

Metanoinnin kannattavuus

Metanointi maatilalla: tuloksia –webinaari 17.12.2024

Ville Pyykkönen, tutkija, Luonnonvarakeskus (Luke) ville.pyykkonen@luke.fi



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

jamk | biotalous

BGC NORDIC

Biometaanin tuotanto ilman in situ -metanointia: kokoluokka vs. kannattavuus

- Sähkön hinta biokaasulaitokselle 120 €/MWh, lämmön hinta 55 €/MWh
- Rehua 10 % lietalantamäärästä, 30 €/tuoretonni
- Biometaanin myynti 90 €/MWh alv 0 % (vähennetty valmistevero 10 €/MWh)
- Vaihtoehdot: Tiketti 25 €/MWh / ei tikettiä
- Vaihtoehdot: Investointituki 40 % / ei investointitukea

Biometaanin hinta 90 + tiketti 25 €/MWh, ei investointitukea

Lypsyrobotteja	1	2	3	4	5	6	7	8
Lietelanta t/a	1500	3000	4500	6000	7500	9000	10500	12000
Rehusyöte t/a	150	300	450	600	750	900	1050	1200
Biometaania MWh/a	319	638	956	1275	1594	1913	2231	2550
BKL sähkönkulutus MWh/a	52	77	103	128	154	179	204	230
BKL lämmönnkulutus MWh/a	60	114	167	220	272	324	376	428
Investointi €	882 769	926 297	969 824	1 013 352	1 056 880	1 100 408	1 143 935	1 187 463
Tuettu investointi €	882 769	926 297	969 824	1 013 352	1 056 880	1 100 408	1 143 935	1 187 463
Tulos €/a	-82 027	-61 088	-40 094	-19 071	1 969	23 023	44 086	65 157
Takaisinmaksuaika a	Ei	48,7	22,2	14,8	11,4	9,4	8,0	7,1

Biometaanin hinta 90 + tiketti 25 €/MWh, 40 % investointituki

Lypsyrobotteja	1	2	3	4	5	6	7	8
Lietelanta t/a	1500	3000	4500	6000	7500	9000	10500	12000
Rehusyöte t/a	150	300	450	600	750	900	1050	1200
Biometaania MWh/a	319	638	956	1275	1594	1913	2231	2550
BKL sähkönkulutus MWh/a	52	77	103	128	154	179	204	230
BKL lämmönnkulutus MWh/a	60	114	167	220	272	324	376	428
Investointi €	882 769	926 297	969 824	1 013 352	1 056 880	1 100 408	1 143 935	1 187 463
Tuettu investointi €	529 661	555 778	581 895	608 011	634 128	660 245	686 361	712 478
Tulos €/a	-51 433	-29 049	-6 610	15 857	38 343	60 841	83 349	105 865
Takaisinmaksuaika a	Ei	29,2	13,3	8,9	6,8	5,6	4,8	4,3

Biometaanin hinta 90, ei tikettiä, ei investointitukea

Lypsyrobotteja	1	2	3	4	5	6	7	8
Lietelanta t/a	1500	3000	4500	6000	7500	9000	10500	12000
Rehusyöte t/a	150	300	450	600	750	900	1050	1200
Biometaania MWh/a	319	638	956	1275	1594	1913	2231	2550
BKL sähkönkulutus MWh/a	52	77	103	128	154	179	204	230
BKL lämmönnkulutus MWh/a	60	114	167	220	272	324	376	428
Investointi €	882 769	926 297	969 824	1 013 352	1 056 880	1 100 408	1 143 935	1 187 463
Tuettu investointi €	882 769	926 297	969 824	1 013 352	1 056 880	1 100 408	1 143 935	1 187 463
Tulos €/a	-88 402	-73 838	-59 219	-44 572	-29 906	-15 228	-540	14 156
Takaisinmaksuaika a	Ei	148,0	39,6	23,7	17,3	13,9	11,7	10,2

