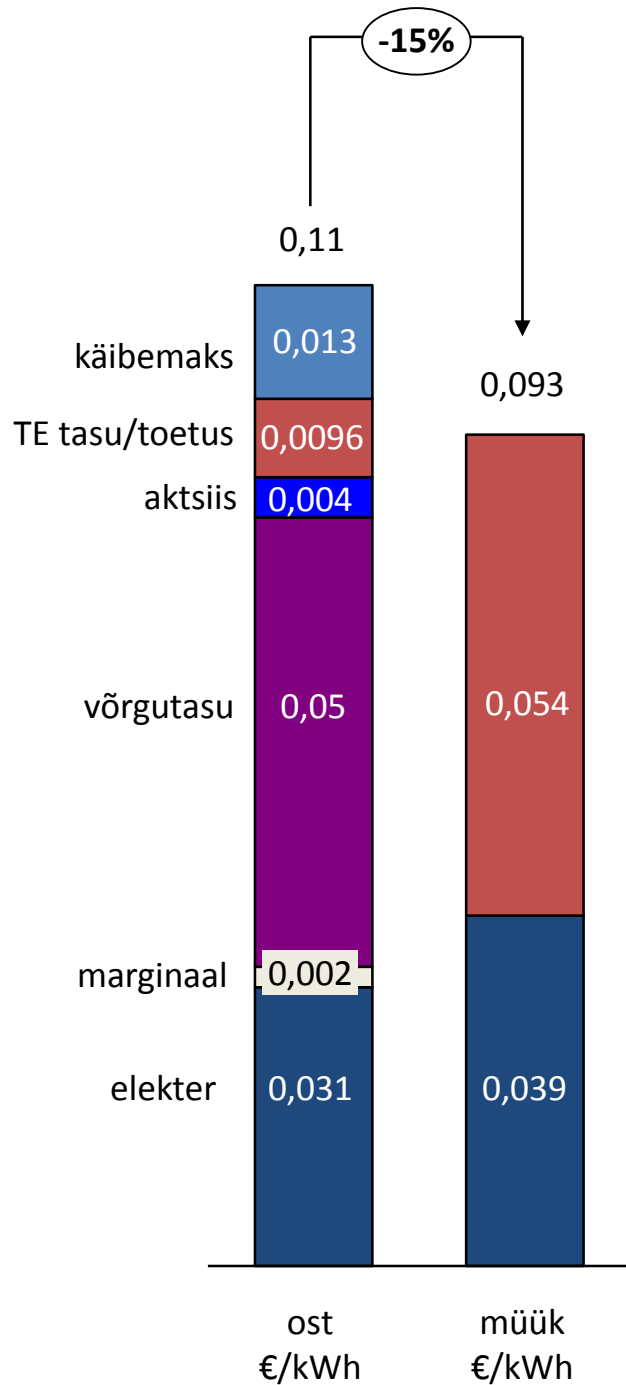
Kohapeal tarbitava toodangu väärtus:

**Võrgust ostetava elektri hind koos kõigi tasude ja maksudega**



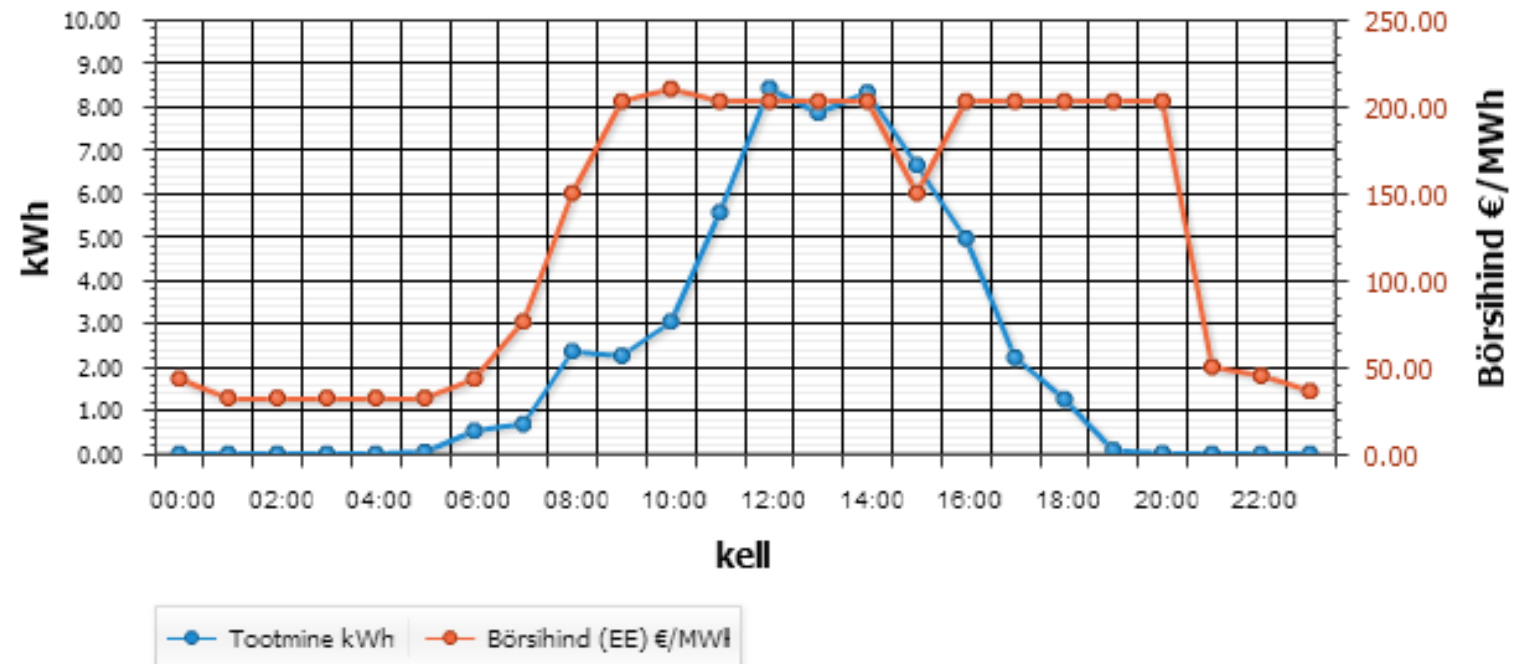


# Elektrihind ostul/müügil



**ELEKTRI HIND:  
1/3 BÖRSIHIND  
1/3 VÕRGUTASUD  
1/3 RIIKLIKUD MAKSUD**

Pühapäev 20.07.2014



# Võrguteenus ja riigimaksud



Arvestused arvele nr. 842414318036

1(1)

