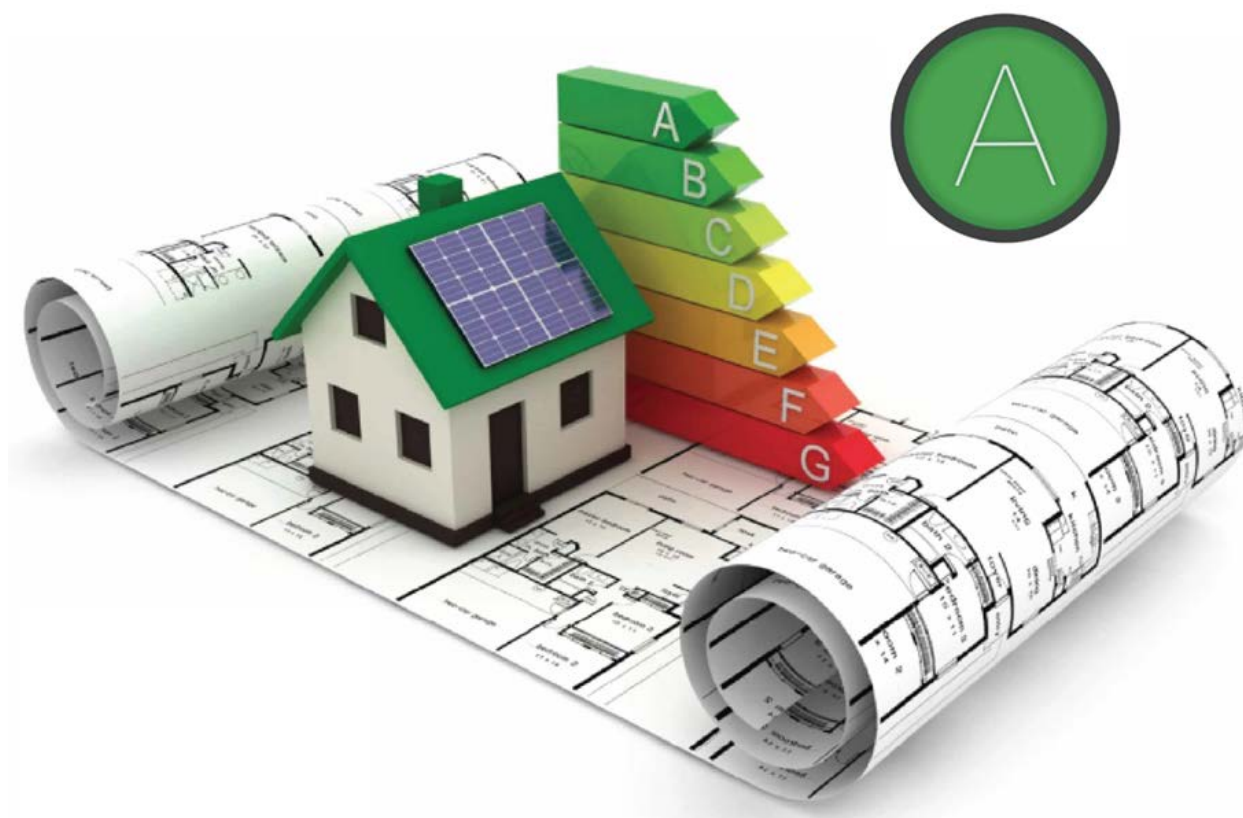




Liginullenergiahoonete lokaalse taastuvelektri vajadus ja tasuvus



Jarek Kurnitski, Ergo Pikas

07.10.2016

Sisukord

Kokkuvõte	3
1 Taust.....	5
2 Uute hoonete ehitusmahud	6
2.1 Uute hoonete ehitusmahtude hindamise meetodika	6
2.2 Hoonemahtude tulemused ENMAK-i, Statistikaameti ja EHR-i põhjal	7
2.3 Järgmise 10 aasta aasta keskmine ehitusmaht	9
3 Päikeseelektrisüsteemide võimsus ja toodang.....	9
4 Päikeseelektrisüsteemide tasuvusarvutus ja taastuenergia toetuse vajadus	10
5 Päikeseelektrisüsteemide tootmise ja paigaldamise uute töökohtade hinnang	16
6 Liginullenergiahoonetega seotud kaugkütte küsimused	17
Lisa 1 Päikeseelektrisüsteemi toodangu omahind (Levelized Cost of Electricity LCOE).....	18
Lisa 2 Elektri börsihinna prognoos.....	24

Töö on tehtud Maailma Energeetikanõukogu ERK tellimusel. Projekti juhtrühmas osalesid:

Mihkel Härm, Maailma Energeetikanõukogu ERK;

Kristel Kosk, Eesti Energia;

Andres Meesak, Eesti Päikeseelektri Assotsiatsioon;

Jarek Kurnitski, TTÜ.

Kokkuvõte

Liginullenergiahoonete ehitamisele üleminek toimub EL-s alates 2019 a algusest avalikes uutes hoonetes ning alates 2021 kõikides uutes hoonetes. Hoonete energiatõhusust parandades on võimalik vähendada energiakasutust teatud piirini. Et viia hoone aastane energiabilanss nulli või selle lähedale tuleb hakata hoonetes tootma lokaalselt taastuvenergiat. Kuna kõik hooned kasutavad elektrit, on vajalik vastavalt liginullenergiahoone definitsioonile lokaalse taastuvelektri tootmine. Kõige tavapärasem ja lihtsam lahendus lokaalse taastuvelektri tootmiseks on päikesepaneelid. Antud töös on välja arvatud kui suure võimsuse ja toodanguga päikeseelektrisüsteeme hakatakse Eestis paigaldama liginullenergiahoonete ehitamise käivitumisel alates 2021 aastast. Arvutustes teostamiseks prognoositi järgmise 10 a ehitusmahte, kuna olemasolevad prognoosid osutusid vastukäivateks viimaste aastate tegelike ehitusmahtudega. Päikesepaneelide vajaduse määramisel lähtuti madal- ja liginullenergiahoone energiatõhususarvu vahest ja oletati, et see kaetakse vastavalt liginullenergiahoone definitsioonile päikesepaneelide taastuvenergiaga. Lisaks arvatati välja Eestis ehitatavate hoonete keskmised ja maksimaalsed päikeseelektrisüsteemide võimsused võrdluseks mitteolulise tootja 200 kW määratlusega ning hinnati süsteemide tasuvust praeguste turuhindade ja tingimuste juures.

Töö tulemused näitavad, et kogu uusehituse hoonefondi peale tuleb igal aastal paigaldatavaks päikeseelektrisüsteemide võimsuseks **24,4 MW ning elektritoodanguks ligikaudu 19 GWh/a**. Enamus päikeseelektrisüsteeme, sh kõik elamute süsteemid on mitteolulised tootjad, kuid 200 kW piir ületatakse üle 10 000 m² büroo- ja muudes hoonetes, mida ei ehitata Eestis küll väga palju, aga siiski pidevalt. Suurte kaubanduskeskuste puhul ületasid võimsused megavati piiri.

Elamutesse paigaldatud päikeseelektrisüsteemid ei osutunud tasuvaks suuremate turgudega võrreldes ebaproportsionaalselt madala elektrihinna tõttu, ning eriti madala elektrivõrku tagasimüügi hinna tõttu. Tasuvuse tagamiseks vajalik taastuvenergiatoetus on 20 a arvutusperioodi puhul **väikeelamutes 0,050 €/kWh ja korterelamutes 0,047 €/kWh elektrivõrku tagasimüüdava kWh kohta**. Juhul kui toetuse maksmine toimub 12 a jooksul, siis vastavad taastuvenergiatoetused on 0,075 ja 0,071 €/kWh. Toetuste arvutamisel ei ole arvestatud saldeerimise mõjuga.

Hoonete kuluoptimaalsuse meetodikast lähtuvalt osutus büroohoonetes päikesepaneelide paigaldamine tasuvaks ja seega mittelelamutes päikesepaneelid ei vaja riikliku toetust. Peamine vahe elamutega tuleneb toodetud energia omatarbimisest, sest päikesepaneelidest toodetud elektrienergia tagasimüümine võrku on väga ebaefektiivne võrreldes ostmata jätmisega.

Uuringus on esitatud ka Euroopa Komisjoni energeetikasektori modelleerimise lähteandmetele tuginev vaade, mille kohase intressiga arvutades on kõikide hooneklasside puhul taastuvenergia toetus päikesepaneelidele vajalik. Vastavateks määradeks kujunes väikeelamute puhul 0,085 €/kWh, korterelamute puhul 0,102 €/kWh ja büroohoonete puhul 0,100 €/kWh. Toetuste arvutamisel ei ole arvestatud saldeerimise mõjuga.

