

Ida-Viru maakonna CO₂ kasutamise arengustrateegia 2021–2030+

Riigihanke viitenumber: 227243

Ida-Viru maakond

Detsember 2020

SISUKORD

Sissejuhatus	8
Kokkuvõte ja järeldused	10
1. Põlevkivienergeetika sotsiaalmajanduslik mõju.....	14
1.1. Ida-Virumaa demograafiline prognoos.....	14
1.2. Põlevkivisektori mõju Ida-Virumaale.....	15
2. Süsinikdioksiidi eraldamise tehnoloogiad.....	17
2.1. Eraldustehnoloogiate tööpõhimõtted	17
2.1.1. Kütuste töötlemine enne põletust.....	17
2.1.2. Kütuste põletamine hapnikuga.....	18
2.1.3. CO ₂ eraldamine suitsugaasidest.....	18
2.2. Parimad tavad maailmas	19
2.3. Tehnoloogia maksumus	22
2.4. Tehnoloogia valdajad	22
2.5. Viimase viie aasta tehnoloogiatrendid.....	23
2.6. CO ₂ eraldamise rakendatavusest põlevkivitööstusele	24
3. CCU juhtumiuuringud.....	26
3.1. Ettevõtte Carbon8 konteinerlahendus.....	26
3.1.1. Projekti kirjeldus.....	26
3.1.2. Tehnoloogia kirjeldus.....	26
3.2. Twence CCU-projekt.....	27
3.2.1. Projekti kirjeldus.....	27
3.2.2. Tehnoloogia kirjeldus.....	27
3.3. Tata Chemicals Europe CCU-projekt.....	28
3.3.1. Projekti kirjeldus.....	28
3.3.2. Tehnoloogia kirjeldus.....	28
3.4. CarbonCure Technologies CCU valmislahendus	29
3.4.1. Ettevõtte kirjeldus	29
3.4.2. Tehnoloogia.....	29
4. Põlevkivisektori ettevõtete seisukohad ja valmisolek	30
5. CO₂ eraldamise finantseerimine	32
5.1. Seni teostatud CO ₂ eraldamise projektide finantseerimine	32
5.1.1. Teostatud projektid.....	32
5.1.2. Uudsete tehnoloogiate rahastamise tegurid.....	33
5.1.3. Teostatud projektide toetusmehhanismid	34
5.2. Senised rahastusskeemid	35
5.2.1. Toetusmehhanismid Ameerika Ühendriikides.....	35
5.2.2. Toetusmehhanismid Kanadas.....	36
5.2.3. Toetusmehhanismid Ühendkuningriigis	36
5.2.4. Toetusmehhanismid Euroopa Liidus	37
5.2.5. Õppetunnid senistest toetusmehhanismidest.....	37
5.3. Ülevaade teostatud projektist – Boundary Dam	38
5.3.1. Projekti teostamise eeldused	38
5.3.2. Teostatud projekti edukus ja tulevikuväljavaated	38
5.4. Euroopa Liidu uued toetusprogrammid.....	39
5.4.1. Kliimaneutraalsuse saavutamise ambitsioon.....	39
5.4.2. Õiglase ülemineku mehhanism.....	39
5.4.3. Peamised õiglase ülemineku tegevused Eestis.....	40
5.4.4. Moderniseerimisfond	41
5.4.5. Innovatsioonifond.....	43
5.5. Võimalikud rahastusmeetodid lisaks toetusmehhanismidele	46
6. Ettepanekud ja soovitused toetusmeetmeteks.....	47
6.1.1. Toetusmeetmete vajalikkus.....	47
6.1.2. Võimalikud toetusmehhanismid ja soovitused nende rakendamiseks.....	47

6.1.3.	Potentsiaalsete projektide toetamise ettepanekud	48
7.	CO₂ kvootide pikaajaline mõju põlevkivitööstusele	50
7.1.	Ülevaade CO ₂ kaubandusest, selle loomise taustast ja toimivatest mehhanismidest	50
7.1.1.	Kyoto protokoll	50
7.1.2.	EL HKS – Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteem	50
7.2.	CO ₂ hinna muutused möödunud aastatel ja tehtud reformid.....	52
7.2.1.	EL HKS-i hinnatrendid ja turureformid	52
7.2.2.	Neljas kauplemisperiood.....	52
7.3.	CO ₂ hinna muutuste prognoosid järgnevateks aastateks.....	54
7.3.1.	Hinnaproгноosid.....	54
7.3.2.	CO ₂ eraldamiseks tehtud investeeringute konkurentsivõimelisus võrreldes kvoodihindadega	57
7.4.	CO ₂ hinna muutuste senine mõju põlevkivisektorile.....	58
7.4.1.	Eestis tekkivad kasvuhoonegaasid	58
7.4.2.	Põlevkivisektori süsinikdioksiidi heitkogused	58
7.5.	Prognoositava CO ₂ hinna mõju põlevkivisektorile	60
7.5.1.	Elektrienergia hind	60
7.5.2.	Elektrienergia hinnaproгноos	61
7.5.3.	Järeldused saastekvootide ja elektrienergia hinna mõjust põlevkivisektorile.....	62
8.	CO₂ tarbimine maailmas.....	64
8.1.	Ülevaade praegustest CO ₂ tarbijatest ja tarbimismahtudest.....	64
8.1.1.	Ülemaailmsed heitkogused	64
8.1.2.	Praegune CO ₂ tarbimine	64
8.2.	CO ₂ potentsiaalne tarbimine tulevikus	65
8.3.	HKS heitkoguste vähendamist võimaldav CO ₂ kasutusvaldkond	65
8.3.1.	Prognoositavad CO ₂ kasutamise kogused.....	66
8.3.2.	Potentsiaalsed kasutusvaldkonnad	67
8.3.3.	Suurima mõjuga kasutusvaldkonnad.....	68
8.3.4.	Eeldused tootmisvõimsuste loomiseks	72
9.	Ida-Virumaa süsinikdioksiidi kasutamiseks sobivad planeeringud ja arendusprojektid	74
9.1.	Süsinikdioksiidi kasutamise rakendatavus Ida-Virumaal.....	74
9.2.	Auvere agropark.....	74
9.2.1.	Agropargi potentsiaal ja CO ₂ kasutamine.....	76
9.2.2.	Riskid ning riskide maandamine	76
9.3.	Ragn-Sells põlevkivituha väärimise projekt.....	77
9.3.1.	Põlevkivituha kasutuselevõtmise potentsiaal ja CO ₂ kasutamine	77
9.3.2.	Ragn-Sellsi plaanitav projekt.....	78
9.3.3.	Riskid ning riskide maandamine	80
9.4.	Tööstus- ja äripargid	81
9.4.1.	Riskid ja riskide maandamine.....	81
10.	CO₂ kasutamise stsenaariumid.....	83
10.1.	Stsenaariumite eeldused.....	83
10.2.	Stsenaarium 1: CO ₂ ei kasutata.....	85
10.2.1.	Stsenaariumi eeldused.....	85
10.2.2.	Kirjeldus	85
10.2.3.	Sotsiaalmajanduslik mõju.....	86
10.3.	Stsenaarium 2: CO ₂ väikeses mahus kasutamine	86
10.3.1.	Eeldused.....	86
10.3.2.	Kirjeldus.....	86
10.3.3.	Sotsiaalmajanduslik mõju.....	87
10.4.	Stsenaarium 3: CO ₂ suures mahus kasutamine	88
10.4.1.	Eeldused.....	88
10.4.2.	Kirjeldus	88
10.4.3.	Sotsiaalmajanduslik mõju.....	89

10.5.	Stsenaarium 4: CO ₂ väga suures mahus kasutamine	90
10.5.1.	Eeldused	90
10.5.2.	Kirjeldus	90
10.5.3.	Sotsiaalmajanduslik mõju	90
10.6.	Stsenaariumite võrdlus	91
11.	CO₂ eraldamise investeeringute ning opereerimiskulude tasuvusanalüüs	93
12.	Turundusstrateegia CO₂ eraldamise ja kasutuselevõtu investeeringute Ida-Virumaale toomiseks	95
13.	Energiajulgeolek, elektrienergia kättesaadavus ning põlevkivienergeetika roll	97
13.1.	Ülevaade	97
13.1.1.	Sünkroniseerimine	97
13.1.2.	Vabad liitumisvõimsused	99
13.2.	Varustuskindlus	100
13.2.1.	Eesti elektrienergia põhivõrgu töökindlus	100
13.2.2.	Läänemere regiooni varustuskindluse baasstsenaarium	101
13.2.3.	Läänemere regiooni varustuskindluse väikse süsinikusisalduse stsenaarium	102
13.2.4.	Eesti varustuskindluse hinnang	102
13.2.5.	Tootmisseadmete võimsuse vähenemine	103
13.3.	Elektrivõrku toetavad tehnoloogiad	104
13.3.1.	Energiasalvestus	104
13.3.2.	Ülekandevõimsused	104
14.	Tuuleparkide rajamise piirangud ja võimalikud asukohad	106
14.1.	Geograafiline potentsiaal	106
14.1.1.	Tuuleturbiinide kõrguse mõju tootlikkusele	106
14.1.2.	Ehituslikud piirangud	106
14.1.3.	Ida-Virumaa potentsiaal	108
14.1.4.	Lääne-Eesti avamere-tuulepargid	111
14.1.5.	Lääne-Eesti maismaa-tuulepargid	112
14.2.	Olemasolevad arendusprojektid	113
14.3.	Tuuleenergia Eestis	115
14.3.1.	Tootlikkus	115
14.3.2.	Taastuenergia toetus	117
14.4.	Arengud tuuleturbiinide valdkonnas	117
15.	Taastuenergia- ja vesinikueesmärgid	120
15.1.	Elektrienergia tootmishind	120
15.2.	Vesiniku tootmishind	121
15.3.	Rohelise vesiniku tootmise eesmärgid	121
15.3.1.	Vesinik gaasivõrgus	122
Lisa 1.	Tegevuskava	123
Lisa 2.	Intervjuud Eesti kolme suurima põlevkiviettevõttega	128
Lisa 3.	Intervjuu Ragn-Sells'i projektijuhi Alar Salustega	133
Kasutatud allikad	135	

JOONISTE LOETELU

Joonis 1.1.	Statistikaameti Ida-Viru maakonna rahvastikuproгноos [2]	15
Joonis 2.1.	Gaasistamise protsessidiagramm [12]	17
Joonis 2.2.	Hapnikuga põletamise protsess [12]	18
Joonis 2.3.	Süsinikdioksiidi suitsugaasidest eraldamise protsess	18
Joonis 2.4.	Süsiniku eraldamise, ladustamise ja kasutamise projektid [18]	20
Joonis 2.5.	Tööstuslike CCUS-projektide osakaal [18]	20
Joonis 2.6.	CCUS-projektide geograafiline jaotus [18]	21
Joonis 2.7.	CCUS-projektide tehnoloogiad [18]	21
Joonis 2.8.	1 Mt CO ₂ eraldamise investeeringu maksumus, M€ [20]	22

Joonis 2.9. Projektide jaotus aastatel 2015–2020 [29]	23
Joonis 2.10. Aastate 2015–2020 projektide tase [29].....	24
Joonis 4.1. CO ₂ -heitmete jaotumine Ida-Virumaal [41].....	30
Joonis 5.1. Õiglase ülemineku mehhanismi kolm sammast [51]	40
Joonis 5.2. Innovatsioonifond [56].....	43
Joonis 5.3. Rahastamine Innovatsioonifondist [56]	44
Joonis 5.4. Näide Innovatsioonifondi toetuse kombineerimisest teiste toetusmeetmetega [56].....	45
Joonis 7.1. EL HKS saastekvoodi hinnamuutused alates 2008. aastast [69].....	54
Joonis 7.2. IETA ja IATA turuhinnauuringutes prognoositud saastekvoodihinnad [75]	55
Joonis 7.3. Analüütikute prognoositud saastekvoodihinnad aastateks 2021–2030	56
Joonis 7.4. Saastekvoodi hind mudeli baasstsenaariumi kohaselt aastatel 2019–2050 [79].....	57
Joonis 7.5. Heitkoguste muutus Eesti HKS-sektori ettevõtete seas aastatel 2010–2019 [82]	59
Joonis 7.6. Eesti HKS-sektori käitiste heitkogused aastatel 2017–2019 [82]	59
Joonis 7.7. Elektrienergia järgmise päeva hinnad aastatel 2010–2020 [89].....	60
Joonis 7.8. Elektrienergia hinnaprognosis aastateks 2021–2030 [90].....	61
Joonis 7.9. Saastekvoodi ja elektrienergia hinnaprognosis aastateks 2021–2030	61
Joonis 7.10. Eesti HKS statsionaarsete kütuseid põletavate käitiste heitmed [82]	62
Joonis 7.11. Eesti HKS statsionaarsete õlitööstuse käitiste heitmed [82]	62
Joonis 7.12. Elektrienergia ja saastekvoodi hinna mõju heitkogustele [69], [82], [89]	63
Joonis 7.13. Saastekvoodi ja elektrienergia hinna prognoos aastani 2030 [69], [82], [89]	63
Joonis 8.1. Tarbitud ja prognoositavad CO ₂ tarbimise kogused [93].....	64
Joonis 8.2. CO ₂ kaubandusliku tarbimise valdkonnad [93]	64
Joonis 8.3. Uurea hind [95].....	65
Joonis 8.4. Perspektiivikaimad CO ₂ kasutusvaldkonnad [99].....	69
Joonis 8.5. Teoreetiline maksimaalne CO ₂ kasutus valdkondade kaupa ja selle kliimamõju [93]	70
Joonis 8.6. Metanooli hind [100]	72
Joonis 8.7. CO ₂ -põhised tooted ja vajaminevad sisendid piiratud ladustamisvõimaluste stsenaariumi korral 2060. aastal [93]	73
Joonis 8.8. Potentsiaalne CO ₂ kasutamine strateegiliste meetmete rakendamise mõjul [99].....	73
Joonis 9.1. Auvere agropargi planeeringuala [102]	75
Joonis 9.2. Ragn-Sells'i põlevkivituhha väärindamise projekt [111].....	79
Joonis 10.1. Põlevkiviõli prognoositavad toodangumahud stsenaariumites	85
Joonis 10.2. Põlevkiviõlist saadav lisandväärtus.....	85
Joonis 10.3. S1 CO ₂ heide.....	86
Joonis 10.4. Tööjõuprognosis.....	86
Joonis 10.5. S2 CO ₂ heide ja kasutus.....	87
Joonis 10.6. S2 SKK toodang	87
Joonis 10.7. S2 loodav väärtus	88
Joonis 10.8. Tööjõuprognosis.....	88
Joonis 10.9. S3 CO ₂ heide ja kasutus.....	89
Joonis 10.10. S3 CCU-toodete toodang	89
Joonis 10.11. S3 loodav väärtus.....	89
Joonis 10.12. Tööjõuprognosis	89
Joonis 10.13. S4 CO ₂ heide ja kasutus	90
Joonis 10.14. S4 CCU-toodete toodang	90
Joonis 10.15. S4 loodav väärtus.....	91
Joonis 10.16. Tööjõuprognosis	91
Joonis 11.1. Tasuvusanalüüsis kasutatud CO ₂ hinnaprognosis 2021–2050.....	93
Joonis 12.1. Turundusstrateegia etapid	96
Joonis 13.1. Eesti elektrisüsteemi põhivõrk [121]	97
Joonis 13.2. Sünkroniseerimiseks rekonstrueeritavad ülekandeliinid [122]	98
Joonis 13.3. Sünkroniseerimiseks rekonstrueeritavad ülekandeliinid Kirde-Eestis [123]	98
Joonis 13.4. Tootmissuunaline vaba liitumisvõimsus 2021. (vasak) ja 2025. aastal (parem) [125]	99
Joonis 13.5. Tarbimissuunaline vaba liitumisvõimsus 2021. (vasak) ja 2025. aastal (parem) [125]	99
Joonis 13.6. Eleringi liinide väljalülitumise põhjused ajavahemikus 2012–2018 [123]	100

Joonis 13.7. Piirangutunnid 2025. aastal (h) [129].....	101
Joonis 13.8. Elektrienergia puudujääk 2025. aastal (GWh) [129].....	101
Joonis 13.9. Piirangutunnid 2030. aastal (h) [129].....	102
Joonis 13.10. Elektrienergia puudujääk 2030. aastal (GWh) [129].....	102
Joonis 13.11. Piirangutunnid 2025. aastal (h) [131].....	102
Joonis 13.12. Elektrienergia puudujääk 2025. aastal (GWh) [131].....	102
Joonis 14.1. Võimsustihedus 50 meetri kõrgusel [139].....	106
Joonis 14.2. Võimsustihedus 200 meetri kõrgusel [139].....	106
Joonis 14.3. Kaitseministeeriumi määratud tuuleparkide arendamiseks sobilikud alad maismaal	107
Joonis 14.4. Ida-Virumaa looduskaitsete piirangutega alad [143].....	108
Joonis 14.5. Ida-Virumaa kaevanduste ja maardlate alad [143].....	109
Joonis 14.6. Ida-Virumaa rahvastikutiheduse kaart [143].....	109
Joonis 14.7. Virumaa Soome lahe rannikuala piirangud [144].....	110
Joonis 14.8. Tuuleenergeetika arendamiseks sobilikud alad Lügane vallas [145].....	111
Joonis 14.9. Tuule-energeetika arendamiseks sobilikud merealad Lääne-Eestis [144].....	112
Joonis 14.10. Tuuleenergeetika arendamiseks sobilikud merealad Hiiumaa lähisel [149]	112
Joonis 14.11. Saaremaa tuuleenergeetika potentsiaal [153]	113
Joonis 14.12. Hiiumaa tuuleenergeetika potentsiaal [154]	113
Joonis 14.13. Pärnumaa tuuleenergeetika potentsiaal [155]	113
Joonis 14.14. Läänemaa tuuleenergeetika potentsiaal [156].....	113
Joonis 14.15. Eesti tarbimine.....	115
Joonis 14.16. Tuuleenergia koormusgraafik.....	115
Joonis 14.17. Tuuleenergia koormustegur	115
Joonis 14.18. Tuuleenergia koormustegur	115
Joonis 14.19. Praegune võimsusgraafik	116
Joonis 14.20. 2019. aasta hinnagraafik	116
Joonis 14.21. Taastuvelektrienergia toodang.....	116
Joonis 14.22. Tuule- ja päikesevõimsuse muutus.....	116
Joonis 14.23. Tuuleenergiaeesmärgid	116
Joonis 14.24. Päikeseenergiaeesmärgid	116
Joonis 14.25. Tuuleenergia võimsus 2030. aasta eesmärgi täitmisel	117
Joonis 14.26. Maismaaturbiinide erikulu prognoos [139]	118
Joonis 14.27. Avamereturbiinide erikulu prognoos [139]	118
Joonis 14.28. Maismaaturbiinide võimsusteguri prognoos [139]	118
Joonis 14.29. Avamereturbiinide võimsusteguri prognoos [139]	118
Joonis 14.30. Maismaaturbiinide võimsuse prognoos [159]	119
Joonis 14.31. Avamereturbiinide võimsuse prognoos [159]	119
Joonis 15.1. Elektrienergia LCOE hinnad [161], [162], [163]	120
Joonis 15.2. Tuuleenergia elueahind	120
Joonis 15.3. Päikeseenergia elueahind	120
Joonis 15.4. Vesiniku (H ₂) tootmishind [165], [166]	121
Joonis 15.5. Vesiniku potentsiaal [168]	122
Joonis 15.6. Vesiniku erikulu [168].....	122
Joonis 15.7. Rohelise ja fossiilkütusest toodetud vesiniku hinnavõrdlus [168]	122

TABELITE LOETELU

Tabel 1.1 Kuu keskmine brutotöötasu maakondades [4].....	14
Tabel 1.2. Põlevkivisektori ettevõtete keskmine töötajate arv ja maksujalajalg 2019. aastal [7]	16
Tabel 2.1. Gaasistamise plussid ja miinused [12]	17
Tabel 2.2. Hapnikuga põletamise plussid ja miinused [12]	18
Tabel 2.3. Süsinikdioksiidi suitsugaasidest eraldamise plussid ja miinused	19
Tabel 2.4. Suuremahulised energiatööstuse CCS-projektid.....	22
Tabel 2.5. CC-tehnoloogia valdajad.....	23

Tabel 3.1. Carbon8 Systems konteinerlahenduse kokkuvõte	26
Tabel 3.2. NaHCO ₃ Eco-Innovation projekti kokkuvõte	27
Tabel 3.3. TCE CCU-projekti kokkuvõte	28
Tabel 3.4. CarbonCure valmislahenduse kokkuvõte	29
Tabel 5.1. Suuremahulised ärilised CCUS-käitised 2020. aastal [42]	32
Tabel 5.2. Toimivate suuremahuliste CCUS-rajatiste toetusmeetmed [42]	34
Tabel 6.1. SKK tootmise diskonteeritud tasuvusaja sõltuvus toetuse osakaalust	49
Tabel 6.2. Metanooli tootmise diskonteeritud tasuvusaja sõltuvus toetuse osakaalust	49
Tabel 6.3. Polüuretaani tootmise diskonteeritud tasuvusaja sõltuvus toetuse osakaalust	49
Tabel 7.1. Elektrienergia järgmise päeva hinnad [89]	60
Tabel 8.1. Uurea tootmise näitajad [94]	65
Tabel 8.2. Prognoositavad globaalsed CO ₂ tarbimise kogused [93]	67
Tabel 8.3. Praegused CO ₂ tarbimise võimalused [98]	67
Tabel 8.4. Ülevaade küpsetest CO ₂ -põhistest toodetest ja lahendustest [93]	70
Tabel 8.5. FT protsessiga vedelkütuse tootmise näitajad [94]	71
Tabel 8.6. Metanooli tootmise näitajad [94]	71
Tabel 9.1. Agropargi projektiga kaasnevad võimalikud riskid ja ohud	76
Tabel 9.2. Agropargi projektiga kaasnevate võimalike riskide ja ohtude maandamine	76
Tabel 9.3. Ragn-Sells'i projektiga kaasnevad võimalikud riskid ja ohud	80
Tabel 9.4. Ragn-Sells'i projektiga kaasnevate võimalike riskide ja ohtude maandamine	80
Tabel 9.5. Tööstus- ja äriparkidega kaasnevad võimalikud riskid ja ohud	82
Tabel 9.6. Tööstus- ja äriparkidega kaasnevate võimalike riskide ja ohtude maandamine	82
Tabel 10.1. Stsenaariumites kasutatud toodete omahinnad ja turuhinnad [101], [115], [116], [117], [118], [119]	84
Tabel 10.2. Stsenaariumite sisendite hinnaprognosid [120]	84
Tabel 10.3. Stsenaariumite investeeringud	91
Tabel 11.1. Tasuvusanalüüsis kasutatud referentsprojekti väärtused	93
Tabel 11.2. Investeeringutoetuse osakaalu ja CO ₂ kvoodi hinna mõju suhtelisele NPV-le t CO ₂ kohta	94
Tabel 12.1. Võimalikud koostööettevõtted/organisatsioonid Eestis	96
Tabel 12.2. Välismaised CCU-ettevõtted	96
Tabel 14.1. Tuuleparkide arendusprojektid [157]	114
Tabel 14.2. Taastuvenergia vähempakkumiste oksjonite mahud [158]	117
Tabel 15.1. Näidisarvutus Eesti tingimustes	121
Tabel L2.1. Intervjuud Eesti kolme suurima põlevkiviettevõttega	128
Tabel L3.1. Intervjuu Ragn-Sells'i projektijuhiga Alar Salustega	133

SISSEJUHATUS

Ida-Viru maakonna CO₂ kasutamise arengustrateegia koostamist rahastati Rahandusministeeriumi toetatud projekti „Süsinikuheitmete kasutamise arengustrateegia koos tööstussümbioosi piloodiga“ raames. Töö tellis Sihtasutus Ida-Virumaa Tööstusalade Arendus. Projekti eesmärk on koostada Ida-Viru maakonna CO₂-heitmete kasutamise arengustrateegia, mille keskmeks on põlevkivitööstuse pikaajaline säilimine, tööstusliku süsinikdioksiidi kasutamine ja rakendamine tööstussümbioosis ja ringmajanduses ning kliimaneutraalsuse saavutamine aastaks 2050.

Töö koostas ettevõtte Energex Energy Experts OÜ ekspertidest koosnev meeskond. Energex Energy Experts on inseneri- ja konsultatsiooniteenuste ettevõtte, mis on spetsialiseerunud energeetikale, digitaliseerimisele, tootmistehnoloogiatele ja -protsessidele. Energexi missioon on aidata kaasa klientide majanduslikule, sotsiaalsele ja keskkonnasäästlikule arengule ning panustada seeläbi jätkusuutliku tuleviku loomisesse.

Projekti juht Leo Rummel kinnitab, et arengustrateegia koostanud meeskond on olnud sõltumatu ja erapooletu.

Energex Energy Experts OÜ tänab abi ja koostöö eest sihtasutust Ida-Virumaa Tööstusalade Arendus, Ida-Virumaa Omavalitsuste Liitu, Eesti Energiat, Kiviõli Keemiatööstust, Viru Keemia Gruppi, Eesti Elektritööstuste Liitu, Eesti Keemiatööstuse Liitu, Rahandusministeeriumit, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumit, Ragn-Sells, Hendrikson & Ko-d, Tartu Ülikooli Narva Kolledžit, Tallinna Tehnikaülikooli Virumaa Kolledžit ja Poliitikauuringute Keskus Praxis SA-d.

Metoodika

Ida-Viru maakonna CO₂ kasutamise arengustrateegia koostati vastavalt riigihankes „Ida-Viru maakonna CO₂ kasutamise arengustrateegia koostamine“ (RHR nr 227243) toodud lähteülesandele.

Arengustrateegia koostamisel teostati alljärgnevad tööd:

- koguti erinevate allikatest kokku ja töötati läbi lähtematerjalid;
- viidi läbi intervjuud kolme põlevkivisektori suurema ettevõttega ja Ragn-Sells põlevkivituhast CaCO₃ tootmise projektijuhi Alar Salustega;
- koostati vastused arengustrateegia lähteülesandes püstitatud küsimustele ning jagati need aruandes peatükkideks;
- koostati põlevkivisektori suitsugaasidest CO₂ püüdmise, puhastamise ja kasutamise stsenaariumid ning nende sotsiaalmajanduslike mõjude analüüs Ida-Virumaal aastateks 2030, 2040 ja 2050;
- koostati nelja globaalselt parima praktika juhtumianalüüsid suitsugaasidest CO₂ püüdmiseks, puhastamiseks ja kasutamiseks tööstussümbioosis, tehnoloogia selgitustega;
- koostati CO₂ püüdmise ja puhastamise investeringute ja opereerimiskulude tasuvusanalüüs;
- koostati ettepanekud ja soovitused Ida-Virumaa CO₂ püüdmise, puhastamise ja rakendamise valdkonna toetusmeetmeteks 2021–2027 eelarveperioodiks (s.h. Õiglase Ülemineku Fond, Struktuurifondid, Riigieelarve jne);
- teostati põlevkivienergeetika vs taastuvenergia analüüs.

Arengustrateegia koostamine jagunes mitmeks etapiks:

1. Avaseminar

23.10.2020 toimus Ida-Viru maakonna CO₂ kasutamise arengustrateegia avaseminar. Avaseminaril tutvustati projekti meeskonda, lähteülesannet, metoodikat ja ajakava.

2. Ettevalmistus

Ettevalmistuse etapis koguti ning töötati läbi analüüsiks vajalik materjal. Viidi läbi intervjuud kolme suurima põlevkiviettevõttega: Eesti Energia, Viru Keemia Grupp ja Kiviõli Keemiatööstus.

3. Analüüsi koostamine

Koostamise etapis koostati esialgsed vastused tellija poolt hanke lähteülesandes toodud küsimustele.

4. Vaheseminar

30.11.2020 toimus arengustrateegia vaheseminar. Vaheseminaril tutvustati arengustrateegia vahetulemusi huvigruppidele.

5. Lõpparuande koostamine

Aruande täiendamine vastavalt tellija ja kolme suurima põlevkivisektori ettevõtte tagasisidele. Lõpparuanne esitati tellijale ülevaatamiseks 31.12.2020.

6. Lõpuseminar

Lõpuseminar toimub 15.01.2021. Lõpuseminaril esitletakse valminud arengustrateegiat.

Uurimisküsimustele vastamisel tugineti kirjanduslikele allikatele ja teostatud intervjuudele. Huvigruppide kaasamiseks viidi läbi uuringut tutvustav avaseminar ja vahetulemusi tutvustav vaheseminar.

Koostatud tegevuskava on toodud käesoleva aruande lisana (Lisa 1).

Jalus

Dokumendi jalust illustreerivad Readingu ülikooli kliimaprofessor Ed Hawkinsi koostatud Eesti kliimatriibud. Iga individuaalne triip illustreerib Eesti keskmist õhutemperatuuri aastatel 1901–2019. Kliimatriipude eesmärk on esitada kliimamuutuste trendi minimalistliku graafika kaudu: mida punasem on triip, seda kõrgem oli vastava aasta keskmine õhutemperatuur, ja mida sinisem, seda külmem. Graafikast on näha, et viimased 20 aastat on punased triibud olnud ülekaalus, mis näitab, et Eesti keskmine õhutemperatuur on tõusutrendis [1].

KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Ida-Viru maakonna demograafilist trendi iseloomustab rahvastiku vähenemine nii rände kui ka negatiivse iibe tõttu. Ida-Virumaa kolm suurimat põlevkiviettevõtet on maakonnas olulised tööandjad, mistõttu on olulised kõik muudatused, mis mõjutavad suurte tööandjate tööjõuvajadust. Uudsete tehnoloogiate uurimine ja rakendamine Ida-Virumaal võimaldab luua uusi töökohti, kuid töötada tuleb ka selle nimel, et kohapeal oleksid nendele töökohtadele vastava haridusega inimesed.

Euroopa rohelises kokkuleppes (European Green Deal) on sõnastatud eesmärk, et 2050. aastaks saavutatakse Euroopa Liidus kliimanetraalsus. Olenemata CCU-tehnoloogia (*Carbon Capture and Utilization* – CO₂ eraldamine ja kasutamine) kasutuselevõttust on põlevkivisektori CO₂ heitmed järgmistel aastatel langustrendis, sest sektori ettevõtted keskenduvad järjest enam kemikaalide tootmisele ning taastuvenergia kasutamisele tänastes põlevkivielektritootmisüksustes.

Eestis puuduvad sobivad tingimused CO₂ geoloogiliseks ladustamiseks ning CO₂ transport ja ladustamine mõnes teises riigis ei kuulunud käesoleva strateegia töömahtu, seega käsitletakse töös ainult CO₂ kasutamist kohapeal.

Söeelektrijaamade ja rafineerimistehaste suitsugaasidest CO₂ eraldamiseks on olemas kasutusvalmis keemilise absorptsiooni tehnoloogia, mille korral suitsugaasis sisalduv CO₂ seotakse ühes kolonnis absorbendiga (enamasti teatud tüüpi amiiniga) ja seejärel eraldatakse CO₂ teises kolonnis ning seda on võimalik kasutada süsinikuneutraalsuse eesmärkide täitmisel. Absorbent on korduvkasutatav ja ülejäänud suitsugaas juhitakse korstnast välja. Tehnoloogia miinuseks on suured kapitali- ja opereerimiskulud, mistõttu on maailmas rajatud ainult kaks tööstuslikku jaama ning nendest omakorda üks ei ole täna eeldatust madalama naftahinna tõttu töös. Alternatiivse lahendusena on põlevkivielektrijaamade puhul uuritud hapnikus põletamise (*oxy-fuel*) tehnoloogia rakendamist.

Mõlema tehnoloogia rakendamiseks põlevkivitööstuses on vaja esmalt teha laborikatseid ja seejärel ehitada pilootseadmed. Keemilise absorptsiooni tehnoloogiat kasutatakse põlevkivielektrijaamadega sarnase suitsugaasi koostisega söeelektrijaamade puhul, seega ei ole põhjust arvata, et seda ei saaks rakendada põlevkivitööstuses ja sealhulgas õlitehastes. Hapnikus põletamise osas juhtis Eesti Energia tähelepanu, et tuleb ka uurida, kuidas *oxy-fuel* tehnoloogia mõjutab õlitootmise protsessi ja saagikust. Kuna põlevkivielektrijaamad on plaanis üle viia biomassile ja uttegaasile, mille tulemusena muutub tulevikus nende suitsugaaside koostis oluliselt, siis on mõistlik alustada õlitehaste suitsugaasidest CO₂ eraldamiseks laborikatsete tegemisest ja pilootseadmete ehitamisest.

Pea kõik maailmas olemasolevad suuremahulised CCUS-jaamad (*Carbon Capture, Utilization, and Storage* – CO₂ eraldamine, kasutamine ja ladustamine) on saanud avalikest rahastamisallikatest toetust, seda peamiselt investeerimistoetuste näol ning väiksemal määral on toetatud käidukulude katmist. Riigid ja piirkonnad on CCUS-tehnoloogiate kasutuselevõtmise innustamiseks loonud erinevaid toetusmeetmeid, millest suur osa ei ole saavutanud seatud eesmärke. Omandatud kogemuste põhjal on välja töötatud uued toetusmeetmed, millega loodetakse järgnevate aastate jooksul CCUS-tehnoloogiate rajamist edendada. Euroopa Liidus on kõige ambitsioonikam programm Innovatsioonifond, millega selliseid projekte toetatakse.

2005. aastal loodi Euroopa Liidu kasvahoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteem, millega ergutatakse heitmete vähendamist. Kuigi süsteem on kasutamisaja jooksul saanud ebaefektiivse toimimise eest palju kriitikat, on teostatud reformidega saavutatud praeguseks rekordiline hinnatase. Et tegemist on tugevalt poliitiliselt mõjutatud süsteemiga, varieeruvad saastekvootide hinnaprognnoosid suures vahemikus. Erinevate prognooside põhjal leitud keskmise prognoosi kohaselt ei ületa aasta keskmine saastekvoodi hinnatase järgneva kümne aasta jooksul 40 €/tCO₂ heiteühikut. Seni söeelektrijaamadele paigaldatud lahenduste puhul on CO₂ eraldamise hinnad olnud 94 €/tCO₂ ja 55 €/tCO₂. Kuigi tehnoloogia arenedes muutub projektide teostamine soodsamaks, ei ole tõenäoline, et lähema kümne aasta jooksul muutuks põlevkivisektori käitiste

suitsugaasidest CO₂ eraldamine majanduslikult otstarbekaks, välja arvatud juhul, kui leidub CO₂ tarbijaid, kes on nõus kompenseerima CO₂ eraldamise ja saastekvoodi hinnavahet.