Mõõtepunkti (EIC) kood    Tarbimiskoht

38ZEE-00626402-S    Orto puhkebaas, Juminda küla Kuusalu vald Harju maakond

Elekter, öö

Kogus    Ühik  
513.097    kWh

Elekter, päev

458.24    kWh



**Võrguteenus**

Leping nr. 4968707580

Hinnapakett Vörk 2

Period 01.08.2016 - 31.08.2016

Maksumus

Elektri edastamine: päev 0,0649€/kWh, kogus 458,240 kWh

29.74 €

Elektri edastamine: öö 0,0377€/kWh, kogus 513,097 kWh

19.34 €

Taastuvenergia tasu 0,0096€/kWh, kogus 971,337 kWh

9.32 €

Elektriaktsiis 0,00447€/kWh, kogus 971,337 kWh

4.34 €

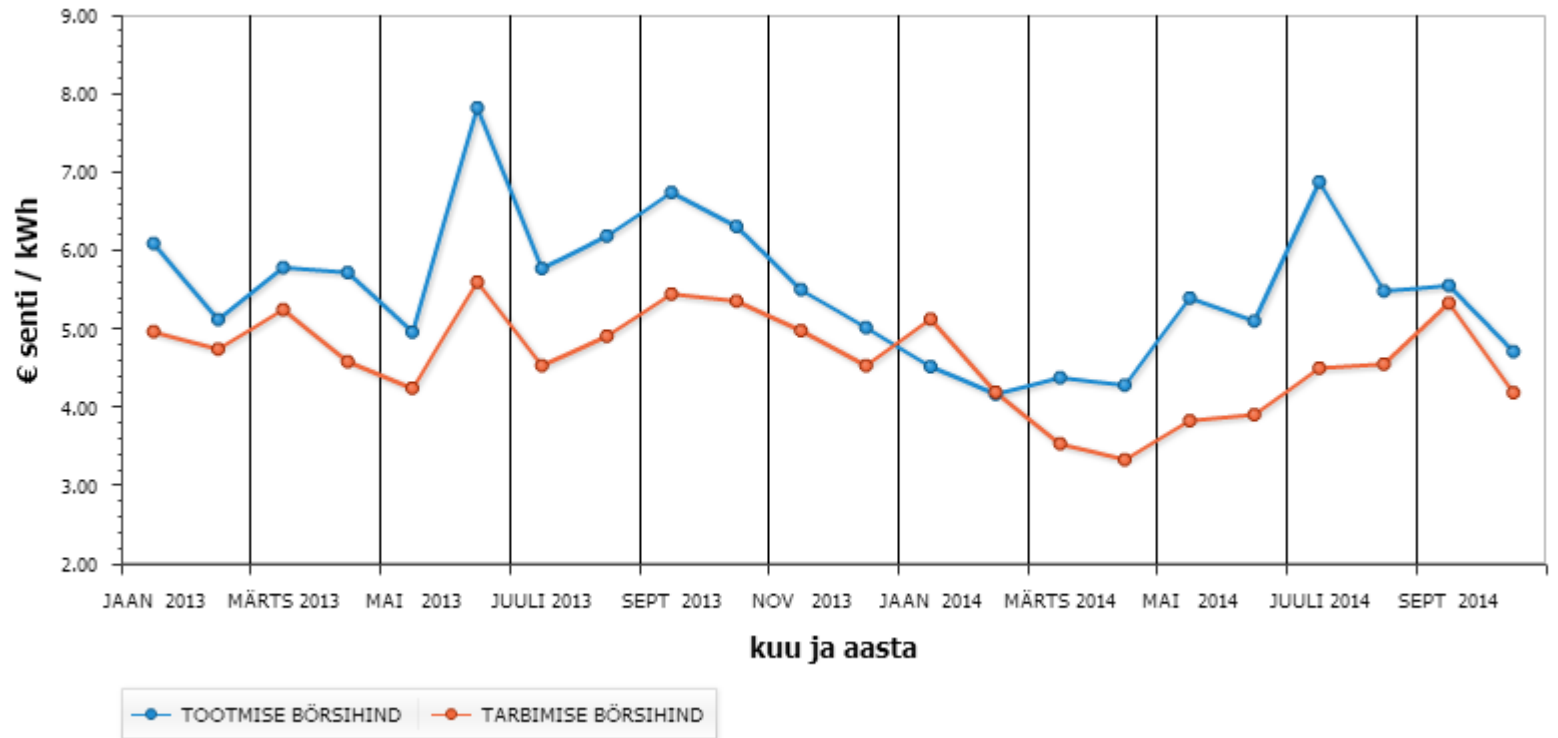
Summa käibemaksuta    62.74 €

Käibemaks 20%    12.55 €

**Summa kokku    75.29 €**

# Hind ost/müük

[www.nordpoolspot.com](http://www.nordpoolspot.com)

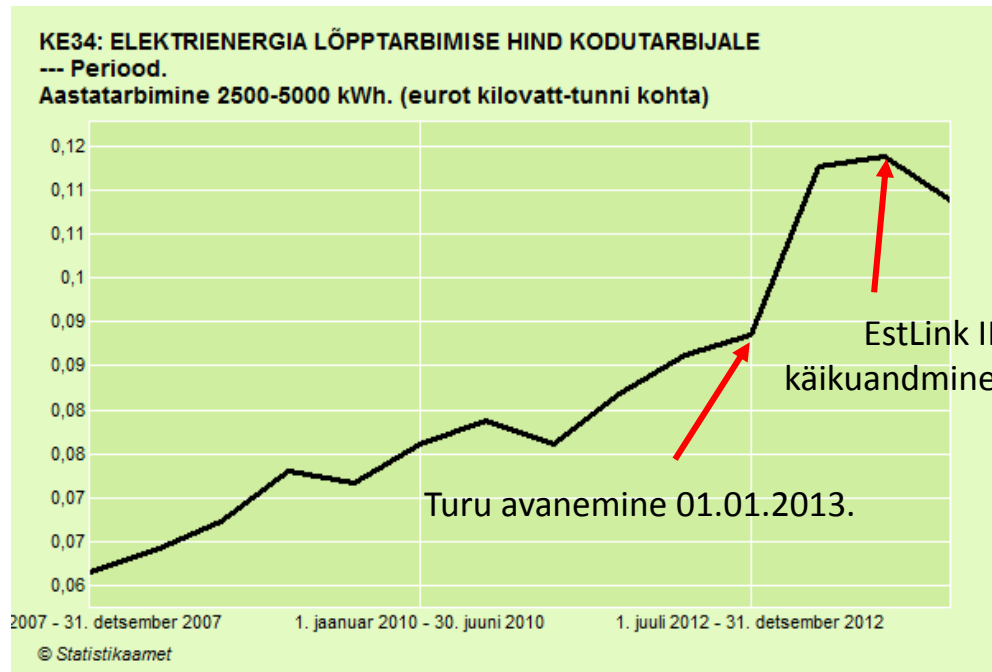
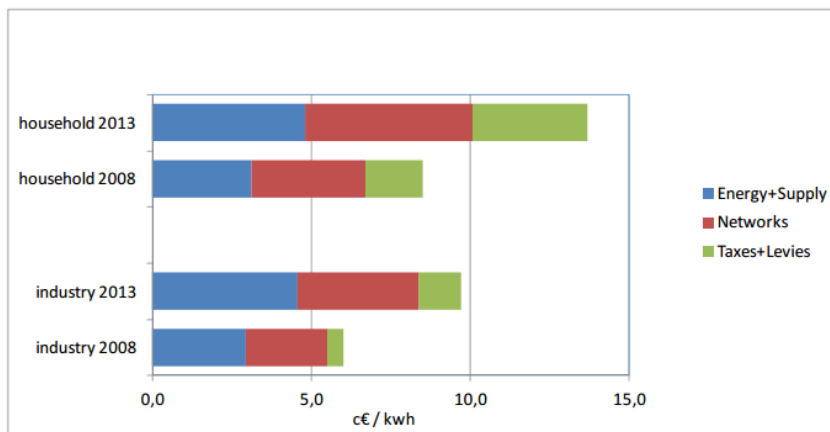


	Keskmine müügihind ilma km (€/MWh)	kaalutud keskmine ilma km (€/MWh)	NPS keskmine (€/MWh)	NPS ja kaalutud keskmise vahe
2013	49.29	51.13	43.14	119%
2014	41.23	43.69	37.61	116%
2015	38.53	39.45	31.08	127%