Taastuvenergiatoetust vajavate elamute päikeseelektrisüsteemide elektrivõrku tagasimüüdava toodangu mahuks kujunes **5,6 GWh/a**. Hoonete kuluoptimaalsuse meetodika alusel on **taastuvenergia aastaseks toetusmahuks 250 200 €aastas, mida makstakse 20 a jooksul**. Kui ajutise iseloomuga toetusmeedet rakendatakse 5 a jooksul, siis moodustub 5 a pärast maksimaalseks kumulatiivseks aastaseks toetusmahuks 1,25 M€ Juhul kui toetuse maksmine toimub 12 aasta jooksul, siis moodustub aastaseks toetusmahuks 380 200 €, mis 5 a pärast saavutaks maksimaalse 1,9 M€taseme. See moodustaks 2,64% 2015. aasta taastuvenergiatoetustest.

Energeetikasektori investeeringute modelleerimise vaatest lähtuvalt kujunes taastuenergia aastaseks toetusmahuks 693 000 €aastas, mida makstakse 20 aasta jooksul. Kui toetusmeedet rakendatakse 5 a jooksul, siis moodustub 5 a pärast maksimaalseks kumulatiivseks aastaseks toetusmahuks 3 465 000 € Juhul kui toetuse maksmine toimub 12 aasta jooksul, siis moodustub aastaseks toetusmahuks 974 400 €, mis 5 a pärast saavutaks maksimaalse 4,87 M€kumulatiivse aastase taseme. See moodustaks 6,75% 2015. aasta taastuenergiatoetustest.

Mõlema lähenemisviisi puhul **motiveerib taastuenergiatoetus kuni 200 kW seadmetele kõrgema energiatõhususe saavutamist hoonesektoris, luues eeldused selleks, et Eestis toimuks ilma turutõrgeteta üleminek liginullenergia hoonete rajamisele.** Taastuenergia leevendusmeedet võib pidada ajutiseks; vajadus selle järele kaob hoonete kuluoptimaalsuse meetodikast lähtuvalt elektri börsihinna tõustes 53 €/MWh peale korterelamutes ja 65 €/MWh peale väikeelamutes, kus keskmine süsteemi võimsus on u 8 kW ning ka kõige suuremate majade puhul alla 20 kW. Samuti tuleb arvestada, et tasuvus paraneb edaspidi päikeseelektrisüsteemide maksumuse jätkuva odavnemise tõttu ning samuti taskukohaste akude turule tulekul, mis võimaldaksid oluliselt kasvatada omatarbimise osakaalu.

Antud töös tõstatati ka liginullenergiahoonetega seotud kaugkütte küsimused põhimõttelisel tasemel kuid sellekohased arvutused tuleb teha edaspidi. Kaugkütte jätkusuutliku arengu tagamiseks tuleks toimuvaid arenguid arvestades kaasajastada kaugkütte hinnamudelit kahekomponendiliseks ning tagada kaugkütte reaalne konkurents teiste mitte-monopoolsete küttevõistidega. Seda pooldab ka liginullenergiahoone definitsioon, mille järgi peaks olema võimalik valida antud hoonetele optimaalseim küttevõist, mistõttu kaugkütte liitumise kohustus ei ole põhjendatud. Samuti võimaldavad liginullenergiahoonete väikesed küttevajadused võtta uutes kaugküttepiirkondades kasutusele uusi efektiivseid madalatemperatuurilisi kaugküttelehendusi.

1 Taust

Hoonete energiatõhusust parandades on võimalik vähendada energiakasutust teatud piirini. Et viia hoone aastane energiabilanss nulli või selle lähedale tuleb hakata hoonetes tootma lokaalselt taastuvenergiat. Liginullenergiahoonete ehitamisega alates 2019 aastast avalikus sektoris ja 2021 kõigi uute hoonete puhul kaasneb vajadus lokaalse taastuvelektri kasutusele võtmiseks. Vastavalt MTM määruse nr 55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded¹“ definitsioonile saadakse liginullenergiahoone kui madalenergiahoonele (B-klass) lisatakse sellise tootlikkusega lokaalse taastuvelektri süsteem, mis tagab A-klassi ehk liginullenergia energiatõhususarvu saavutamise. Tabelis 1 toodud energiatõhususarvude nõuded võimaldavad lihtsalt hinnata taastuvelektri vajadust erinevates hoonekategooriates. Näiteks büroohoonetes on liginullenergia ja madalenergia energiatõhususarvu erinevus 30 ühikut. Arvestades elektri kaalumistegurit 2,0 oleks vaja büroohoones toota $30/2,0=15$ kWh/(m² a) lokaalset taastuvelektrit köetava pinna ruutmeetri kohta aastas.

Tabel 1. MTM nr 55 energiatõhususe nõuded, mis väljendatakse summaarse kaalutud energiakasutuse ehk energiatõhususarvuna.

Hoone kasutusotstarve	Liginullenergia- hoone kWh/(m ² a)	Madalenergia- hoone kWh/(m ² a)	Miinimum- nõue kWh/(m ² a)	Oluline rekonstrueerimine kWh/(m ² a)
Väikeelamutes	50	120	160	210
Korterelamutes	100	120	150	180
Büroohoonetes, raamatukogudes ja teadushoonetes	100	130	160	210
Ärihoonetes	130	160	210	270
Avalikes hoonetes	120	150	200	250
Kaubandushoonetes ja terminalides	130	160	230	280
Haridushoonetes	90	120	160	200
Koolieelsetes lasteasutustes	100	140	190	240
Tervishoiuhoonetes	270	300	380	460

Mitmed uuringud (Pikas, Thalfeldt, Kurnitski 2014² ja 2015³) on näidanud, et B-klassi hooneid võib praegusel hetkel pidada kuluoptimaalseteks vastavalt Euroopa Komisjoni delegeeritud määruse (EL) nr 244/2012 elutsükli 30/20 a arvutusmetoodikale nüüdisväärtuse meetodil. Siinjuures tuleb rõhutada, et 2012 aastal kehtestati kuluoptimaalsete nõuetena tabelis 1 toodud MTM nr 55 miinimumnõuded (C-klass), mis näitab, et 2-3 aastaga on toimunud ligikaudu ühe klassi suurune areng. Et täita arendajate ja ehitajate õigustatud ootust kuluoptimaalsusest ka tuleviku liginullenergiahoonetes, peaks olema tagatud lokaalsete taastuvelektri ehk tavaliselt päikeseelektrisüsteemide tasuvus 30 a jooksul elamutes ning 20 aasta jooksul mitteelamutes. Kuna päikeseelektrisüsteemide tehniliseks elueaks loetakse tavaliselt 20 a, siis on järgnevalt kõikides hoonetes kasutatud 20 a arvutusperioodi.

¹ avaldatud Riigi Teatajas <https://www.riigiteataja.ee/akt/105062015015>

² E. Pikas, M. Thalfeldt, J. Kurnitski. Cost optimal and nearly zero energy building solutions for office buildings. *Energy and Buildings* 74 (2014) 30–42 <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.039>

³ Ergo Pikas, Martin Thalfeldt, Jarek Kurnitski, Roode Liias. Extra cost analyses of two apartment buildings for achieving nearly zero and low energy buildings. *Energy* 84 (2015) 623-633. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.026>

Antud töö eesmärgiks on vastavalt uute hoonete ehitusmahtudele välja arvutada kui suure võimsusega ja toodanguga päikeseelektrisüsteeme oleks vaja Eestis paigaldada liginullenergiahoone ehitamise käivitumisel. Lisaks arvutatakse välja Eestis ehitatavate hoonete maksimaalsed päikeseelektrisüsteemide võimsused võrdluseks mitteolulise tootja 200 kW määratlusega ning hinnatakse süsteemide tasuvust praeguste turuhindade ja tingimuste juures. Töö tulemused võimaldavad hinnata võimalike leevendusmeetmete vajadust ning mahte.

2 Uute hoonete ehitusmahud

2.1 Uute hoonete ehitusmahtude hindamise meetodika

Uute hoonete ehitusmahtude ehk suletud netopindala arvutamisel lähtuti 2013 aastal koostatud ENMAK-i uuringust⁴, Statistikaameti andmetest ja Ehitisregistri väljavõtetest. ENMAK-i uuringus lähtuti 2010. aastal kasutusloa saanud hoonetest. Eesmärk on hinnata järgmise 15-16 aasta ehk aastani 2032 ehitusmahtu baseerudes ENMAK-s tehtud ehitusmahtude koostamise eeldustest. ENMAK-i koostatud analüüsid energiatarbimine teenindussektoris ja kodumajapidamistes käsitleb soojustarbimise prognoosi eelduseid ehk ehitusmahtusid 2050. aastani.