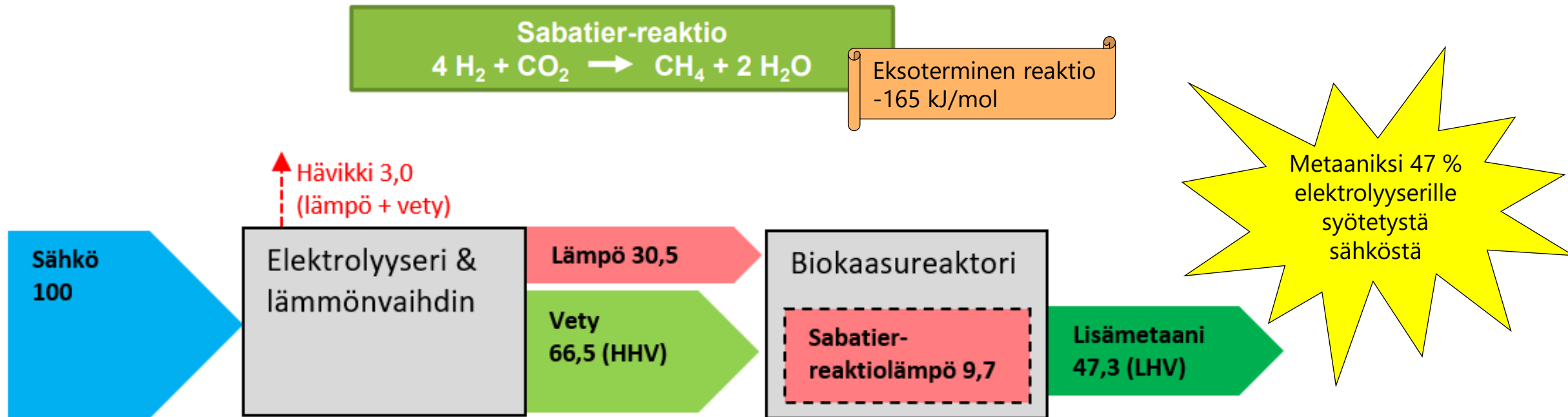
Vedyn tuotanto elektrolyysillä ja in situ -metanointi

- Sabatier-reaktio: $4 \text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- **Vedyn konversioaste** in situ -metanoinnissa:
 - Kaasun kierrätyksen avulla voi olla ~**100 % = tässä oletus**
 - Metanointi maatilalla Jamkin (lyhyissä) kokeissa ilman kaasun kierrätystä **keskimäärin 50 %** (Miia Jämsénin esitys)
- **Hiilidioksidin konversioaste esimerkiksi 50 %:** ilman metanointia CH_4 -pitoisuus 60 % ja metanoinnin jälkeen 80 % (CO_2 -pitoisuus 40 % \rightarrow 20 %)
- Kustannuslaskelmissa oletus: kaasunkierron investointi ja pumppausenergian tarve vähäinen



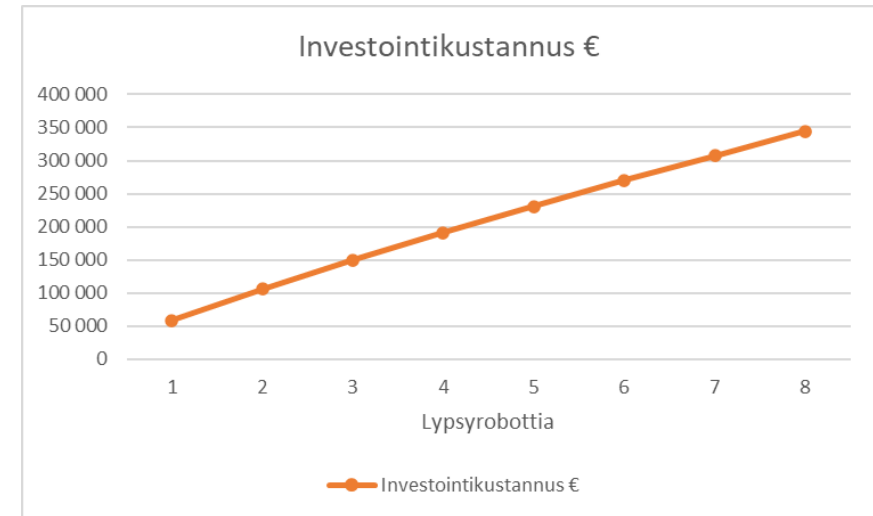
Elektrolyysin ja in situ -metanoinnin energiatase