# Elektri hind ostul/müügil

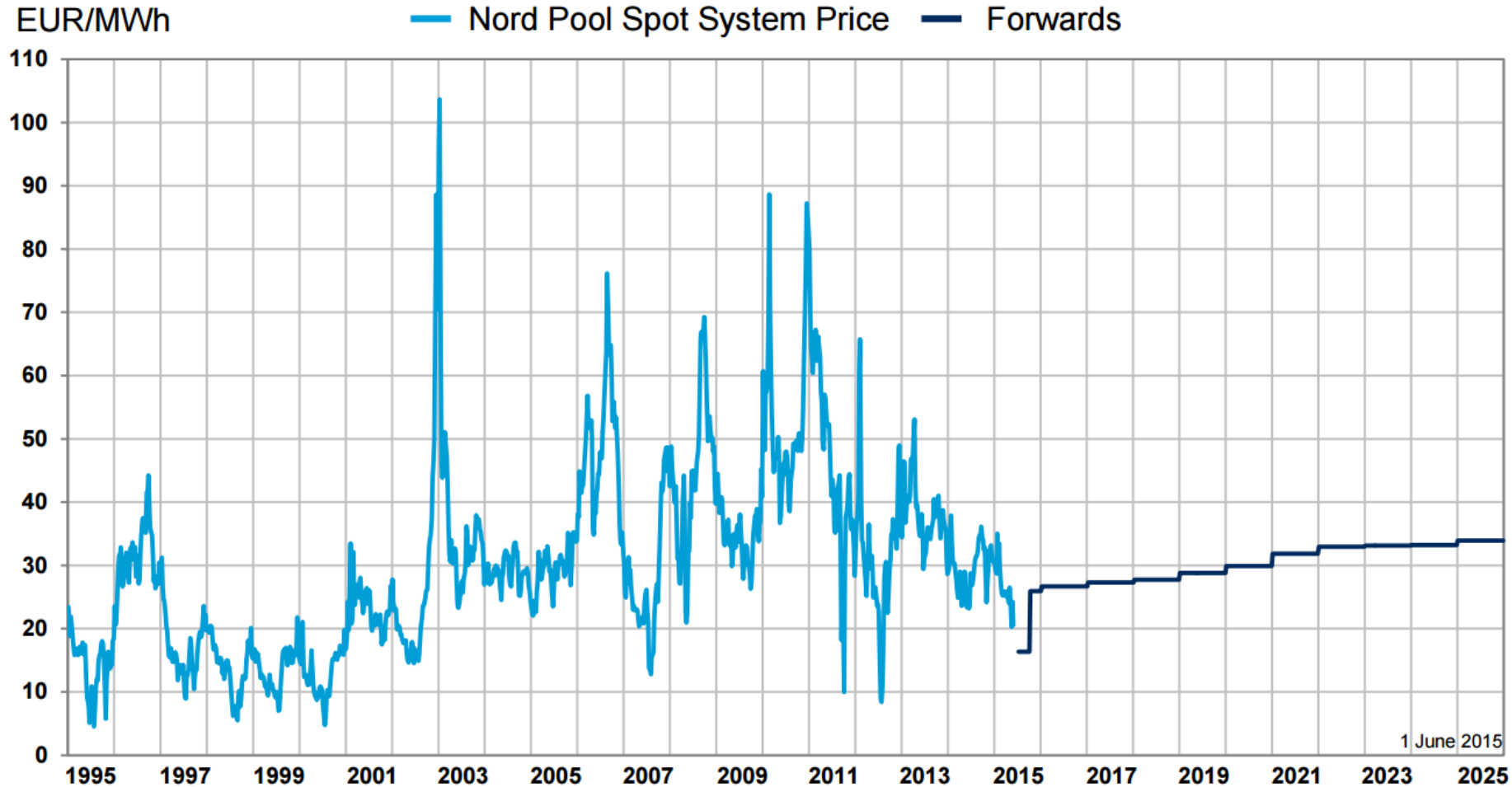
Figure 3: Electricity price change by component 2008 – 2013 (source: Eurostat, energy statistics)



	PV omahind	EI + 1%	EI + 1,5%	EI + 2%
<b>Keskmine €/kWh</b>	<b>0,099</b>	0,15	0,16	0,24
279 232 kWh	<b>27 644 €</b>	<b>41 932 €</b>	<b>45 421 €</b>	<b>65 752 €</b>

- Kui palju kallineb börsielekter 30 a. jooksul kodutarbijale? (Soome hind)
- Kuidas muutuvad võrgutasud ja riiklikud maksud 30 a. jooksul?

# Nord Pool elektrihinna prognoos 2025



# Rahavoog ja tarbimisharjumused



Õigesti dimensioneeritud mikrotootmise puhul: **RAHAVOOG = SÄÄST ELEKTRIARVELT**

jaama võimsus	5kW
Keskm. toodang 30a	4656kWh/a
CAPEX €/kW	1200€/kW
CAPEX	6000€
intress	5%
omafinantseering	100%
omafinantseering	6000€
laenu summa	0€
laenu priood	10a
CAPEX+intress	6000€
OPEX	30€/a
omatarbe osakaal	0%
võrgumüügi osakaal	100%
diskontomäär	1,0%
LCOE	0,05€/MWh
<b>IRR</b>	<b>3,01%</b>
<b>NPV</b>	<b>2384 €</b>

jaama võimsus	5kW
Keskm. toodang 30a	4656kWh/a
CAPEX €/kW	1200€/kW
CAPEX	6000€
intress	5%
omafinantseering	100%
omafinantseering	6000€
laenu summa	0€
laenu priood	10a
CAPEX+intress	6000€
OPEX	30€/a
omatarbe osakaal	30%
võrgumüügi osakaal	70%
diskontomäär	1,0%
LCOE	0,05€/MWh
<b>IRR</b>	<b>5,61%</b>
<b>NPV</b>	<b>5 606 €</b>

**Omatarve 0:**

**IRR: 3,01% ! Investeering on kaetud kumuleeritud säästuga 16. aastal**

**Omatarve 30% Investeering on kaetud säästuga 12. aastal ja sisemine tulumäär on juba 5,6%**

**Laenukapitali kaasamisel sõltub sisemise tulumäär:**

- Intressist
- Laenatavst summast
- Laenu perioodist



# PV-elektrijaama käidukulud



\* **KÄIDUKULUD 0,5 - 1% investeringust  
aastas**  
(puhastamine, hooldus, kindlustus)