ENMAK-i hinnangul on ehitusmahtude kasv teenindussektoris 2010. aasta suhtes perioodil 2010-2020 1,5 %, 2020-2030 1,3 % ja 2030-2032 1,1 %. Elamute puhul on uute hoonete aastaseks juurdekasvuks kõigil perioodidel märgitud 1 %. Kusjuures, elamufondist 55 % moodustab korterelamud ning 45 % eramud.

Eelduste kontrollimiseks on antud uuringus võrreldud ENMAK-i uuringu prognoose Statistikaameti ja Ehitisregistri tulemustega. Statistikaameti andmebaasist pärit andmeid aastatel 2010 kuni 2015 kasutusloa saanud elamute netopindalasisid ning mitteamute netopindalasisid. Täpsemat määratlust pole Statistikaameti andmebaasis võimalus kasutada. EHR-i päringu tegemisel lähtuti järgmistest liigitustest:

Elamud:

11100	Ühe korteriga elamud
11101	Üksikelamu
11102	Ridaelamu või kaksikelamu sektsioon (juhul kui on oma katus ja sissepääs, maapinnalt;)
11103	Suvila, aiamaaja

Korterelamud:

11200	Kahe või mitme korteriga elamud
11210	Kahe korteriga elamud
11211	Kaksikelamu
11212	Muu kahe korteriga elamu
11220	Kolme või enama korteriga elamud

4

http://www.energiatalgud.ee/img_auth.php/5/51/ENMAK_2030_Hoonete_energias%C3%A4%C3%A4stupotentsiaali_uuring.pdf

11221	Ridaelamu,
11222	Muu kolme või enama korteriga elamu

Büroohooned:

12200	Büroohooned
12201	Büroohoone
12202	Pangahoone
12203	Administratiivhoone
12204	Kohtuhoone
12205	Konverentsihoone
12206	Postimaja, sidejaoskond või postkontor
12209	Muu büroo- või administratiivhoone

Lisaks saadi EHR-i päringu tulemusena kõik muud hooned, elamu ja mitteelamu hooned, mis andis võimaluse hinnata kogu ehitussektori mahtu.

2.2 Hoonemahtude tulemused ENMAK-i, Statistikaameti ja EHR-i põhjal

Tabelis 2. on ära toodud ENMAK-i uuringu tulemusel saadud ehitusmahtude prognoosid.

Tabel 2. Ehitusmahtude koondtabel.

Aasta	Hoone kategooria (netopind, m ²)				Kokku
	Eramud	Korterelamud	Büroohooned	Muud hooned	
ENMAK/I tulemused (prognoositud)					
2010-2015	643,860	786,940	353,565	2,230,697	4,015,063
2016-2020	537,437	656,868	295,365	1,863,504	3,353,174
2021-2025	537,437	656,868	295,365	1,863,504	3,353,174
2026-2030	537,437	656,868	295,365	1,863,504	3,353,174
2031-2032	214,975	262,747	118,146	745,402	1,341,270
2010-2032	2,472,222	3,021,604	1,356,824	8,560,415	15,411,064

Tabelis 3. on võrdlusena välja toodud tegelikud ehitusmahud võrreldes ENMAK-i uuringu tulemusel saadud ehitusmahtudega.

Tabel 3. Ehitusmahtude koondtabel.

	Hoone kategooria (netopind, m ²)				
Aasta	Eramud	Korterelamud	Büroohooned	Muud hooned	Kokku
ENMAK/I tulemused (prognoositud)					
2010	106,423	130,073	58,200	367,193	663,899
2011	107,487	131,374	59,073	372,701	672,646
2012	107,487	131,374	59,073	372,701	672,647
2013	107,487	131,374	59,073	372,701	672,648
2014	107,487	131,374	59,073	372,701	672,649
2015	107,487	131,374	59,073	372,701	672,650
Kokku	643,860	786,940	353,565	2,230,697	4,027,138
Statistikaameti tulemused (tegelik)					
2010	107,010	130,790	425,400		663,200
2011	92,655	113,245	326,300		532,200
2012	105,030	128,370	473,600		707,000
2013	112,680	137,720	607,500		857,900
2014	131,580	160,820	529,000		821,400
2015	178,830	218,570	626,700		1,024,100
Kokku	727,785	889,515	2,988,500		4,605,800
EHR tulemused (tegelik)					
2010	143,855	147,170	183,157	482,180	958,372
2011	128,743	118,022	53,752	366,436	668,964
2012	158,359	131,810	80,359	526,231	898,770
2013	160,743	128,622	165,063	596,126	1,052,567
2014	153,915	200,684	26,563	606,954	990,130
2015	208,933	309,695	68,397	576,393	1,165,433
Kokku	954,548	1,036,002	577,291	3,154,320	5,734,236

Võrdlusest selgub, et ENMAK-s prognoositud mahud ja tegelikud mahud nii Statistikaameti kui EHR-i andmetel on erinevad. Oluline osa Statistikaameti ja EHR-i andmete erinevusest tuleneb sellest, et Statistikaametis käsitletakse hoonete puhul ainult elamispindasid (näiteks kortereid), samas EHR-s käsitletakse kogu hoone netopindala, millest on tingitud ka 15-20% erinevus.

2.3 Järgmise 10 aasta aasta keskmine ehitusmaht

Järgmise kümne aasta, aastatel 2017 kuni 2026 arvutuste algaastaks on valitud 2015. Algväärtus valiti 2013-st kuni 2015-ni aastatel ehitatud ehitusmahtude keskmine. Samuti analüüsid aastaid 2010 kuni 2015, muutsime elamute puhul eelduseid, kui ENMAK-is eeldati, et elamufondist 55% moodustab korterelamud ning 45% eramud, siis EHR-i andmete analüüs näitab, et vahekord on 52% korterelamud ning 48% eramud. Seega on tendents mõnevõrra muutunud, inimesed ostavad rohkem maju linnaümbruses olevatesse piirkondades, kuhu ehitatakse kompaktsid eramuid. Nendest eeldustest lähtuvalt on koostatud järgmise ehk 2017 kuni 2026 aastate aasta keskmine ehitusmahu arvutus, mille tulemused on kirjeldatud tabelis 4.

Tabel 4. Keskmise aastase ehitusmahu prognoos.

Kategooria	2017-2026 hoonete ehituse aasta keskmine netopindala, m ² /a
Eramud	187,875
Korterelamud	203,531
Büroohooned	87,870
Muud hooned	601,343
Kokku	1,080,620

Tulemuste lugemisel ja interpreteerimisel peab silmas pidama, et viis aastat on liiga lühike aeg, et hinnata ENMAK-i järelduste paikapidavust. Majandus käitub tsükliliselt ning on eeldada ehitusmahtude vähenemist tulevatel aastatel. Seega ENMAK-i uuringus tehtud eeldused ehitusmahtude arvutamiseks aastatel 2020 kuni 2032 on hea alus uute hoonete energiasäästu ja taastuvenergia vajaduse potentsiaali arvutamiseks.

3 Päikeseelektrisüsteemide võimsus ja toodang

Päikeseelektrisüsteemidega toodetava energia vajadus liginullenergiataseme saavutamiseks on arvatud tabelis 1 toodud madalenergia ja liginullenergiataseme energiatõhususarvude vahest lähtudes. Nende energiatõhususarvude vahe on jagatud elektri kaalumisteguriga, et saada liginullenergiatasemeks vajalik päikeseelektri toodang kWh-des hoone köetava pinna m² kohta (Tabel 5 ETA-komp. ja Toodang veerud).

1 kW päikesepaneelide tootlikkus on arvatud vastavalt MTM nr 58⁵ oletades, et paneelid on suunatud kagusse, lõunasse või edelasse ning paneelide kaldenurk on optimaalne ehk vahemikus 30-70 kraadi. Selliste, optimaalse kaldenurga ja suunatuse eeldustega on päikesepaneeli pinnale tulev aastane päikeseenergia $Q_{p\ddot{a}i} = 1152 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ vastavalt MTM nr 58 § 28 arvutusvalemile. Kuna reaalse hoonestuse puhul ei ole tingimused ideaalsed ning võib tekkida puude ning teiste hoonete poolt põhjustatud varje, siis selle arvestamiseks on rakendatud varutegurit 0,9, mille tulemusel arvutustes kasutatud $Q_{p\ddot{a}i} = 1152 * 0,9 = 1037 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$. Vastavalt MTM nr 58 § 28 valemile tuleb 1 kW võimsusega päikesepaneelide toodanguks mõõduka tuulutusega kinnituse korral $E_{pan} = 1037 * 0,75 = 778 \text{ kWh/a}$. Sellest väärtusest lähtuvalt on arvatud vajalik päikesepaneelide võimsus ühe hoone köetava pinna ruutmeetri

⁵ avaldatud Riigi Teatajas <https://www.riigiteataja.ee/akt/109062015021>

kohta. Rakendades tulemused Tabelis 4 toodud ehitusmahtudele on saadud aastased päikeseelektri toodangud ja võimsused erinevatele hoonekategoriatele, Tabel 5.