Kvoodihinna ja elektrienergia turuhinna muutumise koosmõjul on möödunud aastatel vähenenud oluliselt põlevkivi otsepõletamisega toodetud elektrienergia kogus ja sellest tulenevalt ka Eesti kasvuhoonegaaside heitkogused. Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteemi kuuluvate Eesti käitiste CO₂ heide langes 2019. aastal ligi 40% ehk enam kui viis miljonit tonni võrreldes 2018. aastaga. Põlevkiviõli tootmisele ei ole kvoodihindade kasv mõju avaldanud ning tootmismahud on pidevalt suurenenud, kuid selle üks põhjuseid on ka käitistele antav suur tasuta kvoodi osakaal. Turuanalüütikute ICISE, Refinitivi, Energy Aspectsi ja BNEF-i prognooside aritmeetilise keskmise järgi ennustatakse järgmiseks kümneks aastaks elektrienergia ja saastekvoodi hinna erinevust tasemel, mis võimaldab põlevkivielektril ka edaspidi elektriturul piiratud mahu konkureerida. Tulenevalt väikestest võimalikest põlevkivielektri tootmismahudest on aga majanduslikult mõistlikum panustada uute lahenduste arendamisse, mistõttu plaanivad põlevkivitööstused juba 2030. aastal kasutada elektritootmiseks ainult uttegaasi ja biomassi.

Põlevkivitööstustega korraldatud intervjuudest järeldus, et kui Eesti Energia näeb, et põlevkivitööstus suudab kohaneda ka Euroopa Roheleppega seoses 2021. aastal arutlusele tulevate järjekordsete Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguste ühikutega kauplemise süsteemi (EL HKS) muudatustega, millega plaanitakse vähendada senisest veel kiiremini tasuta kvootide jagamist ka õlitööstustele, siis Viru Keemia Grupp ja Kiviõli Keemiatööstus näevad neis muudatustes väga suurt riski enda pikaajalisele jätkusuutlikkusele ja soovivad, et Eesti valitsus võitleks aktiivselt järjekordse süsteemi muutmise vastu ning nõuaks juba tehtud HKS regulatsiooni muudatuste mõju-uuringut enne edasisi muudatusi. Viru Keemia Grupi intervjuus esitatud seisukoht oli, et kuni ei lepita kokku, et HKS regulatsioon jääb pikemaks perioodiks paika, ei ole täiendavate investeeringute tegemine nende tootmisesse võimalik.

Pidevalt muutuv HKS regulatsioon takistab CCU-tehnoloogiate rakendamist põlevkivitööstuses. Ragn-Sells põlevkivituhkadest kaltsiumkarbonaadi tootmise projektijuht Alar Saluste tõi intervjuus välja, et kuna ei ole võimalik oma investeeringuid teostades prognoosida, kui kaua põlevkivitööstus vajalikus mahu CO₂ heitmeid tekitab, siis arvestatakse juba projekti ette valmistades erinevate võimalike CO₂ allikatega. Ragn-Sells saaks kasutada nii balloonidega imporditavat CO₂ oma kaltsiumkarbonaadi (CaCO₃) tootmisprotsessis, kui ka põlevkivitööstuse suitsugaasidest eraldatud CO₂. Viimase eeldus on, et piisavalt kiiresti (1. etapp aastas ligikaudu 400 000–600 000 tonni CaCO₃ tootmiseks kasutades 200 000–300 000 tonni CO₂ aastas peaks valmima juba 2025. aastal) vastav lahendus välja töötatakse. Et mitte sõltuda põlevkivisektori poolt toodetavast elektrijaamade tuhist, on plaanis kasutusele võtta ka tuhamägedesse ladustatud tuhk, mille maht on praeguseks 300–600 miljonit tonni.

CO₂ kasutamine CaCO₃ tootmiseks on vastavalt kehtivale HKS regulatsioonile ainus kasutusala, kus seotud CO₂ arvestatakse tootmisüksuse CO₂ heitmetest maha. CaCO₃ tootmise rajamine Narva linna Balti Elektriijaama kõrvale ei oleks kõige majanduslikult mõistlikum lahendus, sest Eesti Energia kavandab Balti Elektriijaama üleviimist süsinikneutraalsele kütusele ehk biomassile, mistõttu puuduks Eesti Energial majanduslik huvi Balti Elektriijaamas CO₂ eraldamist rakendada. Pikaajaliselt ja aastaringselt tekivad CO₂ heitmed prognoositavalt ainult õlitööstuste juures. Seega on ka oluline, et CaCO₃ tootmine rajataks ühe suurema põlevkivitööstuse kõrvale – kas Kohtla-Järvele või Auveresse. Auvere on nendest kahest selgelt sobivam, sest lisaks õlitööstuse suitsugaaside olemasolule asuvad lähedal ka mahukad tuhaladestusalad. Kohtla-Järve korral tuleks transportida suuri tuhakoguseid rongidega ja see suurendaks projekti kulusid. Kiviõlisse CaCO₃ tootmise rajamine ei oleks mõistlik, sest Kiviõli Keemiatööstuses tekkiva CO₂ mahud on liiga väikesed võrreldes plaanitavas mahu CaCO₃ tootmiseks vajalike süsinikdioksiidi mahtudega. CO₂ on võimalik transportida ka torustikuga ning selle transportimise maksumus on seega eeldatavalt väiksem, kui tuha transportimise maksumus sama vahemaa ulatuses, seega kõige tähtsam on asukoha valikul ikkagi tuhaladestusalade lähedus.

Praegune ülemaailmne CO₂ tarbimine moodustab globaalsetest energiakasutusega seotud CO₂ heitkogustest vähem kui 1%. Suurimateks CO₂ tarbijateks on väetisetööstus, kus protsessisiseselt tekkinud süsinikdioksiidi kasutatakse urea ehk karbamiidi tootmiseks, ning nafta- ja gaasitööstus, kus süsinikdioksiidi kasutatakse nafta ja maagaasi maa alt pumpamise tõhustamiseks. CO₂ kasutamisel toodete valmistamiseks nähakse potentsiaali, aga ka kõige optimistlikumate prognooside kohaselt suudetakse 2050. aastaks erinevate toodete tootmiseks kasutada vaid kuni 10% ülemaailmsest CO₂ heitkogusest. Ida-Virumaal omavad planeeritavatest projektidest suurimat CO₂ kasutamise potentsiaali sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmine põlevkivituhast ja süsinikdioksiidist ning CO₂ kasutamine taimekasvu edendamiseks kasvuhoonetes. Kaugemas tulevikus võib muutuda ka võimalikuks CO₂ kasutamine sünteetiliste kemikaalide ja kütuste tootmisel.

Sünteetiliste kemikaalide ja kütuste tootmisel on peamiseks takistuseks suur elektrihind, mis ei võimalda elektrolüüsi teel piisavalt soodsalt protsessis vajaminevat vesinikku toota, mistõttu ei ole kütuste (sh ka metanooli) tootmine tasuv. Taastuvenergia kasutamine vesiniku tootmisel eeldab täiendavate tuule- ja päikeseelektrijaamade rajamist, kuna vajalik vesiniku kogus on väga suur. Soovitatavalt võiksid rajatavad taastuvenergia tootmisvõimsused asuda veekogude lähedal, et elektrienergiat oleks vee hapnikuks ja vesinikuks lagundamiseks võimalik tarbida otseliini kaudu. Seega oleks soovitatav vastavate võimsuste rajamine Ida-Virumaale.

Taastuvatest allikatest toodetud ehk „roheline“ vesiniku tootmiseesmärkide täitmist Eestis pärsib kõige rohkem liiga aeglane taastuvenergiaallikatest toodetud elektri mahu kasv ning kohalike elanike, omavalitsuse ja ministeeriumite vastuseis uutele tuuleenergiaprojektidele. Viimase 17 aasta jooksul on erinevatel põhjustel jäänud rajamata kuni 4,6 GW võimsusega tuuleparke. On prognoositud, et 2035. aastaks on tuule- ja päikeseenergiast toodetud „roheline“ vesiniku hind võrdne fossiilkütustest toodetud „halli“ vesiniku hinnaga. Kõige tasuvamate projektide korral on „rohelisel“ vesinikul võimalik konkureerida juba järgmise viie aasta jooksul.

Kaitseministeeriumi õhuseireradari tsoon keelab kõrgete mastidega tuuleparkide arendused nii Ida-Virumaal kui ka suures osas ülejäänud Eestis peaaegu täielikult. Uue Kellavere õhuseireradari valmimiseni on Ida-Virumaa tuuleparkide rajamine sisuliselt peatatud. Õhuseireradari eeldatav valmimisaeg on 2025. aastal, mille järel oleks võimalik Lüganuse vallas rajada tuuleparke. Siiski ei ole uue radari valmimise järel endiselt lubatud tuuleparke rajada Toila, Narva-Jõesuu, Narva ja osaliselt Alutaguse vallas. Kokku on Ida-Virumaal tuuleparkide potentsiaal hinnanguliselt 300 MW. Suurte karjääri- ja jäätmeladestusala kasutuselevõtmisel võiks Ida-Virumaal päikesepaneelide potentsiaal olla kordades suurem kui tuuleparkide rajamisel, seega pigem oleks realistlik vesiniku tootmisel panustada päikeseenergiale.

Võimalik on ka CO₂-st erinevate toodete tootmiseks kasutada juba olemasolevat juhitavat elektritootmist Ida-Virumaal. Eesti Energia plaanib oma elektrijaamades suurendada õlitööstuses tekkiva uttegaasi ja biomassi kasutust, et tagada juhitavate elektritootmisvõimsuste töö jätkumine 2030. aastani ja ka pärast seda. Täielikult biomassi kasutamise korral loetakse ka rekonstrueeritud põlevkivielektrijaamades toodetud elekter taastuvenergiaks ja seega on seal võimalik toota „rohelist“ vesinikku, kuid ka selliselt toodetud kemikaalide ja kütuste maksumused ei ole teadaolevalt praegusel turul konkurentsivõimelised.

Süsinikdioksiidist valmistatud tooted ei ole praeguse seisuga valdavalt turul konkurentsivõimelised. Kirjanduse põhjal teostatud omahindade ja turuhindade võrdluse põhjal on juba praegu tasuvad CO₂-st SKK ja urea tootmine, kui võtta arvesse ka CO₂ eraldamise kulu. Need on hetkel kõige perspektiivikamad kasutusala. CO₂ kasutamise tehnoloogiate arenemisel prognoositakse omahindade vähenemist ning järkjärgulist turuhindade kasvu. Sooda, polüuretaani ja metanooli tootmine CO₂-st on kirjanduse põhjal praegu oluliselt kulukam kui on nende turuhinnad. CO₂ eraldamise ja kasutamise tehnoloogiate Eestis rakendamiseks on vajalik riiklikul tasandil luua Õiglase Ülemineku Fondi, Euroopa Regionaalarengu Fondi ja riigieelarve vahenditega toetusmeetmed, mis toetaksid riigiabi reeglistikust lähtudes ettevõtete poolt sellekohaste teadusuuringute tellimist ning pilootseadmete rajamist. Selle tulemusel on võimalik olemasolevaid tehnoloogiaid kohalikele oludele kohandada ja selle tulemusel

peaks suurenema ettevõtete valmidus tööstuslikke seadmeid rajada. Õiglase Ülemineku Fondist on plaanis Eestis suunata 40 miljonit eurot ettevõtluse teadmismahukuse tõstmisse ja 143 miljonit eurot tööstusinvesteeringutesse. Aastate 2021–2027 eelarveperioodiks on Eestile Regionaalarengu Fondist ette nähtud ligikaudu 1,7 miljardi eurot erinevate toetusmeetmete jaoks. CO₂ kasutavaid tööstusinvesteeringuid on mõistlik toetada võrdsetel tingimustel teiste Ida-Virumaa tööstusinvesteeringutega.

Potentsiaalselt võiksid Ida-Virumaal CO₂ eraldamise ja kasutamisega tegeleda mitut tüüpi ettevõtteid. Lisaks sellele, et CCU-tehnoloogiat võivad rakendada juba Ida-Virumaal olemasolevad põlevkiviettevõtteid, on mõistlik CCU võimalusi tutvustada ka keemia-, jäätmekäitlus- ja ehitusmaterjalitööstustele Eestis ja välismaal, kelle jaoks CO₂ võib osutuda väärtuslikuks tooraineks, ning CO₂ kasutusvõimalusi arendavatele iduettevõtetele. Selleks, et tõsta erinevate sihtgruppide teadlikust ja huvi, on vaja järgida sihipärast turundusstrateegiat.

Uute potentsiaalsete investorite leidmiseks on oluline üldine teadlikkuse tõstmine CO₂ kasutamise võimaluste kohta. Üks perspektiivikamaid planeeritavaid projekte, milles CO₂ kasutatakse, on Ragn-Sells'i põlevkivituhast CaCO₃ tootmise projekt, kus edukate taaskasutusprojektide kogemust omav rahvusvaheline ettevõtte on esialgsete uuringute tulemusel juba kindlaks teinud, et selline jääkidest toote tootmine on võimalik ja majanduslikult perspektiivikas ning soovib alata detailplaneeringut tehase rajamiseks. On oluline selliste CCU-projektide teostamist soodustada, et julgustada ka teiste sarnaste projektide algatamist.

Esmalt on mõistlik luua CO₂ kasutamise turundustöörühm, mille ülesandeks on analüüsida turuolukorda ja luua sidemed erinevate CO₂ emiteerivate ja potentsiaalselt CO₂ tarbivate ettevõtetega. Hinnatavaks mõõdikuks võivad olla nii CO₂ kasutamisega tegelevate ettevõtete arv kui ka CCU-toodete arv. Kuna praegusel hetkel on CCU-tooted üldiselt kallimad kui traditsiooniliselt toodetud alternatiivid, on oluline toetusvõimaluste loomine ja ettevõtetele tutvustamine. Turundustegevuste koordineerimine peab olema töörühma vastutusalas, et vältida info hajumist. Detailne soovitatav tegevuskava on toodud aruande lisas (Lisa 1).

1. PÕLEVKIVIENERGEETIKA SOTSIAALMAJANDUSLIK MÕJU

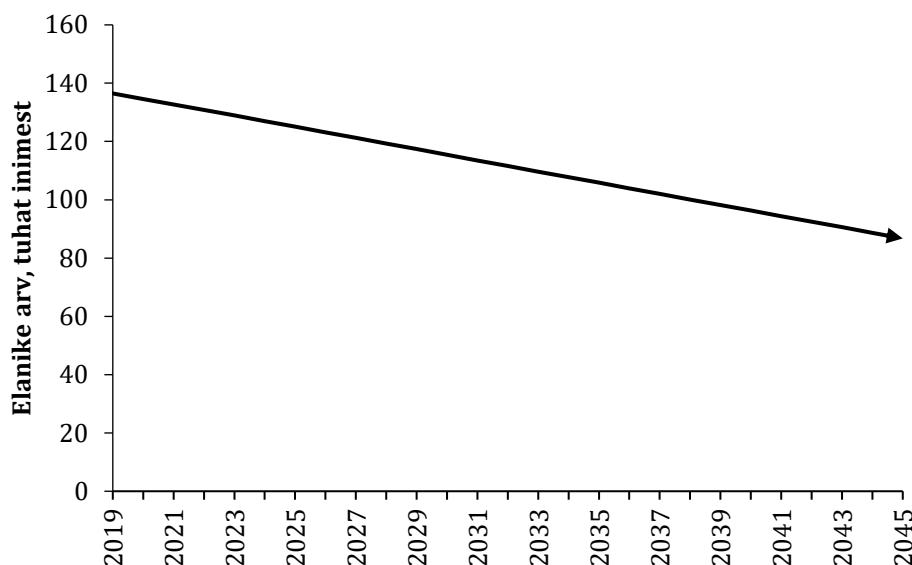
1.1. Ida-Virumaa demograafiline prognoos

Ida-Virumaa on Eesti idaosas asuv maakond, milles on kaheksa omavalitsusüksust: neli linna ja neli valda. Ida-Virumaa rahvaarv on 2020. aasta seisuga 134 259 inimest. Ida-Virumaa keskmine brutokuupalk on 2020. aasta III kvartali seisuga 1148 €, mis jääb alla Eesti keskmisele brutokuupalgale, 1441 €. Samuti on Ida-Virumaa tööhõivemäär, 57,6%, madalam Eesti keskmisest, 66,3% [2], [3]. Maakondade keskmised brutotöötasud on toodud Tabelis 1.1. Maakondade lõikes on Ida-Virumaa töötasu Eestis 11. kohal. Eesti keskmist brutokuupalka tõstavad peamiselt Harjumaa ja Tartu maakond. Maakonnasiseselt oli kõrgeim kuu keskmine brutotöötasu Toila vallas, 1259 €, ja madalaim Narva linnas, 990 €. [4]

Tabel 1.1 Kuu keskmine brutotöötasu maakondades [4]

Maakond	Keskmine brutotöötasu 2020. aasta III kvartalis, €
Harjumaa	1583
Tartu maakond	1419
Järva maakond	1283
Põlva maakond	1268
Rapla maakond	1220
Viljandi maakond	1195
Lääne-Viru maakond	1178
Jõgeva maakond	1170
Pärnu maakond	1162
Võru maakond	1154
Ida-Viru maakond	1148
Lääne maakond	1144
Saare maakond	1139
Valga maakond	1082
Hiiu Maakond	1071

Ida-Virumaa demograafilist olukorda iseloomustab rahvastiku vähenemine, mis tuleneb nii negatiivsest iibest kui ka rändest. Ida-Virumaa loomulik iive 2019. aastal oli -1234. Alates 2000. aastast on Ida-Virumaa kaotanud aastas ligikaudu 1000 inimest siserändele [5]. Eesti-sisese rände sihtkohaks on peamiselt Tallinn-Harjumaa. Ida-Virumaa väljarändenäitaja on Eesti suurim [6]. Statistikaamet prognoosib maakonnas jätkuvat rahvastiku vähemist (Joonis 1.1).



Joonis 1.1. Statistikaameti Ida-Viru maakonna rahvastikuprognosis [2]

TÜ Narva Kolledžis on valmimas uuring „Ida-Virumaa elanike sisse- ja väljarände suunad ja seda mõjutavad tegurid“ [5]. Käesolevas arengu strateegias on kasutatud sisendit nimetatud uuringu vahearvuandest.

Vahearvuandes toodi välja Ida-Viru maakonna elukvaliteedinäitajate mahajäämus teiste piirkondade omadest. Kvaliteedinäitajaid mõjutavad vanemaelaste suurem osatähtsus Ida-Virumaal ning sellest tulenev väiksem keskmine sissetulek ja hooldussurve. Suures osas välismaalt Ida-Virumaale saabuvate inimeste vanus on suhteliselt kõrge, osa vanemaelastest tagasipöördujatest ei võta enam endale tööd ning tulevad tagasi, et veeta vanaduspõlve tuttavas keskkonnas. Selles elanikegrupis inimestel on vaja kõrge vanusega seotud toimetulekuteenuseid.

Rändeuuringu vahearvuandes toodi välja, et Ida-Virumaa piirkonna arengumootoritena nähakse pigem traditsiooniliste tegevusalade ettevõtteid, kes loovad juurde palju töökohti. A. Härm märgib 2020. aastal koostatud teadustöös „Ida-Virumaa rände alased uuringud. Ülevaade rändeprotsessidest“ [6], et olulisimad rändeotsuse tegemist mõjutanud tegurid olid seotud tööga. Sellest võib järeldada, et Ida-Virumaa suuri põlevkiviettevõtteid nähakse äärmiselt olulistena ning muutused neis mõjutavad oluliselt rahvastikutrende.

1.2. Põlevkivisektori mõju Ida-Virumaale

Kolm suurimat põlevkiviettevõtet Ida-Virumaal on Eesti Energia AS (edaspidi EE), Viru Keemia Grupp AS (edaspidi VKG) ja Kiviõli Keemiatööstus OÜ (edaspidi KKT).

Põlevkivisektor on Ida-Virumaal oluline tööandja. 2019. aastal töötas kolmes suurimas põlevkivisektori ettevõttes üle 6000 inimese ning sektor tõi riigile tulu üle 116 miljoni euro (Tabel 1.2) [7]. Põlevkivisektoris töötavate inimeste leibkonnades elab ca 16 000 inimest [8]. See on ligikaudu 12% maakonna elanikkonnast. Võrreldes Ida-Virumaa keskmise brutopalgaga on põlevkivisektoris töötajate töötasu kõrgem. 2018. aastal oli põlevkivisektoris keskmine brutopalk 1575 €, mis oli sama aasta Ida-Virumaa keskmisest brutopalgast 50% kõrgem [9]. Ida-Virumaa põlevkivisektori palgakulu oli 2020. aasta seisuga 9,4 M€ [10].

Tabel 1.2. Põlevkivisektori ettevõtete keskmine töötajate arv ja maksujalajälg 2019. aastal [7]

Ettevõtte	Keskmine töötajate arv	Maksujalajälg, €
Eesti Energia	4 069	76 591 000
Viru Keemia Grupp	1 710	32 520 391
Kiviõli Keemiatööstus	581	7 639 244
KOKKU	6360	116 750 635

Poliituumingute Keskus Praxis on koostamas uuringut „Ida-Virumaa majanduse ja tööturu kohandamine põlevkivitööstuse vähenemisega“. Töös on kasutatud selle uuringu vahearuanne. Aruandes prognoositakse kliimaeesmärkide täitmisega kaasnevaid põlevkivisektori tööjõu muutusi. Vahearuandes märgiti, et eesmärgiks seatud 2050. aasta asemel kliimaeesmärkide varasema saavutamise korral suureneb piirkonnas töötus ning inimestele ei jõuta välja töötada leevendusmeetmeid tööturu muutusest tulenevaks üleminekuks [8].

Praegused põlevkivisektori töötajad kuuluvad enamasti vanemasse vanusegruppi. Praxise uuringu vahearuandes märgiti, et juhul, kui põlevkivisektoris lõpetatakse uute töötajate palkamine ning senised töötajad lähevad pensionile 60-aastaselt, siis 2035. aastaks oleks pensionil 2/3 sektori tööjõust. Tulenevalt Ida-Virumaa demograafilistest trendidest on oodata põlevkivisektori tööjõu loomulikku vähenemist, olenemata sektori edasise tegevusest. Vananeva töötajaskonnaga tuleb arvestada uute töövõimaluste loomisel [8].

Põlevkivisektori sotsiaalmajanduslik mõju Ida-Virumaale on märkimisväärne, kuna sektor annab nii rohkelt tööd kohalikele elanikele kui ka panustab maksutulu kaudu piirkonna arengusse. Nagu eelnevalt mainitud, mõjutavad töökohad inimeste rännet, mistõttu on sektori tuleviku hindamine piirkonna arengu seisukohalt oluline.

2. SÜSINIKDIOKSIIDI ERALDAMISE TEHNOLOOGIAD

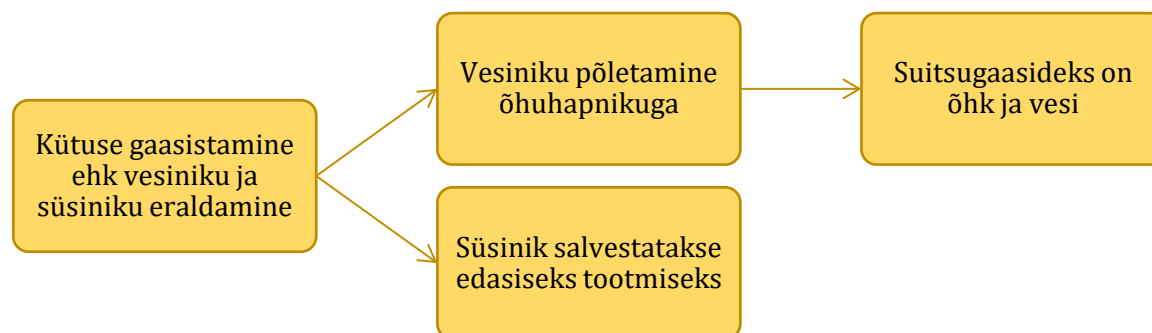
2.1. Eraldustehnoloogiate tööpõhimõtted

CO₂ vältimiseks põlemisprotsessides ning keemiatööstuses on kolm levinud võimalust: kütuse töötlemine enne põletust, kütuse põletamine hapnikuga ning CO₂ eraldamine suitsugaasidest. Inglise keeles kasutatakse kõigi nende tehnoloogiate kohta koondnimetust *carbon capture* (CC). See tähendab tehnoloogiaid, mille abil välditakse süsinikuheidet atmosfääri, eraldades süsinikugaasid (süsinikmonoksiid ja süsinikdioksiid) teistest gaasidest. Seeläbi paisatakse atmosfääri ainult gaasid, mis ei ohusta kliimat ega toimi kasvuhoonegaasidena [11].

Neljandaks võimalikuks tehnoloogiaks võib aga nimetada biomassi kasutamist kütusena. Selle puhul ei väldita süsinikdioksiidi heidet atmosfääri, vaid hoitakse see heide süsinikuneutraalsena, st osana tänasest süsinikuringest. See tähendab, et biomassi kasutust võib näha küll osana antropogeensest heitest, kuid selle heide maht on sama, mis oleks bioloogilisel lagunemisel.

2.1.1. Kütuste töötlemine enne põletust

Tahkete või vedelate kütuste töötlemiseks enne põletust kasutatakse CO₂ heitmete vältimise korral gaasistamist (GA). Selle käigus lagundatakse orgaaniline materjal vesinikuks ning süsinikuühenditeks (Joonis 2.1). Süsinik eraldatakse protsessist ning põlemises osaleb ainult vesinik, mis põleb ilma kasvuhoonegaase emiteerimata. Energiakandjana ainult vesiniku kasutamist on soovitatud eelkõige rafineerimistehastele, kus on palju erinevaid heiteallikaid, millele on raske tagantjärele CO₂ sidumistehnoloogiat lisada [12]. Gaasistamistehnoloogia peamisi plusse ja miinuseid on kirjeldatud tabelis (Tabel 2.1).



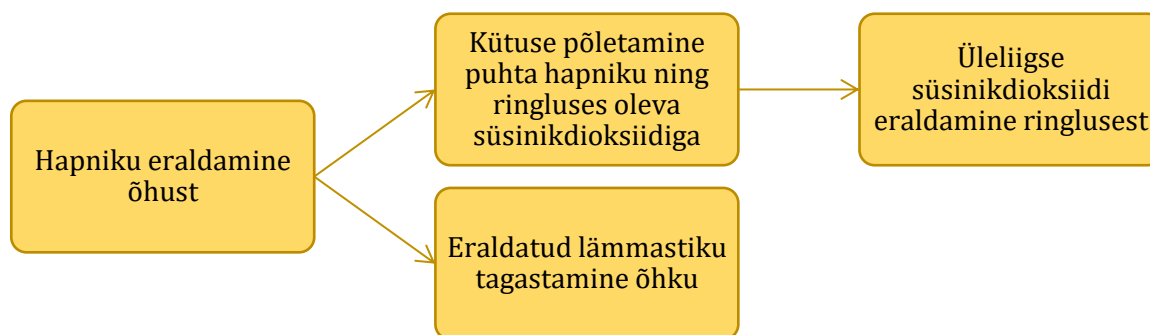
Joonis 2.1. Gaasistamise protsessidiagramm [12]

Tabel 2.1. Gaasistamise plussid ja miinused [12]

Gaasistamise plussid	Gaasistamise miinused
1. Põlemisprotsess toimub vesinikuga ning heitmetena tekib ainult vesi.	1. Sõltuvalt kütusest võib gaasistamise protsess olla keeruline ja kulukas.
2. Gaasistamisel saadud vesinikku on võimalik kasutada ka teistel otstarvetel peale põletamise.	2. Vesinik ja süsinik on segust enne põletamist ikkagi vaja eraldada.
	3. Sõltuvalt kütusest ei pruugi gaasistamine olla võimalik mõistliku kasuteguriga.
	4. Vesiniku kasutamine kütusena nõuab olemasolevate põletusseadmete väljavahetamist.

2.1.2. Kütuste põletamine hapnikuga

Erinevalt traditsioonilisest põletusest, kus oksüdandina on kasutusel õhuhapnik, kasutatakse kütuste põletamisel hapnikuga oksüdandina puhast hapnikku. Sellist protsessi nimetatakse inglise keeles *oxy-fuel* (OF) protsessiks (Joonis 2.2). OF-protsessi puhul eraldatakse õhust hapnik ning põlemiskambris suunatakse kütus puhta hapniku ning taaskasutatud CO₂ seguga, et tagada õhuga põletamisele sarnased tingimused. OF-protsessi eelis on, et suitsugaasid koosnevad peamiselt süsinikdioksiidist ja veest, mis teeb CO₂ eraldamise lihtsamaks [13]. Hapnikuga põletamise plussid ja miinused on toodud järgmises tabelis (Tabel 2.2).



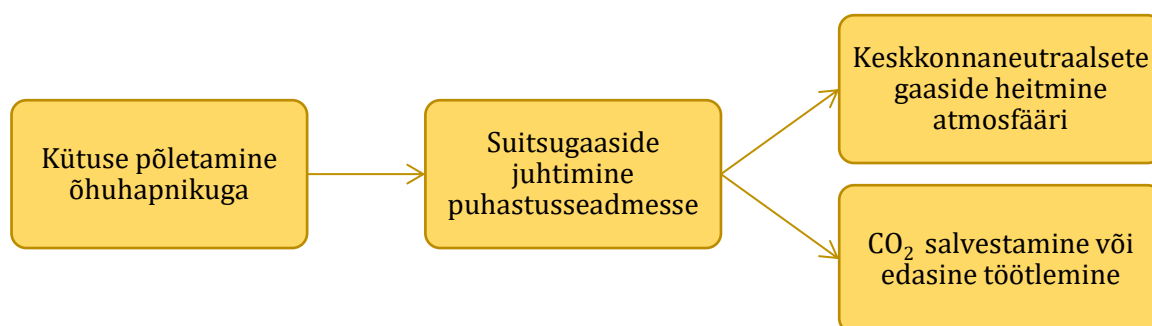
Joonis 2.2. Hapnikuga põletamise protsess [12]

Tabel 2.2. Hapnikuga põletamise plussid ja miinused [12]

Puhta hapnikuga põletamise plussid	Puhta hapnikuga põletamise miinused
1. Põlemisprotsess toimub hapnikuga, mitte õhuga, ning heitgaasid koosnevad peamiselt süsinikdioksiidist. 2. Õhust eraldatud hapnikku võib kasutada ka teistel otstarvetel peale põletuse. 3. Hapniku eraldamisega õhust saab kätte ka lämmastiku, millele on erinevaid rakendusi.	1. Hapniku eraldamine õhust on kulukas. 2. Sõltuvalt kütusest on suitsugaase isegi hapnikuga põletades keeruline ning kulukas puhastada. 3. Puhta hapniku kasutamisel võib vajalik olla põletusseadmete ümberehitus.

2.1.3. CO₂ eraldamine suitsugaasidest

Süsinikdioksiidi eraldamist suitsugaasidest nimetatakse inglise keeles *post-combustion* [PC] tehnoloogiaks (Joonis 2.3). PC puhul töödeldakse õhuga põletatud kütuse suitsugaase ning eraldatakse sealt CO₂.



Joonis 2.3. Süsinikdioksiidi suitsugaasidest eraldamise protsess

CO₂ eraldamiseks suitsugaasidest on erinevaid tehnoloogiad, levinuim ja kindlasti ka üks efektiivsemaid on keemiline absorptsioon [14].

Keemilise absorptsiooni puhul pestakse suitsugaasidest välja happelised gaasid, peamiselt süsinikdioksiid. Selleks suunatakse suitsugaasid korstna asemel absorptsioonikolooni, kus suitsugaasides olev CO₂ seotakse absorbendiga ning juhitakse kolooni põhjast välja. Samal ajal läbivad ülejäänud suitsugaasid kolooni puutumatuks. Absorbent juhitakse aga desorbtsioonikolooni, kus omakorda eraldatakse süsinikdioksiid absorbendist, ning absorbenti on võimalik taaskasutada. Sellise ringprotsessiga on võimalik eraldada väga puhas CO₂. Keemilise absorptsiooni puhul on tuntuimateks absorbentideks monoetanoolamiin (MEA), diglükoolamiin (DGA), dietanoolamiin (DEA), trietanoolamiin (TEA), metüüldietanoolamiin (MDEA) ja piperasiin (PZ) [15]. Keemilise absorptsiooni plussid ja miinused on esitatud järgmises tabelis (Tabel 2.3).

Tabel 2.3. Süsinikdioksiidi suitsugaasidest eraldamise plussid ja miinused

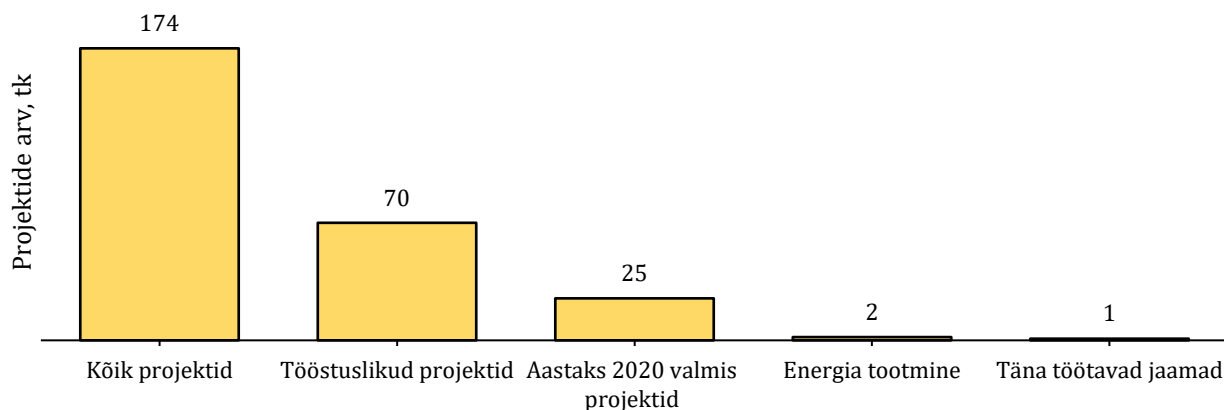
Keemilise absorptsiooni plussid	Keemilise absorptsiooni miinused
1. Tehnoloogia on väga efektiivne ning kasutusel olnud üle saja aasta.	1. Seadmed on kallid.
2. Kogutud süsinikdioksiidi puhul on võimalik saavutada väga kõrge puhtuse aste.	2. Süsinikdioksiidi eraldamine absorbendist on väga energiamahukas.
3. Tehnoloogiat on võimalik olemasolevale lisada ning olemasolevaid katlaid ja süsteeme ei ole vaja ümber ehitada.	3. Keemiliseks absorptsiooniks kasutatavad kemikaalid on ohtlikud.