\* **DEGRADEERUMINE: ~ 0,5% tootlikuse  
vähenemine**

**PV-paneeli pinna 2% varjamine või  
kinnikatmine võib vähendada paneeli  
(ja kogu ahela) tootmisvõimsust kuni  
70%**

**PV-paneeli pinna mustumisest tingitud  
tootlikuse vähenemine!**

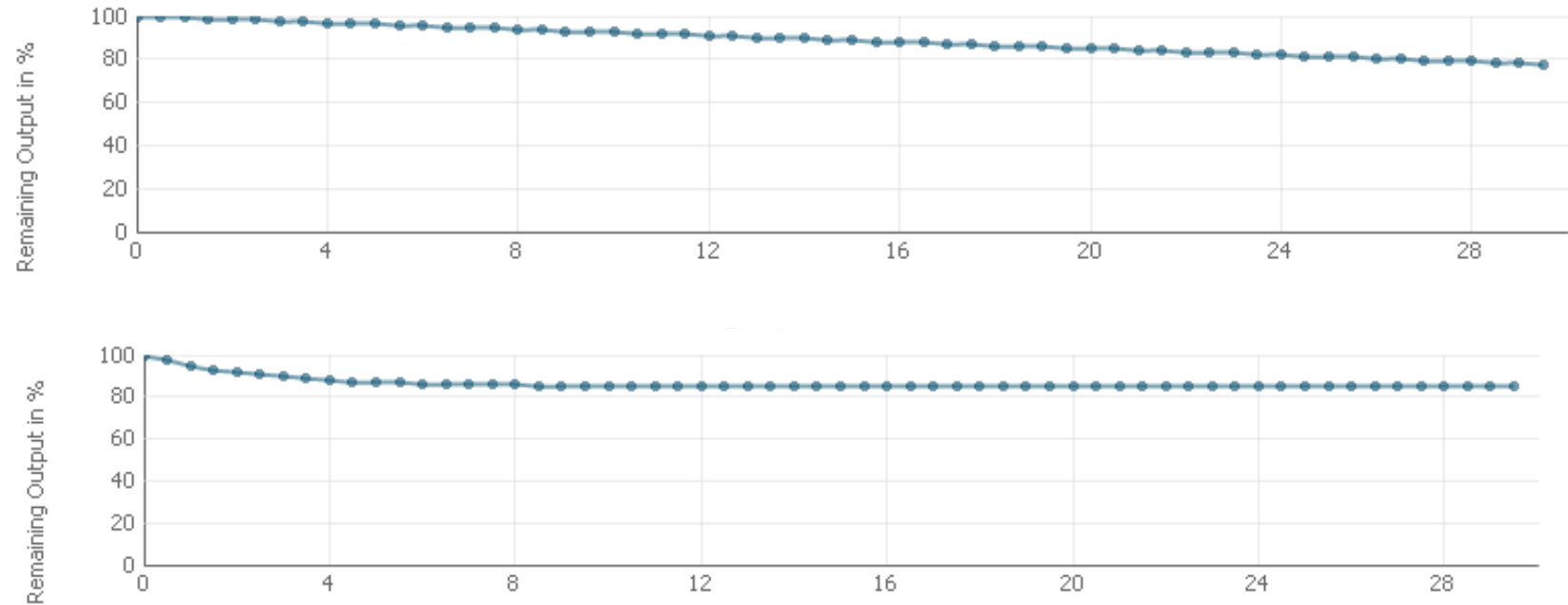


# Tasuvuse üldised parameetrid

## Paigaldise kasulik eluiga

- Seadmetele
  - Päikesepaneelid – 25-30 aastat (säilinud 80% algsest tootlikusest)
  - (Tuulegeneraator – 15-20 aastat. Vajab enam hooldust – mehhaanika!)
  - Inverter – 20-25aastat. Kas peaks seadme eluea jooksul koguma inverteri vahetuseks?
  - Muud materjalid – kaablid ja kontaktid UV kindlad
- MUUD:
  - **KAS KATUSE ELUIGA ON VEEL 30 AASTAT?**
  - **KUI PIKK ON OOTUSLIK TASUVUS? KAS MA ELAN VEEL SELLES MAJAS 30 AASTAT?**

# Toodangu kahanemine (degradeerumine)



# Tarbimise ajalugu

<https://id.elektrilevi.ee/et/eteenindus/tarbimisajalugu>



Eesti keel | Русский | English |  Otsing |

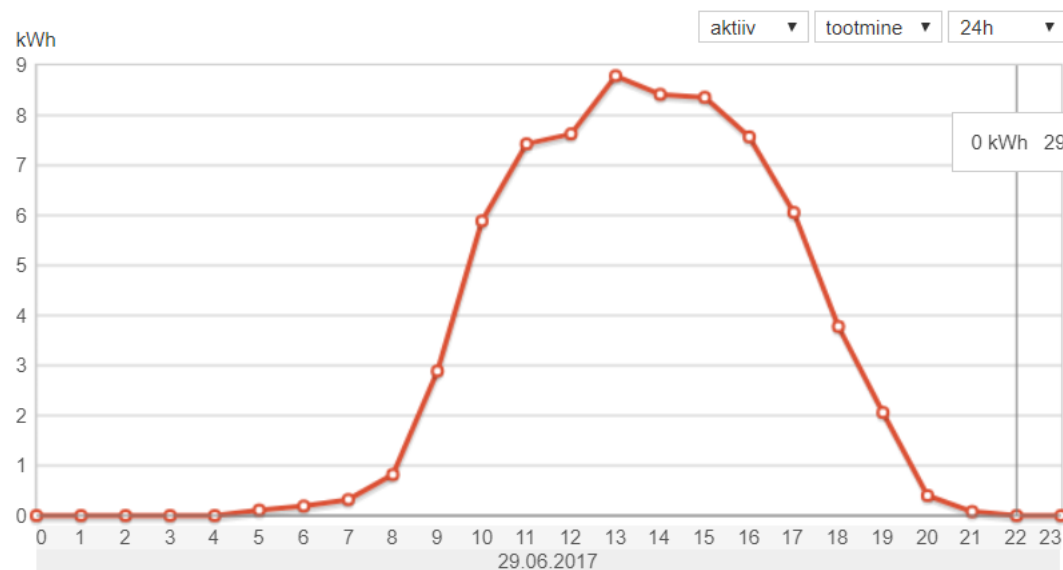
ANDRES MEESAK



[Avaleht](#) → [E-teenindus](#) → [Tarbimisajalugu](#)

## Tarbimisajalugu

AASTAD | KUUD | PÄEVAD | **TUNNID**



0 kWh 29.06.2017 22:00 [Juminda puhkekeskus, Orto puhkebaas](#)

### E-teenindus

[Võrgulepingud ja -paketid »](#)

[Näidud ja kauglugemine »](#)

[Arvestused »](#)

► [Tarbimisajalugu](#)

[Volitused »](#)

[Teavituste tellimine »](#)

[Kontaktandmed ja seaded »](#)





# Näidisarvutuskäik

- Kuupõhine energiakulu
- Keskmine elektri hinna maksumus
- Paigaldise asukoha täpsustamine
  - Kaardirakenduste abil asukoha täpsustamine, paigutamine vastavalt pindalale, takistavatele objektidele
  - Elektriliitumise asukoha optimeerimine
- Investeeringu täpsustamine
  - Arvutamine vastavalt tehnoloogiale
  - Vajadusel asukoha muutmine, et alginvesteeringut vähendada
- Energia ost-müük-omatarve
  - 30% omatarve, ülejäänud võrku müügiks
  - Müüdud energiahulga leidmine
  - Taastuenergia toetuse leidmine
- Tulemusena leiad milline on päikeseelektrijaama suurus, et rahalises mõttes oleks aasta lõpus konto nullis ehk sissetulekud ja väljaminekud oleks võrdsed.

## Diskonteeritud tasuvus IRR ja NPV

IRR – Internal Rate of Return = Investeeringu sisemine tulumäär %  
NPV – Net Present Value = Puhasnüüdisväärtus

Puhasnüüdisväärtuse arvutamise tulemuseks on rahasumma, mis on teenitud ( $NPV > 0$ ) või kaotatud ( $NPV < 0$ ) pärast seda, kui kõik asjassepuutuvad rahakäibed on tasuvusmääraga diskonteeritud.

IRR – on maksimaalne diskontomäär, mille puhul investeeringu puhasnüüdisväärtus  $NPV = 0$

# Tasuvuse üldised parameetrid

## Diskonteeritud tasuvus IRR ja NPV

tootmisaastad	1	5	10	15	20	25	30	
toodang aastas MWh	5,7	5,64	5,50	5,37	5,24	5,11	4,98	
rahavoog €/a	491	523	566	613	663	717	775	
Invest tasuvus	-9000	-8509	-6464	-3719	-750	2462	5937	9694
<b>IRR:</b>	<b>5,05%</b>							
	-9000	491	523	566	613	663	717	775

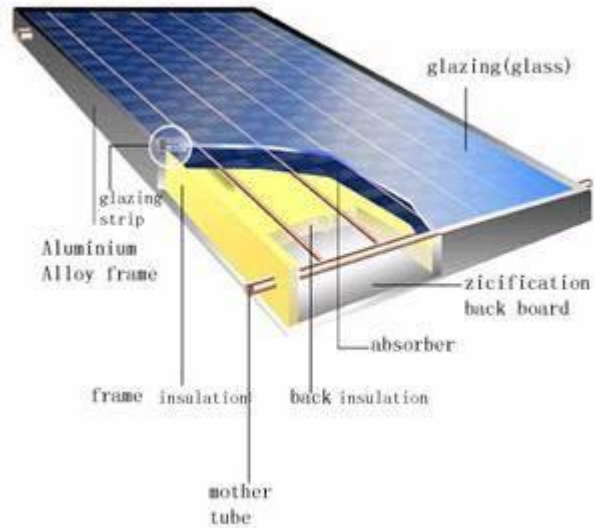
### EXCELI FUNKTSIOONID

=IRR(-investeering;aastate rahavood)