- **Elektrolyyserille syötetystä sähköenergiasta ~50 % metaaniksi (LHV) ja ~40 % lämmöksi**
 - Pakolliset pienet hävikit: elektrolyyserissä vety ja lämpö, Sabatier-reaktiossa puolet vedystä vedeksi
 - Syötetystä sähköstä 30 % lämpöenergiaksi elektrolyyserissä (60-70 °C) → biokaasureaktoriin tai muualle
 - Syötetystä sähköstä 10 % lämmöksi biokaasureaktorissa → vähentää reaktorin lämmöntarvetta



Elektrolyserin kustannus kokoluokan mukaan (VTT/HABA)

- Kun biokaasulaitos 1-8 lypsyrobotille:
 - Elektrolyserin teho 28-227 kW
 - Investointi 59 000 – 345 000 €
 - Investointi 1500-2100 €/kW
- Oletus: ei investointitukea
- Oletus: kaasunkierro investointi ja pumppausenergian tarve vähäinen → ei laskettu niiden kustannusta



Elektrolyserin kustannukset

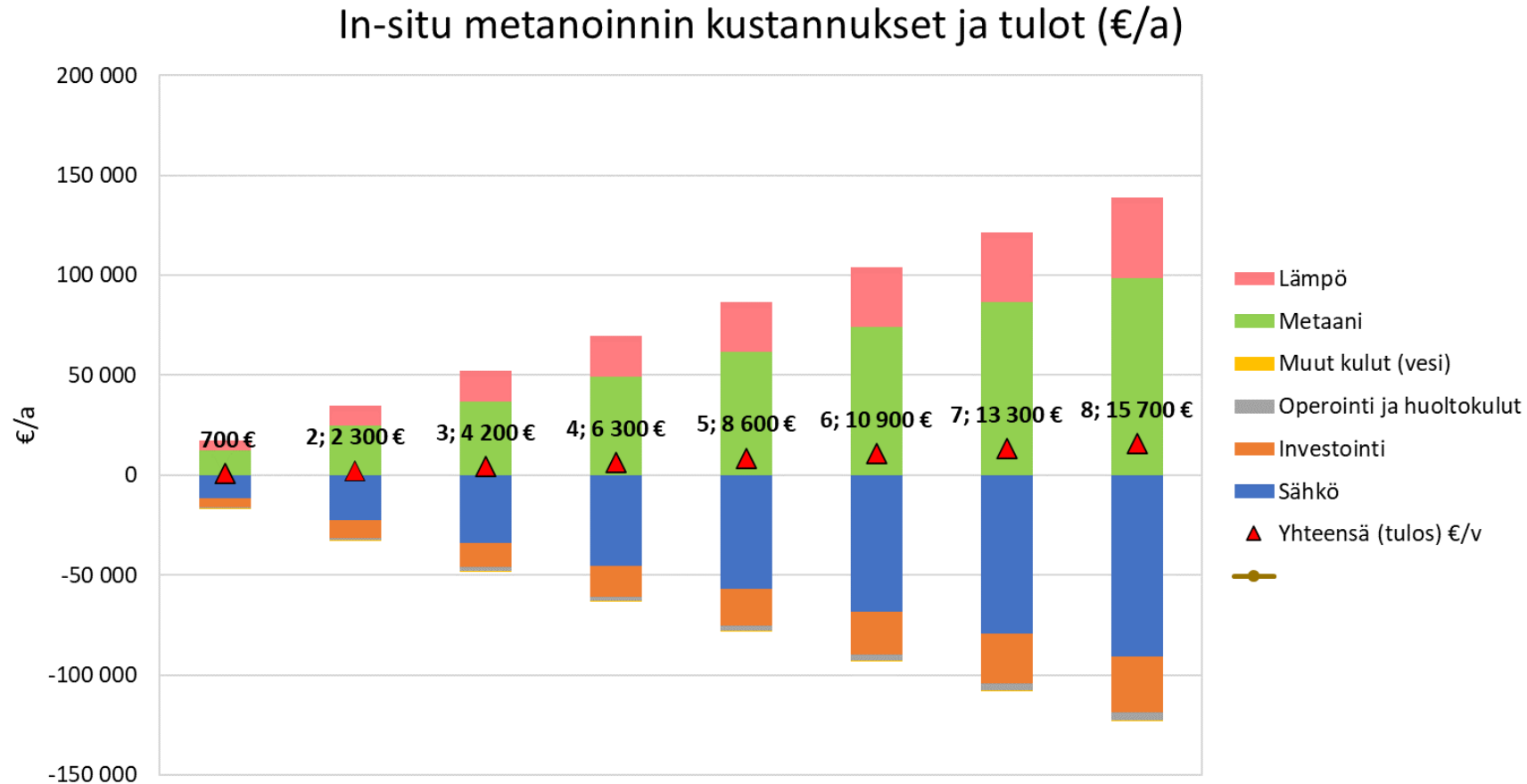
Lypsyrobotia	1	2	3	4	5	6	7	8	
Referenssikustannus	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	1 050	€/kWe
Referenssilaitos	2 650	2 650	2 650	2 650	2 650	2 650	2 650	2 650	kW
Skaalauskerroin elektrolyysi-investoinnille	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	(VTT)
Teho kW	28	57	85	114	142	170	199	227	
Investointikustannus €	58 862	106 099	149 757	191 243	231 185	269 937	307 729	344 716	€
Investointikustannus €/kW	2 074	1 869	1 758	1 684	1 629	1 585	1 549	1 518	
Investointituki	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	
WACC	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	
Käyttöikä	20	20	20	20	20	20	20	20	vuotta
Käyttö- ja ylläpitokust. laskenaperuste	50	50	50	50	50	50	50	50	€/(kg H2)/a
Käyttö- ja ylläpitokust. vuodessa	525	1 050	1 575	2 100	2 625	3 150	3 676	4 201	€/a
Investointi €/a	4 723	8 514	12 017	15 346	18 551	21 660	24 693	27 661	€/a