Tabel 5. Liginullenergiahoonete aastase päikeseelektrisüsteemide toodangu ja võimsuse arvutus erinevatele hoonekategoriatele.

	ETA-komp. kWh/(m ² a)	Toodang kWh/(m ² a)	Võimsus kW/m ²	Ehitusmaht m ² /a	Toodang MWh/a	Võimsus MW
Väikeelamud	70	35	0.0450	187875	6576	8,5
Korterelamud	20	10	0.0129	203531	2035	2,6
Büroohooned	30	15	0.0193	87870	1318	1,7
Muud hooned	30	15	0.0193	601343	9020	11,6
Kokku				1080619	18949	24,4

Tabeli 5 tulemused näitavad, et näiteks väikeelamutesse paigaldatakse aastas 8,5 MW päikeseelektrisüsteeme, mis toodavad 6576 MWh elektrit aastas. Kogu hoonefondi peale tuleb igal aastal paigaldatavaks päikeseelektrisüsteemide võimsuseks 24,4 MW ning elektritoodanguks ligikaudu 19 GWh/a. Antud toodang moodustab hetkel tühise osa kogu elektritoodangust, kuid kumuleerudes võiks see 20 a pärast jõuda ca 5 %-ni 2015 a elektritarbimisest 7,44 TWh⁶.

Tabelis 6 on hinnatud üksikute päikeseelektrisüsteemide keskmisi ja maksimaalseid võimsusi. Mitteilulise tootja 200 kW piir ületatakse üle 10 000 m² büroo- ja muudes hoonetes, mida ei ehitata Eestis küll väga palju, aga siiski pidevalt. Sellele piirile lähenevaid või ületavaid hooned on näiteks Navigatori büroohoone Laeva 2 ca 8 500 m², Ülemiste Technopolise büroohoone esimene etapp Lõõtsa 8 ca 6 000 m² mille kõrvale kerkib kaks sama suurt torni, või siis viimaste aastate pretsedenditult suurim ehitusobjekt Superministeerium Suur-Ameerika 1 ca 22 500 m². Suurtes kaubanduskeskustes ületavad võimsused megavati piiri. Näiteks Eesti suurimas 92 000 m² Ülemiste keskuses kujuneks päikeseelektrisüsteemi võimsuseks 1,8 MW.

Tabel 6. Üksikute päikeseelektrisüsteemide keskmised ja maksimaalseid võimsusi hoonete keskmiste ja oletatud maksimaalsete netopindade puhul.

	Keskmine netopind m ²	Max netopind kW	Keskmine võimsus kW	Max võimsus kW
Väikeelamud	179	400	8.1	18
Korterelamud	1005	7000	13	90
Büroohooned	4770	20000	92	386
Muud hooned	1000	60000	19	1157

4 Päikeseelektrisüsteemide tasuvusarvutus ja taastuvenergia toetuse vajadus

Antud peatükis on teostatud päikeseelektrisüsteemi tasuvusarvutus ning tehnilise eluea jooksul saavutatava tasuvuse jaoks vajaliku taastuvenergia toetuse hindamine elektri börsihinna 35 €/MWh ja 2,5% reaaltootluse ootuse korral arvutusperioodil 20 aastat. Kasutatud suhteliselt madal reaaltootluse ootus lähtub hoonete kuluoptimaalsuse meetodikast ning tuleb rõhutada, et

⁶ <http://www.stat.ee/34170>

see on oluliselt madalam võrreldes energeetikasektori diskontomääradega. Näiteks EL Komisjoni energiatrendide referentsstsenaariumites⁷ on kasutatud 3-4 korda suuremaid reaaltootlusi nii ettevõtete kui kodutarbijate energeetikainvesteeringutele, et need oleksid turutingimustes atraktiivsed ja käivituksid ootuspäraselt. Suur erinevus on põhjendatud, kuna hoonete puhul tehakse investeerimisotsus kas elamis- või äripinna vajaduse järgi ning sellega kaasnev väikesemahuline taastuvenegiainvesteering ei pea olema eraldi äriprojekt, vaid piisab tasuvuse saavutamisest 20 a jooksul. Võrdluseks on välja toodud tasuvusarvutuse ja vajaliku taastuvenegia toetuse määra hindamise tulemused ka energeetikasektori investeeringute modelleerimise vaatest, kus on aluseks võetud 5% reaaltootluse ootus.

Arvutustes on oletatud, et süsteemi maksumusest hoolduskuludeks kulub väikeelamutes, korterelamutus ja mitteeelamutes vastavalt 1,0, 0,75 ja 0,5%-ti. Arvutustes on kasutatud elektri hindadena 2015 a Eurostati (Eesti) statistilisi keskmisi⁸. Väikeelamutes on valitud elektri ostuhinnaks 2500 – 5000 kWh/a ja üle 5000 kWh/a tarbimise keskmine hind 0,1265 €/kWh koos käibemaksuga. Ühisostuga korterelamute ja samuti mitteeelamute puhul on kasutatud üle 15 000 kWh/a tarbimise hinda 0,943 €/kWh ilma käibemaksuta. Elektrivõrku müügi puhul on kõikidele hoonetele kasutatud 0,35 €/kWh. Mitteeelamute puhul on arvestatud, et ise tarbitud elektri pealt tasutakse aktsiis 0,00447 €/kWh, mis tekitab lisakulu.

Päikesepaneelide süsteemide paigaldamisega kaasnevad kliendile ka ühekordsed liitumistasud, mis on vastavalt 400€(eramud), 700€(korterelamud) ja 1000€(büroo). On lähtutud aastastest reaalintrassist 2,5%, mis vastab tulumäärale 3,5%, kui inflatsioon on 1,0%. Energiahindade reaaleskalatsioonina on kasutatud 1%, millest on tuletatud nüüdisväärtuse tegur raha tänase väärtuse hindamiseks. Arvutus on tehtud aastate lõikes rahavoogudega. Kõik lähteandmed on välja toodud tabelis 7.

Tabel 7. Tasuvusarvutuste lähteandmed.

Kirjeldus	Väikeelamud	Korterelamud	Büroo	Muu
Eratarbija elektri maksumus + KM ja äritarbija elektri maksumus ilma KM, €/kWh	0,1265	0,0943	0,0943	0,0943
Tagasimüügi hind, €/kWh	0,035	0,035	0,035	0,035
Aktsiis, €/kWh	0,0	0,0	0,00447	0,00447
Hoolduskulud, %/CAPEX/a	1,00	0,75	0,50	0,50
Liitumistasu, €	400	700	1000	700
Arvutusperiood, a	20	20	20	20
Toetusperiood	20	20	20	20
Inflatsioon, %	1,0	1,0	1,0	1,0
Eskalatsioon (elekter, hooldus), %	1,0	1,0	1,0	1,0
Eeldatav aastane reaalintrass, %	2,5/5,0	2,5/5,0	2,5/5,0	2,5/5,0
Nüüdisväärtuse tegur	17,17	17,17	17,17	17,17
Investeering ühikhind, €/kW	1050	1000	950	950
Toodang omatarbeks, %	35	60	80	80
Keskmine netopind, m ²	179	1605	4771	743

⁷ <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/energy-modelling>

⁸ Electricity prices components for domestic consumers - annual data (from 2007 onwards) [nrg_pc_204_c]

Tabelis 8 on välja toodud vastavalt hoone kasutusotstarbele keskmine netopind, mis oli omakorda aluseks võimsuste ja toodangu arvutamisel. Eeldatav võimsus ja toodang on tuletatud liginullenergia ja madalenergiahoone vahest. Tuginedes TTÜ ja teistele sarnastele uuringutele, on võetud toodang omatarbeks väikeelamutel 35%, korterelamutel 60%, büroohoonetel 80% ja muudel hoonetel samuti 80%. Sellest on arvatud toodangu jagunemine, mis oli aluseks energiasäästu ja vajaliku toetuse arvutamiseks.

Tabel 8. Toodang, võimsused ja toodangu jagunemine.