Peale keemilise absorptsiooni on võimalik süsinik suitsugaasidest eraldada ka absorptsiooniga füüsilistesse lahustesse, adsorptsiooniga, membraanidega jne [16]. Enamik alternatiividest on küll kasutusel gaaside separeerimises, kuid mitte suitsugaaside puhastamises. Suitsugaaside puhastamine on keeruline nii koguste kui ka gaasisegu koostise poolest.

Keemiline absorptsioon on üks efektiivsemaid viise gaasisegust CO₂ eraldamiseks – see tähendab, et süsinikdioksiidi puhtusaste on väga kõrge. Ent amiinid pole ainukesed ained, mille abil saab süsinikdioksiidi suitsugaasidest eraldada. CO₂ reageerib ka kaltsiumoksiidiga, moodustades kaltsiumkarbonaadi. Süsinikdioksiidi kaltsiumiga sadestamisel saadud kaltsiumkarbonaati nimetatakse sadestatud kaltsiumkarbonaadiks (SKK), inglise keeles *precipitated calcium carbonate* (PCC). Olga Velts uuris oma 2011. aastal valminud doktoritöös kaltsiumkarbonaadi tootmise võimalust kasutades kaltsiumi allikana põlevkivituhka [17]. Uuringust selgus, et põlevkivituhk sobib kaltsiumiallikaks ning juhtides suitsugaasid läbi tuhas leotatud vee, on võimalik suitsugaasides leiduv süsinikdioksiid kaltsiumkarbonaati siduda ning CaCO₃ leotisest välja sadestada. Sellega neutraliseeritakse leeliseline põlevkivituhk ning samas vähendatakse ka CO₂ kogust suitsugaasides. Selle tehnoloogia teeb eriti atraktiivseks asjaolu, et CO₂ sidumine kaltsiumiga on üks väheseid süsinikdioksiidi ladustamise vorme, mille puhul võib arvestada, et CO₂ ei pääse lähitulevikus atmosfääri. Protsessi suurimaks miinuseks aga on reaktsiooni aeglus.

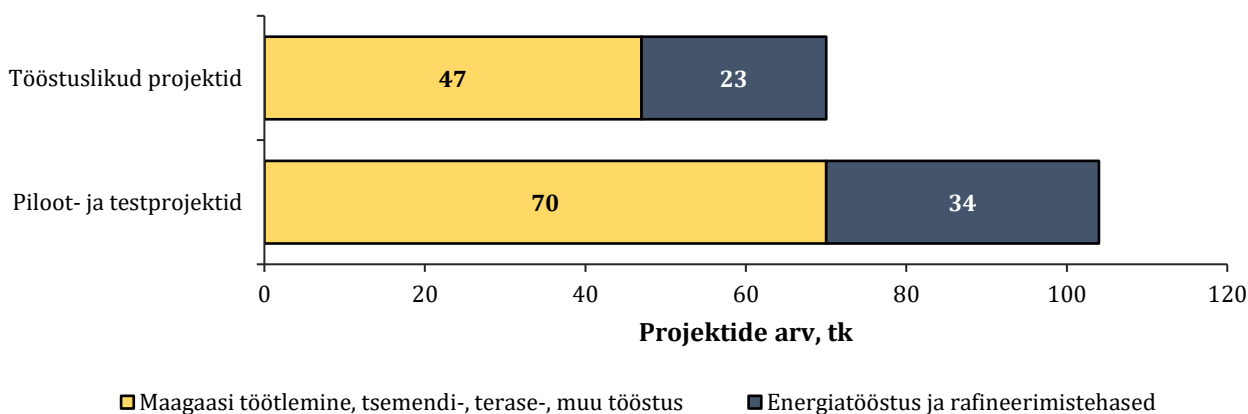
2.2. Parimad tavad maailmas

Parimate tavade väljaselgitamiseks uuriti lähemalt kõiki Global CCS Institute'i andmebaasis sisalduvaid süsinikdioksiidi sidumise, kasutamise ja ladustamise projekte [18]. Süsinikdioksiidi sidumise, kasutamise ja ladustamise ingliskeelne nimetus on *carbon capture, utilisation and storage*, ehk CCUS. Tänase seisuga on andmebaasis kajastatud 174 projekti. Nendest on tööstuslikud 70 projekti. Tööstuslikest projektidest oli aastaks 2020 lõpule viidud 25. Lõpuleviidud 25 projektist on energia tootmisega seotud kaks ning üks on tänase seisuga veel töös (Joonis 2.4).



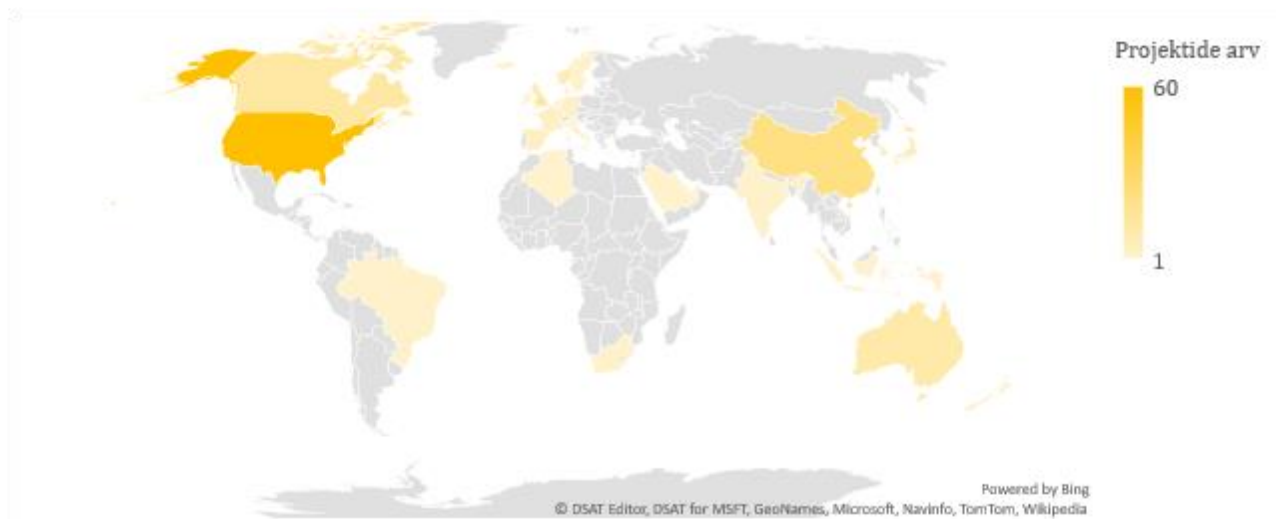
Joonis 2.4. Süsiniku eraldamise, ladustamise ja kasutamise projektid [18]

Võrdlemaks põlevkivitööstust sarnaste projektidega ülejäänud maailmas, sõeluti välja suuremahulised projektid, mis on võimelised eraldama vähemalt 0,4 miljonit tonni süsinikdioksiidi aastas. Lisaks jaamade mõõtmetele kitsendati otsingut sedasi, et leida võimalikult sarnased tingimused põlevkivisektori omadega. Selleks uuriti ainult rafineerimistehaseid, keemiatööstustehaseid, elektrijaamasid ning elektri ja soojuse koostootmisjaamasid. Heitmete allika või tehnoloogia erinevuste tõttu jäid valimist välja vesiniku tootmisjaamad, maagaasipuhastusega tegelevad jaamad, tsemenditööstus ja terasetööstus. Seega jäid sõelale 23 suuremõõtmelist CCUS-jaama, mis on ehitatud või plaanitakse ehitada ajavahemikus 2014–2028 (Joonis 2.5).



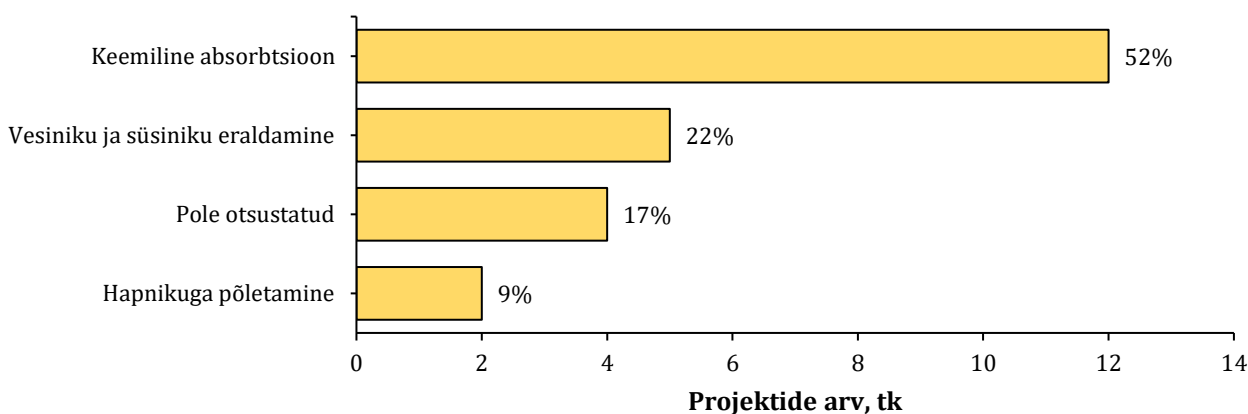
Joonis 2.5. Tööstuslike CCUS-projektide osakaal [18]

Suurem osa projektidest pärinevad Ameerika Ühendriikidest, Kanadast ning Austraaliast. Tulevikus on aga märkimisväärne arv projekte kavandatud ellu viia Hiinas. Euroopas on kõige rohkem CCS-jaamasid kavandatud kasutusele võtta Ühendkuningriigis ja Norras. Projektide üks alus on alati CO₂ transpordiks vajalik taristu ning võimalus süsinikdioksiidi kuhugi matta. Põhjamere-äärsete riikide Norra ja Ühendkuningriigi projekte uurides selgub, et nendes riikides kasutatakse ära eelist matta CO₂ merel asuvatesse vanadesse naftamaardlatesse. Sarnaste naftamaardlate puudumine seletab projektide puudumist teistes Euroopa riikides (Joonis 2.6).



Joonis 2.6. CCUS-projektide geograafiline jaotus [18]

Täpsemal analüüsil keskenduti 23 tööstuslikule projektile, mis on kaudselt võrreldavad põlevkivitööstuse projektidega. Analüüsis taandati erinevad tehnoloogiad, mida jaamades kasutatakse või planeeritakse kasutama hakata, nelja kategooriasse: „keemiline absorptsioon“, „vesiniku ja süsiniku eraldamine“, „põletamine puhta hapnikuga“ ning „pole otsustatud“. Selgus, et enam kui pooltes sektori jaamades kasutatakse või soovitakse CO₂ eraldamise tehnoloogiana kasutada keemilist absorptsiooni (Joonis 2.7).



Joonis 2.7. CCUS-projektide tehnoloogiad [18]

Tehnoloogiat, millega vesinik eraldatakse süsinikust enne töötlemist, ehk GA, kasutatakse 22% juhtudest ehk viies analüüsitud jaamas. Neist viiest jaamast kolmes on kütuseks maagaas, mis koosneb suuremal määral metaanist. Kahes planeeritud projektis (Yanchang Integrated Carbon Capture and Storage Demonstration ja Huaneng GreenGen IGCC Large-Scale System Phase 3) soovitakse kivisööst vesinikku eraldama hakata. Selle tulemusel salvestatakse süsinik ning põletatakse ainult vesinik. Põlevkivitootmises nõuaks see tehnoloogia suuremahulist ümberkorraldamist.

Hapnikuga põletamise tehnoloogiat ehk OF-i ning selle võimalikku kasutust põlevkivisektoris on uuritud juba varasemalt [19]. Uuringute kohaselt on põlevkivi hapnikuga põletamine täiesti võimalik. Maailmas laiemalt on hapnikuga põletamine alles tõusev trend. Uuritud projektides on kahel juhul (Korea-CCS 1 & 2 ja The ZEROS) plaanis oksüdandina suuremahuliselt puhast hapnikku kasutama hakata. Korea-CCS 1 & 2 projekti puhul on tegemist energiatootmisega, kus kütusena kasutatakse kivisütt. Projekti The ZEROS puhul toodetakse samuti energiat, kuid kütuseks on segajätmed.

Populaarseim tehnoloogia, millele tuginetakse 12 ehk rohkem kui pooltes projektides, on keemiline absorptsioon. Keemilist absorptsiooni kasutavad nii maagaasil kui ka kivisöel töötavad jaamad. Seda

tehnoloogiat eelistatakse seetõttu, et CO₂ eraldamine toimub peale põlemisprotsessi ja seega ei nõua süsinikdioksiidi keemilise absorptsiooni teel sidumine kuigi suuri muudatusi energiatootmise protsessis, vaid CO₂ eraldamise seadmed saab olemasolevatele põletusseadmetele „lihtsalt“ lisada.

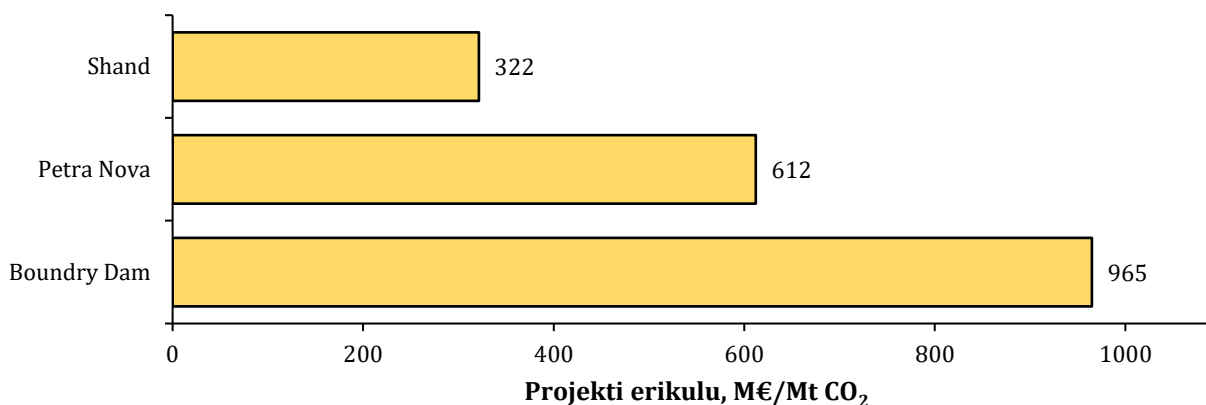
2.3. Tehnoloogia maksumus

Suitsugaasidest CO₂ eemaldamiseks on seni kasutatud ainult keemilist absorptsiooni. Ida-Virumaa põlevkivitööstuse omadega võrreldavaid projekte, mis on lõpule viidud või kohe lõpule jõudmas, on kolm (Tabel 2.4) [20]. Viimase seitsme aastaga on 3 energiatööstuse projekti põhjal CO₂ eemaldamise erinvesteering väljendatuna mõõtühikus €/tCO₂ vähenenud 3 korda (Joonis 2.8).

Tabel 2.4. Suuremahulised energiatööstuse CCS-projektid

Nimi	Ehitusaasta	CO ₂ , Mt/a	Eriinvesteering, M€/Mt CO ₂	Erikulu, €/tCO ₂
Boundary Dam	2014	1	965	94
Petra Nova	2017	1,4	612	55
Shand*	2020	2	322	38

* Rajamisel.



Joonis 2.8. 1 Mt CO₂ eraldamise investeeringu maksumus, M€ [20]

Jaamade hinnad pärinevad erinevatest allikatest ning sõltuvad ka valuutakursist, sest Boundary Dam ja Shand on Kanada projektid ning Petra Nova asub USAs. Hindade suurusjärgud on siiski õiged, kui välja arvata Shandi projekt, mis pidi valmima aastaks 2020, kuid 2020. aasta detsembri lõpuks ei olnud veel tulnud uudist, et jaam oleks valmis ja töös [21]. Sellegipoolest peetakse tänaseks standardiks just Canadas asuvat Shandi CCS-jaama, kus 300 MW elektrijaamale lisatakse suitsugaaside puhastamiseks CO₂ eraldamise seadmed. Aastas kaks miljonit tonni CO₂ eraldav seade maksab 1 miljard Kanada dollarit ehk 644 miljonit eurot ning ühe tonni CO₂ eraldamine maksab hinnanguliselt 45 dollarit ehk 38 eurot.

Kahjuks pole hinnad põlevkivitööstusse üksüheselt ülekantavad. Seda peamiselt kahel põhjusel. Esiteks kasutavad praegu kõik suuremahulised jaamad kütusena kivisütt, mitte põlevkivi. Teiseks eraldatakse süsinikdioksiid suitsugaasidest, et salvestada see kivimitesse. Eestis sellist geoloogilist CO₂ ladustamise võimalust ei ole. Seega on vaja süsinikdioksiid taaskasutada, mis omakorda tähendab palju kõrgemaid nõudeid süsinikdioksiidi puhtusele.

2.4. Tehnoloogia valdajad

CO₂ eraldamise tehnoloogia valdajad on toodud tabelis (Tabel 2.5). Tabelis on kajastatud suurimad globaalsed tegijad, nagu Mitsubishi Heavy Industries [22], Shell [23], Fluor Corporation [24] ja Linde [25]. Tabel kajastab ka väiksemaid alternatiivseid lahendusi pakkuvaid ettevõtteid, kes on ühel või teisel moel oma välja töötatud tehnoloogiat demonstreerinud. Enamikul juhtudel kasutatakse süsinikdioksiidi eraldamiseks keemilist absorptsiooni. Oluline on siinkohal märkida, et ükski ettevõtte ei kasuta täpselt sama absorbenti, mida kasutavad konkurendid.

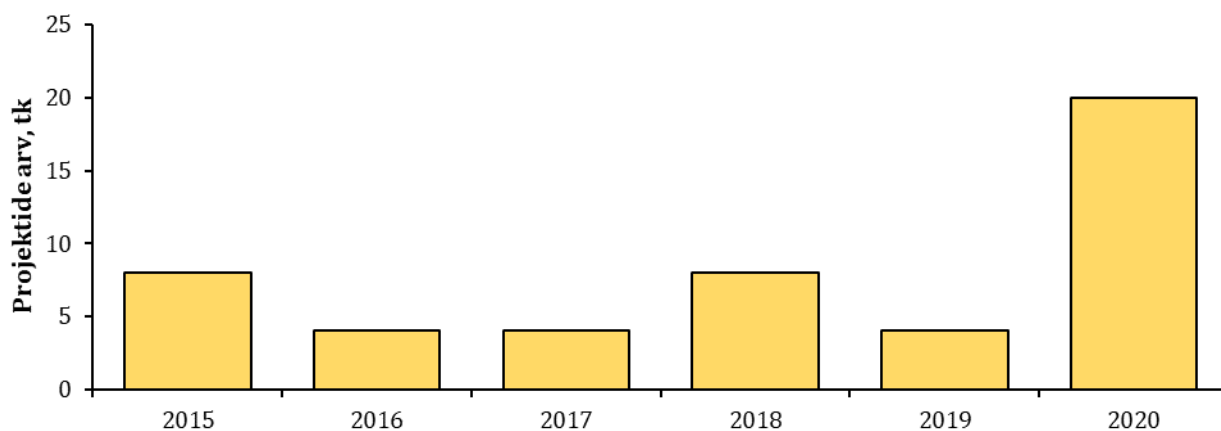
Tabel 2.5. CC-tehnoloogia valdajad

Ettevõtte	Tehnoloogia	Olulised referentsid
Mitsubishi Heavy Industries	Keemiline absorptsioon	Petra Nova, Shand
Shell	Keemiline absorptsioon	Boundary Dam
CO ₂ Solutions	Keemiline absorptsioon	Saint-Felicien Pulp Mill and Greenhouse Carbon Capture Project
Carbon Clean	Keemiline absorptsioon	Tuticorin CCU Project (Carbon Clean Solutions)
ION Clean Energy	Keemiline absorptsioon	Testimisplatvormid
Fluor Corporation	Keemiline absorptsioon	Shell's Carbon Capture and Storage (CSS) Quest Project
Membrane Technology & Research	Membran	Testimisplatvormid
InnoSeptra	Füüsiline absorptsioon	Testimisplatvormid
Linde	Hapnikuga põletamine	Vattenfall Schwarze Pumpe
Aker Carbon Capture	Absorptsioon	Norcem CCS

Global CCS Institute'i 2020. aasta raporti kohaselt on kasvavaks trendiks muutumas nii öelda moodul-CC-lahendused [26]. Tehases ehitatud mooduliseadmetega loodetakse vähendada arendus-, projekteerimis- ja ehituskulusid. Global CCS Institute'i raporti kohaselt on moodullahenduste konkurentsivõimele viidanud näiteks Mitsubishi Heavy Industries. Moodullahendust pakub ka Norra ettevõtte Aker Carbon Capture [27]. Üks Aker Carbon Capture'i näiteprojekt on tsemenditööstusettevõttele Norcem, mis kuulub HeidelbergCement kontserni, tehtud CCS-projekt [28].

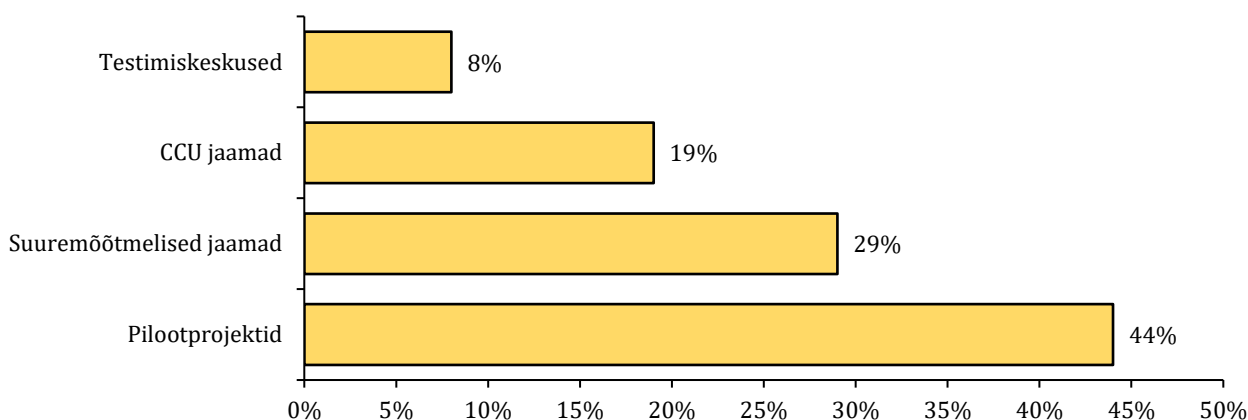
2.5. Viimase viie aasta tehnoloogiarendid

Global CCS Institute'i andmetel oli aastatel 2015–2020 plaanis kasutusele võtta kokku 48 erinevas suuruses CO₂ eraldamise ja kasutamise jaama. Jaotus erinevate aastate vahel on esitatud järgmisel joonisel (Joonis 2.9). Aastal 2020 pidi valmima neist 20 uut projekti, kuid pea kõigi nende puhul pole aruande koostamise hetkel avalikke andmeid, et nad ka tegelikult valmisid. Süsiniku eraldamise tehnoloogiat peab tõusvaks trendiks ka Rahvusvaheline Energiaagentuur [29].



Joonis 2.9. Projektide jaotus aastatel 2015-2020 [29]

Üle poolte projektidest olid pilootprojektid või testimisjaamad. Suuremõõtmelisi jaamasid oli 14. Projekte, kus eraldatud CO₂ ei salvestata, vaid see kasutatakse ära, ehk CCU-jaamasid oli kokku 9. Ükski neist ei olnud suuremahuline (Joonis 2.10).



Joonis 2.10. Aastate 2015–2020 projektide tase [29]

Global CCS Institute'i 2020. aasta raporti kohaselt valmisid aastal 2020 siiski ainult üksikud jaamad [26]. Sealjuures peab loomulikult arvestama ka 2020. aasta pandeemiast tulenevate eriolukordadega ning erakordselt madalate naftahindadega. Just madalad naftahinnad olid põhjuseks, miks USAs asuv Petra Nova CCS-jaam töö peatas. Nimelt langesid 2020. aasta alguses naftahinnad nii madalale, et kildanafta tootmine ei olnud enam kasumlik. Sellest tulenevalt ei vajatud enam ka Petra Nova jaamast tulevat CO₂, et kildanaftat maapõuest kätte saada. Ilma tarbijata olid Petra Nova CCS jaama ainukeseks tuluallikaks riiklikud toetused. Toetustest üksi aga ei piisanud, et jaam oleks kasumlik [30].

2.6. CO₂ eraldamise rakendatavusest põlevkivitööstusele

2021. aastal valmib RITA programmist rahastatud ja Tallinna Tehnikaülikooli poolt elluviidav teadus- ja arendusprojekt „Kliimamuutuste leevendamine läbi CCS- ja CCU-tehnoloogiate“. Projekti eesmärk on hinnata süsinikusidumistehnoloogiate sobivust ning rakendatavust Eesti põlevkivitööstuses. Käesoleva aruande koostamise hetkeks ei olnud projekti tulemusi veel avalikustatud.

Lähtudes maailmas levinud tavadest ning ka Rahvusvahelise Energiaagentuuri (IEA – *International Energy Agency*) eriraportist süsiniku eraldamise ja ladustamise kohta [29] on kõige kindlam valik CO₂ eraldamiseks keemiline absorptsioon. IEA raporti kohaselt on keemiline absorptsioon amiinidega ainuke tänaseks küps süsinikdioksiidi eraldamise tehnoloogia keemiatööstuses ning kasutuse algaasis energiatootmises. Alternatiivid on kasutusel üksnes piloot- ja testimissüsteemidena. Seega on soovitatav teha laborikatsed, et leida põlevkivi suitsugaasidele parim absorbent ning hinnata detailselt kõiki keemilise absorptsiooniga kaasnevaid kulusid ning riske.

Paralleelselt tuleks edasi uurida ka OF-metoodika kasutust. Hapnikuga põletamisel tuleks kindlasti välja selgitada ka täpsed kulud. Oluline on teada hapnikuga põletamisel tekkivate suitsugaaside segu ning seda, millised on segust CO₂ eraldamise võimalused. Arvestada tuleb, et puhta hapnikuga põletades väheneb heitmete kogus drastiliselt. Samal ajal muutub ka heitmete koostis, mis saab suurel määral koosnema CO₂ ning veest. Täpse heitgaaside koostise määramine nii elektritootmises kui ka õlitootmises on väga oluline, võimaldamaks valida õige tehnoloogia CO₂ sellise puhtusastme saavutamiseks, et seda saaks taaskasutada. Tallinna Tehnikaülikoolis tehtud uuringute järgi on heitgaaside koostist juba võimalik hinnata [31]. Järgmise sammuna tuleks välja töötada testseadmed, kinnitamaks teoreetilisi tulemusi ning loomaks platvormi, millel katsetada ka CO₂ põhjalikumaks puhastamiseks vajalikke seadmeid. Uurimist vajab ka hapnikus põletamise mõju õlitootmise protsessile.

Kindlasti tuleks jätkata ka PCC ehk CaCO₃ tootmise võimaluste uurimist – selle tehnoloogiaga oleks võimalik mitte ainult CO₂ heidet vähendada, vaid samal ajal ka aluselist põlevkivituhka neutraliseerida.

PCC-uuringute puhul on soovitatav kavandada ka pilootjaam, millega saab välja selgitada täpse CO₂ koguse, mida on võimalik selle tehnoloogiaga salvestada. PCC-uuringutes tuleb kaaluda, milline tehniline lahendus on parim CO₂ eraldamiseks ning kaltsiumiga sidumiseks. Oluline on mõista, et kaltsiumkarbonaadile on olemas turg ning konkurentsivõimelise toote pakkumiseks peab süsinikdioksiidi eraldamine suitsugaasidest olema odavam, kui puhta CO₂ hind turul. Lisaks peaks pilootjaam võimaldama välja selgitada tööstusliku jaama maksumuse ja käidukulud.

3. CCU JUHTUMIUURINGUD

Juhtumiuuringuteks valiti ettevõtte Carbon8 Systems CCU mitmetes projektides kasutust leidnud moodullahendus ning lisaks kolm täiendavat süsiniku eraldamise ja ladestamise projekti. Kõikidest koostati lühikokkuvõtted, et anda ülevaade, mis tehnoloogiat kasutatakse, kes on tehnoloogia valdajad, ning millist rakendust leiab kogutud CO₂.

3.1. Ettevõtte Carbon8 konteinerlahendus

Carbon8 konteinerilahenduse kokkuvõte on toodud tabelis (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Carbon8 Systems konteinerlahenduse kokkuvõte

Ettevõtte nimi	Carbon8 Systems
Ettevõtte omanik	Carbon8, Grundon Waste Management
Tehnoloogia	Accelerated Carbonation Technology (ACT) ehk eesti keeles SKK
CO₂ kogus, t/a	Sõltub tuha reaktsioonivõimest erinevatel jaamadel
Tehnoloogia omanik	Carbon8
Toode	Kaltsiumkarbonaat, magneesiumkarbonaat
Toote kogus, t/a	30 000
Valmimine	2012 (1. tehas)

3.1.1. Projekti kirjeldus

Carbon8 Systems on Suurbritannia ettevõtte, mis töötab välja protsessi, kus tööstusjäätmeid kombineeritakse kogutud CO₂-heitmetega [32]. Nende patenteeritud süsiniku kogumise ja kasutamise lahendusele on välja töötatud niinimetatud konteinerlahendus, mis kohandatakse kliendi vajadustele. Protsess on SKK ehk sadestatud kaltsiumkarbonaadiks töötlemise erivorm, mille välja töötamiseks on kulunud ligi 20 aastat.

Carbon8 pakub seadmeid, millega on võimalik siduda CO₂ kaltsiumkarbonaadiks või magneesiumkarbonaadiks. Ettevõtte puhul on oluline mitte ainult tehnoloogia valmidusaste, vaid ka asjaolu, et süsiniku, kaltsiumi ega magneesiumi päritolu ei ole ilmtingimata oluline. See tähendab, et kui tööstusjäätmed ei sisalda kaltsiumi ega magneesiumi, siis võib need ained puhtal kujul protsessi lisada. Sama kehtib ka CO₂ kohta, võimalik on kasutada puhastatud süsinikdioksiidi, kuid ka suitsugaasidest pärit CO₂, mille puhtus on väike. Protsess töötab gaasidega, mille CO₂-sisaldus on 10-90% vahel. Ideaalseks peetakse aga 50–60% CO₂-sisaldust.

Esimene Carbon8 CaCO₃ tootmise jaam rajati 2012. aastal Brandonisse, Suffolki Lignacite'i ehitusmaterjalide tehase juurde, et toota Carbon Buster CO₂-negatiivseid ehitusplokke. 2014. aastal rajati sinna juurde teine liin, et vastata kasvavale nõudlusele. Praegu kasutatakse Carbon8 lahendusi mitmesugustes jäätmejaamades ja koostootmisjaamades. Keskmiselt töödeldakse nendes jaamades 30 000 t jäätmeid aastas. Süsteemi on aga võimalik laiendada, et töödelda ka suuremaid koguseid [33].

3.1.2. Tehnoloogia kirjeldus

Carbon8 tehnoloogia põhineb CO₂ võimel reageerida kaltsiumi või magneesiumiga, moodustades karbonaate. Vajalik energiahulk on kogu protsessis äärmiselt väike ja protsess põhineb jäätmete reageerimisvõimel. Paljud jäätmed (eelkõige need, mis pärinevad soojuslikest protsessidest, näiteks tsemendi tootmisest, jäätmejaamades või terase tootmisest) reageerivad vee juuresolekul süsinikdioksiidiga normaalingimustes. Kui tingimusi hoolikalt reguleerida, saab seda protsessi kiirendada nii, et see toimub aastate asemel minutitega ja selle tulemusena tekib kaltsiumkarbonaat ehk tehislubjakivi. Kemikaalid reageerivad otse põleti suitsugaasist saadud CO₂ kogustega, tootes kaltsiumkarbonaati 20 minutiga, samal ajal kui looduses kulub selleks aastakümneid. Sellest ka tehnoloogia nimi: „kiirendatud karboniseerimise tehnoloogia“.

Juhul, kui tööstusjäätmete keemiline koostis ei taga nende reageerimisvõimet CO₂-ga, nõuavad mineraliseerimise tehnoloogiad selle tagamiseks kaltsiumi- või magneesiumiallika või mõnikord alumiiniumiioonide kasutamist. Need materjalid saadakse looduslikest allikatest.

Kiirendatud karboniseerimise tehnoloogiat on tunnustatud ÜRO keskkonnaportis, kus märgitakse, et see annab „märkimisväärse panuse Euroopa ringlusmajanduse arengusse” [32].

3.2. Twence CCU-projekt

Ettevõtte Twence CCU-projekti kokkuvõte on toodud tabelis (Tabel 3.2).

Tabel 3.2. NaHCO₃ Eco-Innovation projekti kokkuvõte

Projekti nimi	NaHCO ₃ Eco-Innovation Project
Projekti omanik	Twence
Tehnoloogia	Keemiline absorptsioon + CO ₂ kuivatamine
CO₂ kogus, t/a	3000
Tehnoloogia omanik	Procede Gas Treating B.V
Toode	Naatriumvesinikkarbonaat, CO ₂ kasutamine kasvuhoonetes
Toote kogus, t/a	8000
Valmimine	2020

3.2.1. Projekti kirjeldus

Twence B.V. on Hollandis tegutsev jäätmekäitluse ja energiatootmise ettevõtte [34]. Üks ettevõtte põhieesmärke on CO₂ suuremahuline kogumine jäätmevoogudest. CO₂ eraldamisega suitsugaasidest ja selle kasutamisega mitmesugustes toodetes muudetakse jäätmeenergiajaam CO₂-neutraalseks elektrijaamaks.

Alates 2020. aasta maist kogutakse ettevõtte pilootprojekti raames ligikaudu 70 tonni CO₂ nädalas, et toota kemikaale ja vedelat CO₂ aiandussektori jaoks. Selle pilootprojekti põhieesmärk on hankida täiendavaid kogemusi, et jõuda ehitusprojektini, mille raames rajatud jaamas kasutatakse 100 000 tonni CO₂ aastas [35].

Igal aastal kasutatakse ligikaudu 3000 tonni ettevõtte toodetud süsinikdioksiidist naatriumvesinikkarbonaadi tootmiseks. See on aine, mida kasutatakse jäätmeenergiajaama suitsugaaside puhastamiseks. Siiani on naatriumvesinikkarbonaati sisse ostetud. Projektiga soovitakse toota naatriumvesinikkarbonaati süsinikdioksiidist ning naatriumkarbonaadist. Ettevalmistused CO₂ suuremahuliseks kogumiseks algasid 2017. aastal. Planeeritud ajakava kohaselt võetakse jaam kasutusele 2021. aasta lõpus. Kasutataval tehnoloogial on suur potentsiaal lahendusena, mis tagab sektorile vajaliku jätkusuutlikkuse.