=NPV(diskontomäär;-investeering;aastate rahavood)

# Termokollektorid

## LAMEKOLLEKTOR



## VAAKUMTORUKOLLEKTOR



### LAMEKOLLEKTOR vs. VAAKUMTORU

- Lamekollektor väiksem tootlikus pinnaühiku kohta
- Lamekollektor veidi odavam
- Lamekollektori töötemp. 30 - 80°; vaakumtorukollektoritel 50 - 250°

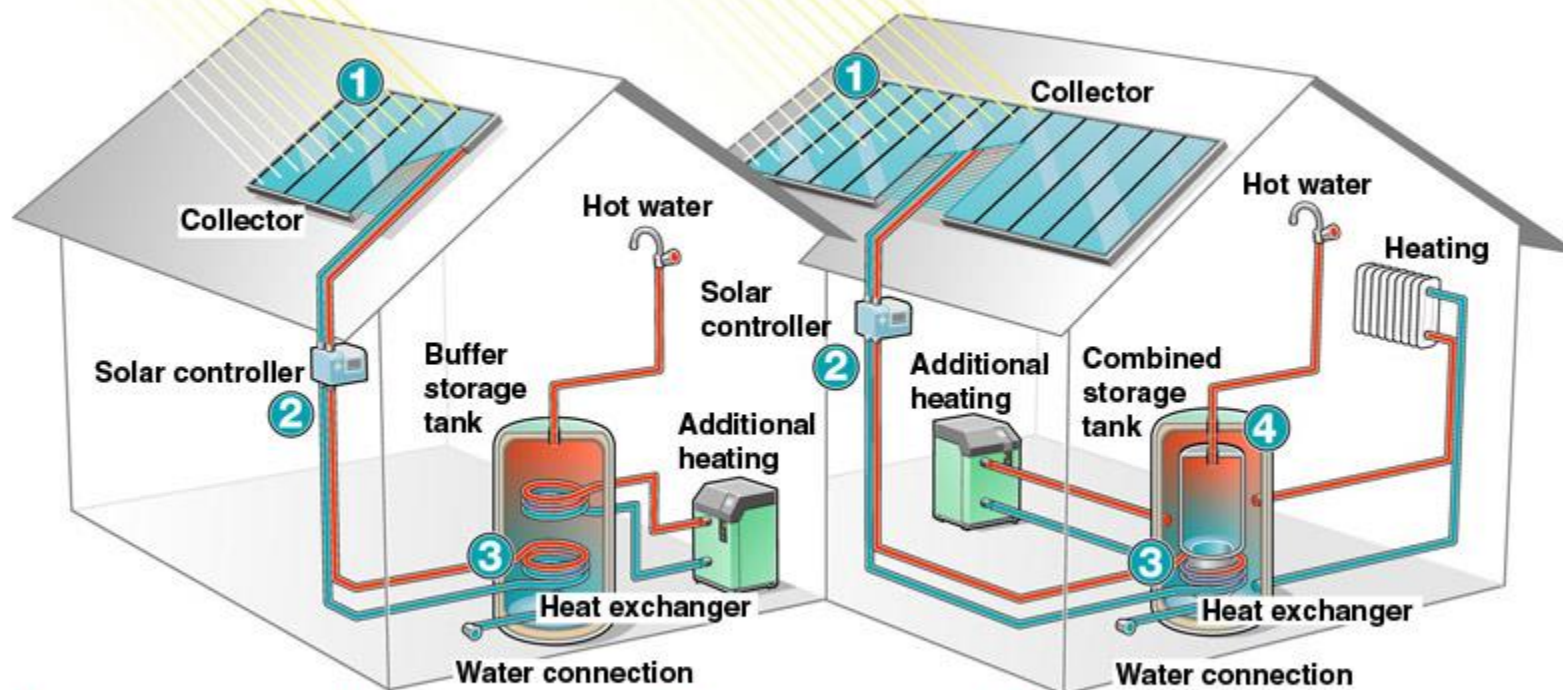




# Termokollektorid

## AINULT TARBEVESI

## TARBEVESI + KÜTE



① Solar radiation heats the collector along with the water contained inside

② The hot water, which can reach up to 90 °C, circulates between the collector and the buffer storage tank

③ The heat exchanger releases solar heat to the water in the buffer storage tank

④ The buffer storage tank provides heat both at night and on cold days



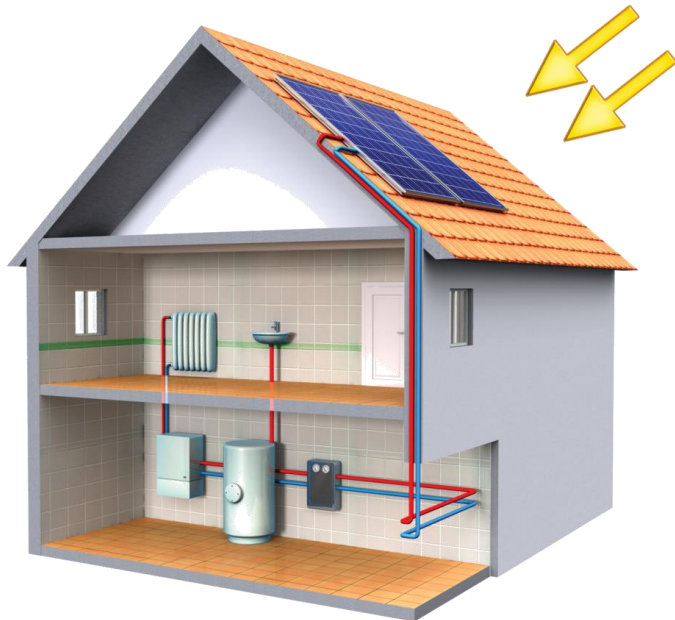
EPEA

# Termokollektori dimensioneerimine



## AINULT TARBEVESI

- Kollektori suurus: 1 – 1,5 m<sup>2</sup> in. kohta
- Salvesti 80 – 100 l in. kohta
- Vaakumtorude puhul pindala ~ -30%
- Alla 3-4 m<sup>2</sup> kollektorite puhul kaod torudes üle 15%



## TARBEVESI + KÜTE

- VÄIKE SÜSTEEM:
  - Lamekollektor 0,8 m<sup>2</sup> el. pinna 10 m<sup>2</sup>
  - Vaakumkollektor 0,6 m<sup>2</sup> el. pinna 10 m<sup>2</sup>
  - Salvesti 50 l 1 m<sup>2</sup> kollektoripinna kohta
- KESKMINE SÜSTEEM:
  - Lamekollektor 1,6 m<sup>2</sup> el. pinna 10 m<sup>2</sup>
  - Vaakumkollektor 1,2 m<sup>2</sup> el. pinna 10 m<sup>2</sup>
  - Salvesti 100 l 1 m<sup>2</sup> kollektoripinna kohta