Hoonetüüp	Vajalik toodang ja võimsus			Toodangu jagunemine		
	Keskmine netopind m ²	Arvutatud võimsus kW	Arvutatud toodang kWh/a	Toodang omatarbeks %	Toodang omatarbeks kWh/a	Toodang müügiks kWh/a
Väikeelamud	179	8,1	6265	35	2193	4072
Korterelamud	1005	20,6	16050	60	9630	6420
Büroohooned	4771	92,0	71565	80	57252	14313
Muud hooned	743	14,3	11145	80	8916	2229

Võttes aluseks eelpool toodud eelduseid, energiatoodangu jagunemisi on tabelis 9 arvatud 20 aasta investeerimise vajadus, hoolduskulud ja 20 aasta nüüdisväärtus. Lahutades kulude ja 20 aasta nüüdisväärtused üksteisest, saame energiasäästu ja kulude vahe. Tabelist 9 selgub, et hoonete kuluoptimaalsuse meetodikast lähtuvalt on väikeelamutel ja korterelamutel päikesepaneelidest tulenev sääst liiga väike, mis ei kata kõiki kulusid. Seega on arvutuslikult eeldatav riiklik toetus taastuvenergia tagasimüügiks elektrivõrku väikeelamute puhul 0,050 €/kWh ja korterelamute puhul 0,047 €/kWh. Büroohoonete korral on energiasäästu ja kulude vahe positiivne, ehk päikesepaneelide paigaldamine on tasuv. Seega hoonete kuluoptimaalsuse meetodikast lähtuvalt büroohoonetes päikesepaneelid ei vaja riikliku toetust. Peamine vahe elamutega tuleneb toodetud energia omatarbimisest, sest päikesepaneelidest toodetud elektrienergia tagasimüümine võrku on väga ebaefektiivne võrreldes ostmata jätmisega. Tabelis 9 toodud muud hooned on arvatud statistilise keskmise netopinnaga 743 m², millele on raske leida sisulist vastet. Selline väike netopind muudab päikesepaneelid mittetasuvaks liitumistasu tõttu, mis on proportsionaalselt oluliselt suurem kui büroohoone puhul. Suuremate (tavapäraste) muude hoonete puhul on päikesepaneelid tasuvad nagu büroohooneteski ning riiklikku toetust ei vajata.

Tabelist 10 selgub, et energeetikasektori modelleerimise vaatest lähtuvalt on energiasäästu ja kulude vahe kõikide hooneklasside puhul negatiivne ning riiklik toetus päikesepaneelidele on vajalik. Arvutuslikult on eeldatav toetus taastuvenergia tagasimüügiks elektrivõrku väikeelamute puhul 0,085 €/kWh, korterelamute puhul 0,102 €/kWh, büroohoonete puhul 0,100 €/kWh ja muude hoonete puhul 0,121 €/kWh.

Antud toetuste arvutamisel ei ole arvestatud saldeerimise mõjuga. Elektriturseaduse kohaselt loetakse toetusekõlblikuks elektrienergia koguseks tunnisiseselt saldeeritud elektrienergia kogust (s.t. tunnisiseselt füüsiliselt võrku antud elektrienergia kogus, millest on lahutatud samal tunnil tarbitud elektrienergia kogus). Antud loogika on seadusesse lisatud suurte elektriijaamade omatarbe osale toetuse maksmise vältimiseks, kuid elektrienergiat päikesepaneelidega tootva tarbija kontekstis tekitab see olukorra, kus näiteks kodutarbija saab kuni 30% vähem toetust kui tegelike hetkeliste võrku antud elektrienergia koguste järgi peaks saama. Saldeerimise mõju kompenseerimiseks tuleks toetusmäärasid vastavalt tõsta. Arvutustulemused näitavad, et vajadus

elamute taastuenergia toetuse järele kaoks elektri börsihinna tõustes 53 €/MWh peale korterelamutes ja 65 €/MWh peale väikeelamutes hoonete kuluoptimaalsuse meetodikast lähtuvalt. Samas tuleb arvestada, et tasuvus paraneb edaspidi päikeseelektrisüsteemide maksumuse jätkuva odavnemise tõttu ning samuti taskukohaste akude turuletulekul, mis võimaldaksid oluliselt kasvatada omatarbimise osakaalu.

Päikeseelektrisüsteemide tasuvus oli kõige tundlikum päikesepaneelide toodangu suhtes. Arvutustes lähtuti suhteliselt konservatiivsest MTM nr 58 meetodikast ning lisaks rakendati varutegurit 0,9, et arvestada reaalses tingimustes paigaldatud süsteemidele tekkivad varjestusi. Seetõttu on arvutustes kasutatud toodang suhteliselt tagasihoidlik, 1 kW päikesepaneel tootis 778 kWh/a. Paigaldatud süsteemide toodangu andmete kogumine on oluline edaspidiste uuringute teema, sest suuremate toodangute puhul tasuvus paraneb oluliselt.

Tabel 9. Kulud, sääst ja vajalik toetus taastuenergialahenduste paigaldamiseks hoonete kuluoptimaalsuse meetodikast lähtuvalt.

Hoonetüüp	Kulud kokku 20 aastat peale				20 aasta nüüdisväärtus			Vajalik nominaalne toetus	
	Investeeringu ühikhind	Alginvesteering + liitumine	20 aasta hoolduskulud	20 aasta kulud kokku	Energiasääst	Müük	Kokku	Energiasäästu ja kulude vahe	Vajalik taastuenergia toetus
	€/kW	€	€	€	€	€	€	€	€/kWh
Väikeelamud	1050	-8 860	-1 590	-10 449	4 762	2 447	7 209	-3 240	0,050
Korterelamud	1000	-21 340	-2 838	-24 178	15 591	3 858	19 449	-4 730	0,047
Büroohooned	950	-88 432	-7 677	-96 109	92 691	8 601	101 292	5 183	-0,003
Muud hooned	950	-14 316	-1 289	-15 605	14 435	1 339	15 774	169	0,024

Tabel 10. Kulud, sääst ja vajalik toetus taastuenergialahenduste paigaldamiseks energeetikasektori modelleerimise vaatest lähtuvalt.

Hoonetüüp	Kulud kokku 20 aastat peale				20 aasta nüüdisväärtus			Vajalik nominaalne toetus	
	Investeeringu ühikhind	Alginvesteering + liitumine	20 aasta hoolduskulud	20 aasta kulud kokku	Energiasääst	Müük	Kokku	Energiasäästu ja kulude vahe	Vajalik taastuenergia toetus
	€/kW	€	€	€	€	€	€	€	€/kWh
Väikeelamud	1050	-8,860	-1,258	-10,118	3,770	1,937	5,707	-4,411	0,085
Korterelamud	1000	-21,340	-2,247	-23,587	12,341	3,054	15,395	-8,192	0,102
Büroohooned	950	-88,432	-6,077	-94,509	73,372	6,808	80,180	-14,328	0,100
Muud hooned	950	-14,316	-1,020	-15,336	11,426	1,060	12,487	-2,850	0,121

Taastuenergiatoetust vajavate elamute päikeseelektrisüsteemide elektrivõrku tagasimüüdava toodangu maht on vastavalt tabelis 5 arvatud kogutoodangule ning eeldatud omatarbimisele 5.6 GWh/a. Hoonete kuluoptimaalsuse meetodikast lähtuvalt kujuneb taastuenergia aastaseks toetusmahuks tabelis 9 arvatud toetusmääradega 250 200 €/aastas, tabel 11. Tuleb arvestada, et vastavalt eeldustele makstakse antud toetust 20 a jooksul ning kui toetusmeedet rakendatakse 5 a jooksul, siis moodustub 5 a pärast maksimaalseks kumulatiivseks aastaseks toetusmahuks $5 \cdot 250\,200 = 1\,251\,000$ €. Kui toetuse maksmine toimub 12 aasta jooksul, siis on toetus 0,075 €/kWh väikeelamutes ja 0,071 €/kWh

korterelamutes ning aastaseks toetusmahuks kujuneb 380 200 €, mis 5 a pärast saavutaks maksimaalse 1,9 M€taseme. See moodustaks 2,6 % 2015. aasta 72,1 M€taastuenergiatoetuste kogumahust⁹.