3.2.2. Tehnoloogia kirjeldus

Twence'i pilootjaama jaoks töötas Procede Gas Treating B.V. välja CO₂ eraldamise ning suitsugaaside puhastamise tehnoloogia. Suitsugaasidest eraldatakse kõigepealt süsinikdioksiid keemilise absorptsiooni teel. Selleks kasutatakse aga eraldi välja töötatud Biliso-nimelist lahustit, mis sarnaselt amiinidega reageerib süsinikdioksiidiga. Bilisoli eripäraks on, et lahusti on biolagundatav. CO₂ eraldamisprotsessis suitsugaasid „karastatakse”, see tähendab, et temperatuuri langetatakse järsult ning seeläbi puhastatakse gaas erinevatest saasteainetest. Pärast karastust juhitakse suitsugaasid absorptsioonikoloni, kus eraldatakse CO₂. Pärast CO₂ eraldamist suitsugaasidest regenereeritakse absorbent reaktoris madalal rõhul ning kõrgel temperatuuril. Selle tulemusena saavutatakse süsinikdioksiid puhtusega 99,95%. Järgmises etapis CO₂ kuivatatakse, misjärel see on valmis kasutuseks [36].

CO₂ eraldamise eesmärk on toota naatriumkarbonaadist naatriumvesinikkarbonaati. Saadud naatriumvesinikkarbonaat segatakse veega ning segu kasutatakse suitsugaasidest happeliste

komponentide eemaldamiseks (HF, HCl, SO₂ jne.). Selle protsessiga võimaldatakse vältida senist kulukat naatriumvesinikkarbonaadi ostmist. Uues naatriumvesinikkarbonaadi tehases toodetakse igal aastal suitsugaasist 3000 tonni CO₂ kogumise teel 8000 tonni naatriumvesinikkarbonaati [37].

3.3. Tata Chemicals Europe CCU-projekt

Ettevõtte Tata Chemicals Europe Ltd (TCE) CCU-projekti kokkuvõte on toodud tabelis (Tabel 3.3).

Tabel 3.3. TCE CCU-projekti kokkuvõte

Projekti nimi	TCE CCU plant
Projekti omanik	Tata Chemicals Europe
Tehnoloogia	Keemiline absorptsioon + CO ₂ kuivatamine, filtreerimine, veeldamine
CO₂ kogus, t/a	40 000
Tehnoloogia omanik	Pentair Union Engineering
Toode	Naatriumvesinikkarbonaat
Toote kogus, t/a	120 000
Valmimine	2021 (plaanitud)

3.3.1. Projekti kirjeldus

Tata Chemicals Europe on Suurbritannia ainus naatriumkarbonaadi ja naatriumvesinikkarbonaadi tootja ning üks Briti juhtivaid soolatootjaid. TCE kvaliteetsed tooted on olulised lähtematerjalid, mida kasutatakse klaasi, toiduainete, ravimite ja keemiatoodete tootmises. Naatriumkarbonaadi ja naatriumvesinikkarbonaadi tootmise võimekus on ettevõttel juba olemas. CCU-projektiga hakatakse tootmiseks vajalikku süsinikdioksiidi tootma oma soojuselektrijaama heitmetest.

Tata Chemicals Europe'i projekt on Suurbritannias esimene selle valdkonna suuremahuline CCU-projekt ning seda peetakse üle maailma uuenduslikumaks süsinikdioksiidi elektrijaamade heitgaasidest kogumise ja puhastamise lahenduseks, mis võimaldab süsinikdioksiidi kasutada peamise toormaterjalina ülipuhta naatriumvesinikkarbonaadi tootmiseks. Projekti põhieesmärk on vähendada märkimisväärselt tööstuses tekkivaid süsinikdioksiidi heitkoguseid. CCU-projekt toetab TCE suurima eksporditartikli kasvu, milleks on kõrge kvaliteediga naatriumvesinikkarbonaat, mida kasutatakse toiduainete- ja ravimitööstuses.

TCE tehases, mis peaks tööd alustama 2021. aastal, kogutakse süsinikdioksiidi suitsugaasidest TCE 96 MW gaasiga töötavas soojuselektrijaamas, mis varustab auru ja elektriga ettevõtte Northwichi üksust ning teisi piirkonna tööstusettevõtteid. CCU-tehases puhastatakse ja veeldatakse gaas otse naatriumvesinikkarbonaadi tootmises kasutamiseks. CCU-tehas suudab koguda ja toota aastas kuni 40 000 tonni süsinikdioksiidi ning vähendada TCE CO₂-heidet soojuse ja elektri koostootmisjaamas 11% võrra [38].

3.3.2. Tehnoloogia kirjeldus

CO₂ töötlemise protsessi võib jagada kaheks etapiks. Esimeses eraldatakse suitsugaasidest süsinikdioksiid keemilise absorptsiooni teel. Järgmises puhastatakse CO₂ kõikidest jääkidest, kuni saadakse 99,999% puhtusega süsinikdioksiid.

CO₂ kogumiseks kasutatakse täiustatud amiinitehnoloogiat (AAT, ingl *advanced amine technology*), mille on välja töötanud Pentair Union Engineering. Selles protsessis pestakse ja jahutatakse soojuse ja elektri koostootmisjaama suitsugaas kõigepealt veega suitsugaasipuhastis, kus eemaldatakse kõik vees kergesti lahustuvad võõrained.

Seejärel suunatakse puhastatud gaas absorbeerimistorni, kus see segatakse vedelikujoaga, mis sisaldab amiinipõhist vedelikku; viimane reageerib CO₂-ga ja seob selle.

CO₂-rikas vedelik pumbatakse seejärel absorbeerimisseadmest destilleerimiskoloni, kus vedeliku soojendamiseks kasutatakse soojuse ja elektri koostootmisjaamast pärinevat auru. CO₂ vabaneb soojuse mõjul ning destillaat jääb alles gaasina, mille puhtus on üle 99,9%, mis vastab Euroopa Tööstusgaaside Liidu (EIGA, ingl European Industrial Gases Association) standarditele.

Pärast CO₂ eraldamist pumbatakse amiinilahus tagasi absorbeerimisseadmesse läbi regenereerimissõlme, kus eemaldatakse kogunenud jäägid, mida kasutatakse täiendava CO₂ saamiseks.

Teises etapis CO₂ pestakse, et eemaldada kõik amiinijäägid. Pärast pesu tõstetakse gaasi rõhku ja langetatakse temperatuuri, et vähendada niiskusesisaldust. Kuiv gaas juhitakse läbi söefiltri, et eemaldada teistest ainetest veel viimased jäägid. Pärast filtri läbimist gaas veeldatakse. Tulemuseks on -25° C juures vedel CO₂ mille puhtus on 99,999%. Seeläbi saadud gaas on piisavalt puhas farmaatsiatööstuses kasutamiseks [39].

3.4. CarbonCure Technologies CCU valmislahendus

Ettevõtte CarbonCure Technologies valmislahenduse ülevaade on toodud tabelis (Tabel 3.4).

Tabel 3.4. CarbonCure valmislahenduse kokkuvõte

Ettevõtte nimi	CarbonCure Technologies Inc.
Tehnoloogia	CO ₂ mineraliseerimine kaltsiumkarbonaadiks
CO₂ kogus, t/a	44 000 (kõik paigaldatud seadmed kokku 2020 seisuga)
Tehnoloogia omanik	CarbonCure Technologies Inc.
Toode	Kaltsiumkarbonaadist betoonilisand
Toote kogus, t/a	3 500 000 t betooni (kõik paigaldatud seadmed kokku 2020 seisuga)

3.4.1. Ettevõtte kirjeldus

CarbonCure Technologies on Ameerika Ühendriikides asuv tehnoloogiaettevõtte. CarbonCure töötab koos betoonitootjatega, pakkudes neile tehnilist lahendust, millega on võimalik vähendada CO₂ heitmeid, ning samas parandada betooni kvaliteeti ja hoida kokku tsementi. Selle meetodiga on võimalik vähendada 17 kg süsinikdioksiidi heidet iga kuupmeetri betooni kohta. Ettevõtte pikaajaline eesmärk on vähendada kogu sektori CO₂ heidet 500 Mt võrra [40].

CarbonCure müüb valmislahendust, millega on betooni tootmises võimalik segusse juhtida CO₂. Betoonitootmise ettevõtte ostab CarbonCure'ilt seadmed ning need paigaldatakse betoonitootmise juurde. Selliseid ettevõtteid, mis kasutavad CarbonCure'i seadmeid, on maailmas ligi 300. Süsinikdioksiid ostetakse üldjuhul sisse. Reeglina müüvad süsinikdioksiidi maagaasi töötlemise jaamad, mis eraldavad maagaasist CO₂. Suurem osa maagaasi töötlevaid jaamasid kasutab süsinikdioksiidi eraldamiseks keemilist absorptsiooni. Tänu kõrgele selektiivsusele on keemiline absorptsioon väga efektiivne ning CO₂ puhtuse tase on väga kõrge [40].

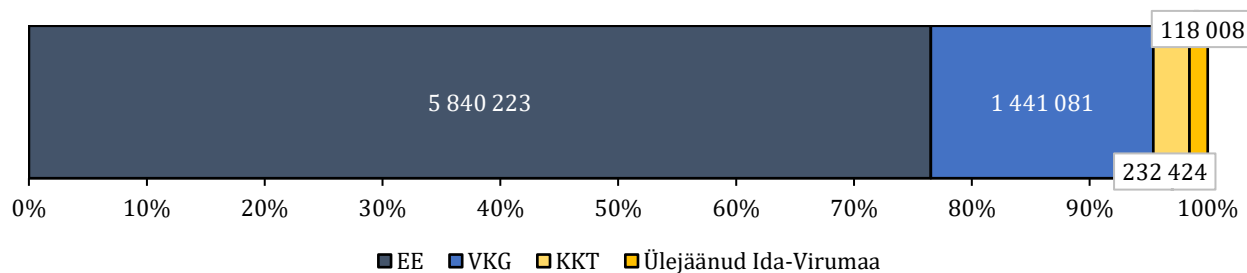
3.4.2. Tehnoloogia

CarbonCure on välja töötanud süsteemi, millega lisatakse betoonitootmisel tsemendile puhast süsinikdioksiidi. CO₂ puhutakse surugaasina vee ja tsemendi sekka segu moodustumisel. Segamisel moodustab süsinikdioksiid tsemendis oleva kaltsiumiga kaltsiumkarbonaadi. Seega seotakse süsinikdioksiid betooni püsivalt ning omakorda parandatakse betooni omadusi.

Süsteemi teeb eriliseks väljatöötatud automaatika, mis juhib süsinikdioksiidi kogust tsemendi segusse vastavalt tsemendi koostisele. Süsinikdioksiidi gaasi puhtusastet ei ole täpsustatud, kuid kindlasti ei tohi seal olla komponente, mis kahjustaksid betooni omadusi [40].

4. PÕLEVKIVISEKTORI ETTEVÕTETE SEISUKOHAD JA VALMISOLEK

Põlevkivisektor on suurim süsinikdioksiidi emiteeriv tööstusharu Ida-Virumaal. Keskkonnaametile edastatud 2019. aasta välisõhusaastearuannete kohaselt toodavad üle 98% CO₂-heitmetest Ida-Virumaal kolm suurimat põlevkivisektoris tegutsevat ettevõtet: Eesti Energia (EE), Viru Keemia Grupp (VKG) ning Kiviõli Keemiatööstus (KKT) [41]. Joonisel on kujutatud CO₂-heitmete jaotumine tootjate vahel protsentides ning numbriliselt on välja toodud atmosfääri paisatud CO₂ kogused tonnides aastal 2019 (Joonis 4.1).



Joonis 4.1. CO₂-heitmete jaotumine Ida-Virumaal [41]

Sellest tulenevalt uuriti ka kõikide nende ettevõtete esindajate seisukohti seoses CO₂-heitmete, kvootide ning uute regulatsioonidega. Eesti Energiast vastas kirjalikult küsimustele arendusjuht Mart Tasa, kes kogus kokku vastused vastutavatel isikutelt kontsernis. Viru Keemia Grupi juhatuse liikme Ahti Asmanni ja Kiviõli Keemiatööstuse juhatuse esimehe Priit Orumaaga korraldati suulised intervjuud. Küsimusi oli intervjuudel kokku kümme ning küsimused edastati intervjuueeritavatele ka kirjalikult. Küsimused ning küsimuste vastused on toodud lisas (Lisa 2). Lisades toodud intervjuude kokkuvõtted saadeti e-kirja teel intervjuueeritutele ka kooskõlastamiseks.

Vastuste kokkuvõtted on toodud järgnevalt. Intervjuu vastuste analüüsis koondati vastused viie teemapüstituse alla.

Esimene teemapüstitus: „Millised on CO₂ kvootide kauplemissüsteemi kitsaskohad? Mis annaks kauplemissüsteemis kindluse?“

Põlevkivisektori ettevõtete seisukoht: „Peamised kitsaskohad on läbipaistmatus kauplemiskogustes ning hinnad, mida muudetakse iga aasta. Kindluse annaks teadmine, et kvoodikauplemise süsteemi ei muudeta vähemalt järgmised 10 aastat.“

Teine teemapüstitus: „Millised on kvootide kauplemissüsteemi plussid ja miinused, võrreldes investeringutega suitsugaaside puhastamisele üleminekusse?“

Põlevkivisektori ettevõtete seisukoht: „Kvootidega kauplemisel ei ole vaja ellu viia miljarditesse ulatuvaid investeringuid riskides samal ajal sellega, et CO₂ eraldamine ja kasutamine on veel kallim, kui kvoodi hind. Ainuke pluss CO₂ eraldamisel on keskkonnasäästlikkus.“

Kolmas teemapüstitus: „Millised on takistused ja millised eeldused peavad olema täidetud üleminekuks suitsugaaside puhastamisele (Nt investeringud, turg jms)?“

Põlevkivisektori ettevõtete seisukoht: „Esimene takistus on CO₂ kasutamine. Täna ei ole põlevkivitööstuse toodetud CO₂ kogustega midagi peale hakata ning taristu CO₂ transpordiks ja kasutuseks puudub täielikult. Teine takistus on seadmete hind ning ebakindlus hinnas, kuna põlevkivi põletamise suitsugaasidest CO₂ eraldamist ei ole maailmas keegi veel teinud. CO₂ kasutamiseks ja transpordiks peab taristu olemas olema. Teiseks peab olema kindlus, et põlevkivisektorit ei maksustata surnuks.“

Neljas teemapüstitus: „Kes peaks tegema võimalikud investeeringud CO₂ puhastamiseks ja sellest toodete valmistamiseks?“

Põlevkivisektori ettevõtete seisukoht: „Riik peaks looma tingimused investeeringuteks ja taristu jaoks. CO₂ eraldada saavad taristu olemasolul põlevkivitööstusettevõtted ise, aga seda kasutama peaksid kolmandad ettevõtted.“

Viies teemapüstitus: „Millised on ettepanekud ja soovitusel CO₂-neutraalsusega seotud eesmärkide saavutamiseks (millised näitajad on võimalik saavutada aastaks 2030, 2040 ja 2050?“

Põlevkivisektori ettevõtete seisukoht: Mingeid konkreetseid näitajaid välja tuua ei soovita. Eesti Energia on oma sisendi andnud ja need kajastuvad ka riiklikes energia arengukavades. Näitajate osas on ainsana eneses kindel Eesti Energia, kes arvab, et nõutud näitajad saavutatakse. VKG ja KKT on pessimistlikumad ja ei näe olulisi võimalusi enda CO₂ heitmeid võrreldes tänasega vähendada.

5. CO₂ ERALDAMISE FINANTSEERIMINE

5.1. Seni teostatud CO₂ eraldamise projektide finantseerimine

5.1.1. Teostatud projektid

2020. aasta septembris avaldas Rahvusvaheline Energiaagentuur (IEA – *International Energy Agency*) raporti süsinikdioksiidi sidumise, kasutamise ja ladustamise (CCUS – *Carbon Capture, Utilisation and Storage*) kohta puhtale energiale üleminekuks. Raporti kohaselt on maailmas kasutusel 21 suuremahulist CO₂ siduvat kätist (Tabel 5.1), mis on võimelised aastas püüdma kuni 40 MtCO₂. Suuremahulisteks kätisteks peetakse jaamu, mis suudavad aastas püüda söeelektrijaamade heitmetest vähemalt 0,8 MtCO₂ ja muude suuri heitkoguseid põhjustavate tööstuslike objektide, mille hulka loetakse ka maagaasi tarbivad soojuselektrijaamad, heitmetest vähemalt 0,4 MtCO₂ aastas [42].

Hetkel kasutusel olevatest jaamadest esimesed rajati juba aastatel 1972 ja 1982. Esimene senini käigus olev rajatis Ameerika Ühendriikides Texase osariigis Val Verde piirkonnas saab süsinikdioksiidi maagaasi töötlemisest. Töötlemise käigus eraldatav CO₂ antakse piirkonnas tegutsevatele naftatöösturitele. Süsinikdioksiid pumbatakse maa alla, mis suurendab naftamaardlas esinevat rõhku ja võimaldab efektiivsemalt naftat ammutada ja seeläbi maardla eluiga pikendada (EOR – *Enhanced Oil Recovery*) [42].

Esimeste projektide elluviimise järel on süsinikdioksiidi sidumise, kasutamise ja ladustamise projekte hakatud teostama ka muudes piirkondades ja muude rakenduste jaoks. Esimene suuremahuline projekt CO₂ ladustamiseks viidi ellu 1996. aastal Norras Sleipneri avamere-maagaasimaardla juures. Tehnilistel ja majanduslikel põhjustel tuleb maardlast ammutatavast gaasisegust enne müümist eraldada CO₂. 1991. aastal Norra valitsuse poolt kehtestatud süsinikdioksiidi heitmetasu avamerenafta- ja gaasivaldkonnas tegutsevatele ettevõtetele muutis CO₂ ladustamise majanduslikult mõistlikuks. Projekti käivitamisest alates on sobivate omadustega maakoorekihti salvestatud enam kui 20 MtCO₂ [42].

Tabel 5.1. Suuremahulised ärilised CCUS-kätised 2020. aastal [42]

Riik	Projekt	Aasta	CO ₂ allikas	CO ₂ sidumise maht, Mt/a	Peamine salvestusmeetod
USA	Terrelli maagaasijaamad (varasemalt Val Verde)	1972	Maagaasi töötlemine	0,5	EOR
USA	Enid Fertilizer	1982	Väetiste tootmine	0,7	EOR
USA	Shute Creeki gaasitööstlustehas	1986	Maagaasi töötlemine	7,0	EOR
Norra	Sleipneri CO ₂ ladustamise projekt	1996	Maagaasi töötlemine	1,0	Maakoore
USA/ Kanada	Great Plains Synfuels (Weyburn/Midale)	2000	Sünteesiline maagaas	3,0	EOR
Norra	Snøhvit CO ₂ ladustamise projekt	2008	Maagaasi töötlemine	0,7	Maakoore
USA	Century jaam	2010	Maagaasi töötlemine	8,4	EOR
USA	Air Productsi metaani aurtööstlus	2013	Vesiniku tootmine	1,0	EOR
USA	Lost Cabin Gas Plant	2013	Maagaasi töötlemine	0,9	EOR
USA	Coffeyville Gasification	2013	Väetiste tootmine	1,0	EOR
Brasiilia	Petrobras Santos Basin pre-salt naftamaardla CCS	2013	Maagaasi töötlemine	3,0	EOR

Riik	Projekt	Aasta	CO ₂ allikas	CO ₂ sidumise maht, Mt/a	Peamine salvestusmeetod
Kanada	Boundary Dam CCS	2014	Elektritootmine (söeelektrijaam)	1,0	EOR
Saudi Araabia	Uthmaniyah' CO ₂ -EOR-i näidisjaam	2015	Maagaasi töötlemine	0,8	EOR
Kanada	Quest	2015	Vesiniku tootmine	1,0	Maakoor
AÜE	Abu Dhabi CCS	2016	Raua- ja terasetootmine	0,8	EOR
USA	Petra Nova	2017	Elektritootmine (söeelektrijaam)	1,4	EOR
USA	Illinois Industrial	2017	Etanooli tootmine	1,0	Maakoor
Hiina	Jilini naftamaardla CO ₂ -EOR	2018	Maagaasi töötlemine	0,6	EOR
Austraalia	Gorgon Carbon Dioxide Injection	2019	Maagaasi töötlemine	3,4–4,0	Maakoor
Kanada	Alberta Carbon Trunk Line (ACTL) koos Agriumi CO ₂ -heitmega	2020	Väetiste tootmine	0,3–0,6	EOR
Kanada	ACTL koos North West Sturgeon Refinery CO ₂ -heitmega	2020	Vesiniku tootmine	1,2–1,4	EOR

5.1.2. Uudsete tehnoloogiate rahastamise tegurid

Ärulistel eesmärkidel loodud tehnoloogia jaoks on üldiselt turud ainsaks sissetulekuallikaks. Uute tehnoloogiate nagu CCUS puhul ei ole turutõmme tavaliselt piisav, seega tuleb neid toetada tehnoloogiatõukeprogrammidega. Need programmid suudavad luua tuluvoo, millega osaliselt projekte finantseerida. Lisaks turgude ja tehnoloogiatõukeprogrammide pakutavale tuluvoole mõjutavad projekti majanduslikku elujõulisust ka ärilised ja seadusandlikud tegurid. Järgnevalt on toodud ülevaade põhikomponentidest, mida on rakendatud, toetamaks süsinikdioksiidi sidumise ja ladustamise (CCS – *Carbon Capture and Storage*) projekte [43].

- turutõmme;
 - süsinikuturud;
 - elektriturud;
 - *Enhanced Oil Recovery* (EOR);
 - muu (näiteks kolme või enama väljundiga koostootmine);
- tehnoloogiatõuge;
 - otsetoetused;
 - maksuerisused;
 - laenutagatised;
 - volitused;
 - muu (näiteks soodustariifid, lepingud katmaks kulude erinevust võrreldes tavapärase projektiga);
- seadusandlikud tegurid;
- ärilised tegurid [43].

Peamiseks takistuseks CCS-tehnoloogiatele laialdase poliitilise toetuse saamiseks on nende maksumus. Valdavas osas ei ole olemasolevad lahendused äriselt ega sotsiaalmajanduslikult tasuvad ning toetusteta ei ole projektide elluviimine järgnevate kümnendite jooksul majanduslikult atraktiivne [44].

5.1.3. Teostatud projektide toetusmehhanismid

Pea kõik hetkel kasutatavad suuremahulised CCUS-rajatised on saanud avalikku toetust (Tabel 5.2) peamiselt investeeringutoetuste näol ning vähesemal määral on toetatud käituskulude katmisega. Kapitalikulude katmiseks toetuse andmine on olnud eriti oluline projektidele, mis on viidud ellu alates 2010. aastast. Kaheksa projekti viieteistkümnest on saanud otsetoetust vahemikus 55 kuni 840 miljonit USA dollarit. Kõige väiksem toetussumma määrati Austraalias Gorgoni maagaasi töötlemise jaama CCS-projektile ja kõige suurem toetussumma jagati välja Kanadas asuva Questi vesinikutootmise CCS-projektile. Töötavatest suuremahulistest rajatistest seitse on saanud kasutada toetuseid ja maksuerisusi käitamiskulude katmiseks. Alates 2009. aastast USAs loodud rajatise toetatakse 45Q maksuerisuse määru alusel, mille puhul toetatakse CO₂ geoloogilist ladustamist või kasutamist naftatööstuses maardlate eluea pikendamiseks (EOR) vastavalt kasutatud süsinikdioksiidi kogustele. Otsest toetust projektide elluviimiseks või rajatise käitamiseks ei ole saanud vaid seitse projekti. Neist neli omakorda kuuluvad riigiettevõtetele, st ainult ärilistel kaalutlustel on ellu viidud kolm projekti, milleks on 1972. aastal loodud CCS-rajatis Terrelli maagaasi töötlemise kompleksis, 1982. aastal loodud CCS-rajatis Enid Fertilizeri väetiste tootmise kompleksis ja 2000. aastal loodud CCS-rajatis Great Plains Synfuelsi sünteetilise maagaasi tootmise kompleksis [42].

Tabel 5.2. Toimivate suuremahuliste CCUS-rajatiste toetusmeetmed [42]

Riik	Projekt	Seadusandlus/toetusmeede				
		Süsiniku- maks	Investeeringu- toetus	Tegevus- toetus	Regu- latsioon	Riigi- ettevõtte
USA	Terrelli maagaasijaamad (varasemalt Val Verde)					
USA	Enid Fertilizer					
USA	Shute Creeki gaasitööstlustehas				X	
Norra	Sleipneri CO ₂ ladustamise projekt	X				X
USA/ Kanada	Great Plains Synfuels (Weyburn/Midale)					
Norra	Snohvi CO ₂ ladustamise projekt	X				X
USA	Century jaam			X		
USA	Air Productsi metaani aurtöötus		X	X		
USA	Lost Cabin Gas Plant			X		
USA	Coffeyville Gasification			X		
Brasiilia	Petrobras Santos Basin <i>pre-salt</i> naftamaardla CCS					X
Kanada	Boundary Dam CCS		X		X	X
Saudi Araabia	Uthmaniyah' CO ₂ -EOR-i näidisjaam					X
Kanada	Quest		X	X		
AÜE	Abu Dhabi CCS					X
USA	Petra Nova		X	X		
USA	Illinois Industrial		X	X		
Hiina	Jilini naftamaardla CO ₂ -EOR					X
Austraalia	Gorgon Carbon Dioxide Injection		X		X	
Kanada	Alberta Carbon Trunk		X			

Riik	Projekt	Seadusandlus/toetusmeede				
		Süsiniku- maks	Investeeringu- toetus	Tegevus- toetus	Regu- latsioon	Riigi- ettevõte
Kanada	Line (ACTL) koos Agriumi CO ₂ -heitmega ACTL koos North West Sturgeon Refinery CO ₂ -heitmega		X			

Otsene CO₂ maksustamine on tänaseks mõjutanud investeerimisotsust vaid kahe CCS-projekti, Norra Sleipneri ja Snøhvit'i projektide puhul. Mõlemal juhul oli turunõuetele vastava maagaasi tootmiseks vaja maardlast saadud gaasist eraldada CO₂. Projekte teostamata oleks tulnud tasuda avamerenafta- ja -maagaasi tootjatele kehtestatud CO₂ tasu. Gaasimaardlaid käitaval riigiettevõttel Equinor olid küllaldased teadmised aluspinna geoloogiast, mille tulemusena selgitati välja võimalus süsinikdioksiidi ladustamiseks. Kuna gaasimaardlad on väga kasumlikud ja puudus alternatiivne võimalus CO₂-heitmete vähendamiseks, otsustati geoloogilise ladustamise kasuks [43].

Ülemaailmse süsinikdioksiidi sidumise ja ladustamise instituudi (Global CCS Institute) hinnangul saab suuremahulised projektid jagada kolme peamisesse kategooriasse:

- ärilised EOR-projektid;
- eesrindlikud CCS-projektid;
- CCS-i teadus-, arendus- ja pilootprojektid (RD&D) [43].

Äriliste EOR-projektide rahastamismudel on lihtne. Allikas, millest CO₂ kogutakse, toodab suure puhtusastmega süsinikdioksiidi, seega on CO₂ sidumisega lisanduvad kulud, võrreldes CO₂ atmosfääri suunamisega, seotud peamiselt süsinikdioksiidi komprimeerimisega ja transpordiga. Naftamaardlate käitajate poolt süsinikdioksiidi eest makstav hind katab lisanduvad kulud ehk turutõmme tagab projektide rahastamise. Projektide hulka kuuluvad süsinikdioksiidi eraldamine väetiste tootmisel, maagaasi töötlemisel ja kivisöe gaasistamisel [43].

Teedrajavad CCS-projektid viidi ellu ilma toetuseta või väikse toetusega ning kõigi puhul saadakse allikast suure puhtusastmega CO₂, mida tuleb vaid komprimeerida ja transportida. Eraldatud CO₂ pumbatakse maa alla sobivasse maakoorekihti või ammendunud gaasimaardlasse. Kõikide projektide puhul on CO₂ allikaks olnud maagaasi töötlemine ja CCS-kulu moodustas vaid väikse osa suuremast projektist ning oli äriatel eesmärkidel õigustatud [43].

Ülejäänud teadus-, arendus- ja näidisprojektid on viidud ellu suurte riiklike investeerimistoetustega. Enamik projekte on teostatud riiklike programmide raames, mille eesmärk on olnud edendada pilootprojektide elluviimist. Teostatud projektidest väärrib eriliselt mainimist Kanadas 2014. aastal lõpule viidud Boundary Dami projekt, mis on suuremahuline söeelektrijaamale rajatud süsinikdioksiidi sidumise projekt. Ühtlasi on see siiani ka ainuke elektrijaam, millele on uuendamise käigus paigaldatud süsinikdioksiidi sidumise süsteem [43].

5.2. Senised rahastusskeemid

CCUS-tehnoloogiate kasutuselevõtmise rahastamiseks on riigid loonud erinevaid toetusmeetmeid ja -programme. Kui mõned programmid on tänaseks lõppenud, on ka neid, mis endiselt panustavad uute projektide elluviimisesse. Toetusmeetmetega omandatud kogemuste põhjal on loodud ja luuakse edaspidi ka uusi toetusmehhanisme, mis aitavad kulukat uut tehnoloogiat rakendada.

5.2.1. Toetusmehhanismid Ameerika Ühendriikides

Ameerika Ühendriikides oli peamine näidisprojektide toetamiseks mõeldud mehhanism Puhta Söeenergia Algatus (CCPI – *Clean Coal Power Initiative*), mille lõi Ameerika Ühendriikide

Energiaministeerium. Projektide elluviimisel oli nõutav vähemalt 50% suurune omaosalus. Programmile jagati vahendeid riigi iga-aastase eelarve planeerimise käigus. Kui programmi oli kogunenud piisavalt vahendeid, kuulutati välja taotlusvoor toetuste määramiseks. Riigieelarvest rahaliste vahendite määramine oli keeruline protsess. Kuigi algselt jagati programmile stabiilselt vahendeid toetuste määramiseks, ei ole alates 2009. aastast programmi rahastatud [43].

Ameerika Ühendriikides on alates 2009. aastast kasutusel 45Q maksuerisuse määrus, millega toetatakse CO₂ sidumise ja ladustamise projekte. Maksuerisuse kasutamisel tuleb ettevõtetel investeeeringud teostada omavahenditest, aga ladustatud CO₂ koguste eest saadakse toetust. Toetuse määr sõltub sellest, kas süsinikdioksiid ladustatakse sobivasse geoloogilisse kihti või kasutatakse seda naftatööstuses maardlate eluea pikendamiseks [42].

5.2.2. Toetusmehhanismid Kanadas

Kanada Alberta provintsis loodi kahe miljardi Kanada dollari suurune CCS-i fond toetamaks suuremahuliste näidisprojektide elluviimist. 2009. aastal otsustati toetada nelja projekti, millest Questi rajatis on kasutusel, Alberta Trunk pidi viimaste andmete kohaselt valmima 2020. aastal ja kahe projekti elluviimisest on loobutud. Toetusprogrammi loomisel olid oluliseks ärilised eesmärgid. Alberta provintsis on domineeriv tööstusharu õliliiivadest nafta tootmine. Kuna protsess on väga energiantensiivne, on selle elutsükli süsinikujalajälg suurem kui enamikul teistest naftatootmismeetoditest. Sel põhjusel on õliliiivadest nafta tootmise vastu võitlemine muutunud teatavate keskkonnaorganisatsioonide jaoks väga oluliseks. Keskkonnaorganisatsioonide töö tulemusena on vastu võetud kaks olulisemat otsust, mis on muutnud õliliiivadest naftatootmise keerukamaks:

- madala süsinikusisaldusega kütuste standard – võeti vastu 2007. aastal California osariigis. Standardiga sätestati, et transpordikütuste elutsükli kasvuhoonegaaside heitkogused peavad jääma alla teatud piirmäära.
- Keystone'i torujuhe – projekt, mille eesmärk oli transportida Alberta provintsi õliliiivadest toodetud nafta Ameerika Ühendriikide Mehhiko lahe ümbruses paiknevatesse rafineerimistehastesse. Peatati Obama valitsuse ajal keskkonnaorganisatsioonide tugeva vastuseisu tõttu.

Üks võimalus vähendamaks õliliiivadest toodetud nafta süsinikujalajälge on kasutada CCS-tehnoloogiat. Lisaks CCS-i fondi loomisele kehtestas Alberta provint ka süsinikumaksu suurtele heitmetootjatele. Iga tonni emiteeritud CO₂ eest tuleb tasuda 15 C\$. Teenitav tulu suunatakse fondi [43].

5.2.3. Toetusmehhanismid Ühendkuningriigis

2007. aasta novembris kuulutas Ühendkuningriigi valitsus välja ühe miljardi Suurbritannia naelsterlingi suuruse konkursi toetamaks suuremahuliste CCS-rajatiste projekteerimist, ehitamist ja käitamist. Konkurss oli suunatud söelektriijaamade suitsugaasidest CO₂ eraldamise projektidele. 2008. aasta juunis valiti programmi neli esmast projekti, aga toetuseid ei väljastatud [43].

Konkurss taasavati 2012. aasta aprillis. Uues voorus vähendati piiranguid ning lisaks projektidele, mille eesmärk oli CO₂ eraldamine söelektriijaamade suitsugaasidest, olid konkursile oodatud ka kõik teised CO₂ sidumise tehnoloogiad sõltumata kasutatavast kütusest. 2013. aasta märtsis kuulutati eelistatud projektidena välja Peterheadi ja White Rose'i projektid, millele anti toetust teostatavus- ja tasuvusanalüüside läbiviimiseks. Analüüside tulemusena pidi Ühendkuningriigi valitsus otsustama investeeeringutoetuse määramise algselt 2015. aastal ja hiljem 2016. aastal, aga 2015. aasta novembris loobuti ootamatult konkursi edasisest rahastamisest. Kuigi teostatavus- ja tasuvusanalüüsid valmisid, ei viida näidisprojekte ellu [43].

5.2.4. Toetusmehhanismid Euroopa Liidus

2007. aasta jaanuaris andis Euroopa Komisjon välja Euroopa Liidu Energeetika Tegevuskava (*Energy Action Plan*), mida Euroopa Nõukogu toetas sama aasta märtsis. Plaaniga leppisid Euroopa liidrid kokku, et Euroopa Liidu sihiks võiks olla rajada 2015. aastaks 12 CCS-i näidisrajatist. Peamine mehhanism eesmärkide saavutamiseks oli NER300 programm [43].