Elektrolyysin + in situ -metanoinnin kannattavuus

- Jos CO₂ konversioaste 50 % (CH₄-pitoisuus 60 → 80 %), **in situ -metanointi lisää biokaasulaitoksen metaanintuottoa 1/3**
- **Kannattavuuden edellytys on halpa sähkö** sekä elektrolyysin+metanoinnin lämmöntuotannon hyödyntäminen
- **Elektrolyysin + Sabatier-reaktion (metanoinnin)** lämmöntuotto ylittää MESOFIILISEN (37 °C) reaktorin lämmöntarpeen vuosikeskiarvona ja voi **kesäkuukausina** vastata tai ylittää koko maatilaa (ml. biokaasulaitos) lämmönkulutuksen
- Suuren lämmöntuotannon takia/kannalta metanointi saattaa sopia paremmin termofiiliseen biokaasuprosessiin (n. 55 °C)
 - Haasteena voi olla termofiilisen prosessin herkkyys pienillekin lämmönvaihteluille (>1 °C) ← **lisähaaste Sabatier-lämmöntuotosta**
- **CHP-tuotannossa metanointi ei kannata yksittäisellä maitotilalla, jos lämpöä ei saada esim. kaukolämpöverkkoon**
- 1-8 robotin maitotiloilla elektrolyysin **kokoluokan** vaikutus vuotuisiin kustannuksiin on vähäinen
- Mitä korkeampi on lisämetaanista (ja lämmöstä) saatava hinta, sitä kannattavampi EUROMÄÄRÄISESTI (€/vuosi) suuri kokoluokka on pienempään nähden
 - Vastaavasti euromääräinen tappio kasvaa koon kasvaessa, jos ollaan kannattavuusrajan alapuolella