Energeetikasektori modelleerimise vaatest kujuneb taastuenergia aastaseks toetusmahuks tabelis 10 arvatud toetusmääradega 693 000 € aastas, tabel 12. Kui toetusmeetet rakendatakse 5 a jooksul, siis moodustub 5 a pärast maksimaalseks kumulatiivseks aastaseks toetusmahuks $5 \cdot 693\,000 = 3\,465\,000$ €. Kui toetuse maksmine toimub 12 aasta jooksul, siis on toetus 0,120 €/kWh väikeelamutes, 0,143 €/kWh korterelamutes, 0,141 €/kWh büroohoonetes ning 0,171 €/kWh muude hoonetes ning aastaseks toetusmahuks kujuneb 974 400 €, mis 5 a pärast saavutaks maksimaalse 4,87 M€aastase kumulatiivse taseme. See moodustaks 6,75% 2015 a taastuenergiatoetuste kogumahust¹⁰.

Tabel 11. Taastuenergiatoetust vajav toodang elamutes ja toetuse aastane maht hoonete kuluoptimaalsuse meetodikast lähtuvalt.

	Toodang (tabelist 5) MWh/a	Toodang müügiks %	Toodang müügiks MWh/a	Taastuenergia toetus 20 a €/kWh	Taastuenergia toetus 12 a €/kWh	Taastuenergia toetus 20 a 1000 €/a	Taastuenergia toetus 12 a 1000 €/a
Väikeelamud	6576	65	4274	0.050	0.075	212,0	322,3
Korterelamud	2035	40	814	0.047	0.071	38,2	58,0
Kokku			5088			250,2	380,2

Tabel 12. Taastuenergiatoetust vajav toodang elamutes ja toetuse aastane maht energeetikasektori modelleerimise vaatest lähtuvalt.

	Toodang (tabelist 5) MWh/a	Toodang Müügiks %	Toodang müügiks MWh/a	Taastuenergia toetus 20 a €/kWh	Taastuenergia toetus 12 a €/kWh	Taastuenergia toetus 20 a 1000 €/a	Taastuenergia toetus 12 a 1000 €/a
Väikeelamud	6,576	65	4,274	0.085	0.120	364,8	513,0
Korterelamud	2,035	40	814	0.102	0.143	82,8	116,4
Büroohooned	1,318	20	264	0.100	0.141	26,4	37,1
Muud hooned	9,020	20	1,804	0.121	0.171	219,0	308,0
Kokku			7,156			693,0	974,4

⁹ <http://elering.ee/valjamaksud-toetused/>

¹⁰ <http://elering.ee/valjamaksud-toetused/>

5 Päikeseelektrisüsteemide tootmise ja paigaldamise uute töökohtade hinnang

Eestis paigaldatud 1MW PV-võimsuse paigaldus pakub praegu ettevõtete statistika alusel hinnanguliselt 12-15 aastaringset töökohta. Kui mahud suurenevad, kogemused ja paigaldustehnoloogiad arenevad siis töökohad tõenäoliselt vähenevad. Euroopa Komisjoni JRC andmed päikeseelektrisüsteemide tootmise ja paigaldamise uute töökohtade loomisest on toodud tabelis 13.

Tabel 13. Päikeseelektrisüsteemide tootmise ja paigaldamise loodud uued töökohad Euroopa Komisjoni JRC andmetel¹¹.

2013	MW	Jobs per MW	Total Jobs	European Share %	Jobs
Operation and maintenance	100,000	0.15	15,000	57	7,350
Construction	18,000	3.20	57,600	20	11,520
Installation	20,000	8.90	178,000	30	53,400
Polysilicon	40,000	0.50	20,000	25	5,000
Cell and module manufacturing	42,000	8.00	336,000	5	16,800
Inverter	38,000	1.3	49,400	40	19,760
Balance of plant	38,000	1.5	55,500	30	16,650
Project development	36,000	0.35	7,000	35	2,450
Financial services	38,000	0.10	3,700	35	1,300
TOTAL			722,200	19%	134,230

Kui oletada, et Eestis toodetakse 30% paigaldatud PV-paneelidest, siis tabelis 5 välja arvatud aastase paigaldusvõimsuse 26,3 MW järgi luuakse uusi töökohtasid järgmiselt:

- Paigaldamine ja hooldus $(8,9+0,15)*26,3= 238$ töökohta aastas;
- PV paneelide ja inverteerite tootmine $(8,0+1,3)*0,3*26,3=73$ töökohta aastas;
- **Kokku 311 töökohta aastas.**

Ligikaudu 300 töökohta tähendab Eesti tingimustes arvestatavat käivet ning maksude laekumist. Näiteks korterelamute renoveerimisel tekitab 1 M€ investering/ehitusmaksumus 17 töökohta¹², mis praeguse KredEx-i toetuse mahuga 102 M€5 a peale tähendab ca 60 M€ eeldatava aastakäibe juures veidi üle 1000 töökoha aastas.

¹¹ Perspectives on Large-Scale Manufacturing of PV in Europe, H. Ossenbrink, A. Jäger Waldau, N. Taylor, I. Pinedo Pascua, S. Szabó, European Commission Joint Research Centre, JRC Science and Policy Report, June 2015

¹² E. Pikas, J. Kurnitski, R. Liias, M. Thalfeldt. Quantification of economic benefits of renovation of apartment buildings as a basis for cost optimal 2030 energy efficiency strategies. *Energy and Buildings* 86 (2015) 151–160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.004>

6 Liginullenergiahoonetega seotud kaugkütte küsimused

Küttevajaduse seisukohalt toovad liginullenergiahooned endaga kaasa kaks olulist muudatust. Kütteenegiavajadus (ruumide kütteks ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks) langeb oluliselt võrreldes praeguste uute C-klassi hoonetega, seda tänu välispiirete paremale soojustusele ja õhupidavusele ning samuti tänu paremale ventilatsiooni soojustagastusele. Liginullenergiahoone nn. tasakaalutemperatuur (välisõhu temperatuur, millest allpool hoone vajab kütet) on oluliselt madalam kui tavahoonetes kuna vabasoojused on proportsionaalselt suuremad ja selle tõttu kütteperiood lühem ning ka küttevajadus väiksem. Küttenegia suur vähenemine ei kajastu aga küttevõimsuse vähenemises, see küll väheneb kuid oluliselt vähem. Küttevõimsus arvutatakse endiselt arvutusliku ruumitemperatuuri 21 °C ja arvutusliku välistemperatuuri (nt Tallinnas -21 °C) vahe järgi. Teiste sõnadega küttesüsteemi dimensioneerimisel vabasoojustega ei arvestata ning ka täiesti tühi liginullenergiahoone peab soe püsima. Kuna vabasoojustega ei arvestata, siis liginullenergiahoone küttevõimsus väheneb ainult parema soojapidavuse arvelt. Samuti on vabasoojuste osakaal arvutusliku välistemperatuuri tingimustes suhteliselt tagasihoidlik. Antud töö raamidesse ei mahtunud energia- ja võimsusvajaduste muutumist illustreerivad arvutused, mis tuleb teha edaspidi.

Antud ehitusfüüsikalised põhitõed tähendavad kaugkütte seisukohast seda, et liginullenergiahooned vajavad endiselt olulist küttevõimsust kuid kasutavad tunduvalt vähem energiat kui tavahooned. See pooldab kahekomponendilist hinnamudelit, kus on üks komponent energiale ning teine komponent võimsusele ehk vooluhulgale (püsitasu). Kahekomponendiline hinnamudel lahendab ka kombineeritud küttesüsteemide küsimused, kus enamuse energiavajadusest kaetakse näiteks soojuspumbaga kuid tipukoormus jääb kaugküttele. Sellise lahenduse korral muudaks võimsuse komponent ehk püsitasu kaugkütte energia nii kalliks, et süsteemidel puuduks tasuvus. Kahekomponendiline hinnamudel lahendab eeldatavasti ka juba tekkinud probleemid korterelamute renoveerimisel, kus väljatõmbeõhu soojuspumbad on tõstnud kaugkütte tagastavat temperatuuri ning jätnud kaugkütte tipukoormuste katja rolli.

Hinnamudeli lisaks on oluline soodustada kaugkütte arengut läbi õiglase konkurentsi. Loomuliku monopoli seisundis olev kaugkütte peab konkureerima reaalselt teiste mitte-monopoolsete kütteviisidega, et kaugkütteeettevõtetel oleks vajadus ja motivatsioon tootmise ning võrkude arendamiseks, mis pikas perspektiivis on kaugkütte arengu seisukohalt ülioluline. Väikese küttevajadusega liginullenergiahoonete puhul ei tohiks lubada tekkida põhjendamatult suuri kaugküttega liitumise kulusid. Kui kaugküttevõrk jääb hoonest liiga kaugemale, siis peaks olema võimalik valida mõni teine kütteviis. Antud loogika kehtib erinevat tüüpi soojuspumpadele, pelletiküttele või puiduhakkele, kuid mitte gaasile. Gaasivõrk moodustab põhimõtteliselt samasuguse loomuliku monopoli taristu nagu kaugküttevõrk ning nende võrkude rajamine samasse piirkonda ei ole taristu dubleerimise tõttu otstarbekas.