NER300 programmi toetusvahendid teeniti 300 miljoni Uute Liitujate Reservi (*New Entrants Reserve*) Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteem (EL HKS) kvoodi müügist. Täiendavalt kinnitas EL HKS, et turvaliselt geoloogiliselt ladustatud CO₂ on võrdväärne heitmata jäetud süsinikdioksiidiga ning seega võib ladustatud kogused heitmetest maha arvestada [43].

2017. aasta seisuga ei ole aga NER300 programmi raames planeeritud kaheteistkümnest CCS-i näidisrajatisest valminud ühtegi toimivat CCS-rajatist. Esimesse taotlusvooruga esitasid liikmesriigid 13 CCS-projekti toetustaotlused. Neist ei valitud aga ühtegi, peamiselt puuduliku riikliku rahastuse tõttu. Toetusvahendeid suunati taastuenergiaprojektide elluviimiseks. Teise taotlusvooruga laekus üks projekt, millele määrati 300 miljoni euro suurune toetus. Tegemist oli Ühendkuningriigi White Rose'i projektiga, mille puhul aga samuti loobuti projekti edasiviimisest riikliku tugiprogrammi ootamatu lõpetamise tõttu. White Rose'i projekti eesmärk oli vähendada süsinikdioksiidi heitkoguseid kahe miljoni tonni võrra aastas [43], [45].

2009. aasta majanduskriisi järel kuulutati välja Euroopa Energeetika Taasteprogramm (EEPR – *European Energy Programme for Recovery*). Programmis eraldati CCS-projektidele miljard eurot ja valiti välja kuus projekti. Viie aasta jooksul otsustati katkestada Saksamaal, Poolas ja Itaalias kolm projekti, sellal kui ülejäänud kolm projekti Hispaanias, Ühendkuningriigis ja Hollandis olid ajakavast märgatavalt maha jäänud. Saksamaa ja Itaalia projektide puhul osutus takistuseks vajaminevate keskkonnalubade saamine [45].

Järgmisena otsustati loobuda Ühendkuningriigi Don Valley projekti lõpuleviimisest. Projektile sai saatuslikuks võimetus tagada omafinantseeringut, mis põhjustas projekti elluviimise ajakavast mahajäämuse ja muutis vähetöenäoliseks ka edasise rahastuse saamise [45].

2016. aastal esitleti programmi raames positiivseid tulemusi, kui Hispaanias elluviidava projekti raames valmis töökorras pilootjaam CO₂ sidumiseks, transpordiks ja ladustamiseks. Pärast edukat testi aga otsustati suuremahulist jaama mitte rajada. 2020. aastal otsustas käitaja söeelektrijaama, kus viidi ellu pilootjaama katsed, sulgeda [45].

Viimasena loobuti 2017. aastal Hollandis ette võetud CCS-projekti lõpuleviimisest. Kaks projektiga tegelenud ettevõtet otsustasid projektist majanduslikel kaalutlustel loobuda. Seega ei valminud programmi raames ühtegi planeeritud rajatist [45].

EUobserveri hinnangul on Euroopa Liit jaganud hinnanguliselt 587 miljonit eurot toetuseid CCS-i valdkonnaga seotud projektide toetamiseks, mis aga tänaseks ei ole viinud edukate lahendusteni. Muude allikate kohaselt võib Euroopa Liidu toetussumma ebaõnnestunud CCS-projektidele olla kokku ligi 1,2 miljardit eurot [45].

5.2.5. Õppetunnid senistest toetusmehhanismidest

Toetusprogrammide loomise ja käitamisega on saadud järgmised väärtuslikud õppetunnid, mida silmas pidada edasiste CCS-i toetusmeetmete koostamisel ja üldisel valdkonna arendamisel:

- Edukad CCS-i näidisprojektid on tugevalt seotud nafta- ja gaasitööstusega.
- EOR-i korral peab tekkima täiendav turutõmme.
- Regulatsioonid on olulised loomaks CCS-projektidele turge.
- Ärilistel kaalutlustel on suur roll.
- Liialt riiklikele toetustele tuginev ärimudel on riskantne.

- Edukad CCS-projektid kasutasid mitmeid finantseerimiskomponente.
- Gaasistamisega seotud energiaprojektid ei ole olnud edukad.
- Meelevaldsete ajapiirangute kehtestamine projektidele on tavaliselt viinud ebaõnnestumiseni.
- Lühemate projektiiperioodidega CCS-projektide edutõenäosus on suurem.
- CCS-projektide toetamiseks on vaja tugevamat poliitilist poolehoidu.

Kõik suuremad CCS-projektid vajavad avalikkuse teavitamise programmi [43].

5.3. Ülevaade teostatud projektist – Boundary Dam

5.3.1. Projekti teostamise eeldused

Boundary Dam on esimene suuremahuline CCS-projekt söeelektrijaamas. Järgnevalt on toodud ülevaade peamistest asjaoludest, mis viisid projekti eduka finantseerimiseni.

- Regulatsioonid – *status quo* ei olnud jätkusuutlik. Boundary Dami elektrijaamas tuli uuendada kolmanda plokki katelt ning selleks oli kaks võimalust: lisada uuendamise projekti ka CCS või asendada plokk kombineeritud tsükliga elektrijaamaga, mis kasutanuks kütusena maagaasi (NGCC – *Natural Gas Combined Cycle*).
- Äriline tegur – SaskPower ei tahtnud loobuda suurest pruunsöeelektrijaamast.
- Tehnoloogia tõuge – Kanada valitsus eraldas projektile 240 miljoni Kanada dollari suuruse otsetoetuse, mis moodustas projekti eeldatud kogukulust, 1,1 miljardist Kanada dollarist, 22%.
- Turutõmme 1 – ettevõtte oli võimalus müüa eraldatud süsinikdioksiidi EOR-turgudele. Lisaks oli võimalik müüa ka tekkivat lendtuhka ja SO₂ väävelhappe osana.
- Turutõmme 2 – ettevõtte sai ligipääsu elektriturgudele, veendes ametivõime, et söeelektrijaamale uuendamise käigus CCS-süsteemi paigaldamine ei ole kulukam kui uue NGCC-ploki rajamine. Kuigi tavapäraselt ei ole projektidel probleeme elektriturule ligipääsuga, müües elektrit turuhinnaga, saadakse selle projekti puhul müüdud elektrienergia eest kompensatsioon. Sellise kokkuleppe saavutamine nõuab tavapäraselt eriluba elektriturule regulaatorilt või vastava seaduse või regulatsiooni vastuvõtmist. Elektriturule ligipääsu saamine koos kompensatsiooniga tähendab, et oluline osa kuludest on võimalik jätta elektritootjate kanda [43].

5.3.2. Teostatud projekti edukus ja tulevikuväljavaated

Boundary Dami projekt viidi lõpule 2014. aasta oktoobris. Projekt osutus algselt planeeritust kulukamaks ning kogumaksumuseks kujunes 1,5 miljardit Kanada dollarit. Projekti eesmärk oli vähendada söeelektrijaama CO₂-heitmeid miljoni tonni võrra aastas [46].

Alates projekti lõpuleviimisest on esinenud erinevaid probleeme. Esimesel aastal pärast jaama rajamist töötas jaam tehniliste probleemide tõttu vaid 40% võimsusega [47]. Projekti elluviimise tulemusena on omandatud uusi kogemusi, mida on võimalik rakendada järgnevate jaamade rajamisel, aga samas on ka selgelt tõestatud, et CCS-tehnoloogia ei ole majanduslikult põhjendatud [48]. Projekti järel on SaskPower otsustanud, et sarnaseid projekte Boundary Dami teiste plokkide puhul ellu ei viida [46].

2018. aastal koostas Rahvusvaheline CCS-i Teadmiste Keskus (*Knowledge Centre*) koostöös ettevõttega SaskPower teostatavusuuringu, et hinnata Saskatchewanis asuval Shandi elektrijaama 305 MW võimsusega pruunsöeplokile uuenduse käigus CCS-süsteemi paigaldamise ärist otstarbekust. Uuringu tulemusena selgus, et projektiga oleks võimalik rajada teine suuremahuline CO₂ põletamise järgne sidumise süsteem söeelektrijaamale, mis suudaks aastas siduda kaks miljonit tonni süsinikdioksiidi. Uuringu tulemusena selgus, et kapitalikulud tonni CO₂ kohta väheneksid ligikaudu 67% võrra võrreldes teostatud Boundary Dami projektiga [49].

Erinevad tegurid nagu mastaap, protsessi lihtsustused, vaid turbiinimuudatusi ja väiksemaid muudatusi kütuse etteandesüsteemis vajava lahenduse valimine, moodulehituspõhimõtted ja üldised teostatud projektist saadud õppetunnid panustavad otseselt kulutuste vähenemisse. Teostatavusanalüüsi põhjal võib järeldada, et CCS-tehnoloogia võib täiendavate kogemuste omandamise tulemusena muutuda edaspidi veelgi soodsamaks [49].

5.4. Euroopa Liidu uued toetusprogrammid

5.4.1. Kliimaneutraalsuse saavutamise ambitsioon

Euroopa Liit võitleb kliimamuutustega ambitsioonika poliitika kaudu nii Euroopa Liidu siseselt kui ka tihedas koostöös rahvusvaheliste partneritega. Prognooside kohaselt saavutatakse 2020. aastaks planeeritud heitkoguste vähenemine, millele on kaasa aidanud ka COVID-19 pandeemiast tingitud mõjud. 2030. aastaks on eesmärk vähendada kasvuhoonegaaside heidet veel 55% võrra. Euroopa Liidu eesmärk on muuta Euroopa 2050. aastaks esimeseks kliimaneutraalseks maailmajaoks [50].

Eesmärkide saavutamiseks võeti 2020. aastal vastu Euroopa Rohelepe (*European Green Deal*). Tegemist on ambitsioonika paketi meetmetest, mis ulatuvad alates kasvuhoonegaaside heite vähendamisest kuni uusimatesse tipptasemel innovaatilistesse tehnoloogiatesse ja arendusprojektidesse investeerimiseni ja Euroopa looduskeskkonna säilitamiseni [50].

Kliimamuutustega võitlemine ja kliimaneutraalsele ühiskonnale ülemineku saavutamine eeldab suuri investeringuid, teadusuuringuid ja innovatsiooni, uusi lahendusi tootmises ja tarbimises ning muutuseid selles, kuidas inimesed koos elavad, töötavad ja liiguvad. Euroopa Liit tegeleb nende küsimustega, võideldes väljakutsetega järgmistes peamistes valdkondades:

- energeetika;
- keskkond;
- mobiilsus ja transport;
- regionaalpoliitika ja väikse süsinikusisaldusega majandus;
- jätkusuutlik rahandus;
- tööstuspoliitika;
- kaubandus ja jätkusuutlik areng;
- rahvusvaheline koostöö ja areng;
- kliimamuutustega seotud teadustöö ja innovatsioon;
- kestliku arengu eesmärgid (*sustainable development goals*) [50].

5.4.2. Õiglase ülemineku mehhanism

2050. aastaks kliimaneutraalsuse saavutamiseks on välja töötatud mitmesuguseid meetmeid. Eesmärgi saavutamiseks elluviidavad meetmed avaldavad piirkondadele mõju erinevalt. Vähendamaks esinevat kahjulikku mõju Euroopa Liidu süsinikuintensiiivse majandusega piirkondades, on välja töötatud õiglase ülemineku mehhanism (JTM – *Just Transition Mechanism*). Mehhanism on oluline tööriist tagamaks, et üleminek kliimaneutraalsele majandusele toimub õiglaselt ning kedagi ei jäeta kõrvale. Mehhanism pakub sihipärast tuge, mis aitab kaasata vähemalt 150 miljardit eurot järgneval programmiperioodil aastatel 2021–2027 kõige enam mõjutatud piirkondadele, et leevendada üleminekuga kaasnevat sotsiaalmajanduslikku mõju [51].

Õiglase ülemineku mehhanism koosneb kolmest sambast (Joonis 5.1): uuest Õiglase Ülemineku Fondist, InvestEU õiglase ülemineku kavast ja Euroopa Investeerimispanka (EIP) avaliku sektori laenurahastust.

- Õiglase Ülemineku Fondist jagatakse otsetoetustena 40 miljardit eurot, mille raames kaasatakse vähemalt 89–107 miljardit eurot investeringuid.
- InvestEU õiglase ülemineku kava raames kaasatakse kuni 45 miljardit eurot investeringuid.

- Euroopa Investeerimispinga avaliku sektori laenurahastuga väljastatakse 10 miljardit eurot laenudena, millel on 1,5 miljardi euro suurune Euroopa Liidu eelarvetagatis ning mille abil kaasatakse kuni 30 miljardit eurot investeeringuid [51].

Õiglase ülemineku mehhanism

Õiglase ülemineku fond

40 miljardit eurot, mille raames kaasatakse vähemalt 89–107 miljardit eurot investeeringuid

InvestEU õiglase ülemineku kava

Kaasatakse 45 miljardit eurot investeeringuid

EIP avaliku sektori laenurahastu

10 miljardit eurot laenudena ja 1,5 miljardi euro suurune ELi eelarvetagatis, mille abil kaasatakse kuni 30 miljardit eurot

Joonis 5.1. Õiglase ülemineku mehhanismi kolm sammast [51]

Toetusvahendid on kättesaadavad kõigile liikmesriikidele ning keskenduvad piirkondadele, mis on kõige süsinikumahukamad, või neile, kus fossiilkütustega seotud sektoris töötab kõige enam inimesi. Liikmesriigid saavad toetust taotleda, valmistades ette piirkondlikud õiglase ülemineku plaanid, mis hõlmavad perioodi kuni 2030. aastani. Plaanides tuuakse välja, kuidas kõige efektiivsemalt ületada sotsiaalseid, majanduslikke ja keskkonnavalaseid raskusi [51].

Õiglase Ülemineku Fondist toetatakse mõjutatud piirkondade majanduse mitmekesistamist ja ümberkujundamist. Toetatakse tulemuslikke investeeringuid väikse ja keskmise suurusega ettevõtetesse, uute ettevõtete loomist, teadustööd ja innovatsiooni, looduskeskkonna taastamist, süsinikuvaba energeetikat, töötajate täiend- ja ümberkoolitamist, tööotsingute abistamist ja tööotsijate programmide aktiivset kaasamist ning ka olemasolevate süsinikumahukate käitiste ümberkorraldamist juhul, kui sellega kaasneb oluline heitmete vähenemine ja töökohtade säilitamine [52].

InvestEU õiglase ülemineku kava toetab Õiglase Ülemineku Fondiga võrreldes investeeringuid laiemas ulatuses. Toetatakse energia- ja transporditaristu projekte, mille hulka kuuluvad ka investeeringud gaasivõrku ja kaugküttesse, aga ka muid dekarboniseerimise projekte, majanduslikku mitmekesistamist ja sotsiaalset taristut [52].

Euroopa Investeerimispinga avaliku sektori laenurahastu pakub avalikule sektorile vahendeid hõlbustamaks kliimaneutraalsuse saavutamiseks vajalike meetmete elluviimist. Toetatakse energia- ja transporditaristu ning kaugküttevõrkude uuendamise ja rajamise investeeringuid ja energiaefektiivsuse meetmeid, sealhulgas ka hoonete renoveerimist, samuti investeeringuid sotsiaalsesse taristusse [52].

5.4.3. Peamised õiglase ülemineku tegevused Eestis

Üleminekuga toimetulemiseks on Eesti puhul välja pakutud peamised valdkonnad, millele Õiglase Ülemineku Fondi vahendite jaotamisel tuleks tähelepanu pöörata. Õiglase Ülemineku Fondi vahendite kasutamise võtmetoiminguteks on:

- tootlikud investeeringud VKEdesse, mille hulka kuuluvad ka iduettevõtted, saavutamaks majanduslikku mitmekesistamist ja ümberkorraldust;
- investeeringud uute ettevõtete loomiseks, sh äriinkubaatorite ja nõustamisprogrammide kaudu;
- investeeringud soodsa puhta energia tehnoloogiate ja taristu kasutuselevõtmiseks, kasvuhoonegaaside vähendamiseks, energiaefektiivsuse suurendamiseks ja taastuvenergia tootmisvõimsuste loomiseks;
- töötajate täiend- ja ümberõpe [53].

Suurendamaks mõjutatud piirkonna vastupidavust ja vähendamaks üleminekuga kaasnevat võimalikku sotsiaalmajanduslikku kahju, on tuvastatud investeerimisvajadusteks:

- investeeringud teadustöösse ja innovatsiooni soodustamiseks kõrgtehnoloogiate arengut;
- investeeringud digitaliseerimisse ja digitaalsesse ühenduvusse;
- investeeringud maa-alade uuendamisse ja saastest puhastamisse, maaparanduse ja ümberkujundamise projektidesse;
- investeeringud toetamaks ringmajandust, sh läbi jäätmetekke ennetamise ja vähendamise, ressursitõhususe suurendamise, taaskasutamise, parandamise ja ümbertöötlemise;
- tööotsijate abistamine tööotsingutel;
- tööotsijate aktiivne kaasamine;
- tehniline tugi [53].

Õiglase Ülemineku Fondist on Eestile meetmete rahastamiseks ette nähtud ligikaudu 340 miljoni euro suurune toetus. 2020. aasta detsembri alguses otsustas Eesti valitsus esitada Euroopa Komisjonile oma ettepanekud vahendite jaotamise kohta:

- 73% fondi mahust ehk 248 miljonit eurot suunatakse ettevõtluse mitmekesistamisse ja nutikasse arengusse.
 - Sellest 40 miljonit eurot suunatakse ettevõtluse teadmusmahukuse tõstmise, toetades uusi tehnoloogiaprojekte ja kohalike kolledžite arendustegevust, 20 miljonit eurot eraldatakse tugitegevuste ja 15 miljonit eurot väikeettevõtluse toetuseks. 5 miljonit eurot eraldatakse töötajate ümberõppe ning -profileerimise toetamiseks ning 25 miljonit eurot eraldatakse täiendkoolituse mahu suurendamiseks ja uute tasemeõppe õppekavade arendamiseks. Tööstusinvesteeringutesse, mis on suunatud töökohtade loomisele ja suuremale lisandväärtusele ega ole seotud fossiilsete kütustega, suunatakse 143 miljonit eurot;
- 27% fondi mahust ehk 92 miljonit eurot suunatakse elukeskkonna parandamisse ja sotsiaalse kaasatuse edendamisse.
 - Sellest 10 miljonit eurot läheb kaevandamisega seotud keskkonnaprobleemide lahendamiseks, 22 miljonit eurot piirkondlike algatuste toetuseks, 43 miljonit eurot sotsiaalse sidususe suurendamiseks, 12 miljonit eurot kaugkütte lahtisidumiseks põlevkivist ja 5 miljonit eurot antakse üleminekuga kaasnevat ühiskondlikku muutust toetavate sotsiaal- ja terviseteenuste arendamiseks [54].

5.4.4. Moderniseerimisfond

Toetamaks kümne väiksema sissetulekuga Euroopa Liidu liikmesriigi üleminekut kliimaneutraalsele majandusele, on loodud Moderniseerimisfond. Moderniseerimisfondiga panustatakse energiasüsteemide uuendamisse ja energiatõhususe suurendamisse.

Moderniseerimisfondist saavad investeeringute elluviimiseks toetust Bulgaaria, Eesti, Horvaatia, Leedu, Läti, Poola, Rumeenia, Slovakkia, Tšehhi ja Ungari. Moderniseerimisfondiga toetatakse järgnevates valdkondades tehtavaid investeeringuid:

- taastuvatest energiaallikatest energia tootmine ja kasutamine;
- energiatõhusus;
- energia salvestamine;
- energiasõrkude, sh kaugküttevõrkude, torujuhtmete ja elektrivõrkude uuendamine;
- õiglane üleminek süsinikuintensiivsetes piirkondades: töötajatele uute võimaluste loomine ettevõttesiseselt, ümber- ja täiendõpe, haridus, tööotsimise algatused ja iduettevõtted [55].

Moderniseerimisfondi rahastatakse 2% ELi HKS heitmekvootide müügist perioodil 2021–2030 ja osalevate riikide poolt täiendavalt loovutatud kvootide müügist. Täiendavaid kvote otsustasid Moderniseerimisfondi hüvanguks loovutada Horvaatia, Leedu, Rumeenia, Slovakkia ja Tšehhi. Fondi eeldatav kogumaht sõltuvalt CO₂ kvoodihinnast on kuni 14 miljardit eurot järgneva kümne aasta kohta [55].

Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteemi direktiivi alusel on Eesti osalus 2% müüdavate heitmekvootide kogumahust 2,78%. Kuna aga viis liikmesriiki otsustasid fondi panustamise nimel täiendavalt kvote loovutada, on Eesti osakaal lõplikust fondi mahust ligikaudu 1,2%. Eeldatava teenitava tulu, 14 miljardi euro juures vastab see ligikaudu 167 miljoni euro suurusele toetusele, mida Eesti riik saab kasutada järgneva kümne aasta jooksul [55].

Moderniseerimisfond aitab kümnel liikmesriigil saavutada 2030. aastaks seatud kliima- ja energiaeesmärgid ning panustab seeläbi oluliselt Euroopa Liidu kliimanetraalsuse eesmärkide saavutamisse. Vahenditega suurendatakse energiasõlgeolekut, toetades uute energiasõrkude ühenduste loomist ja olemasolevate energiasõrkude kaasajastamist. Fondist toetatakse taastuvenergialahenduste kasutuselevõtmist. Teostatavate investeeringute tulemusena muutuvad osalevate riikide energiasektorid puhtamaks ja rohelisemaks. Fondi eesmärk on ka luua võimalus parimate kogemuste jagamiseks liikmesriikide vahel [55].

Moderniseerimisfondi vahendite jagamist korraldavad osalevad liikmesriigid. Liikmesriigid teevad toetusmeetmete loomisel tihedat koostööd Euroopa Investeerimispankaga, fondi jaoks loodud Investeerimiskomiteega ja Euroopa Komisjoniga. Finantseerimisprotsessi põhiastapid on toodud järgnevas nimekirjas.

- Liikmesriigid valivad välja investeeringud, millele nad soovivad Moderniseerimisfondist toetust taotleda. Investeeringuprojektide teostajad ei saa omalt poolt Euroopa Investeerimispankale ega Euroopa Komisjonile otse taotlusi esitada.
- Liikmesriigid esitavad väljavalitud investeeringud Euroopa Investeerimispankale, Investeerimiskomiteele ja Euroopa Komisjonile. Ettepanekuid saab esitada jooksvalt, aga Investeerimiskomitee koguneb kahel korral aastas alates 2021. aastast.
- Euroopa Investeerimispank kinnitab, kas HKS direktiivi alusel on tegemist prioriteetse investeeringuga. Mitteprioriteetsetele investeeringutele koostab Euroopa Investeerimispank tehnilise ja finantsilise mõju- ja riskianalüüsi. Seejärel hindab Investeerimiskomitee taotlust ja võtab vastu otsuse rahastamise kohta.
- Euroopa Komisjon võtab väljamakseotsuse vastu, kui investeering on Euroopa Investeerimispanka poolt kuulutatud prioriteetseks või kui mitteprioriteetse investeeringu rahastamist toetab Investeerimiskomitee. Aastas tehakse kaks toetuse väljastamise otsust kõikidele osalevatele liikmesriikidele.
- Väljamakseotsuse järel kannab Euroopa Investeerimispank toetussumma 30 päeva jooksul liikmesriigile üle [55].

Moderniseerimisfond ei määra, mil viisil liikmesriik võib vahendeid jagada. Liikmesriik võib vahendite jagamiseks rakendada nii otsetoetuseid, võlakirju, laene, kapitalisüste kui ka muid rahastusmeetodeid. Moderniseerimisfondi vahendite jagamisel soositakse selliste toetusprogrammide loomist, mis võimaldavad kaasata võimalikult suurt hulka kasusaajaid ja toetada kõige suurema mõjuga projekte.

Väljastatav toetus peab olema kooskõlas riigiabi nõuetega. Era- ja avaliku sektori kaasrahastamine on lubatud eeldusel, et ei esine topeltfinantseerimist teiste Euroopa Liidu või riiklike vahenditega [55].

5.4.5. Innovatsioonifond

Innovatsioonifond, mis on NER300 programmi mantlipärija, on üks suurimaid finantseerimisprogramme maailmas, mis on pühendatud innovatiivsete väikse süsinikusaldusega tehnoloogiate arendamisele. Fond keskendub tehnoloogiatele ja projektidele, mis võimaldavad saavutada suuri heitkoguste vähenemisi. Toetatavate valdkondade hulka kuuluvad CO₂ sidumine ja kasutamine (CCU), CO₂ sidumine ja ladustamine (CCS), energiasalvestus ja taastuenergia tootmine. Kuna väga uuendusmeelsete suuremahuliste projektide elluviimisega kaasneb suur ebaõnnestumise risk, on Innovatsioonifond loodud selleks, et maandada riske. Järgneva kümne aasta jooksul aastatel 2021–2030 on fondi maht sõltuvalt CO₂ kvoodihinnast kuni 10 miljardit eurot. Paralleelselt Innovatsioonifondist jagatavate toetustega pakub investeeringute teostamiseks stiimulit ELi HKS [56].

Innovatsioonifondi fookusala (Joonis 5.2) on:

- innovaatilised väikse süsinikusaldusega tehnoloogiad ja protsessid energiantensiivses tööstuses, mille hulka kuulub ka toodete asendamine väiksema süsinikusaldusega toodetega;
- süsinikdioksiidi sidumine ja kasutamine (CCU);
- süsinikdioksiidi sidumise ja ladustamise (CCS) süsteemide ehitamine ja käitamine;
- innovaativne väikse süsinikusaldusega energiatootmine;
- energia salvestamine [56].

Innovatsioonifond

Esimene
taotlusvoor
2020. aastal

10 miljardit eurot
investeeringuteks
aastani 2030

Eesmärk vältida
heitmeid ja
suurendada
konkurentsivõimet

Toetatavad valdkonnad

Energia-
mahukas
tööstus

Taastuv-
energia

Energia
salvestamine

CCS ja CCUS

Joonis 5.2. Innovatsioonifond [56]

Fondi jaoks vajalikud vahendid saadakse 450 miljoni heitmekvoodi müügist aastatel 2020–2030 ja NER300 programmist üle jäävatest vahenditest. Fondi eesmärk on rahastada erinevat tüüpi projekte saavutamaks valdkondade vahel tasakaalu. Rahastatavad projektid peavad samas aga olema piisavalt küpsed nii planeerimise ja äriplaani poolest kui ka finants- ja õigusliku struktuuri poolest. Toetatakse ka projekte, mis saavutavad heitmete vähenemise mitmes sektoris, näiteks tööstussümbioosi kaudu [56].

Toetuse taotlemisel on kaks etappi:

- huvi väljendamine koos projekti efektiivsuse, innovaativsuse ja küpsusastme esmase hindamisega. Projektid, mis vastavad ainult esimesele kahele kriteeriumile, võivad saada projekti arendamiseks täiendavat abi;
- terviklik taotlus, kus projekte hinnatakse kõigi kriteeriumite, sh mastaabi muutmise võimekuse ja kuluefektiivsuse, põhjal [56].

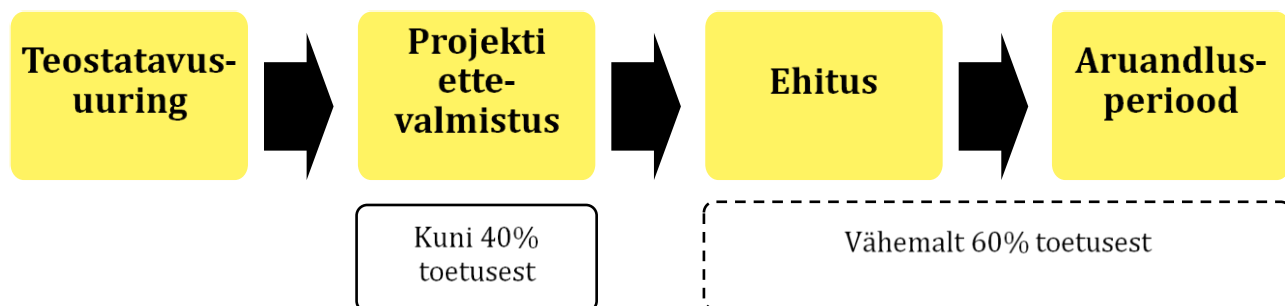
Väikeste projektide puhul, kus taotletav toetussumma on väiksem kui 7,5 miljonit eurot, on vaid üks etapp. Taotlusi saab esitada avatud taotlusvoorude käigus. Esimene taotlusvoor suurtele projektidele lõppes 2020. aasta 29. oktoobril. Esitatud taotlused saavad esmase tagasiside 2021. aasta esimeses kvartalis, mille järel tehakse 70 paremale projektile ettepanek esitada terviklik taotlus hiljemalt 23. juuniks. Tagasilükatud taotlustele pakutakse projekti arendamisel abi suurema küpsuse saavutamiseks. Edukate projektide tulemused selguvad 2021. aasta neljandas kvartalis ja toetused määratakse 2021. aasta lõpus. Kuigi järgnevate taotluste esitamise tähtaegade kohta ei ole veel infot jagatud, kavatakse taotlusi vastu võtta regulaarselt [56].

Projektide hindamisel lähtutakse viiest peamisest hindamiskriteeriumist:

- kasvuhoonegaaside tekke vältimise efektiivsus;
- innovaativsus;
- projekti küpsusaste;
- mastaabitavus;
- kulutõhusus.

Täpne hindamise ja järjestamise metoodika ja võimalikud täiendavad kriteeriumid, mis võtavad arvesse geograafilist ja valdkonnapõhist tasakaalu, pannakse paika iga taotlusvooriga. Väikestele projektidele võidakse rakendada lihtsustatud valikukriteeriumeid [56].

Innovatsioonifondiga toetatakse kuni 60% ulatuses innovaativsusega seotud täiendavaid kapitali- ja käituskulusid võrreldes mitteinnovaativsete projektidega. Toetuseid jagatakse paindlikult, võttes arvesse projekti finantseerimisvajadusi ja projekti eluea jooksul saavutatud verstaposte. Kuni 40% toetusest võidakse väljastada enne projekti valmimist projekti ettevalmistamise faasis. Vähemalt 60% toetusest väljastatakse etappidena pärast rahastuse kindlustamist nii ehitusperioodil kui ka aruandlusperioodil (Joonis 5.3). Sõltuvalt projektist on projekti kestuseks koos aruandlusperioodiga kolm kuni 10 aastat. Kui projekti ettevalmistusperioodil väljastatav toetus ei sõltu tõendatud heitmete vähendamisest, siis tootmise alustamise järel väljastatakse toetuseid vastavalt saavutatud tõendatud heitkoguste vähendamisele [56].



Joonis 5.3. Rahastamine Innovatsioonifondist [56]

Innovatsioonifondi haldab Euroopa Komisjon koostöös Innovatsiooni ja Võrkude Rakendusametiga (INEA – *Innovation and Networks Executive Agency*) ja Euroopa Investeerimispannangaga. Lõpliku toetusotsuse võtab vastu Euroopa Komisjon [56].

Euroopa Komisjon on määranud INEA Innovatsioonifondi rakendusüksuseks, mis haldab fondiga seotud tegevusi:

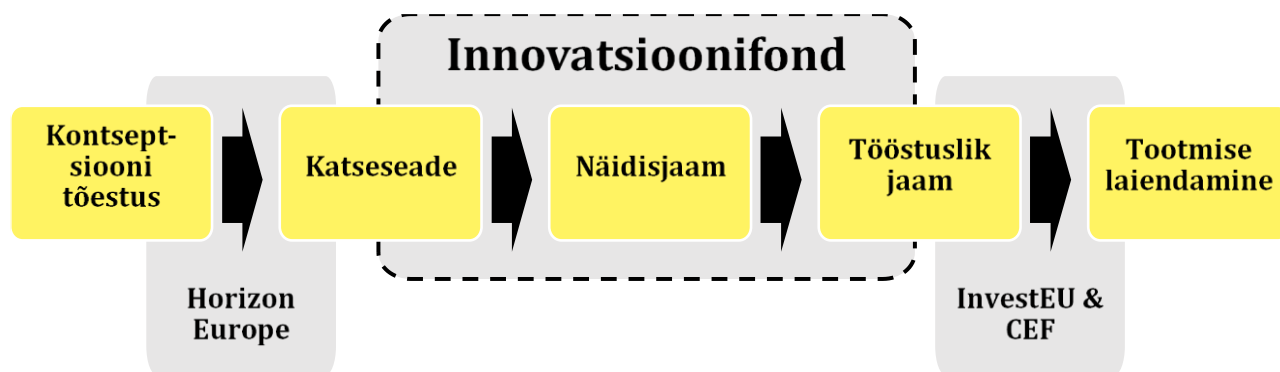
- kuulutab välja konkursid taotluste esitamiseks ja viib läbi seotud tegevused;
- nõustab ja juhendab taotlejaid;
- haldab taotluste esitamise ja hindamise protsesse, sh abikõlblikkuse kontrolle;
- sõlmib toetuslepinguid;
- teostab toetuste väljamaksed;
- jälgib Innovatsioonifondi projektide tehnilist ja finantsjuhtimist;
- pakub projektide elluviijatele tehnilist tuge ja teenuseid;
- jälgib ja kontrollib projekte elluviimise järel, haldab tagasinõudeid;
- tagab programmi nähtavuse, vahendite olemasolu, tulemused ja saavutused kommunikatsioonimeetmete ja -toodete, sh ürituste kaudu.

INEA raporteerib regulaarselt Euroopa Komisjonile ja annab tagasisidet Innovatsioonifondi edasiste arengute plaanimiseks [56].

Euroopa Investeerimispank vastutab projekti arendamisabi pakkumise eest. Euroopa Investeerimispank vastutab ka Innovatsioonifondi aastekvootide monetiseerimise ja teenitud tulude haldamise eest. Euroopa Investeerimispank annab regulaarselt aru Euroopa Komisjonile [56].

Innovatsioonifondi toetust on võimalik kombineerida rahastusega teistest toetusmeetmetest (Joonis 5.4), näiteks:

- InnovFini energeetika näidisprojektide toetus;
- Connecting Europe Facility, mis pakub toetuseid võtmetähtsusega taristu rajamiseks;
- Horizon Europe;
- InvestEU, mis pakub võlgade või omakapitali finantseerimist;
- Moderniseerimisfond;
- Õiglase Ülemineku Fond;
- Euroopa Innovatsiooninõukogu (EIC – *European Innovation Council*), mis pakub peamiselt VKEdel või nende konsortsiumitele toetuseid või omakapitali finantseerimist;
- erakapital [56].