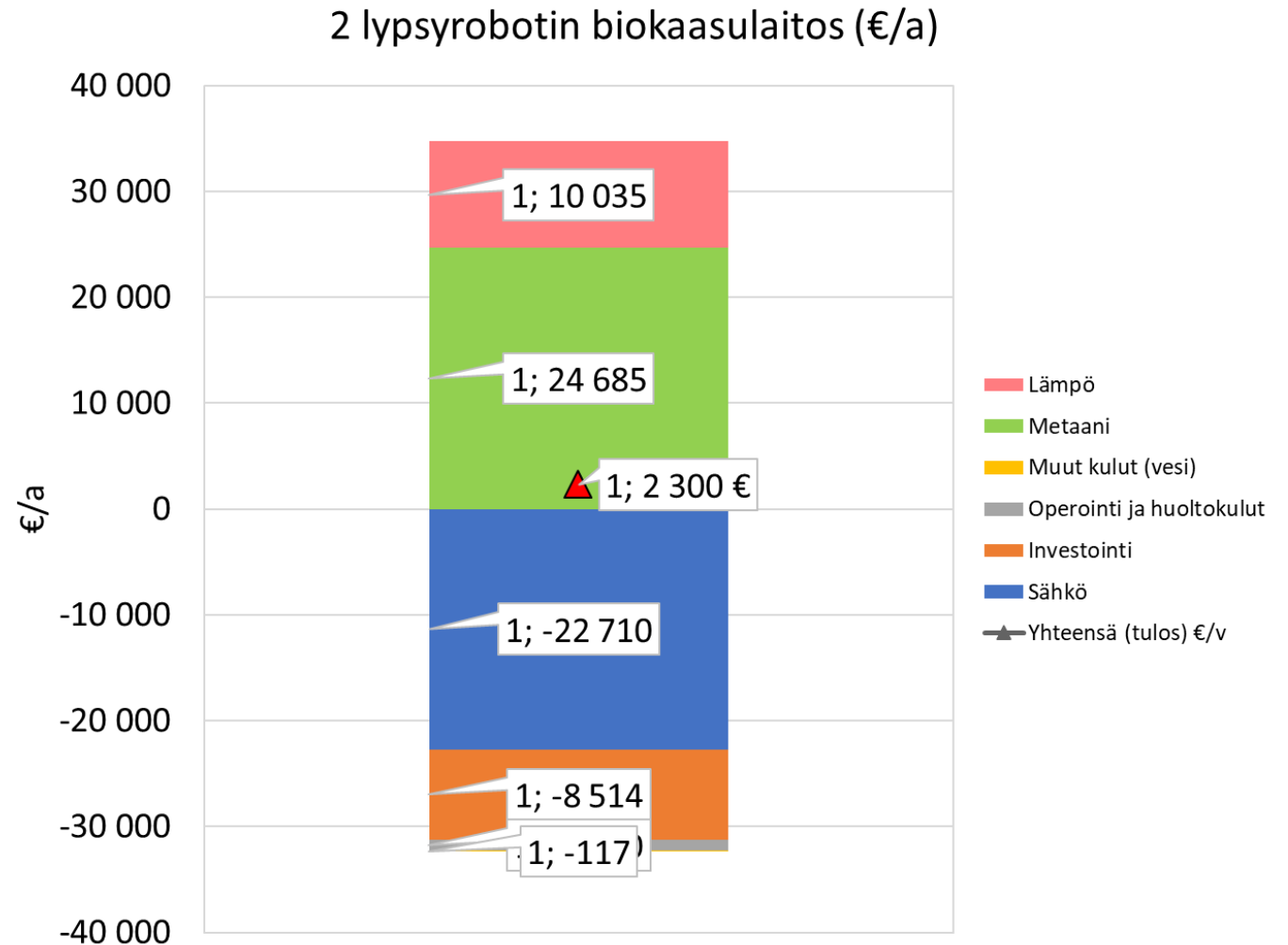
Kannattava esimerkiksi silloin, jos sähkön hinta 50 €/MWh, tuotetun metaanin arvo 115 €/MWh (sis. tiketti 25 €/MWh) ja lämmön arvo 55 €/MWh

- Investoinnin osuus kokonaiskustannuksesta pieni → myös elektrolyysin mittakaavaetu on pieni
- Tässä ei investointitukea