**IGA SÜSTEEMI PUHUL TULEB TEHA UNIKAALNE ÖKONOOMIKA MUDEL JA LEIDA SOBIVAIM LAHENDUS!**



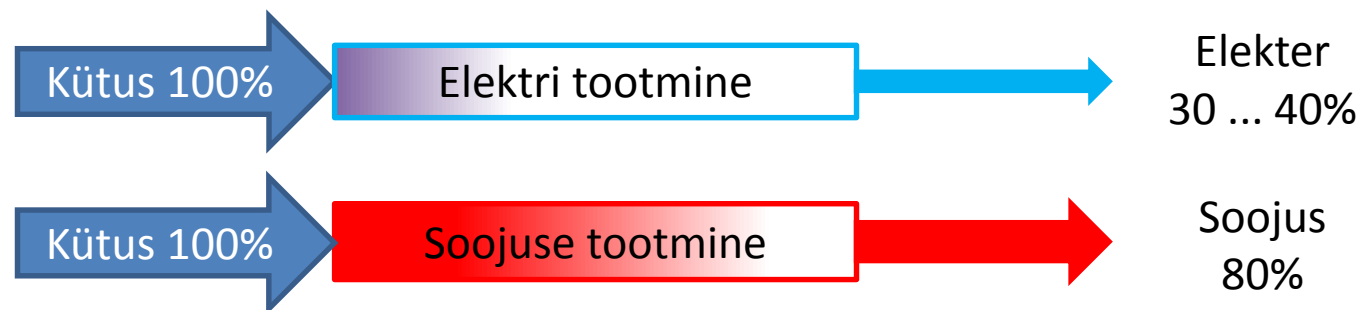
# Koostootmine

- SOOJUSE ja elektri koostootmine
- **Dimensioneerimine lähtuvalt soojuse vajadusest**
- Soojale peab olema **VÄÄRTUS** igal CHP töötunnil, ka suvel
- Majanduslikult põhjendatud kui töötab aastas vähemalt **5000h/a** (~60% kõigist aasta tundidest!)
- Tõhusa koostootmise toetus

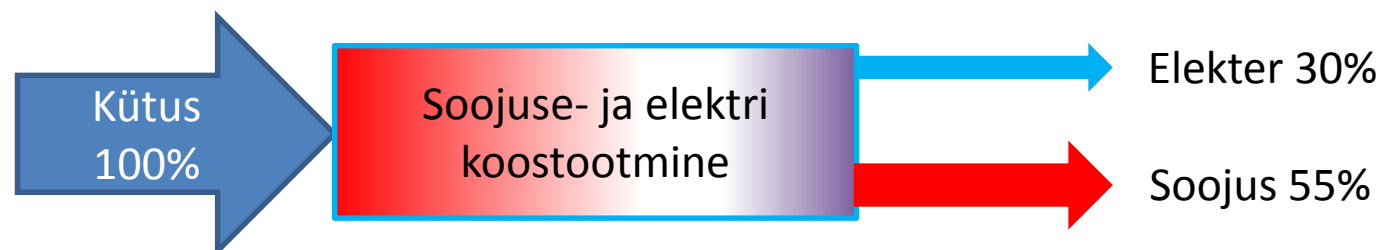
## Koostootmisele võiks mõelda:

- Võimalus müüa õiglase hinnaga kaugkütte võrku
- Haiglad
- Hooldusasutused
- Majutusasutused
- Toitlustuskohad
- Spordikeskused
- Pesumajad

### Soojuse ja elektri tootmine eraldi



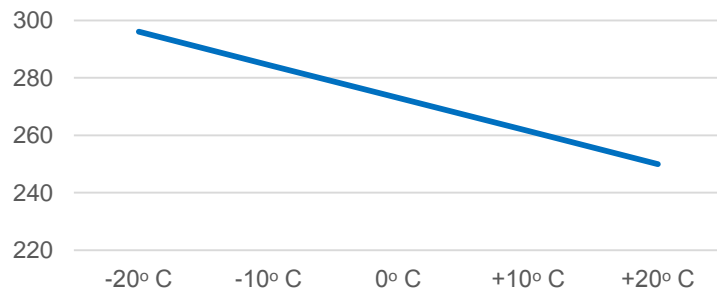
### Soojuse ja elektri koostootmine



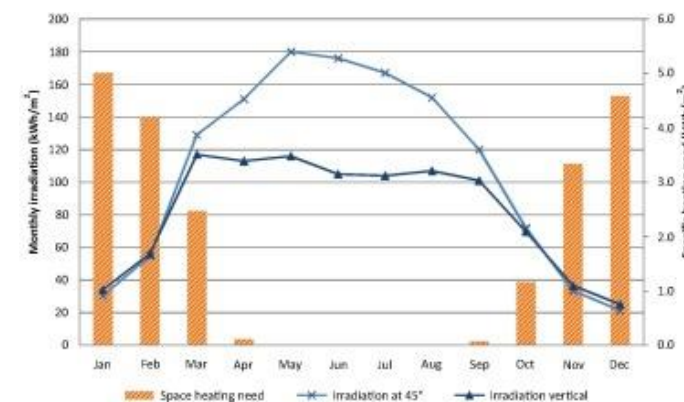
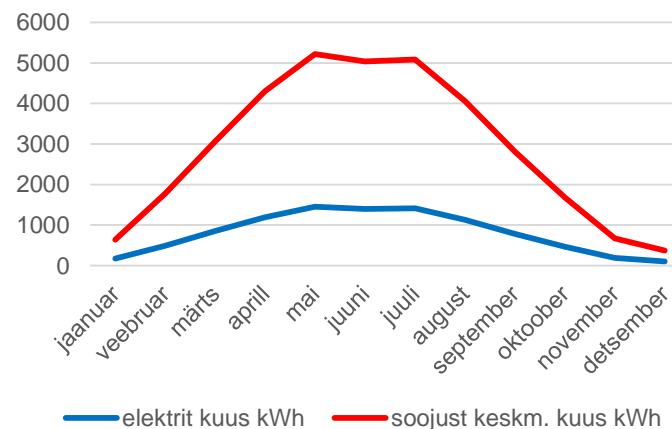
Koostootmise kasutegur:  $(30+55)/100 = 0,85$  s.t. 85%

# PV-T (PV + Thermo)

250W nimivõimsusega PV-paneeli võimsuskõver

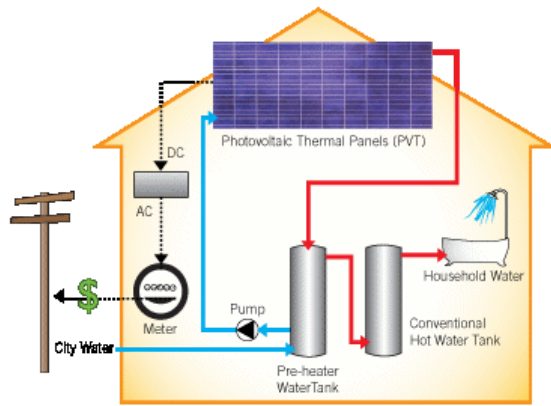


PV-T paneelid on tänu aktiivsele jahutusele suvekuudel parema tootlikkusega (tootjate sõnul 20-25%)

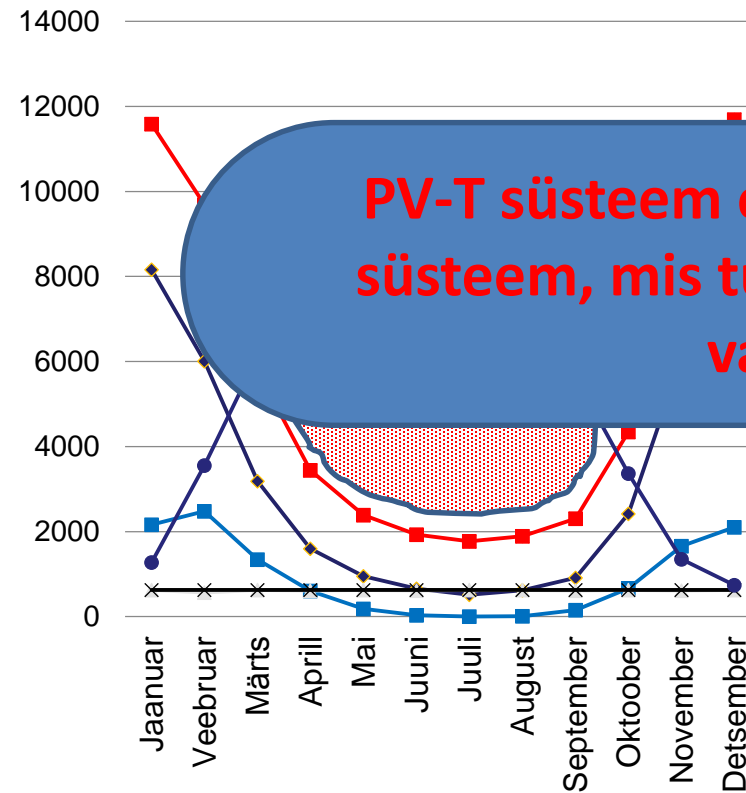




# PV-T: 1400 m<sup>2</sup> pindalaga hoone



Aastane  
soojusenergiakulu, kWh



**PV-T süsteem on klassikaline koostootmise süsteem, mis tuleb dimensioneerida SOOJA vajaduse järgi!!!!**

PV-T süsteemi toodetud soojus, millele pole rakendust (12800 kWh/aastas)

hinda

- Pikendab süsteemi tasuvust
- Tekitab tehnilisi probleeme (süsteemi on tarvis jahutada)