Liginullenergiahoonete väike küttevajadus võimaldab rajada uute piirkondade kaugküttevõrgud madalatemperatuuriliste lahendustega (nt plasttorudega), mis aitavad kokku hoida investeeringuid ja ka võrgukadusid.

Kaugkütte jätkusuutliku arengu tagamiseks tuleks toimuvaid arenguid arvestades kaasajastada kaugkütte hinnamudelit ning tagada kaugkütte reaalne konkurents teiste mitte-monopoolsete kütteviisidega. Seda pooldab ka liginullenergiahoone definitsioon, mille järgi peaks olema võimalik valida antud hoonetele optimaalseim kütteviis, mistõttu kaugkütte liitumise kohustus ei ole põhjendatud. Samuti võimaldavad liginullenergiahoonete väikesed küttevajadused võtta uutes kaugküttepiirkondades kasutusele efektiivsemad madalatemperatuurilised kaugküttelehendid.

Lisa 1 Pääkeselektrisüsteemi toodangu omahind (Levelized Cost of Electricity LCOE)

For calculating the LCOE for new plants, the following applies (Konstantin 2009): The calculation for the LCOE is the net present value of total life cycle costs of the project divided by the quantity of energy produced over the system life.

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{t,el}}{(1+i)^t}}$$

- LCOE Levelized cost of electricity in Euro/kWh
- I_0 Investment expenditures in Euro
- A_t Annual total costs in Euro in year t
- $M_{t,el}$ Produced quantity of electricity in the respective year in kWh
- i Real interest rate in %
- n Economic operational lifetime in years
- t Year of lifetime (1, 2, ... n)

The annual total costs are comprised of fixed and variable costs for the operation of the plant, maintenance, service, repairs and insurance payments. The share of external financing and equity financing can be included in the analysis explicitly through the weighted average cost of capital (WACC) over the discounting factor (interest rate). It depends on the amount of equity capital, return on equity capital over lifetime, cost of debt and the share of debt used.

The LCOE is therefore a comparative calculation on a cost basis and not a calculation of the level of feed-in tariffs. It can only be calculated by using additional influence parameters. Rules governing private use, tax law and realized operator earnings make the calculation of a feed-in tariff based on the results for the LCOE more difficult. An additional required qualification is that a calculation of the LCOE does not take into account the significance of the electricity produced within the energy system in any given hour of the year.

- The LCOE equation is one analytical tool that can be used to compare alternative technologies when different scales of operation, investment or operating time periods exist.
- In the LCOE calculation the present value of the annual system operating and maintenance costs is added to the total life cycle cost. These costs include inverter maintenance, panel cleaning, site monitoring, insurance, land leases, financial reporting, general overhead and field repairs, among other items.
- The LCOE represents a "break-even" value that a power provider would need to charge in order to justify an investment in a particular energy project [1].

Lähteandmed päikesejaama elektritoodangu omahinna arvutamiseks vajalikud sisendandmed on toodud tabelis 14.

Tabel 14. Päikesejaama elektritoodangu omahinna sisendväärtused.

	Väikeelamud	Korterelamud	Büroo	Muu
Diskonto tegur	0,025	0,025	0,025	0,025
Inflatsioon, eskalatsioon	0,01	0,01	0,01	0,01
Periood	20	20	20	20
Capital Recovery Factor, %	0,064	0,064	0,064	0,064
Aastased hoolduskulud, % CAPEX	1,00	0,75	0,50	0,50
Investeering, €/Kw	1 050	1 000	950	950
Süsteemi võimsus keskmise hoone suures kohta, kW	8,06	20,64	92,03	14,33
Arvutatud toodang, kWh/a	6 265	16 050	71 565	11 145
Keskmine hoone suurus, m ²	179	1 605	4 771	743
Toodang omatarbeks, %	35	60	80	80
Elektri ostuhind, €/kWh + km	0,127	0,094	0,094	0,094
Elektri tagasimüügihind, €/kWh	0,035	0,035	0,035	0,035

*Investeering per kW on koos paigalduse, liitumise ja km või ilma vastavalt hoone tüübile

Omahinna arvutuskäik on toodud tabelis 15. Päikeseelektrisüsteemi toodangu omahinnaks kujunes:

- Väikeelamutes 0,125 €/kWh;
- Korterelamutes 0,115 €/kWh;
- Büroohonetes ja muudes mitteelamutes 0,107 €/kWh.

Tabel 15. Päikesejaama elektritoodangu omahinna kujunemine.

Väikeleamud

Diskonteerimata
toodanguga Diskonteeritud
toodanguga

Aasta	Investeering, €	Omakapitali tagasimaksud, €	Hooldus- kulud, €	Diskonteeritud hoolduskulud, €	Toodang, kWh/a	Diskonteeritud aastane tootlus	Diskonteeritud tulud, €	LCOE v1, €/kWh	LCOE v2, €/kWh
0	8459.68								
1		542.66	84.60	86.71	6 265.00	6 112.20	409.67	0.100	0.103
2		542.66	84.60	80.52	6 265.00	5 963.12	399.68	0.099	0.105
3		542.66	84.60	78.56	6 265.00	5 817.68	389.93	0.099	0.107
4		542.66	84.60	76.64	6 265.00	5 675.78	380.42	0.099	0.109
5		542.66	84.60	74.77	6 265.00	5 537.35	371.14	0.099	0.112
6		542.66	84.60	72.95	6 265.00	5 402.29	362.09	0.098	0.114
7		542.66	84.60	71.17	6 265.00	5 270.53	353.26	0.098	0.116
8		542.66	84.60	69.43	6 265.00	5 141.98	344.64	0.098	0.119
9		542.66	84.60	67.74	6 265.00	5 016.56	336.24	0.097	0.122
10		542.66	84.60	66.09	6 265.00	4 894.21	328.03	0.097	0.124
11		542.66	84.60	64.48	6 265.00	4 774.84	320.03	0.097	0.127
12		542.66	84.60	62.90	6 265.00	4 658.38	312.23	0.097	0.130
13		542.66	84.60	61.37	6 265.00	4 544.76	304.61	0.096	0.133
14		542.66	84.60	59.87	6 265.00	4 433.91	297.18	0.096	0.136
15		542.66	84.60	58.41	6 265.00	4 325.77	289.93	0.096	0.139
16		542.66	84.60	56.99	6 265.00	4 220.26	282.86	0.096	0.142
17		542.66	84.60	55.60	6 265.00	4 117.33	275.96	0.095	0.145
18		542.66	84.60	54.24	6 265.00	4 016.90	269.23	0.095	0.149
19		542.66	84.60	52.92	6 265.00	3 918.93	262.67	0.095	0.152
20		542.66	84.60	51.63	6 265.00	3 823.35	256.26	0.095	0.155
Kokku		10 853.29	1 691.94	1 322.97	125 300.0	97 666.10	6 546.07	0.097	0.125

Korterelamud

Diskonteerimata
toodangugaDiskonteeritud
toodanguga

Aasta	Investeering, €	Omakapitali tagasimaksud, €	Hooldus- kulud, €	Diskonteeritud hoolduskulud, €	Toodang, kWh/a	Diskonteeritud aastane tootlus	Diskonteeritud tulud, €	LCOE v1, €/kWh	LCOE v2, €/kWh
0	20640.43								
1		1 324.02	154.80	151.03	16 050.00	15 658.54	1 105.18	0.092	0.094
2		1 324.02	154.80	147.34	16 050.00	15 276.62	1 078.22	0.092	0.096
3		1 324.02	154.80	143.75	16 050.00	14 904.02	1 051.93	0.091	0.098
4		1 324.02	154.80	140.24	16 050.00	14 540.51	1 026.27	0.091	0.101
5		1 324.02	154.80	136.82	16 050.00	14 185.86	1 001.24	0.091	0.103
6		1 324.02	154.80	133.49	16 050.00	13 839.86	976.82	0.091	0.105
7		1 324.02	154.80	130.23	16 050.00	13 502.31	952.99	0.091	0.108
8		1 324.02	154.80	127.05	16 050.00	13 172.98	929.75	0.090	0.110
9		1 324.02	154.80	123.96	16 050.00	12 851.69	907.07	0.090	0.113
10		1 324.02	154.80	120.93	16 050.00	12 538.23	884.95	0.090	0.115
11		1 324.02	154.80	117.98	16 050.00	12 232.42	863.36	0.090	0.118
12		1 324.02	154.80	115.10	16 050.00	11 934.07	842.31	0.090	0.121
13		1 324.02	154.80	112.30	16 050.00	11 643.00	821.76	0.089	0.123
14		1 324.02	154.80	109.56	16 050.00	11 359.02	801.72	0.089	0.126
15		1 324.02	154.80	106.89	16 050.00	11 081.97	782.17	0.089	0.129
16		1 324.02	154.80	104.28	16 050.00	10 811.68	763.09	0.089	0.132
17		1 324.02	154.80	101.74	16 050.00	10 547.98	744.48	0.089	0.135
18		1 324.02	154.80	99.25	16 050.00	10 290.71	726.32	0.089	0.138
19		1 324.02	154.80	96.83	16 050.00	10 039.72	708.60	0.089	0.142
20		1 324.02	154.80	94.47	16 050.00	9 794.85	691.32	0.088	0.145
Kokku		26 480.49	3 096.06	2 413.25	321 000.0	250 206.05	17 659.54	0.090	0.115