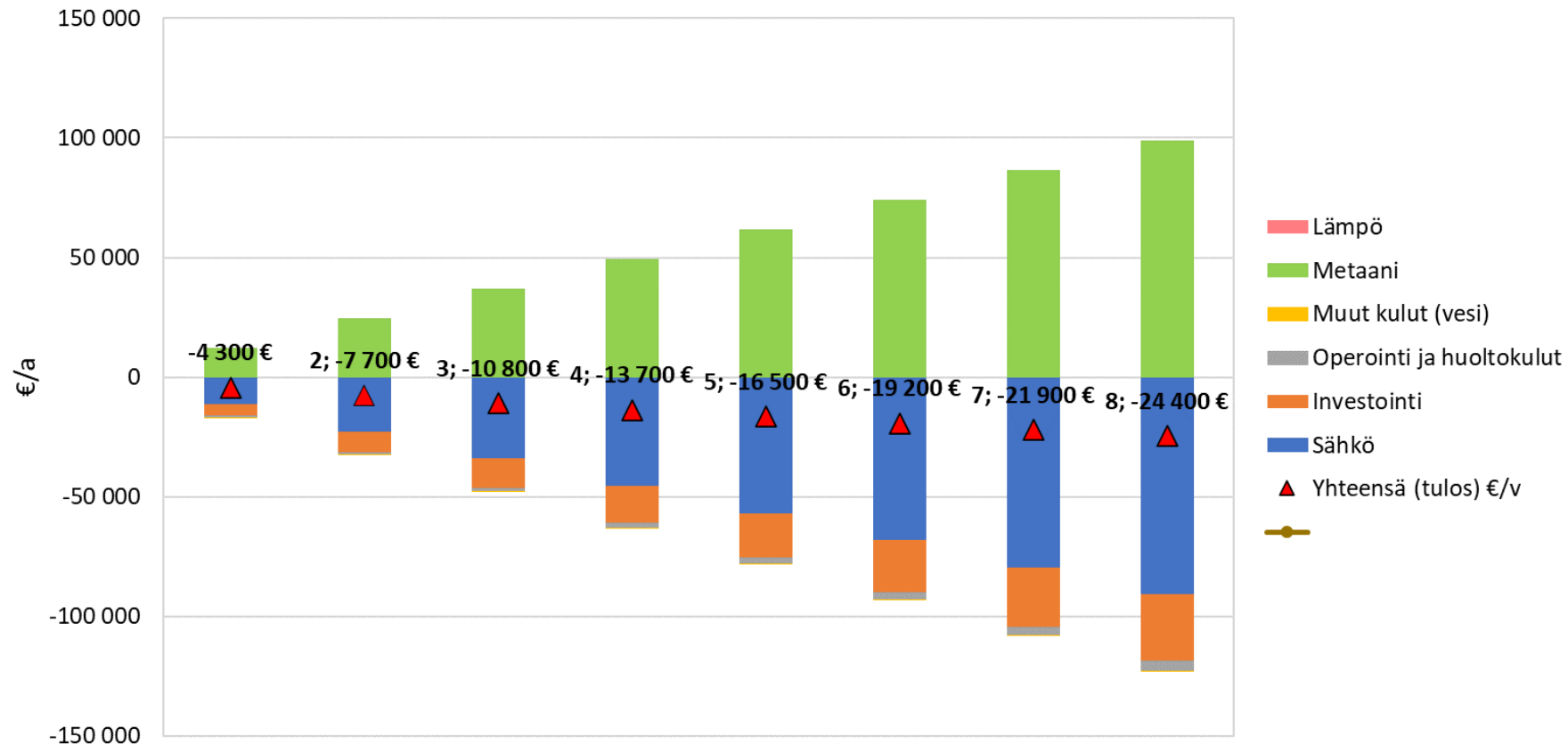
Kustannus- ja tulorakenne 2 lypsyrobotin kokoluokassa: jos sähkö 50 €/MWh, metaani 115 €/MWh ja lämpö 55 €/MWh

- Elektrolyysi-investointi 26 % kokonaiskustannuksista
- Sähkö 70 % kokonaiskustannuksista
- Tulot: 71 % metaanista ja 29 % lämmöstä