Joonis 5.4. Näide Innovatsioonifondi toetuse kombineerimisest teiste toetusmeetmetega [56]

Innovatsioonifondist väljastatavat toetust ei peeta riigiabiks. Innovatsioonifondist toetuse taotleja võib taotleda ka abi projekti asukohaks olevast liikmesriigist. Oluline on pöörata tähelepanu, et riigiabi reeglid on hetkel ülevaatamisel ja võivad edaspidi muutuda [56].

5.5. Võimalikud rahastusmeetodid lisaks toetusmehhanismidele

Pea kõigi hetkel toimivate CCUS-rajatiste projektid on saanud mingisugust avaliku sektori toetust, peamiselt investeeringutoetustena, kuid samuti on vähesemal määral toetatud rajamisjärgset käitamist. Kuigi hetkeseisuga ei ole viimase 20 aasta jooksul projekte erasektori vahenditega ellu viidud, on tehnoloogia arenedes tõenäoline, et kättesaadavamaks muutuvad ka turupõhised rahastusvõimalused, näiteks järgmised:

- krediidiagentuurid – edaspidi võib olla võimalik kasutada olulises ulatuses käenduseid ja potentsiaalselt ka otsefinantseeringuid CCS-projektide elluviimiseks. Krediidiagentuuride rahastusvõimalused sõltuvad eelkõige erinevate riikide krediidiagentuuride võimekusest. Seetõttu on oluline projekti elluviimisel kaasata sobivatest riikidest strateegilisi partnereid ja arvestada riiklike võimalustega projekti jaoks vajalike vahendite ja teenuste hankimisel.
- rahvusvahelised finantsinstitutsioonid – teiste sektorite kogemuse kohaselt pakuvad rahvusvahelised finantsinstitutsioonid olulist tuge projektide elluviimiseks suhteliselt uutes valdkondades. Euroopas on Euroopa Investeerimispank olnud varasemalt oluliseks mõjuriks avamere-tuuleparkide arendamisel. Kuigi sellistel institutsioonidel on geograafilised piirangud, on finantseerimise tagamine küllaltki tõenäoline.
- pangad – energeetikasektoril ja energiavaldkonnaga seotud projektidel on väga suur rahvusvaheline võlakirjaturg. Turuosalised on aina enam keskendunud puhtale energeetikale. Selleks, et CCS-projektid suudaksid turust kasu lõigata, peavad projektid tõestama enda majanduslikku otstarbekust.
- kapitaliturud – energeetika taristuprojektid on ajalooliselt suutnud kaasata kapitali Euroopa, Aasia ja Ameerika kapitaliturgudel. Tavapäraselt on see aga õnnestunud juba ennast tõestanud valdkonnas teostatud projektide puhul, mille puhul on selgelt teada riskide realiseerumise tõenäosus ja määratud krediidireiting. CCS-projektid ei vasta praegu veel nendele nõudmistele [57].

6. ETTEPANEKUD JA SOOVITUSED TOETUSMEETMETEKS

6.1.1. Toetusmeetmete vajalikkus

CO₂ suitsugaasidest eraldamiseks, puhastamiseks ja puhastatud süsinikdioksiidist toodete valmistamiseks tuleb teha suuremahulisi investeeringuid, mis üldiselt ei ole täna turul konkurentsivõimelised. Seega on valdkonna arendamiseks vaja luua toetusmeetmed, mis muudaksid suurema potentsiaaliga investeeringud majanduslikult tasuvaks.

6.1.2. Võimalikud toetusmehhanismid ja soovitused nende rakendamiseks

CCU- ja CCS-projektidel on võimalik toetust taotleda Innovatsioonifondist. Fond on mõeldud kõigi Euroopa Liidu liikmesriikide hüvanguks ning seda hallatakse tsentraalselt. Innovatsioonifondi toetuste jagamise põhimõtted on tänaseks paika pandud ning olulisemaid muudatusi järgnevateks aastateks oodata ei ole. Küll aga on uueks eelarveperioodiks endiselt lahtised riiklikul tasandil määratavate toetusskeemide põhipunktid. Seega on järgnevalt toodud ettepanekud ja soovitused Ida-Virumaa CO₂ püüdmise, puhastamise ja rakendamise valdkonna toetusmeetmeteks 2021-2027 eelarveperioodiks.

Õiglase Ülemineku Fondist suunatakse 40 miljonit eurot ettevõtluse teadmismahukuse tõstmiseks ja 143 miljonit eurot tööstusinvesteeringutesse, mis on suunatud töökohtade loomisele ja suuremale lisandväärtusele ega ole seotud fossiilsete kütustega [54].

Teadmismahukuse kasvatamisse suunatavate vahenditega on soovituslik toetada põlevkivisektori ettevõtete suitsugaasidest CO₂ eraldamise edasisi uuringuid ja laborikatsetusi ning nende põhjal pilootseadme rajamist ja kasutuselevõtmist vähemalt ühes põlevkivisektori ettevõttes. Pilootseadme rajamisega peaks toetuse saanud ettevõtte võtma ka kohustuse seadme käitamiseks vähemalt viie aasta jooksul peale seadme kasutuselevõtmist ning andma regulaarselt aru saavutatud tulemustest ja esinenud probleemidest.

CO₂ eraldamise ja kasutamise tööstuslike seadmete rajamise toetamiseks on Euroopa Liidus olemas Innovatsioonifond. Vajalikud toetuse summad on väga suured – alates kümnetest miljonitest eurodest kuni sadade miljonite eurodeni. Küll aga on Ida-Virumaal mõistlik toetada CO₂ kasutamise tööstuslikke investeeringuid võrdsetel tingimustel muude tööstusinvesteeringutega, mida on võimalik teha nii Õiglase Ülemineku Fondist kui Euroopa Regionaalarengu Fondist.

Euroopa Liidul on viis peamist struktuuri- ja investeerimisfondi, millest toetatakse majanduse arengut kõigis liikmesriikides:

- Euroopa Regionaalarengu Fond – edendab piirkondade tasakaalustatud arengut;
- Euroopa Sotsiaalfond – toetab tööhõivealaseid projekte kogu Euroopas ja investeerib Euroopa inimressurssi;
- Ühtekuuluvusfond – rahastab transpordi- ja keskkonnaprojekte riikides, mille kogurahvatulu elaniku kohta on alla 90% Euroopa Liidu keskmisest;
- Euroopa Maaelu Arengu Põllumajandusfond – keskendub Euroopa Liidu maapiirkondades esinevate probleemide lahendamisele;
- Euroopa Merendus- ja Kalandusfond – aitab kaluritel kasutusele võtta jätkusuutlikke kalapüügitavasid ja rannikukogukondadel mitmekesistada oma majandustegevust, et parandada elukvaliteeti rannikualadel [58], [59].

Kõiki fonde juhivad partnerluslepingute kaudu Euroopa Liidu liikmesriigid ise. Toetamaks süsinikdioksiidi eraldamise ja kasutuselevõtmise uuringutega seotud investeeringuid, pakub kõige paremaid võimalusi Euroopa Regionaalarengu Fond. Fondi investeeringud on suunatud innovatsiooni ja teadusuuringutesse, digitaalarengu tegevuskavva, väikeste ja keskmise suurusega ettevõtete toetamise ning vähese CO₂-heitmega majandusse. Aastate 2021–2027 eelarveperioodiks on Eestile Regionaalarengu Fondist ette nähtud ligikaudu 1,7 miljardit eurot. Soovituslik on luua riigiabi andmise tingimustega kooskõlas toetusmeetmed, millest toetatakse innovaatilisi CO₂ kasutamist uurivaid

projekte ja tööstuses rakendatavate lahenduste loomist. Meetmed peaksid soodustama ka tööstussümbioosi loomist, panustades terviklikku väärtusahelasse, et eraldada põlevkivitööstuste heitgaasidest süsinikdioksiidi ja rakendada seda uute toodete valmistamisel. Hindamiskriteeriumitena on tööstuslike projektide puhul olulised eelkõige tehnoloogiate CO₂ kasutamise maht ja kuluefektiivsus [59], [60], [61].

Piirkondlikult või riiklikult olulist positiivset mõju omavate projektide korral on soovituslik kaaluda ka projekti toetamist otse riigieelarvest – Ida-Virumaa puhul on selliseid toetusi ka varasemalt tööstusinvesteeringutele rakendatud. Käesoleva aruande koostamise hetkel oli avatud Ida-Virumaa tööstusinvesteeringute toetuse meede, kus toetuse minimaalne suurus oli 90 000 € ja maksimaalne 990 000 €, toetuse määr 25-45% ning mida kaas-rahastatakse Euroopa Regionaalarengu Fondist. Antud toetusmeetme peamiseks puuduseks on suurte tööstusinvesteeringute jaoks liiga väike maksimaalne toetuse summa, mis on kindlasti üks põhjus, miks huvi selle meetme vastu on olnud väike. Õiglase Ülemineku Fondist 143 miljoni euro kasutamiseks oleks mõistlik ette näha tööstusinvesteeringute toetusmeede, kus sarnaselt Innovatsioonifondiga pole maksimaalset toetuse summat projekti kohta ette nähtud – sel juhul on võimalik ka toetada suurprojekte, mille mõju tööhõivele ja majandusele on suur. Toetuse saamiseks peaks plaanitav projekt aitama luua suure hulga uusi sektori keskmisest kõrgemini tasustatud töökohti, looma töötaja kohta Eesti töötleva tööstuse keskmisest suurema lisandväärtuse ja panustama oluliselt riigieelarvesse maksutulu laekumise näol. Et soodustada CO₂ kasutamise tehnoloogiate arengut, luua sünergiat ja vähendada Eesti CO₂ heitmeid, võiks lisapunkte anda projekti tulemusel 5-aastase seireperioodi jooksul prognoositavalt kasutatavast CO₂ mahust.

6.1.3. Potentsiaalsete projektide toetamise ettepanekud

Hindamaks potentsiaalsete projektide toetuse vajadust, on koostatud süsinikdioksiidi eraldamise ja puhastamise tasuvusanalüüs võrreldes kvooditasuga ja sadestatud kaltsiumkarbonaadi (SKK), metanooli, sooda, urea ja polüuretaani tootmise tasuvusanalüüs.

CO₂ eraldamise ja puhastamise investeeringuvajadust ja käidukulusid on hinnatud varem teostatud Boundary Dami projekti alusel. Saavutatava säästu puhul on eeldatud, et eraldatud CO₂ heitkogused arvestatakse jaama heitkogustest maha ja nende eest ei tule tasuda.

Süsinikdioksiidi kasutavate projektide tasuvuse hindamisel on projektide võrdlemiseks lähtutud CO₂ ühiktarbimisest koguses 5000 tonni aastas. Arvesse on võetud projektide hinnangulisi investeeringumaksumusi, toodangukoguseid ja -tulu ning käidukulu. Tasuvusanalüüsi eelduseks on diskonteeritud tasuvuse saavutamine koos investeeringutoetusega 10 aastaga.

Tasuvusanalüüsist järeldub, et sõltumata toetuse osakaalust ei saavuta CO₂ eraldamine võrreldes kvoodihindadega tasuvust tulenevalt suurest käidukulust ning CO₂ eraldamine ja puhastamine ei saa olla eraldiseisev eesmärk, vaid sellega peab kaasnema mingi muu väljund tulude teenimiseks, mis võimaldab katta CO₂ eraldamisest tingitud käidukulusid. Üldjuhul peab investeeringu tegemist ja toetuse määramist toetama CO₂ tarbija, kes on nõus hüvitama lisakulu, alternatiivina võib lisaks investeeringutoetusele jagada CO₂ eraldamise jaamadele täiendavalt toetust ka käidukulude katmiseks.

CO₂-põhiste toodete valmistamise projektidest ei saavuta tasuvust sooda tootmine, mille käidukulud ületavad toodangu müügist teenitavat müügitulu. Teiste tehnoloogiate puhul on toetusmeetmete rakendamisel võimalik 20 aasta jooksul saavutada diskonteeritud tasuvus. Urea tootmise puhul saavutatakse tasuvus ka ilma toetuseta juba viiendal aastal peale tootmisüksuse rajamist.

Kasutamaks SKK valmistamisel 5000 tonni süsinikdioksiidi, tuleb teostada hinnanguliselt 6,3 miljoni euro suurune investeering. Sadestatud kaltsiumkarbonaat on väärtuslik toode, tänu millele teenib projekt käidukuludest oluliselt suuremat müügitulu ning diskonteeritud tasuvus on 10 aastaga võimalik saavutada ka toetuseta. Kuigi CO₂-põhise sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmisel on tasuvusanalüüsi kohaselt võimalik saavutada tasuvus ka toetuseta, on uudse projekti riskide maandamiseks soovituslik panustada projekti elluviimisesse vähemalt 25% suuruse investeeringutoetusega, mis antud suurusega

jaama puhul vastaks ligikaudu 1,6 miljonile eurole. 25% suuruse toetuse osakaalu korral saavutab investeering diskonteeritud tasuvuse seitsme aastaga (Tabel 6.1).

Tabel 6.1. SKK tootmise diskonteeritud tasuvusaja sõltuvus toetuse osakaalust

Toetuse osakaal	0%	5%	15%	25%	35%
Diskonteeritud tasuvusaeg, a	10	9	8	7	6

Süntetilise metanooli tootmine eeldab oluliselt suuremat investeeringut ja vajab seetõttu ka suuremat toetust. 5000 tonni CO₂ kasutuselevõtmiseks tuleb teha ligikaudu 36 miljoni euro suurune investeering. Et investeering saavutaks kümne aastaga diskonteeritud tasuvuse, peab investeeringutoetuse osakaal olema vähemalt 80%. Kuna projekti iga-aastane rahavoog on tugevalt positiivne, mõjutab tasuvuse saavutamise aega eelkõige algse investeeringu maksumus, mistõttu väheneb toetuse osakaalu suurenemisel diskonteeritud tasuvusaeg kiirelt (Tabel 6.2).

Tabel 6.2. Metanooli tootmise diskonteeritud tasuvusaja sõltuvus toetuse osakaalust

Toetuse osakaal	75%	80%	85%	90%	95%
Diskonteeritud tasuvusaeg, a	-	10	7	5	3

CO₂-põhise polüuretaani tootmine eeldab metanooli tootmisest oluliselt suuremat investeeringut, aga kuna teenitav müügitulu on samuti märgatavalt suurem, ei ole vajamineva toetuse osakaal niivõrd suur. Sarnaselt metanooli tootmisega mõjutab tasuvust eelkõige algse investeeringu suurus ja toetuse osakaal (Tabel 6.3). Riskide maandamiseks on soovituslik projekti elluviimist toetada vähemal 50% investeeringumaksumuse ulatuses. Investeeringu maksumuseks on 5000 tonni CO₂ väärimiseks hinnanguliselt 133 miljonit eurot ja määratava toetuse suurus vastavalt 66,5 miljonit eurot.

Tabel 6.3. Polüuretaani tootmise diskonteeritud tasuvusaja sõltuvus toetuse osakaalust

Toetuse osakaal	45%	55%	65%	75%	85%
Diskonteeritud tasuvusaeg, a	10	8	7	5	3

7. CO₂ KVOOTIDE PIKAAJALINE MÕJU PÕLEVKIVITÖÖSTUSELE

7.1. Ülevaade CO₂ kaubandusest, selle loomise taustast ja toimivatest mehhanismidest

7.1.1. Kyoto protokoll

1997. aasta 11. detsembril sõlmisid Jaapanis Kyotos ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) liikmed Kyoto protokoll. See konventsiooni rakendussäte mõjutab kõiki suuremaid majandusvaldkondi ja on kõige ulatuslikuma mõjuga keskkonna- ja säästva arengu kokkulepe, mis on seni vastu võetud.

Keerulise ratifitseerimisprotsessi tõttu jõustus Kyoto protokoll 2005. aasta 16. veebruaril. Hetkeseisuga on protokollis 192 osalist. Eesti ratifitseeris Kyoto protokoll 2002. aasta 3. septembril [62], [63].

Kyoto protokoll rakendab ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni, kohustades arenenud tööstusriike ja arengumaid piirama ja vähendama kasvuhoonegaaside heitkoguseid vastavalt kokkulepitud individuaalsetele eesmärkidele. Konventsioon annab riikidele suunise rakendada poliitilisi otsuseid ja meetmeid heitmete vähendamiseks ning anda tulemustest regulaarselt aru [63].

Kyoto protokoll reguleerib kuue peamise kasvuhoonegaasi heitkoguseid:

- süsinikdioksiid (CO₂);
- metaan (CH₄);
- dilaammastikoksiid (N₂O);
- fluoro süsivesinikud (HFCd);
- perfluoro süsivesinikud (PFCd);
- väävelheksafluoriid (SF₆) [62].

Üheks oluliseks Kyoto protokoll tulemuseks oli heitkogustega kauplemisel põhinevate paindlike turupõhiste mehhanismide rajamine. Kyoto protokolliga seati eesmärgiks vähendada protokoll 1. lisas toodud riikide kasvuhoonegaaside heitkoguseid perioodil 2008–2012 5% võrra, võrreldes baasaastaks valitud 1990. aastaga. Protokoll kohaselt peavad riigid eesmärgi täitma peamiselt riiklike meetmete rakendamise abil. Sellest hoolimata pakub protokoll kolme turupõhise mehhanismi abil ka täiendavaid vahendeid eesmärkide saavutamiseks:

- puhta arengu mehhanism (CDM – *Clean Development Mechanism*);
- ühisrakendus (JI – *Joint Implementation*);
- rahvusvaheline heitkogustega kauplemine [62], [63].

Esimesed kaks paindlikku mehhanismi on projektipõhised, mis tähendab, et heitkoguste vähendamist vaadeldakse teostatavate projektide tasandil. Nende eesmärk on rakendada heitkoguste vähendamisel kõige kulutõhusamaid lahendusi.

Kolmas Kyoto protokoll paindlik mehhanism, rahvusvaheline heitkogustega kauplemine, ei vähenda iseenesest tekkivaid heitkoguseid, kuid võimaldab riikidel täita kohustust, vähendades oma heitkoguseid teistest riikidest ostetud saastekvoote arvesse võtval määral. 2005. aastal käivitati Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteem (EU ETS – *European Union Emissions Trading Scheme*) [62], [64].

7.1.2. EL HKS – Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteem

Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteem (EL HKS) oli esimene suur heitmetega kauplemiseks mõeldud süsteem maailmas. See käivitati 2005. aastal kulutõhusa vahendina võitlemaks kliimamuutustega ja on Euroopa Liidu kliimapoliitika alussambaks.

EL HKS on suurim kasvuhoonegaaside saastekvootidega kauplemise süsteem maailmas, mis hõlmab enam kui 11 000 suure energiakasutusega statsionaarset kaitist, millest valdava osa moodustavad elektrijaamad ja tööstusrajatised ning heitkogustega kauplemise süsteemiga liitunud riikide vahel või siseriiklikult lennuteenuseid pakkuvaid lennundusettevõtteid. EL HKS-i kuuluvate kaitiste ja lennundusettevõtete kasvuhoonegaaside heitkogused moodustavad ligikaudu 45% Euroopa Liidu summaarsest kasvuhoonegaaside heitkogusest [64], [65], [66], [67], [68].

EL HKS-i loomist toetas põhimõte, et heitkogustega kauplemine võimaldab saavutada heitkoguste vähendamise eesmärgid tõhusalt ja tulemuslikult. Piira-ja-kauple (*cap-and-trade*) süsteemis saavad suurte heitkogustega ettevõtted osta ja müüa saastekvoote nii erinevate saasteallikate kui ka ajavahemike kaupa. Heitkoguste vähendamine väiksema süsinikuintensivsusega tehnoloogiate abil leiab rakendamist alati, kui kulud on väiksemad kui saadav kasu, sealhulgas kokkuvõttes süsinikdioksiidi kvootidega seotud kuludelt. Sel viisil teostatakse heitkoguste vähendamist seal, kus see on väikseima hinnaga. Süsinikdioksiidi hind soosib ka investeringuid puhastesse, väikse süsinikuintensivsusega tehnoloogiatesse [67], [68].

Teatud kasvuhoonegaaside koguarvule, mida süsteemiga hõlmatud rajatised võivad emiteerida, on kehtestatud ülempiir. Ülempiiri vähendatakse aja jooksul, vähendades lubatud heitkoguseid. Piirmäära piires jagatakse ettevõtetele tasuta kvote või nad saavad neid osta ning seejärel on võimalik turul osalejatel omavahel kaubelda. Lisaks on piiratud koguses võimalik osta rahvusvahelist krediiti mujal maailmas ellu viidud heitkoguseid vähendavate projektide arvelt. Saadaolevate heitmekvootide koguarvu piirang tagab neile väärtuse [68].

Igal aastal peab ettevõtte loovutama heitkogustele vastava arvu saastekvoote, vastasel juhul määratakse ettevõttele trahvid. Üks heitmekvoot annab kaitisele õiguse emiteerida ühe tonni CO₂ või võrdväärset koguses suurema kliimamõjuga dilämmastikoksiidi või perfluorosüsivesinikke. Kui ettevõtte suudab enda heitkoguseid vähendada, võib ta kasutamata saastekvoodid jätta tulevaste vajaduste katmiseks või müüa neid teisele ettevõttele, kus vajatakse täiendavaid saastekvoote [68], [69].

EL HKS hõlmab järgnevaid sektoreid ja kasvuhoonegaase, keskendudes heitmetele, mida saab suure täpsusega mõõta, esitada ja kinnitada:

- süsinikdioksiid (CO₂);
 - elektri- ja soojustootmisest;
 - energiantensiivsest tööstusest, mille hulka kuuluvad nafta rafineerimistehased, terasetehased ning raua, alumiiniumi, metallide, tsemendi, lubja, klaasi, keraamika, tselluloosi, paberi, papi, hapete ja orgaaniliste kemikaalide tootmine;
 - kommertslenkundusest.
- dilämmastikoksiid (N₂O) lämmastik-, adipiin- ja glüoksaalhapete ning glüoksaali tootmisest;
- perfluorosüsivesinikud (PFCd) alumiiniumi tootmisest [68].

EL HKS-is osalemine on nendes sektorites tegutsevate ettevõtete jaoks kohustuslik, aga esineb mõningaid erandeid:

- teatud sektorites on kohustus heitkogustega kauplemise süsteemis osaleda vaid ettevõtetele, mille heitkogused on kehtestatud piirmäärast suuremad;
- teatud väikesed kaitised ei pea heitkogustega kauplemise süsteemis osalema, kui valitsused kehtestavad maksu- või muud meetmed, mis vähendavad nende heitmeid võrdväärse koguse võrra;
- lennundussektoris kehtib EL HKS 2023. aasta 31. detsembrini ainult lendudele, mille lähte- ja lõppsihtpunkt asuvad Euroopa Majanduspiirkonnas (EEA – *European Economic Area*) [68].

Tänapäevaks on EL HKS läbinud kolm faasi ja 2021. aastal algab neljas faas. Esimene faas kestis aastatel 2005–2007, teine faas ehk Kyoto faas oli perioodil 2008–2012 ja kolmas faas algas 2013. aastal ning

lõppes 2020. aastaga. Kolmanda faasi eesmärk oli perioodi lõpuks saavutada Euroopas 20% suurune kasvuhoonegaaside heitkoguste vähenemine võrreldes 1990. aasta tasemega. Esimest etappi peetakse üldiselt katsefaasiks, mille käigus jagati käitistele esialgne kogus saastekvoote. Teine etapp kujutas endast küpsemat perioodi. Käitistele jagati taas tasuta kvoote, aga jagatavate kvootide arvu piirati ning loodi kvootide pangandus. Kolmandas etapis kehtestati üle Euroopa Liidu ühtne heitmekvootide piirmäär. Kvootide tasuta jagamiselt on fookus nihkunud oksjonite korraldamisele. Oksjonite korraldamine on kõige läbipaistvam viis heitmekvootide jagamiseks ja rajaneb põhimõttel, et heitmete eest peab maksma nende tekitaja. EL HKS-i oksjonid on toimunud igapäevaselt alates 2012. aasta lõpust ja kujutavad endast kõige olulisemat oksjonimehhanismi, mida kogu maailmas on kunagi keskkonnavalaste eesmärkide saavutamiseks rakendatud. Üldiselt peaks EL HKS looma Euroopa Liidu liikmesriikidele piisava süsiniku hinnasignaali, et ajendada investeeringuid väikse süsinikusisaldusega tehnoloogiatesse [64], [65], [66], [67], [68].

7.2. CO₂ hinna muutused möödunud aastatel ja tehtud reformid

7.2.1. EL HKS-i hinnatrendid ja turureformid

EL HKS on alates selle loomisest saanud palju kriitikat ebatõhusa toimimise eest. Kuna süsinikdioksiidi saastekvoodid on finantsvara, on nad kauplejate ja investorite käitumise suhtes potentsiaalselt haavatavad. Süsinikdioksiidi hind on alates turu loomisest olnud üsna kõikum ja langes teises faasis väga madalale. Teist kauplemisperioodi, mis algas 2008. aastal ja lõppes 2012. aastal, iseloomustab kahe miljardi heitmekvoodi suurune ülepakkumine. Hinnad langesid pärast majandussurutist, sest saastekvootide jagamine jätkus kriisieelsel tasemel, aga tootmismahud langesid. Samal ajal vähendas töhusamate seadmete kasutuselevõtmine ja taastuenergia tootmise suurendamine nõudlust heitmekvootide järele. Erinevate asjaolude kokkulangemise tulemuseks oli liigse pakkumisega turg, mis ei motiveerinud turul osalejaid tegema täiendavaid investeeringuid väikse süsinikuintensiivsusega tehnoloogiatesse, kuna kvoodi hind langes tasemeni 4–5 €/tCO₂ ekv, mis oli kordades väiksem kui esimeses faasis [64], [65], [66], [67], [68], [70].

Enne kolmanda kauplemisperioodi algust läbis süsteem põhjaliku ülevaatuse, mille põhjal süsteemi tugevdati ja kehtestati järjest ühtsemaks muutuvad reeglid. Sellest hoolimata jätkus tulenevalt majanduse aeglasest taastumisest süsteemis oluline kvootide ülejääk. Lühiperspektiivis ei täitnud süsteem seetõttu oma eesmärki. Pikemas perspektiivis võib see mõjutada Euroopa Liidu seatud kliimaeesmärkide saavutamist. Kolmanda kauplemisperioodi alguses oli ülejäägi suuruseks 2 miljardit heitmekvooti, mis suurenes 2013. aastal 2,1 miljardi kvoodini. 2015. aastal lükati kvootide jagamist edasi ja ülejäägi suurus vähenes 1,78 miljardi heitmekvoodini [68].

Kuna kauplemissüsteemis esinenud olukord ei olnud jätkusuutlik ega panustanud eesmärkide täitmisse, otsustati esimese sammuna 900 miljoni kvoodi oksjonile suunamine lükata aastatelt 2013–2015 edasi aastatele 2019–2020. 2015. aastal lepit kokku püsivama mõjuga turustabiilsusreservi (MSR – *Market Stability Reserve*) loomises. Reservi, mis alustas tööd 2019. aasta jaanuaris, eesmärk on neutraliseerida üleliigsete saastekvootide negatiivset mõju ja suurendada süsteemi vastupidavust edasistele ootamatustele. 900 miljonit kvooti, mille oksjonile suunamine lükati varasemalt edasi, otsustati suunata reservi. Väljastamata saastekvoodid suunatakse samuti reservi. Turuanalüütikute hinnangul võib 2020. aasta lõpuks 550–700 miljonit kvooti jääda välja jagamata [68], [71].

Reserv toimib täielikult eelnevalt kindlaksmääratud eeskirjade alusel, mida liikmesriigid ega Euroopa Komisjon ei saa omavoliliselt mõjutada. Iga aasta 15. maiks avaldab Euroopa Komisjon ringluses olevate heitmekvootide arvu, mille põhjal hinnatakse, kas täiendavaid kvoote suunatakse reservi ning kui jah, siis kui palju või kas on vaja hoopis täiendavaid kvoote reservist turule suunata [68].

7.2.2. Neljas kauplemisperiood

EL HKS-i õiguslik raamistik järgmiseks, neljandaks kauplemisperioodiks läbis ülevaatuse 2018. aasta alguses, tagamaks, et süsteemi abil oleks võimalik saavutada 2030. aastaks Euroopa Liidu eesmärkideks seatud heitkoguste vähenemised ja, et Euroopa Liit suudaks süsteemi abil panustada Pariisi

kliimakokkuleppe täitmisesse. Euroopa Liidu 2030. aastaks seatud heitkoguste vähendamise eesmärgi saavutamiseks peavad EL HKS-is osalevad käitised vähendama enda summaarset kasvuhoonegaaside heidet 43% võrra võrreldes 2005. aasta tasemega. Uuendatud EL HKS-i direktiiv, mis kehtib perioodile 2021–2030, võimaldab seda omavahel seotud meetmete kaudu. Neljandas faasis elluviidavad muudatused keskenduvad järgnevatele aspektidele:

- EL HKS-i tugevdamine investeringute eestvedajana, suurendades aastast heitkoguste vähenemist (LRF – *Linear Reduction Factor*) alates 2021. aastast tasemeni 2,2% aastas, võrreldes kolmandas faasis kehtinud 1,74% määraga. Lisaks tugevdatakse turustabiilsusreservi.
- süsinikulekke ohuga tööstussektori ettevõtetele jätkatakse tasuta saastekvootide jagamist. Samas tagatakse, et tasuta jagatavate saastekvootide määramise eeskirjad kajastaksid tehnoloogilist arengut.
- tööstuses ja energiasektoris toetatakse mitme rahastamismehhanismi kaudu ettevõtete üleminekut väikse süsinikuintensiivsusega tehnoloogiatele [68].

Vahemikus 2019 kuni 2023 kahekordistub üleliigsete saastekvootide reservi suunamise määr 24%-ni. Tavapärane 12% suurune määr taastub 2024. aastal. Pikaajalise meetmena vähendatakse alates 2024. aastast reservis hoitavate saastekvootide arvu eelneval aastal oksjonitel müüdud saastekvootide tasemeni, kui turustabiilsusreservi hindamisel 2021. aastal ei otsustata teisiti. Aastasest oksjonimahust suurem reservis olev kvootide maht kaotab kehtivuse [68].

Revideeritud EL HKS-i direktiiv löi prognoositavad, kindlad ja õiglased eeskirjad süsinikulekke riski hindamiseks. Tasuta saastekvootide jagamise süsteemi pikendatakse kümnendi võrra, keskendudes sektoritele, mille puhul oht tootmise Euroopa Liidust lahkumiseks on suurim. Nendes sektorites tegutsevad ettevõtted saavad 100% heitmekvootidest tasuta. Vähem mõjutatud sektorite puhul vähendatakse tasuta jagatavate kvootide osakaalu maksimaalselt 30%-lt aastal 2026 0%-ni aastaks 2030 [68].

Uutele ja kasvavatele käitistele eraldatakse märkimisväärne kogus tasuta saastekvoote. Tasuta jagatavad kvoodid saadakse kolmanda kauplemisperioodi lõpuks tasuta välja jagamata jäänud kvootide arvelt ja sellele lisatakse 200 miljonit kvooti turustabiilsusreservist [68].

Saastekvootide tasuta eraldamise mahu ja tegelike tootmismahdade paremaks ühildamiseks on kehtestatud paindlikumad reeglid:

- käitistele jagatavate tasuta kvootide hulka võib igal aastal kohandada, võtmaks arvesse olulisi tootmismahdade kasvusid ja vähenemisi. Kohanduste ulatus võib olla kuni 15% ja seda hinnatakse kahe aasta keskmiste näitajate põhjal;
- direktiiviga hõlmatud ja tasuta saastekvootide saamiseks sobivate käitiste nimekirja uuendatakse iga viie aasta järel;
- kvootide tasuta jagamise 54 võrdlusväärtust ajakohastatakse neljanda kauplemisperioodi jooksul kaks korda, et vältida ettevõtete liigset kasusaamist ja kajastada tehnoloogia arengut alates 2008. aastast [68].

Eeldatavalt jagatakse neljanda kauplemisperioodi jooksul käitistele enam kui kuus miljardit tasuta saastekvooti [68].

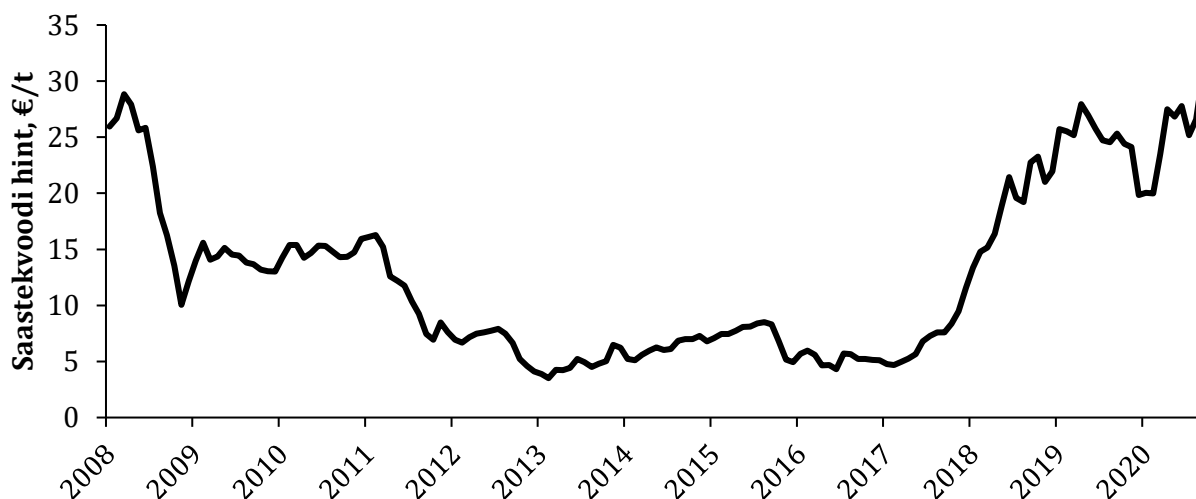
EL HKS-i ülevaatus ja kokkulepitud reformidega on kaasnenud saastekvootide hinnatõus. 2018. aasta veebruaris ületas kvoodihind esimest korda kuue aasta jooksul 10 €/tCO₂ ekv [72].

7.3. CO₂ hinna muutuste prognoosid järgnevateks aastateks

7.3.1. Hinnaprognosid

Saastekvootide hindade prognoosimisel ulatuvad ekspertide arvamused ühest äärmusest teise. 2017. aasta lõpus hindas ICIS Carbon Analytics Euroopa Liidu elektri- ja süsinikuturgude juhtanalüütik Marcus Ferdinand, et hinnad võivad 2018. aastal tõusta tasemeni 10 €/tCO₂ ekv ja 2024. aastaks tasemeni 36 €/tCO₂ ekv ning langeda seejärel aastaks 2030 tasemeni 23 €/tCO₂ ekv. Tagasihoidlikuma prognoosiga tuli 2017. aasta lõpus välja Thomson Reuters Point Carbon (nüüdne Refinitiv), kes ennustas hinna tõusu tasemeni 10 €/tCO₂ ekv aastaks 2020 ja 23 €/tCO₂ ekv aastaks 2023. Tegelikult ületas kvoodihind juba 2018. aastal 20 €/tCO₂ ekv, ehk nii optimistlikus kui ka konservatiives prognoosis juhtivatelt turuekspertidelt alahinnati oluliselt 2018. aastal esinenud hinnatõusu. Seega on saastekvoodi hinna prognoosimine keeruline ning õiget vahemikku ei ole võimalik selgelt määrata [70].