Tõnis Vanaveski arvutused



# Hübriidlahendused

- Oluline leida **üksteist TÄIENDAVAD lahendused**, mitte dubleerivad tehnoloogiad:
  - Biomass (pellet, hake) + solar – talvel pellet, suvel päike
  - Soojuspumbad + PV
- **Dubleerivate tehnoloogiate** (PV + solar termo) puhul on tegu üleinvesteeringuga ja mõlema süsteemi tasuvusaeg pikeneb oluliselt, muutes investeeringu tootluse negatiivseks

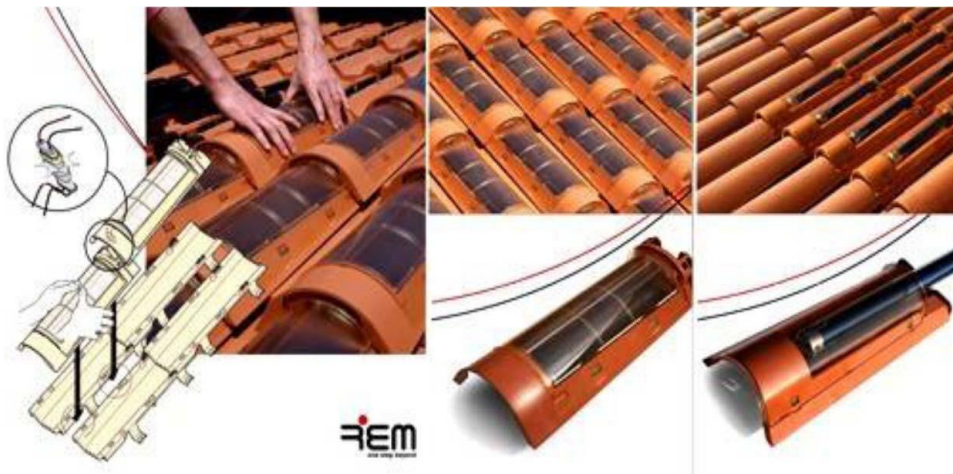
# Erilahendused ja tulevikulahendused



**EPEA**



# Integreeritud PV-mooduliga katusekivid

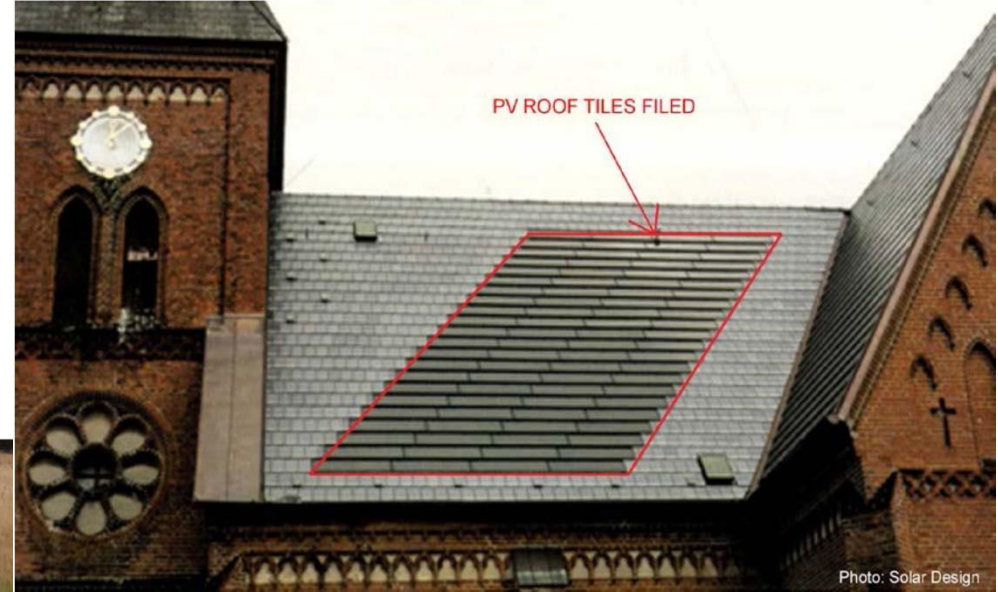
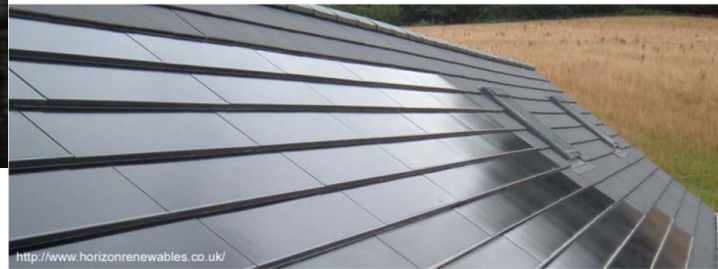




# Katusesse integreeritud PV-moodulid



St Silas Church, Pentonville showing integrated solar PV tiles



Church in Carlow, Germany

















**Päikeseaknad võivad tuleviks teoreetiliselt katta pea kogu hoonetes vajatava elektrienergia**

**Hetkel on tehnoloogia veel väheefektiivne – kõigest ca. 5% kasuteguriga võrreldes tavapaneelide 15-18% kasuteguriga, kuid potentsiaal on jõuda kristallräni paneelidega võrreldava kasuteguri ja hinnani..**

# BIPV (Building Integrated PV)

Aatriumid ja katuseaknad

Examples of PV atria integrations



Examples of glass substitution by PV glass with shading properties (c-Si)