Büroo

Aasta	Investeering	Omakapitali tagasimaksud, €	Hoolduskulud, €	Diskonteeritud hoolduskulud, €	Toodang, kWh/a	Diskonteeritud aastane tootlus	Diskonteeritud tulud, €	Diskonteerimata toodanguga	Diskonteeritud toodanguga
								LCOE v1, €/kWh	LCOE v2, €/kWh
0	87431.52								
1		5 608.48	437.16	426.50	71 565.00	69 819.51	5 755.92	0.084	0.086
2		5 608.48	437.16	416.09	71 565.00	68 116.60	5 615.53	0.084	0.088
3		5 608.48	437.16	405.94	71 565.00	66 455.22	5 478.57	0.084	0.091
4		5 608.48	437.16	396.04	71 565.00	64 834.36	5 344.94	0.084	0.093
5		5 608.48	437.16	386.38	71 565.00	63 253.03	5 214.58	0.084	0.095
6		5 608.48	437.16	376.96	71 565.00	61 710.28	5 087.40	0.084	0.097
7		5 608.48	437.16	367.77	71 565.00	60 205.15	4 963.31	0.084	0.099
8		5 608.48	437.16	358.80	71 565.00	58 736.73	4 842.26	0.083	0.102
9		5 608.48	437.16	350.04	71 565.00	57 304.13	4 724.15	0.083	0.104
10		5 608.48	437.16	341.51	71 565.00	55 906.46	4 608.93	0.083	0.106
11		5 608.48	437.16	333.18	71 565.00	54 542.89	4 496.52	0.083	0.109
12		5 608.48	437.16	325.05	71 565.00	53 212.58	4 386.84	0.083	0.112
13		5 608.48	437.16	317.12	71 565.00	51 914.71	4 279.85	0.083	0.114
14		5 608.48	437.16	309.39	71 565.00	50 648.50	4 175.46	0.083	0.117
15		5 608.48	437.16	301.84	71 565.00	49 413.17	4 073.62	0.083	0.120
16		5 608.48	437.16	294.48	71 565.00	48 207.97	3 974.26	0.082	0.122
17		5 608.48	437.16	287.30	71 565.00	47 032.16	3 877.33	0.082	0.125
18		5 608.48	437.16	280.29	71 565.00	45 885.04	3 782.76	0.082	0.128
19		5 608.48	437.16	273.45	71 565.00	44 765.89	3 690.50	0.082	0.131
20		5 608.48	437.16	266.78	71 565.00	43 674.04	3 600.49	0.082	0.135
Kokku		112 169.62	8 743.15	6 814.92	1 431 300.00	1 115 638.40	91 973.23	0.083	0.107

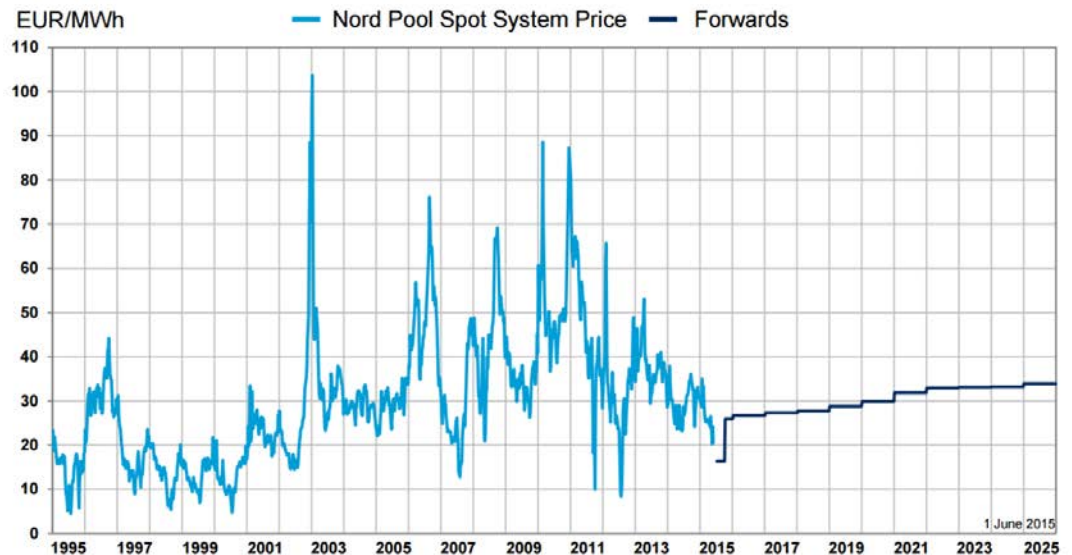
Muu

Diskonteerimata
toodangugaDiskonteeritu
d toodanguga

Aasta	Investeering, €	Omakapitali tagasimaksed, €	Hoolduskulud, €	Diskonteeritud hoolduskulud, €	Toodang, kWh/a	Diskonteeritud aastane tootlus	Diskonteeritud tulud, €	LCOE v1, €/kWh	LCOE v2, €/kWh
0	13615.93								
1		873.42	68.08	66.42	11 145.00	10 873.17	896.38	0.084	0.086
2		873.42	68.08	64.80	11 145.00	10 607.97	874.52	0.084	0.088
3		873.42	68.08	63.22	11 145.00	10 349.24	853.19	0.084	0.091
4		873.42	68.08	61.68	11 145.00	10 096.82	832.38	0.084	0.093
5		873.42	68.08	60.17	11 145.00	9 850.56	812.08	0.084	0.095
6		873.42	68.08	58.70	11 145.00	9 610.30	792.27	0.084	0.097
7		873.42	68.08	57.27	11 145.00	9 375.90	772.95	0.084	0.099
8		873.42	68.08	55.88	11 145.00	9 147.22	754.10	0.083	0.102
9		873.42	68.08	54.51	11 145.00	8 924.12	735.70	0.083	0.104
10		873.42	68.08	53.18	11 145.00	8 706.46	717.76	0.083	0.106
11		873.42	68.08	51.89	11 145.00	8 494.10	700.25	0.083	0.109
12		873.42	68.08	50.62	11 145.00	8 286.93	683.17	0.083	0.112
13		873.42	68.08	49.39	11 145.00	8 084.81	666.51	0.083	0.114
14		873.42	68.08	48.18	11 145.00	7 887.62	650.26	0.083	0.117
15		873.42	68.08	47.01	11 145.00	7 695.24	634.40	0.083	0.120
16		873.42	68.08	45.86	11 145.00	7 507.55	618.92	0.082	0.122
17		873.42	68.08	44.74	11 145.00	7 324.44	603.83	0.082	0.125
18		873.42	68.08	43.65	11 145.00	7 145.79	589.10	0.082	0.128
19		873.42	68.08	42.59	11 145.00	6 971.51	574.73	0.082	0.131
20		873.42	68.08	41.55	11 145.00	6 801.47	560.71	0.082	0.135
Kokku		17 468.46	1 361.59	1 061.30	222 900.0	173 741.21	14 323.23	0.083	0.107

Lisa 2 Elektri börsihinna prognoos

Nord Pool elektri hinna prognoos 2025



Põhjamaade elektrienergia futuuride praegune hind (€MWh, alumisel graafikul sinine joon) aastasse 2020 (ENOYR-20; <http://www.nasdaqomx.com/commodities/market-prices>) viitab sellele, et ülemise joonise süsteemihinna prognoos on pigem optimistlik. Samas tuleb arvestada, et Eesti piirkonnahinna ja süsteemihinna vahel on erinevused, mis vähendab vahet. 2020. aasta perspektiivis ei saa elektrienergia märgatavat kallinemist pidada kuigi tõenäoliseks.

ENOYR-20