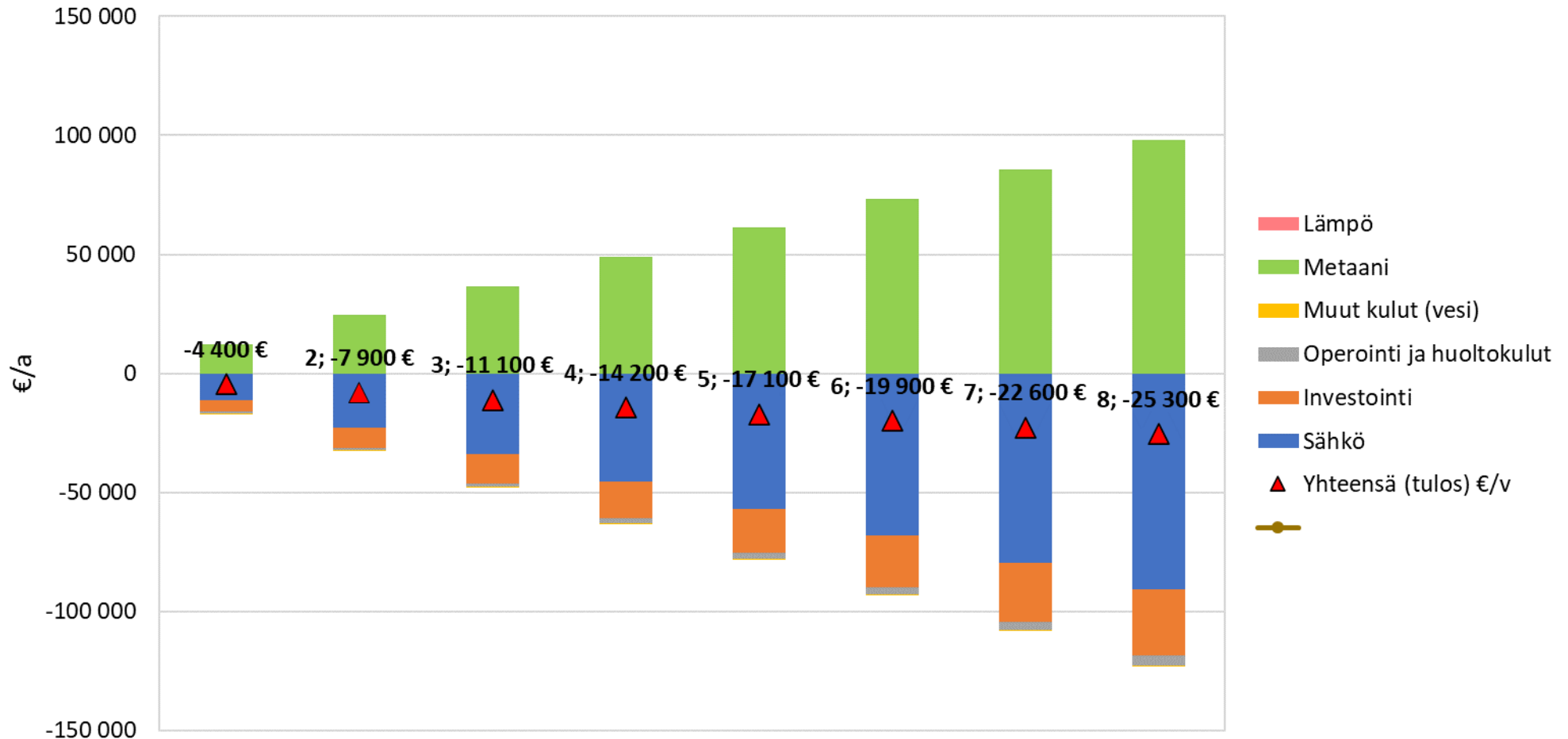
Elektrolyysi ja metanointi: metaani 115 €/MWh (**sis. tiketti 25 €/MWh**) ja lämpöä ei hyödynnetä

In-situ metanoinnin kustannukset ja tulot (€/a)



Elektrolyysi ja metanointi: metaani 90 €/MWh ja lämpöä ei hyödynnetä

In-situ metanoinnin kustannukset ja tulot (€/a)



Kiitos!
ville.pyykkonen@luke.fi



luke.fi