Enne 2020. aastat oli Euroopa saastekvoodi hind kõrgeim 2008. aastal, mil see tõusis üle 30 €/tCO₂ ekv. Sellele järgnevatel aastatel langes hind oluliselt majandussurumisest tingitud kvootide ülejäägist turul ja Euroopa Liidu välise süsinikukrediidi arvestamisest. Nende tegurite koosmõjul saavutas kvoodihind 2013. aastal madalaima taseme langedes alla 3 €/tCO₂ ekv. Joonis 7.1 annab ülevaate saastekvootide hinnamuutusest erinevate kauplemisperioodide jooksul [69], [72].



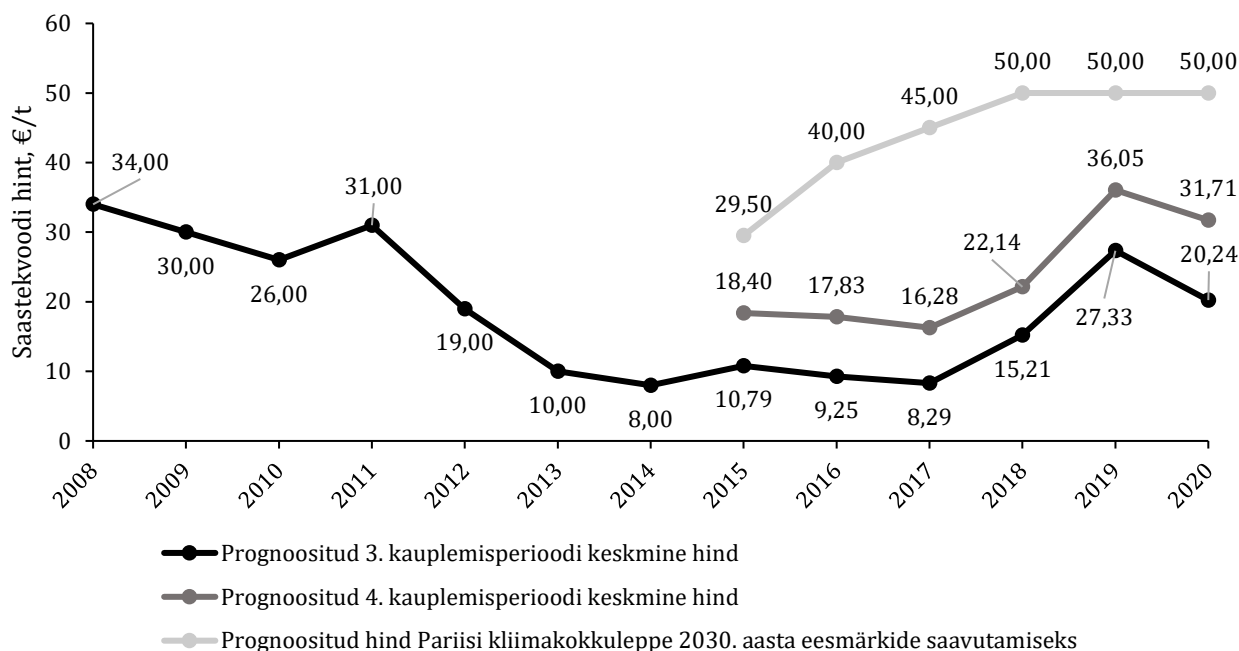
Joonis 7.1. EL HKS saastekvoodi hinnamuutused alates 2008. aastast [69]

Nagu teistegi turgude puhul, kujuneb hind pakkumise ja nõudluse suhte alusel, aga EL HKS on poliitiliselt palju enam mõjutatud, kuna sisuliselt on tegemist poliitilise instrumendiga, mida kasutatakse kliimamuutuste ambitsiooni täitmiseks. Nõudlus varieerub vastavalt majandustegevuse ja sellega kaasnevate heitmete muutusele, sellal kui pakkumine on ette fikseeritud, et tagada Euroopa tööstuse jaoks ennustatavus [72].

2020. aasta seisuga mõjutavad kvoodihinna prognoosimist tugevalt COVID-19 pandeemiast tulenevad mõjud. Selle tulemusena on analüütikud oluliselt vähendanud saastekvoodi prognoositavaid hindu aastateks 2020–2022, kuna koroonaviiruse leviku piiramiseks rakendatud meetmed on põhjustanud tööstuslike tootmismahude ja energiatootmise vähenemise, mis omakorda vähendab nõudlust saastekvootide järele [73], [74].

Rahvusvaheline heitkogustega kauplemise liit (IETA – *International Emissions Trading Association*) koostas 2020. aastal kasvuhoonegaaside turuhinnangute uuringu (*Market Sentiment Survey*), mis pakub sisendit saastekvootide hinnaprognosile. Uuring viidi läbi IETA liikmete seas ning kestis vahemikus 1.04.2020–24.04.2020. Uuringule vastasid 137 IETA liiget ja 22 rahvusvahelise lennutranspordiühenduse (IATA – *International Air Transport Association*) liiget. Uuringu tulemusena

selgus, et prognoositavad saastekvootide hinnad on võrreldes 2019. aastal läbi viidud uuringuga langenud (Joonis 7.2). Samas arvas ülekaalukas enamus vastanutest – 92% – et saastekvootide hinnad taastuvad kahe aastaga [75].



Joonis 7.2. IETA ja IATA turuhinnauuringutes prognoositud saastekvoodihinnad [75]

Uuringust osavõtnute prognoositud keskmine EL HKS-i saastekvoodi hind langes tasemeni 20,24 €/tCO₂ ekv kolmandaks kauplemisperioodiks ja tasemeni 31,71 €/tCO₂ ekv neljandaks kauplemisperioodiks ehk aastateks 2021–2030, sellal kui aasta varem oldi vastavateks näitajateks ennustatud 27,33 €/tCO₂ ekv ja 36,05 €/tCO₂ ekv. 60% vastanutest arvasid, et COVID-19 pandeemia mõjutab hindu negatiivselt järgneva ühe kuni kahe aasta jooksul; ainult 8% vastanutest arvasid, et negatiivne mõju kestab kauem kui kaks aastat. Prognoositud vajalik hind Pariisi kliimakokkuleppe 2030. aasta eesmärkide saavutamiseks püsis tasemel 50 €/tCO₂ ekv. Uuringus osalejad prognoosisid Pariisi kliimakokkuleppe 2050. aasta eesmärkide saavutamiseks vajalikuks keskmiseks hinnaks 80 €/tCO₂ ekv [75].

2020. aasta aprillis prognoosis Energy Aspects, et EL HKS-i saastekvoodi hinnad taastuvad hinnatasemeni 20–25 €/tCO₂ ekv 2020. aasta kolmandas kvartalis ja tasemeni 25–30 €/tCO₂ ekv 2020. aasta neljandas kvartalis, eeldades majanduse taastumist. Tegelikud hinnad ületasid 25 €/tCO₂ ekv juba kolmandas kvartalis ning septembris hetkeks ka 30 €/tCO₂ ekv. 2020. aasta neljandas kvartalis on hinnad alates 10. detsembrist pidevalt püsinud üle 30 €/tCO₂ ekv, sealjuures saavutati suurim hind kauplemissüsteemi ajaloos, kui see ületas 33 €/tCO₂ ekv [74], [75].

Energy Aspects eeldab, et 2021. aasta esimeses kvartalis ületab hinnatase 30 €/tCO₂ ekv, mida toetavad ka mitmed 2021. aastal turul eel seisvad muutused, sealhulgas tuumaelektriiaamade sulgemised ja Ühendkuningriigi väljumine Euroopa Liidu heitkogustega kauplemise süsteemist [74].

Aurora Energy Research oli 2020. aasta aprillis enda prognoosides tagasihoidlikum ja eeldas, et järgnevate aastate jooksul naaseb saastekvoodi hind tasemele 20–30 €/tCO₂ ekv [74].

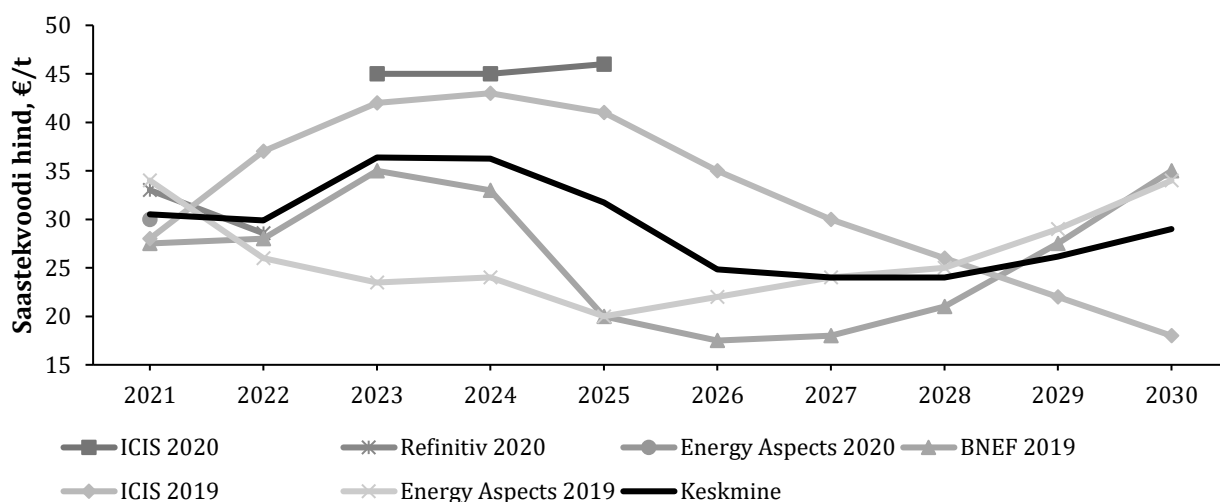
Refinitiv andis 2020. aasta aprillis välja prognoosi, mille kohaselt on 2021. aastal heitmekvoodi keskmine hind 33,01 €/tCO₂ ekv. Võrreldes varasema prognoosiga eeldati 9,4% võrra väiksemat hinda. 2022. aastaks prognoosib Refinitiv eelneva prognoosiga võrreldes 24,3% suurust langust, hinnates aasta keskmiseks saastekvoodi maksumuseks 28,56 €/tCO₂ ekv. Kuigi varasema prognoosiga võrreldes on kvoodi maksumuse kasvu hinnatud väiksemaks, eeldatakse siiski, et turustabiilsusreservi loomine veab hinnakasvu ka edaspidi [73].

2020. aasta oktoobris koostas Independent Commodity Intelligence Service (ICIS) prognoosi heitmekvootide hinnatõusu kohta järgneval viiel aastal, mille kohaselt jääb aastatel 2023–2025 saastekvoodi hind vahemikku 40–50 €/tCO₂ ekv. Hinnatõusu saavutamisse panustab peamiselt turustabiilsusreserv. Eeldatakse, et 2025. aastal saavutatakse rekordiliseks hinnatasemeks 46 €/tCO₂ ekv [76].

2020. aastal avaldatud prognoosides toodud hinnad on varasemates prognoosides toodud hindadega võrreldes üldiselt kasvanud. 2019. aasta prognoosis eeldas ICIS, et hinnatase 40 €/tCO₂ ekv saavutatakse 2023. aastal, kuid et 2025. aastal jäävad hinnad alla 2020. aastal prognoositud 46 €/tCO₂ ekv [77].

2018. aasta detsembris avaldas Refinitiv prognoosi, mille kohaselt saavutab saastekvoot 2022. aastal hinnatasemeks 24 €/tCO₂ ekv, mis aga langeb seejärel vahemikus 2022–2027. Värskemate prognooside ja turul tegelikult kujunenud hinna põhjal võib väita, et lähiaastate tegelik hinnatase osutub 2018. aasta detsembris väljastatud prognoosist kõrgemaks, aga pikemas perspektiivis järgib hinnamuutuse trend varasemat prognoosi. Hinnalangus esineb aastatel 2022–2027 turustabiilsusreservi suunatavate saastekvootide koguste vähenemise tõttu alates 2024. aastast ja vähenevate kasvuhooonegaaside heitkoguste tõttu, mis tuleneb taastuvenergia tootmismahdade suurenemisest Euroopa Liidu 2030. aasta kliimaambitsioonide saavutamiseks. Nende tegurite koosmõjul eeldatakse saastekvootide ülejäägi suurenemist turul alates 2023. aastast. [72].

Erinevate analüütikute üldised prognoositavad trendid langevad kokku. Lähiaastate puhul on prognooside hinnavahemik suhteliselt suur, mis näitab et hindade prognoosimisel on palju määramatust. Kaugemas tulevikus prognoosid aga ühtivad üllatavalt suurel määral, eriti 2028. ja 2029. aasta puhul. Ülevaade erinevatest prognoosidest ja nende põhjal leitud keskmistele väärtustele tuginevast prognoosist on toodud Joonisel 7.3. Arvestades seni tehtud prognooside erinevust tegelikest hindadest, on enam kui tõenäoline, et 2030. aastal esinevad hinnad erinevad oluliselt praegustes prognoosides esitatust. Samuti ei saa mingil juhul eeldada, et hinnad liiguvad vaid ühes suunas [78].

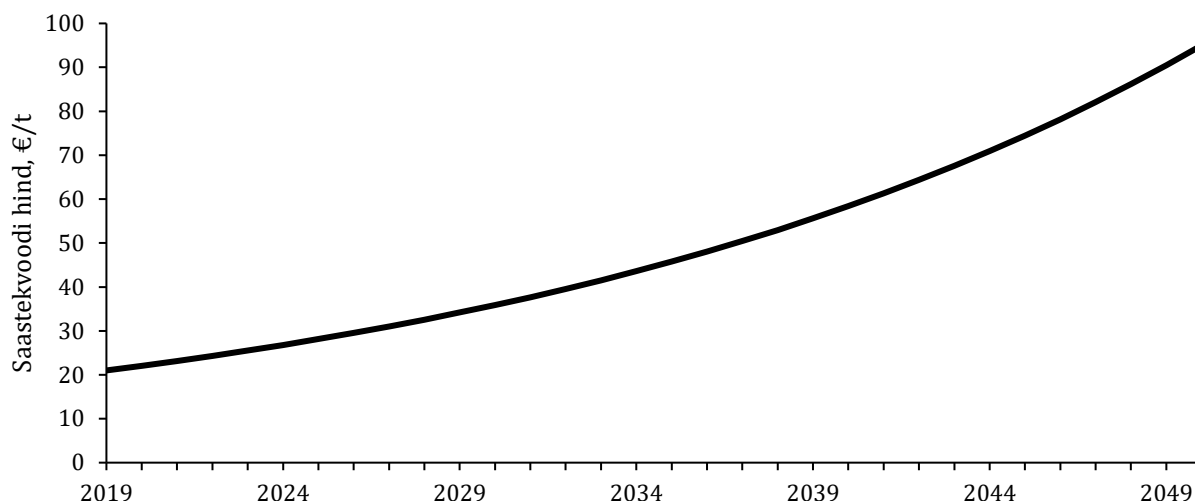


Joonis 7.3. Analüütikute prognoositud saastekvoodihinnad aastateks 2021–2030

Pikaajalised prognoosid võivad suure tõenäosusega muutuda ootamatute väliste mõjude tõttu, nagu 2020. aastal esinenud COVID-19 pandeemiast tingitud majandussurutus ja sellega kaasnenud heitkoguste vähenemine. Vaatamata pikaajaliste prognooside ebakindlusele, koostas Münchener Majandusuuringute Edendamise Selts (*Munich Society for the Promotion of Economic Research*) 2019. aastal lihtsustatud mudeli heitkogustega kauplemise süsteemist, millega prognoositakse saastekvoodi hinda 2050. aastani (Joonis 7.4) [79].

EL HKS-i lihtsustatud mudelis vaadeldakse dünaamilist heitkogustega kauplemise süsteemi, milles on n perioodi. Jagatavad saastekvootide kogused igas perioodis on ette määratud. Nõudlus saastekvootide

järele sõltub nende hinnast. Nõudlust perioodil tõlgendatakse kui heitkoguseid sel perioodil. Heitmekvootide säilitamine tulevikus on lubatud ja mudelis võetakse arvesse turustabiilsusreservi mõju [79].



Joonis 7.4. Saastekvoodi hind mudeli baasstsenaariumi kohaselt aastatel 2019–2050 [79]

Saadud tulemuse puhul ei ole tegemist hinnaprognosisga aastani 2050. Tegelik turu areng ei toimu niivõrd stabiilselt, vaid ootamatuste tõttu esineb pakkumises ja nõudluses variatsioone, mida mudelis arvesse ei võeta. Analüüsi eesmärk oli anda ülevaade heitkoguste vähendamiseks plaanitavate meetmete mõjust turule järgnevatel aastatel jooksul ja koostada sellest tulenevalt võimalikult realistlik saastekvoodi hinnastsenaarium [79].

Mudeli kohaselt saavutab saastekvoot 2050. aastaks hinnataseme ligikaudu 95 €/tCO₂ ekv. Pakkumine ületab nõudlust peaaegu 2040. aastani, mille järel muutub nõudlus pakkumisest suuremaks. Mudelis saadud pakkumises ei võeta arvesse turustabiilsusreservi suunatavaid ega sealt väljastatavaid saastekvootide koguseid. Perioodil, mil pakkumine ületab nõudlust, suunatakse ülejääk reservi ning kui nõudlus hakkab pakkumist ületama, väljastatakse reservist täiendavaid saastekvoote [79].

7.3.2. CO₂ eraldamiseks tehtud investeeringute konkurentsivõimelisus võrreldes kvoodihindadega

Hetkeseisuga on teostatud kaks suuremahulist projekti söelektrijaamade heitmetest CO₂ eraldamiseks, Boundary Dami projekt Kanadas ja Petra Nova projekt Ameerika Ühendriikides. Teostatud projektide puhul on hinnanguliseks CO₂ eraldamise kuluks vastavalt 94 €/tCO₂ ja 55 €/tCO₂. Neist vaid esimese projekti puhul on tegemist varasemalt kasutuses olnud söelektrijaamaga, millele ümberehitamise käigus paigaldati ka süsinikdioksiidi eraldamise süsteem. Täiendavalt on analüüsitud Shandi söelektrijaamale süsinikdioksiidi eraldamise süsteemi paigaldamist, mille puhul hinnati, et CO₂ eraldamise kulud võiksid väheneda Boundary Dami projektiga võrreldes ligikaudu kahe kolmandiku võrra. Hetkel on aga CO₂ eraldamiseks tehtavate investeeringute ühikumaksumus oluliselt suurem kui järgnevatel aastatel prognoositavad saastekvoodihinnad. Seetõttu ei ole investeeringud majanduslikel kaalutlustel põhjendatud [42], [43], [49], [78].

CO₂ puhastamisse investeeringute tegemise atraktiivseks muutmiseks peavad investeeringuid toetama toetusmeetmed. Kaugemas tulevikus on tehnoloogia arenemise korral võimalik saavutada ka oluline ühikumaksumuse vähenemine. Saastekvoodi hinna tõusu jätkumisevõib muuta CO₂ eraldamise soodsamaks kui kvoodi ostmise ning tasuvaks eeldusel, et eraldatud CO₂ on võimalik kasutada selliselt, et selle saab heitmetest maha arvestada. Oluliseks teguriks investeerimisotsuse tegemisel on ka CO₂ jaoks turu olemasolu. Sõltuvalt eraldatava süsinikdioksiidi eest makstavast hinnast ja müüdavatest kogustest, võib CO₂ puhastamisse investeerimine osutuda otstarbekaks juba lähiaastatel.

7.4. CO₂ hinna muutuste senine mõju põlevkivisektorile

7.4.1. Eestis tekkivad kasvuhoonegaasid

2018. aastal oli Eesti summaarne kasvuhoonegaaside (KHG) heitkogus ligikaudu 20 miljonit tonni (19 974,14 kt) süsinikdioksiidi ekvivalenti (CO₂ ekv), arvestamata maakasutuse ja metsanduse sektori mõju. Metsa- ja maakasutussektor (LULUCF – *Land Use, Land Use Change and Forestry*) on reeglina süsinikdioksiidi siduja ja selle sektori mõju arvestades oli Eesti netoheitkogus 2018. aastal ligikaudu 18 miljonit tonni (17 983,96 kt) süsinikdioksiidi ekvivalenti [80].

Energeetikasektor on suurim kasvuhoonegaaside tekitaja Eestis. 2018. aastal moodustasid energeetikasektorist tulnud heitkogused 88,1% (17 590,08 kt CO₂ ekvivalenti) kogu Eesti KHG heitkogusest. Suurem osa energeetikasektori KHG heitkogustest – 99,9% – pärineb kütuste põletamisest ja ainult 0,1% pärineb hajusheitest [80].

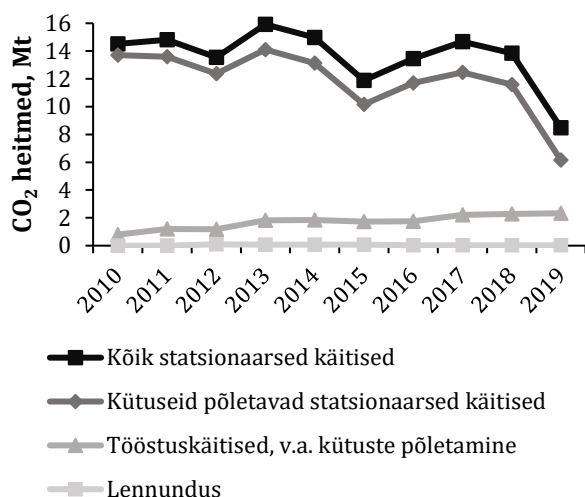
Peamine Eestis tekkiv kasvuhoonegaas on süsinikdioksiid, mis 2018. aastal moodustas 88,7% (17,7 miljonit tonni CO₂) Eesti summaarsest kasvuhoonegaaside heitkogusest. Sellele järgnesid metaan 5,6 protsendi (1,1 miljonit tonni CO₂ ekv) ja dilaammastikoksiid (N₂O) 4,6 protsendiga (0,9 miljonit tonni CO₂ ekv) [80].

7.4.2. Põlevkivisektori süsinikdioksiidi heitkogused

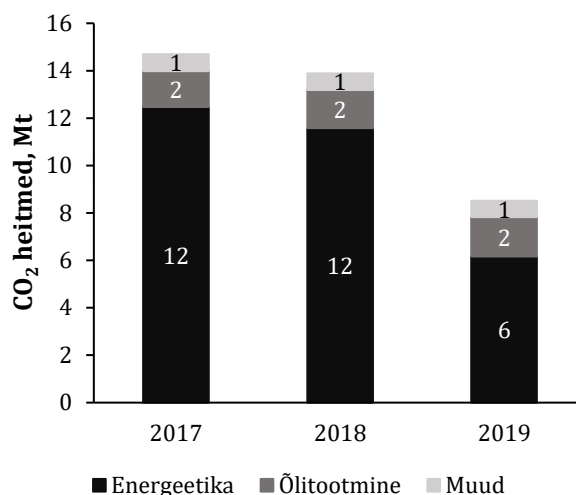
Eestis on eelnenud aastatel tekitanud enim CO₂ heitkoguseid põlevkivitööstus, kus põletatakse põlevkivi või toodetakse sellest põlevkiviõli. Alates 2019. aastast on põlevkivisektori heitkogused CO₂ hinna kasvamise ja elektri turuhinna vähenemise tõttu tugevalt langenud. Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteemi kuuluvates Eesti käitistes vähenes CO₂-heide 2019. aastal 38,7% võrreldes 2018. aastaga ehk ligikaudu 5,4 miljoni tonni CO₂ võrra. Võrreldes 2018. aastaga vähenes süsinikdioksiidi heide enam kui pooltes heitkogustega kauplemise süsteemi kuuluvates käitistes, kuid kõige enam Eesti Energia ASile kuuluvates Eesti Elektri jaamas ja Auvere Elektri jaamas, mille CO₂-heitkogused moodustavad ka enamiku ELi HKSi kuuluvate põlevkivikäitiste koguheitest [81], [82], [83].

Põlevkivisektori heitkoguste vähenemisest tulenev riiklik Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteemi kuuluvate käitiste heitkoguste vähenemine möödunud aastatel on selgelt tuvastatav Joonisel 7.5. Joonis 7.6 annab täpsema ülevaate aastatel 2017–2019 esinenud heitkoguste muutustest valdkondade kaupa. Muudest tööstuskäitistest peavad süsteemile heitkogustest ülevaate andma klinkri, lubja-, klaasi-, keraamika-, tselluloosi-, paberi- ja papi- ning ammoniaagitootjad. Lisaks on süsteemiga hõlmatud ka lennundus [81], [82].

Õli- ja tsemenditööstusettevõtete CO₂-heide püsis üldjoontes varasemaga samal tasemel või suurenes vähesel määral. Tööstuskäitisi CO₂ kõrge turuhind nii palju ei mõjuta, sest nad saavad suure osa oma vajaminevatest lubatud heitkoguseühikutest tasuta. Kuna 2019 oli hea majanduskasvuga aasta, siis mitmete tööstuskäitiste heitkogused püsisid eelmise aastaga võrreldes suuresti samal tasemel või isegi kasvasid. Heitkoguste kasv tulenes peamiselt tootmiskäitiste võimsuse olulisest suurenemisest ja toodangu kasvamisest [83].



Joonis 7.5. Heitkoguste muutus Eesti HKS-sektori ettevõtete seas aastatel 2010–2019 [82]



Joonis 7.6. Eesti HKS-sektori kütiste heitkogused aastatel 2017–2019 [82]

2018. aastal kolmekordistus süsinikdioksiidi heitkoguste turuhind Euroopa Liidus, olles aasta alguses 7,8 €/t ning jõudes aasta lõpuks tasemeni 23,4 €/t. Sellist hinnataset nähti viimati 2012. aastal. Põlevkivisektorile tähendab kõrgem CO₂ kvootide hind kulude kasvu, kuna tootmise käigus eraldub süsinikdioksiidi. Samas kannustab see energiaeetika- ja tööstussektori ettevõtteid investeerima veelgi rohkem tootmise tõhustamisse ja kasvuhoonegaaside heite vähendamisse ning teadlasi leidma võimalusi CO₂ eraldamiseks ja kasutamiseks [84].

Enne 2018. aastat oli Eesti elektritootmisega seotud keskmine CO₂-heide umbes kolm korda suurem Euroopa Liidu keskmisest ning 20% suurem saastavuselt EL-is teisel kohal olevast Poolast. Seetõttu oleks põlevkivielektri konkurentsivõime säilimiseks elektri hind turul pidanud 2019. aastaks kasvama varasemaga võrreldes ligikaudu 70%. Tegelikult erinesid 2018. aasta ja 2019. aasta aprilli keskmised elektrihinnad aga üksnes paari euro võrra. See tähendab, et Euroopa Liidu elektriturul on veel piisavalt tootmisvõimsust, mis suudab täita põlevkivielektrist jäänud lünga. Kõrge CO₂ hinna korral on põlevkivielekter viimane, mis turule pääseb ja esimene, mis turult välja surutakse [85], [86].

Euroopa Liidu süsinikukvoodi hinnakasv ja ebaausat konkurentsi tekitanud Vene elektritoodang sundis Eesti Energiat 2019. aastal elektri põlevkivist tootmist oluliselt vähendama, mis tõi kaasa ettevõtte CO₂ emissiooni vähenemise 50 protsendi võrra võrreldes 2018. aastaga. Eesti riigi CO₂ koguemissioon vähenes Eesti Energia toel aastaga umbes veerandi võrra [87].

Samal ajal kasvas Eestis rekordiliseks vedelkütuste tootmine. Õlitootmine paiskab energiaühiku kohta CO₂ õhku kolm korda vähem kui elektritootmine. Õli tootmisel on võimalik Eesti põlevkivist kasulikult kätte saada üle kahe korra rohkem energiat kui elektri tootmisel ning seejuures vähendatakse mitmekordselt tootmisel süsihappegaasi õhku paiskamist ja kasutatakse tekkivaid jääkgaase elektri tootmiseks. Juba 2014. aastal Eleringi poolt välja antud Eesti pikaajalistes elektritootmisstsenariumites prognoositi, et tulevikus on kasulikum kasutada põlevkivi õli tootmiseks ning vähendada otsepõletust elektri tootmiseks tulenevalt naftahinnaprognosidest ja keskkonnapoliitikast. Hinnati, et turutingimustel ei suuda põlevkivi otsepõletamisel toodetud elektrienergia olla konkurentsivõimeline. Eesti Energia edasine plaan on rajada aastaks 2024 uus Enefiti tehnoloogial põhinev õlitehas, et täita riigi energiamajanduse arengukavas seatud eesmärgi suurendada õli, elektri ja gaasi koostootmist [86], [87], [88].

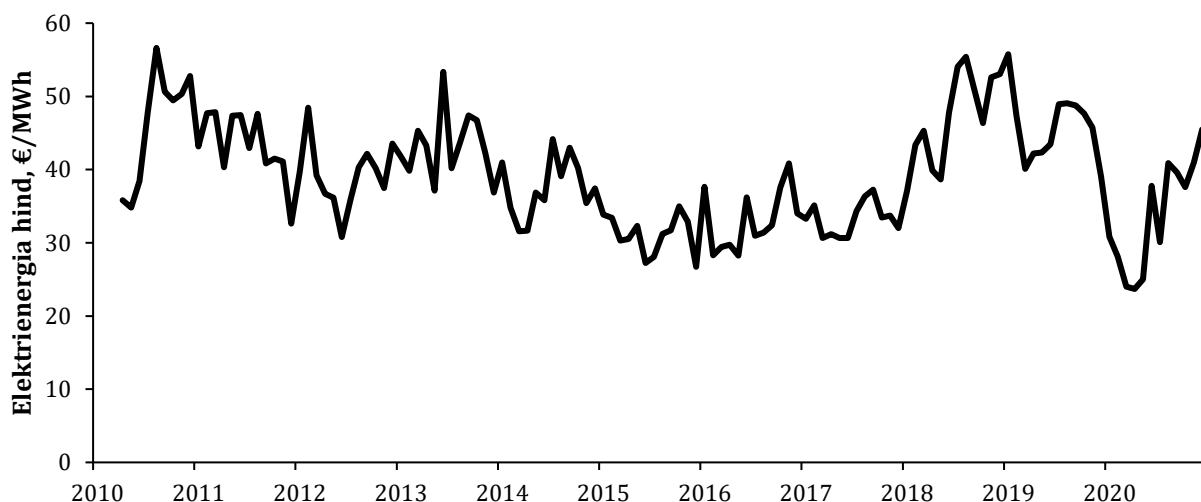
7.5. Prognoositava CO₂ hinna mõju põlevkivisektorile

7.5.1. Elektrienergia hind

Põlevkivi otsepõletamise teel toodetud elektrienergia konkurentsivõime turul sõltub süsinikdioksiidi kvoodihinna ja elektrienergia turuhinna suhtest. Tabelis 7.1 ja Joonisel 7.7 kujutatud Nord Pool Spoti elektribörsi Eesti hinnapiirkonna elektrienergia järgmise päeva (*day-ahead*) hindasid möödunud kümne aasta jooksul. Elektrituruga liitumisele järgnevatel aastatel esines elektrienergia hinnalanguse trend. Kui 2010. aastal oli aasta keskmine hind 46,31 €/MWh, siis 2017. aastaks oli elektrienergia hind langenud tasemeni 33,22 €/MWh. Kuna samal ajal oli madal ka saastekvoodi hind, suutis põlevkivi otsepõletamise teel toodetud elektrienergia turul edukalt konkureerida. 2018. aastal tabas nii saastekvoodi kui ka elektrienergia hindasid oluline kasv. Tulenevalt saastekvootide maksumuse kiirest kasvust vähenes põlevkivielektri konkurentsivõime aga ka varasemast tunduvalt kõrgema elektrienergia hinna juures. 2019. aastal püsis elektrienergia turuhind samal tasemel, aga saastekvoodi hind jätkas kasvumist, mis vähendas täiendavalt põlevkivielektri konkurentsivõimet. 2020. aastal püsis elektrienergia hind COVID-19 pandeemiast tulenevate majanduslike mõjude ja suurte taastuvenergia toodangumahtude koostoimel aasta esimeses pooles väga madalal tasemel, aga näitas aasta teises pooles kasvutrendi. Ka saastekvoodi hind langes aasta esimeses pooles, aga saavutas aasta lõpuks rekordtaseme, mis muudab põlevkivielektri jaoks turul konkureerimise veelgi keerulisemaks [89].