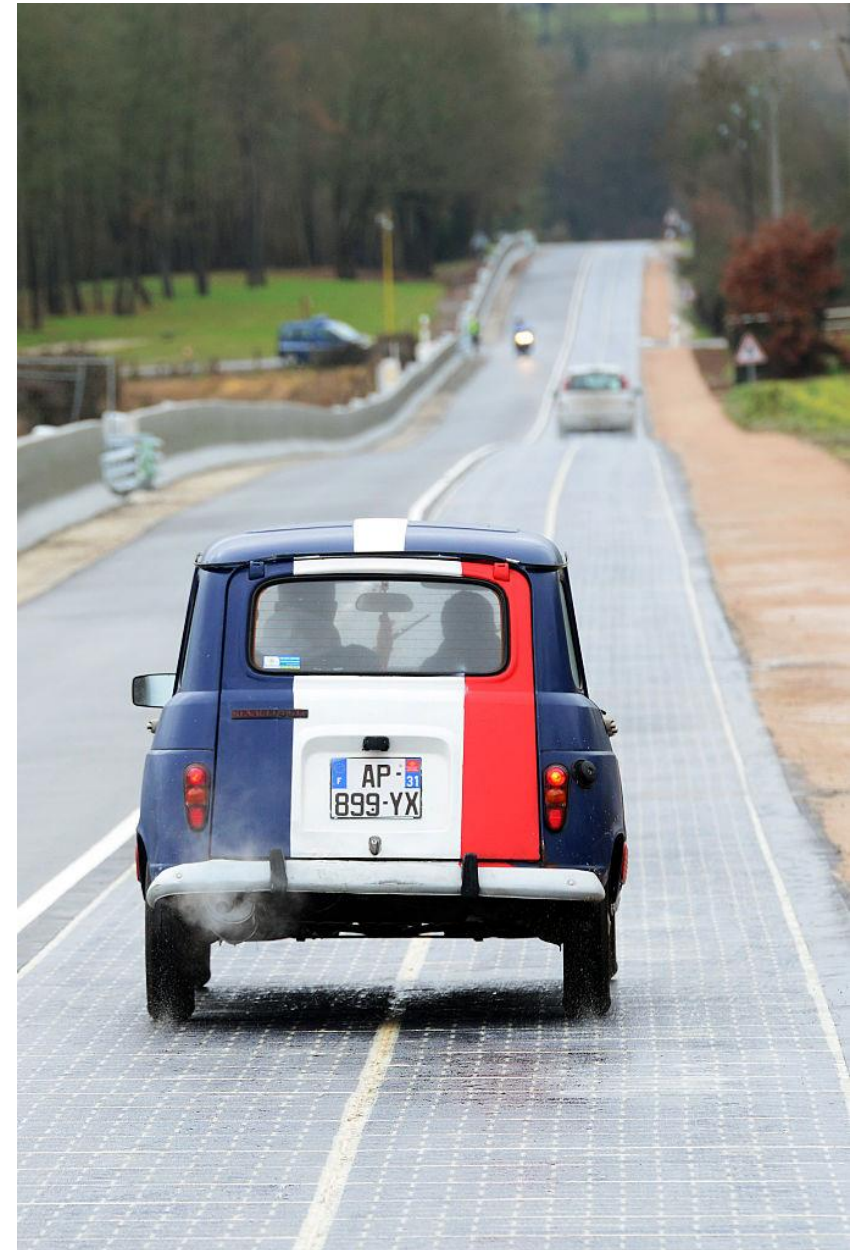
# Isetasuvad (kergliiklus)teed

## Solaroad kergliiklustee P-Hollandis 2014

- Pikkus 70m
- Ehitajaks Hollandi ettevõtte Solaroad
- Pool tavalise betoonkattega ja pool PV-kattega
- 1. aasta toodang LOODETI ligi 10 000 kWh, katab 3 keskmise Hollandi majapidamise aastase elektritarbe, TEGELIK 3000 kWh/a
- Tulevikus ennustatakse selliste teede tasuvusajaks 15 aastat

## WATTWAY sõidutee Prantsusmaal 2016

- Pikkus 1km, paneelide pind 2800m<sup>2</sup>
- Normandias Tourouvre au Perche nimelises külakeses
- Ehitajaks Prantsuse-UK ettevõtte Colas
- Elektrit kasutatakse külakese tänavavalgustuse tarvis
- Maksumus 5M €
- Prognoositav toodang 420 MWh aastas (ca. 140 majapidamise aastane elektrivajadus)
- Eesmärk 1km iga 1000km tee kohta päikesetee





# Mõned näited tulevikust...



Seljaskantav päikeseenergia



Elektrit genereerivad seinad, katused, aknad



Prinditavad ja lahtirullitavad PV moodulid



Päikeseenergiat töötav lennumasin



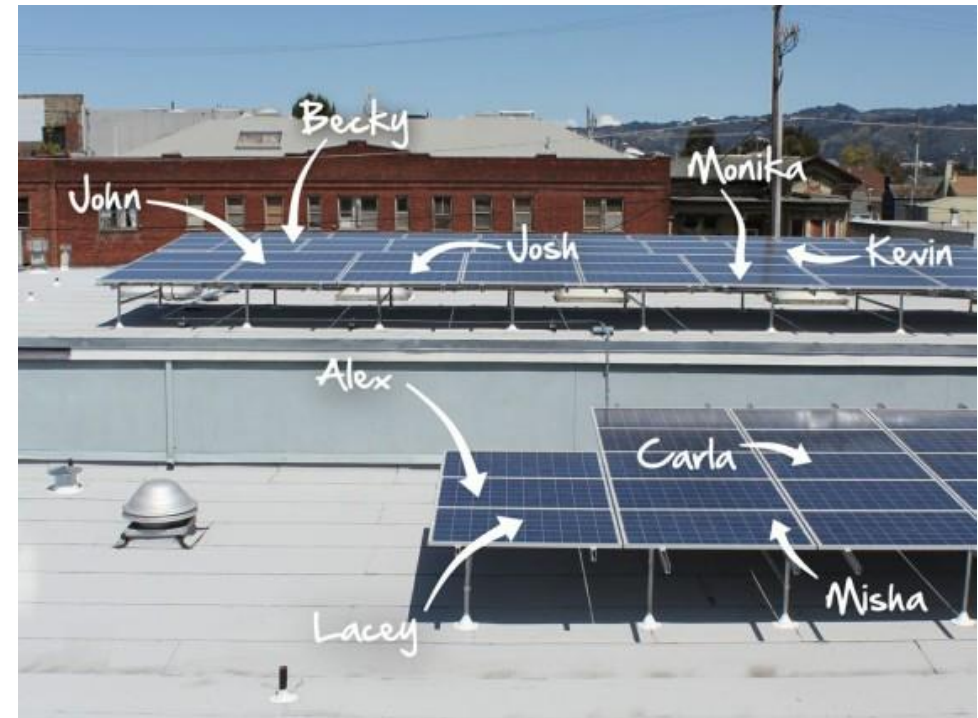
Ujuvad PV-jaamad



# Tehnoloogiline innovatsioon ja ärimudeli innovatsioon



- Kogukondlik ja ühistuline tootmine
- ühisrahastus
- Sotsiaalsed projektid



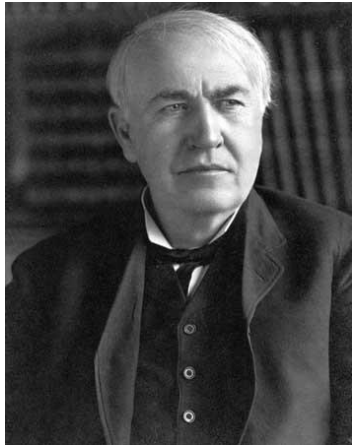


Kõige odavam elekter on  
kokkuhoitud elekter!



# Kokkuvõte

- Lokaalne elektritootmine PV-seadmetega muutumas hoonete loomulikuks osaks
- Tegemist on EELKÕIGE säästuabinõuga, samas ka investering 30 aastaks
- Parima ökonoomika saavutamiseks vajalik süsteemi optimaalne dimensioneerimine lähtuvalt tarbimisest
- Keskenduda tuleb muutujatele, mis on mõjutatavad (tarbimismuster), mitte neile, mis ei ole mõjutatavad (elektri turuhind)
- Salvestustehnoloogiate areng soodustab ka lokaalse tootmise laienemist
- Eesti laiuskraadil on oluline salvestada pigem 6 kuud kui 6 tundi = elektrivõrk kui salvesti
- Erinevaid tehnoloogiaid kombineerides oluline vältida dubleerimist ja seega ka üleinvesteerimist
- Kõigi eelduste kohaselt Eesti laiuskraadil PV jääb valdavalt üksiku hoone või hoonekompleksi lokaalset energiavajadust rahuldavaks tehnoloogiaks, mitte ei kujune üheks energia suurtootmise tehnoloogiaks
- Siiani pole MITTE ÜKSKI pikaajaline prognoos PV tehnoloogia arengu ja hindade dünaamika osas paika pidanud, areng on olnud kiirem kui keegi kunagi seda prognoosida oleks osanud!



“I’d put my money on the sun and solar energy. What a source of power! I hope we don’t have to wait until oil and coal run out before we tackle that.”

Thomas A. Edison, 1931



# TÄNAN!

[andres.meesak@eesti.ee](mailto:andres.meesak@eesti.ee)

Ph: +3725014711