Tabel 7.1. Elektrienergia järgmise päeva hinnad [89]

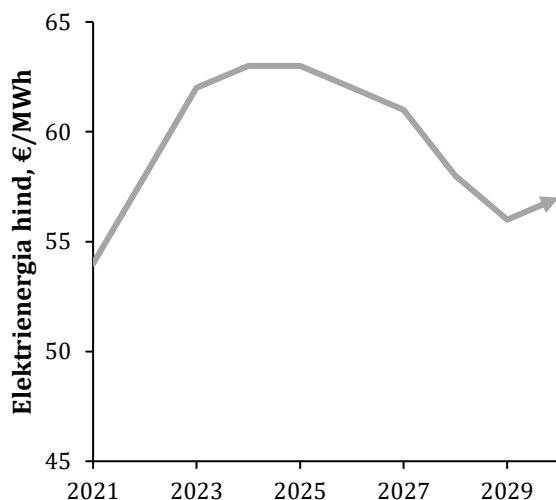
Aasta/Kuu	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Jaauar	30,82	55,76	37,11	33,27	37,63	33,84	40,98	41,77	39,77	43,15	
Veebruar	28,11	47,28	43,36	35,13	28,28	33,42	34,79	39,82	48,47	47,70	
Märts	24,02	40,10	45,32	30,66	29,41	30,31	31,57	45,28	39,21	47,84	
Aprill	23,69	42,18	39,88	31,18	29,73	30,50	31,64	43,31	36,69	40,32	35,79
Mai	25,02	42,32	38,66	30,66	28,26	32,30	36,85	37,14	36,15	47,37	34,81
Juuni	37,77	43,46	47,79	30,65	36,22	27,26	35,81	53,36	30,80	47,45	38,45
Juuli	30,10	48,92	54,06	34,33	30,97	28,06	44,17	40,20	35,85	42,95	47,90
August	40,90	49,08	55,38	36,34	31,38	31,20	39,10	43,66	40,32	47,60	56,62
September	39,60	48,77	50,93	37,27	32,40	31,70	42,97	47,38	42,15	40,86	50,63
Oktoober	37,62	47,66	46,36	33,43	37,54	34,97	40,22	46,76	40,19	41,49	49,46
November	40,99	45,72	52,62	33,70	40,86	32,88	35,41	42,32	37,49	41,12	50,34
Detsember	45,49	39,05	53,05	32,02	34,01	26,72	37,42	36,84	43,56	32,61	52,77
Keskmine	33,68	45,86	47,04	33,22	33,06	31,10	37,58	43,15	39,22	43,37	46,31



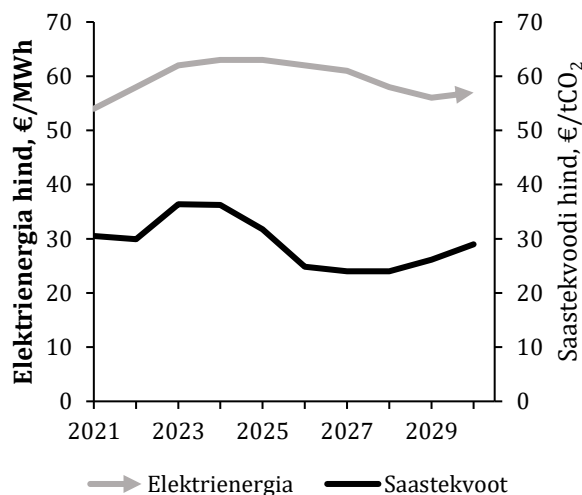
Joonis 7.7. Elektrienergia järgmise päeva hinnad aastatel 2010–2020 [89]

7.5.2. Elektrienergia hinnaprognosis

ICIS Power Horizonsi mudeli kohaselt suurenevad Balti riikides elektrienergia hinnad pärast 2020. aastat. Ennustuste kohaselt saavutatakse kõrgeim hinnatase, enam kui 60 €/MWh, 2025. aastal, mis on oluliselt kõrgem võrreldes 2018. aasta keskmiste hindadega Balti riikides, mil Nord Pooli Baltimaade piirkonna hinnatase jäi sõltuvalt riigist vahemikku 48–52 €/MWh. Järgneva kümnendi lõpus eeldatakse hindade langust tulenevalt kasvavatest taastuvenergia tootmismahtudest ja langevatest saastekvoodi hindadest. Siiski ületavad elektrienergia hinnad prognoosi kohaselt 2018. aasta hindu. Joonistel 7.8 ja 7.9 on toodud ülevaade ICIS Power Horizonsi mudeli kohaselt prognoositavatest elektrienergia hindadest Eesti hinnapiirkonnas järgnevas kümnedes aastaks ja ühiselt elektrienergia hinnaprognosis ning saastekvoodi hinnaprognosis aastateks 2021–2030 [90].



Joonis 7.8. Elektrienergia hinnaprognosis aastateks 2021–2030 [90]



Joonis 7.9. Saastekvoodi ja elektrienergia hinnaprognosis aastateks 2021–2030

2019. aasta alguses väljastatud pikaajalise prognoosi kohaselt püsivad 2019. ja 2020. aastal Baltimaade elektrienergia hinnad samal tasemel, kuhu jõuti 2018. aastal esinenud järsu hinnakasvuga. Sellal, kui 2019. aastal ei esinenud tegelikkuses olulisi muutusi, on 2020. aastal hinnad oluliselt langenud tulenevalt COVID-19 pandeemia mõjudest ja elektriturul esinenud suurest tootmisvõimsuse ülejäägist. 2020. aastal langes keskmine hind Eesti hinnapiirkonnas alla 34 €/MWh, mis kujutab enam kui 35% suurust vähenemist võrreldes 2019. aastaga ja erineb seega oluliselt ICIS Power Horizonsi mudeli prognoosist [89], [90].

Nordpooli Baltimaade hinnaprognosis mõjutavad mitmed tegurid, nende seas kütuste hindade muutused, elektrienergia hinnad riikides, mille elektrivõrgud on ühendatud Balti riikidega, ja kohalike tootmisvõimsuste muutused. ICIS Power Horizonsi mudelis prognoositakse kütuste hindade muutuseid, võttes arvesse inflatsiooni ja heitmekvootide hinna muutuse prognoosi. Hinnatasemed elektrivõrgu kaudu ühendatud riikides avaldavad enim mõju elektrienergiat netoimportivatele riikidele, mõjutades seega enim hinnataset Leedus, aga avaldades tugevat mõju ka Eestis ja Lätis [90].

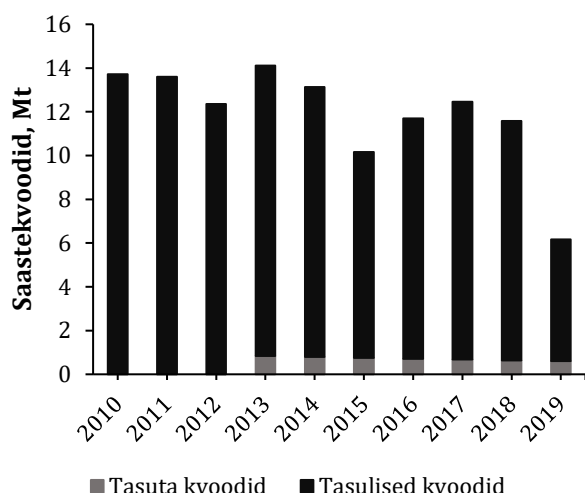
Kohalike tootmisvõimsuste arengu osas on hinnaprognosis eeldatud põlevkivielektri tootmismahtude kahanemist Eestis tulenevalt tööstusheitmete direktiivi (EID – *Industrial Emissions Directive*) nõuetest, mis ühtlasi vähendab elektrienergia hinna sõltuvust saastekvoodi hinnast:

- prognoosis eeldati nelja vanema põlevkivielektri tootmisploki sulgemist 2019. aastal, mis kõrgete kvoodihindade kaasmõjul ka realiseerus. Plokkide koguvõimsus oli 619 MW ehk põlevkivielektri tootmisvõimsus vähenes 31% võrra;
- toetudes Eesti riiklikule energia- ja kliimakavale, prognoositakse hiljemalt 2030. aastaks põlevkivielektri tootmisvõimsuse vähenemist kokku 1,3 GW võrra, mis moodustab 2018. aastal kasutuses olnud tootmisvõimsusest 66% [90].

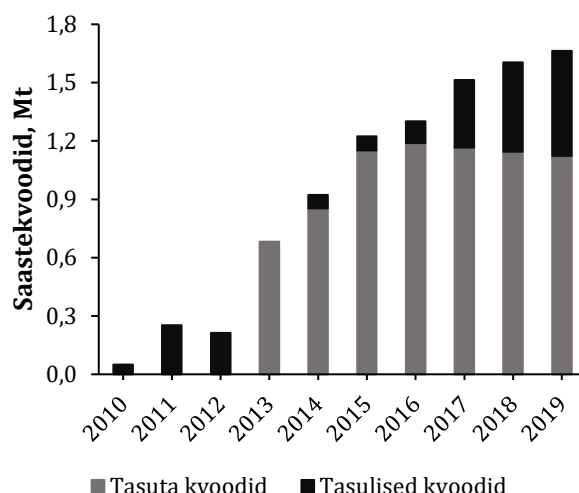
Hinnamudelis prognoositakse taastuenergia tootmisvõimsuste suurenemist Baltimaades, eriti tulenevalt taastuenergiaaoksjonitest Leedus alates 2019. aastast ja võimalikust avamere-tuuleparkide rajamisest kümnendi lõpupoolel. Suurenev lokaalne taastuenergia tootmisvõimsus vähendab imporditava elektrienergia osakaalu ja seeläbi ka elektrienergia hindu [90].

7.5.3. Järeldused saastekvootide ja elektrienergia hinna mõjust põlevkivisektorile

Põlevkiviõli tootmisele ei ole saastekvootide hinnad seni olulist mõju avaldanud, mida tõestab 2019. aastal toodetud rekordiline põlevkiviõli kogus. Õlitootmine kui süsinikulekke ohuga valdkond saab tootmiseks vajaminevad saastekvoodid suure osas tasuta. Elektri tootmiseks said Eesti Energia (EE) Balti Elektri jaam, Eesti Elektri jaam, Viru Keemia Grupi (VKG) Põhja Soojuselektri jaam ja Kiviõli Keemiatööstuse (KKT) Soojuselektri jaam 2019. aastal 610 519 ühikut tasuta kvooti, mis kattis Eesti HKSi kuuluvate statsionaarsete kütuseid põletavate kaitiste koguheitmetest 9,9%. Oluline on ka märkida, et õli tootmisega seotud VKG Põhja Soojuselektri jaam sai kaitise heitmetest 60,7% ulatuses tasuta kvooti ja KKT Soojuselektri jaam sai kaitise heitmetest 48,9% ulatuses tasuta kvooti, mis kokku moodustasid 81,0% elektri jaamadele jagatud tasuta kvootidest. EE, VKG ja KKT õlitehased said 2019. aastal 1 122 606 ühikut tasuta kvooti, mis kattis kaitiste heitmetest 67,5% (Joonised 7.10–7.11). Tasuta kvootide jagamine jätkub järgnevatel aastatel, aga jagatavate kvootide maht väheneb. Sellest hoolimata ei avalda järgnevatel aastatel prognoositud saastekvootide hinnatase põlevkiviõli tootmismahitudele olulist mõju. Põlevkiviõli tootmismahite mõjutab eelkõige nafta hind maailmaturul [91].

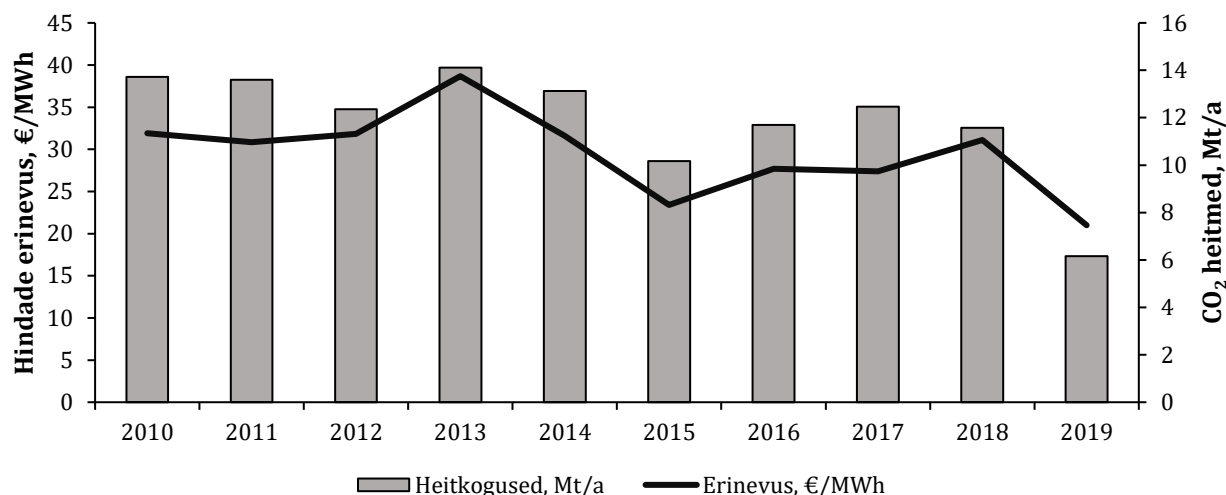


Joonis 7.10. Eesti HKSi statsionaarsete kütuseid põletavate kaitiste heitmed [82]



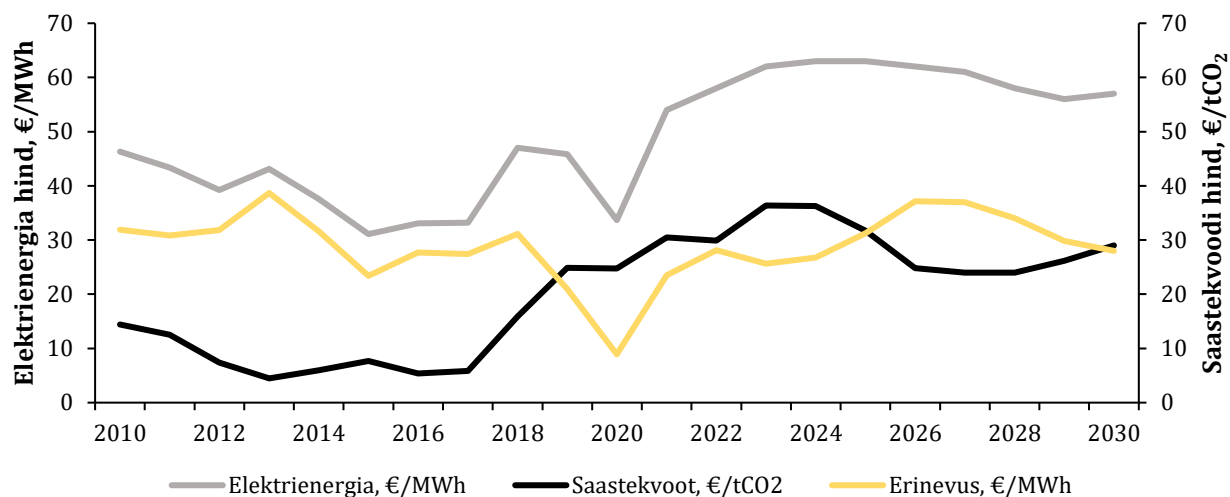
Joonis 7.11. Eesti HKSi statsionaarsete õlitööstuse kaitiste heitmed [82]

Põlevkivi otsepõletamise teel toodetud elektrienergia on tugevas sõltuvuses elektrienergia ja saastekvootide turuhindadest. Joonis 7.12 annab ülevaate elektrienergia ja saastekvootide hindade mõjust Eesti HKSi kuuluvate statsionaarsete kütust põletavate kaitiste heitkogustele aastatel 2010–2019. Graafikul on toodud joon, mis kujutab vastavate aastate Eesti hinnapiirkonna keskmise elektrienergia hinna (€/MWh) ja ühe saastekvooti hinna (€/tCO₂ ekv) arvutuslikku erinevust. Jooniselt on selgelt näha, et teatud hinnaerinevuse juures muutub põlevkivielekter konkurentsivõimeetuks, mistõttu tekib ka vähem heitmeid. 2019. aastal oli hindade arvutuslik erinevus 20,99 €, mis tõi kaasa heitkoguste ligi 47% suuruse vähenemise. Oluline heitkoguste langus esines ka 2015. aastal, mil hindade arvutuslik erinevus oli 23,41 €. Muudel aastatel ületas hindade arvutuslik erinevus 27 € ning saastekvootide maksumus ei avaldanud heitmetele olulist mõju. Eeltoodust võib järeldada, et põlevkivielektri konkurentsivõime hakkab märgatavalt vähenema, kui elektrienergia ühikumaksumus ületab saastekvootide ühikumaksumust vähem kui 25 € võrra ning põlevkivielekter muutub sisuliselt konkurentsivõimeetuks, kui vastav näitaja langeb alla 20 € [69], [82], [89].



Joonis 7.12. Elektrienergia ja saastekvoodi hinna mõju heitkogustele [69], [82], [89]

Varasemalt toodud saastekvoodi ja elektrienergia hinnaprognoside kohaselt suurenevad järgnevatel aastatel nii elektrienergia kui ka saastekvoodi hinnad ning hindade erinevus ületab valdavalt 25 €, mis loob eeldused põlevkivielektri konkurentsivõime säilimiseks elektriturul (Joonis 7.13). 2020. aastal on tulenevalt madalast elektrienergia hinnast ja kõrgest saastekvoodi hinnast oodata varasemast tunduvalt väiksemat põlevkivielektri toodangut ja vastavaid heitkoguseid. Hindade erinevus ei soosi põlevkivielektrit ka 2021. aastal, aga pärast seda ei lange prognooside kohaselt ühelgi aastal elektrienergia ja saastekvoodi hinna arvutuslik erinevus alla 25 €. Arvestades, et nii elektrienergia kui ka saastekvoodi hindade prognoosimisel on väga palju määramatust, on prognooside võrdluse puhul tegemist indikatsiooniga, mis võib erinevate mõjurite esinemise korral oluliselt muutuda [69], [82], [89].



Joonis 7.13. Saastekvoodi ja elektrienergia hinna prognoos aastani 2030 [69], [82], [89]

8. CO₂ TARBIMINE MAAILMAS

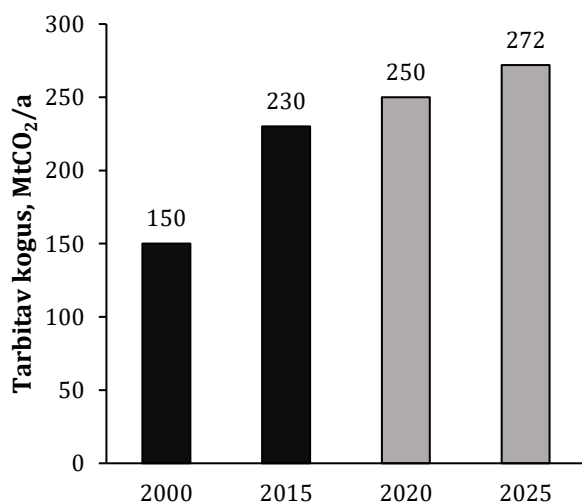
8.1. Ülevaade praegustest CO₂ tarbijatest ja tarbimismahtudest

8.1.1. Ülemaailmsed heitkogused

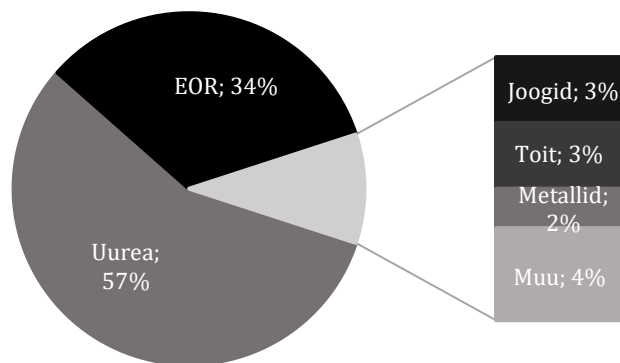
Ülemaailmne energia tootmise ja kasutamisega seotud CO₂-heitmete tase stabiliseerus 2019. aastal pärast kaheaastast kasvu. Energia kasutamisega põhjustati kokku ligi 33 Gt CO₂-heitmeid. Heitkoguste kasvu aeglustumisse panustasid CO₂-heitmete tekke kiire vähenemine arenenud riikide energeetikasektoris peamiselt tänu taastuvate energiaallikate suuremale kasutuselevõtmisele, kivisöe asendamine maagaasiga ja suurenenud tuumaelektritoodang [92].

8.1.2. Praegune CO₂ tarbimine

CO₂ omab kaubanduslikku väärtust. Üle maailma tarbitakse igal aastal ligikaudu 230 miljonit tonni süsinikdioksiidi (Joonis 8.1). 2019. aasta energiakasutusega seotud heitkoguste korral tarbitakse aastas tekkinud süsinikdioksiidist ligi 0,7%. Suuremateks tarbijateks on väetisetööstus, mis kasutab aastas 130 Mt CO₂ urea ehk karbamiidi tootmiseks, ning nafta- ja gaasitööstus, mis tarbib aastas ligi 80 Mt CO₂ maardlate tootlikkuse suurendamiseks (EOR – *enhanced oil recovery*). Muude kaubanduslike kasutusviiside hulka kuuluvad CO₂ kasutamine toidu- ja joogitööstuses, metallide tootmises, jahutusagensina, tulekustutites ja taimekasvu edendajana kasvuhoonetes (Joonis 8.2). Enamikes valdkondades kasutatakse CO₂ otsese sisendina. Põhja-Ameerika, Hiina ja Euroopa moodustavad CO₂ nõudluse allikatest enam kui kaks kolmandikku, tarbides vastavalt 33%, 21% ja 16% aastasest ülemaailmsest CO₂ tarbimismahust. Olemasolevatele kasutusvaldkondadele prognoositakse järgnevatel aastatel stabiilset kasvu [42], [93].



Joonis 8.1. Tarbitud ja prognoositavad CO₂ tarbimise kogused [93]



Joonis 8.2. CO₂ kaubandusliku tarbimise valdkonnad [93]

Kasutatav CO₂ saadakse peamiselt tööstusprotsessidest, milles tekib kõrvalproduktina suure puhtusastmega CO₂, näiteks ammoniaagi tootmine ja biomassi kääritsemine, või CO₂ maa-alustest lasunditest. Üks tööstuskäitis võib aastas tarnida vahemikus 10 000 kuni enam kui 500 000 tonni süsinikdioksiidi. Urea tootmisel kasutatava CO₂ puhul on tegemist üldiselt protsessisisese CO₂ tekkimisega ja kasutamisega. Ureat toodetakse ammoniaagi ja CO₂ ühendamise teel. Ammoniaagi toodetakse maagaasist ning tootmise käigus tekib suures koguses süsinikdioksiidi, mistõttu asuvad urea tootmiskompleksid pea alati ammoniaagi tootmiskomplekside lähedal. Suures mahus tarbib CO₂ ka naftatööstus, mis pumpab CO₂ maa alla, suurendamaks naftamaardlas rõhku, et seeläbi pikendada maardla eluiga ja ammutada suuremat kogust naftat. Muude valdkondade tarbijad vajavad üldiselt suhteliselt väikseid CO₂ koguseid [93].

Uurea, kui CO₂-baasil toodetud sünteetiline saadus, on praeguse seisuga ainus suure tootmismahuga valmis tehnoloogia, mille tehnoloogia valmiduse aste (TRL – *technology readiness level*) on 9. Uurea tootmise parameetrid on toodud Tabelis 8.1 [94]. Uurea 10 aasta hinnaajalugu on toodud joonisel 8.3.

Tabel 8.1. Uurea tootmise näitajad [94]

Näitaja	Väärtus
TRL	9
Tehase eluiga, aastat	20
CAPEX, €/t uurea	10
OPEX, €/t uurea	157
Uurea hind, €/t uurea	202
Elektrikasutus, MWh/t uurea	0,023-0,16



Joonis 8.3. Uurea hind [95]

8.2. CO₂ potentsiaalne tarbimine tulevikus

Uued võimalused CO₂ kasutamiseks toodete ja teenuste arendamisel köidavad nii valitsuste, tööstussektori kui ka investorite tähelepanu. CO₂ kasutamises nähakse võimalust kliimamuutuste leevendamiseks, aga ka muudel eesmärkidel, sealhulgas tehnoloogia juhtpositsiooni hõivamine ja ringmajanduse toetamine [93].

Suuremahulise heitkoguste vähenemise saavutamises omab CO₂ kasutamine CO₂ ladustamise kõrval eelkõige täiendavat rolli ega paku alternatiivi CO₂ maakoorde ladustamisele. Rahvusvaheline Energiaagentuur analüüsis stsenaariumit, kus CO₂ ladustamise võimalused on piiratud, ja selle mõju CO₂ kasutamisele. Analüüsist järeldus, et piiratud ladustamisvõimaluste korral CO₂ kasutus küll suureneb, kuid seeläbi saavutatakse vähem kui 13% heitkoguste vähenemisest, mis baasstsenaariumi korral oleks saavutatav CO₂ pikaajalise ladustamise teel [93].

8.3. HKS heitkoguste vähendamist võimaldav CO₂ kasutusvaldkond

Ainus CO₂ kasutamise valdkond, mille puhul on EL-i HKS-is lubatud tarbitud CO₂ heitkogused maha arvestada käitise CO₂ heitkogustest, on sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmine, mis lisati erandina vastavalt kohtuasja C-460/15 Schaefer Kalk vs Saksamaa Liitvabariik tulemusele.

Schaefer Kalk GmbH & Co. KG („Schaefer Kalk“) käitab Saksamaal Hahnstättenis lubja kaltsineerimise rajatist, millele on kohaldatav kasvuhoonegaaside heitkogustega kauplemise süsteem. Osa tegevuse tagajärjel tekkivast süsinikdioksiidist suunatakse sadestatud kaltsiumkarbonaadi (SKK) tootmisse [96].

31. juulil 2012 esitas ettevõtte Saksamaa heitkogustega kauplemise ametile taotluse seirekava kinnitamiseks. Taotluses paluti luba lahutada heitearuandes märgitud kasvuhoonegaaside heitkogusest süsinikdioksiid, mis on kantud üle sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmiseks käitisele, mille suhtes ei kehti heitkogustega kauplemise süsteem, kuna ettevõtte sõnul seotakse CO₂ SKK-s keemiliselt ning see ei satu atmosfääri. 10. jaanuaril 2013 seirekava kinnitati, käsitamata SKK küsimust. 2013. aasta 29. augusti otsusega jättis amet rahuldamata Schaefer Kalki taotluse SKK kohta, kuna sellist võimalust pole ette nähtud määruses nr 601/2012 artiklis 49 ega IV lisa, mille järgi võis kooskõlas EL-i kasvuhoonegaaside saastekvootidega kauplemise süsteemiga üle kanda vaid pikaajaliseks geoloogiliseks säilitamiseks kasutatava CO₂. Schaefer Kalk vaidlustas 2013. aasta otsuse [96].

Esitatud põhjendustest lähtudes otsustas Euroopa Kohus (esimene koda) 19. jaanuaril 2017:

„Komisjoni 21. juuni 2012. aasta määruse (EL) nr 601/2012 Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2003/87/EÜ kohase kasvuhoonegaaside heite seire ja aruandluse kohta artikli 49 lõike 1 teise lause ja IV lisa punkti 10 alapunkti B sätted on kehtetud osas, milles nende kohaselt kuulub lubja põletamise käitise heitkoguse hulka süstemaatiliselt süsinikdioksiid (CO₂), mis on sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmiseks üle kantud teisele käitisele, olenemata sellest, kas süsinikdioksiidi atmosfääri eraldub või mitte.”

Praeguse konsolideeritud Euroopa komisjoni määruse EL nr 601/2012 (versioon 1.01.2019), mida muudeti rakendusmäärusega (EL) 2018/2066 19.12.2018, kohaselt on võimalik SKK tootmiseks kasutatavat CO₂ käitisest üle kanda.

Hetkel kehtivad õigusnormid [97]:

„Artikkel 49. Ülekantud CO₂

Käitaja arvab käitise heitkogustest maha mis tahes CO₂ koguse, mis pärineb direktiivi 2003/87/EÜ I lisa kohaldamisalasse kuuluvate tegevustega seotud fossiilsest süsinikust, mis käitisest ei eraldu, vaid:

a) mis kantakse käitisest üle ühte järgmistest sihtkohtadest:

i) kogumiskäitis, et seda transportida ja pikaks ajaks geoloogiliselt säilitada direktiivi 2009/31/EÜ kohaselt lubatud säilitamiskohas;

ii) transpordivõrk, et seda pikaks ajaks geoloogiliselt säilitada direktiivi 2009/31/EÜ kohaselt lubatud säilitamiskohas;

iii) direktiivi 2009/31/EÜ kohaselt lubatud säilitamiskoht pikaajaliseks geoloogiliseks säilitamiseks;

b) kantakse käitisest üle ja kasutatakse selleks, et toota sadestatud kaltsiumkarbonaati, millega kasutatud CO₂ keemiliselt seotakse.“

8.3.1. Prognoositavad CO₂ kasutamise kogused

CO₂-põhiste toodete väljavaateid on väga keeruline hinnata, kuna paljude plaanitud rakenduste jaoks on tehnoloogiad üldiselt alles varases arengustaadiumis. Tehnoloogiate arendamiseks on äärmiselt oluline poliitiline tugi, sest CO₂-põhised tooted maksavad enamasti palju rohkem kui tavapärased tooted ja alternatiivsed väikse süsinikuintensivsusega tooted, peamiselt toodete valmistamise suure energiakulu tõttu. Lühemas perspektiivis eeldatakse, et CO₂-põhiste toodete turg püsib üsna väike, aga võib kaugemas tulevikus hakata kiirelt kasvama. Teoreetiline CO₂ kasutus kemikaalide ja ehitusmaterjalide tootmiseks võib ulatuda tasemeni 5 GtCO₂/a ja sünteetiliste kütuste tootmisel võib

osutada isegi suuremaks. Praktikas on aga ebatõenäoline, et selline tase saavutatakse, peamiselt tulenevalt majanduslikest põhjustest. Sünteetilised süsivesinikkütused ei suuda tõenäoliselt konkureerida madala süsinikuintensivsusega toodetud vesiniku või elektrienergiaga valdavas osas tegevusaladest, aga võivad muutuda oluliseks valdkondades, kus muude alternatiivsete kütuste kasutus on piiratud, näiteks lennunduses. Rahvusvahelise Energiaagentuuri säästva arengu stsenaariumi (*Sustainable Development Scenario*) kohaselt moodustab sünteetiline petrooleum 2070. aastal ligikaudu 40% lennunduses tarbitavast kütusest. Sellise koguse tootmiseks kasutatakse 830 MtCO₂ [42].

CO₂-põhiste toodete ja teenuste turupotentsiaali hindamisega seotud raskused kajastuvad väga suures ulatuses varieeruvates hinnangutes, mille kohaselt jääb 2030. aastal CO₂ tarbimine vahemikku 1–7 Gt (Tabel 8.2). 7 Gt moodustab praegusest aastast CO₂ heitkogusest ligi 20% ning sellise koguse kasutamist peetakse ülimalt optimistlikuks [93].

Tabel 8.2. Prognoositavad globaalsed CO₂ tarbimise kogused [93]

Prognoos	Aasta	CO ₂ sidumise maht, Gt/a	Ajaperiood
IPCC	2005	< 1,0	Keskmine ajavahemik
GCCSI	2011	0,5–1,87	Tulevik
DNV	2011	3,7	–
Armstrong and Styring	2015	1,34	2030
Global CO ₂ Initiative	2016	7	2030

Rahvusvahelise energiaagentuuri stsenaariumite kohaselt omab CO₂ kasutus kliimaeesmärkide saavutamises muude meetmete kõrval väheolulist rolli. Pariisi kliimakokkuleppega (*Paris Agreement*) kooskõlas oleva puhta tehnoloogia stsenaariumi (CTS – *Clean Technology Scenario*) kohaselt kasvab CO₂ kasutus 2060. aastaks vaid 330 Mt võrra. Kui aga eeldada, et CO₂ maakoore ladustamise võimalused on piiratud, suureneb CO₂ kasutus 77% võrra võrreldes puhta tehnoloogia stsenaariumiga [93].

8.3.2. Potentsiaalsed kasutusvaldkonnad

Tänapäevaks on välja pakutud suur hulk võimalusi, kuidas süsinikdioksiidi saaks kasutada (Tabel 8.3). Rakendamise potentsiaal varieerub sõltuvalt valdkonnast ja tehnoloogia arengu tasemest. Lähitulevikus omab endiselt suurimat arengupotentsiaali EOR, mis aga on seotud geograafiliste piirangutega, ning seega tasub panustada ka teiste tehnoloogiate arendamisse [93].

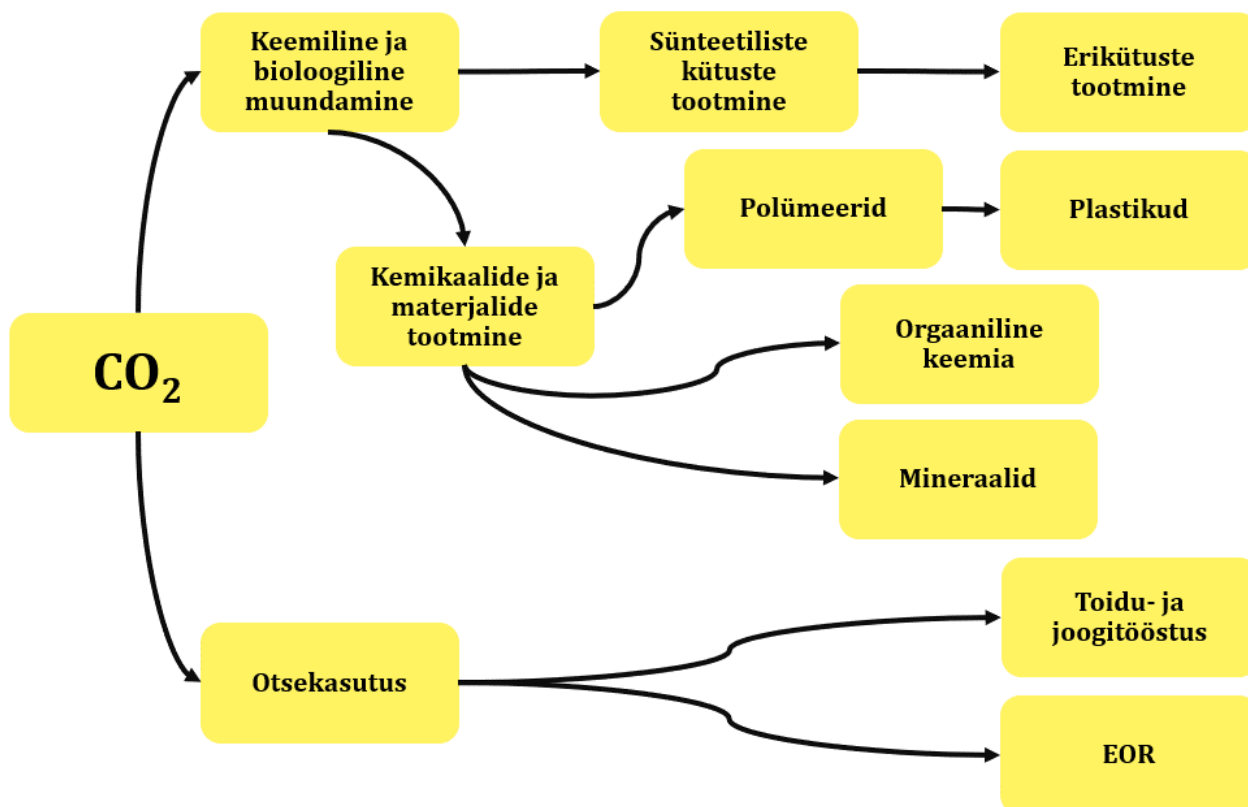
Tabel 8.3. Praegused CO₂ tarbimise võimalused [98]

Sektor	Protsess/toode	Potentsiaal
Keemia- ja naftatööstus	EOR (<i>Enhanced Oil Recovery</i>)	Suur
	EGR (<i>Enhanced Gas Recovery</i>)	
	ECBMR (<i>Enhanced Coal Bed Methane Recovery</i>)	
	Nafta ja gaasi frakkimine	
	Uurea tootmine	
	Polümeeride töötlemine	
	Kemikaalide ja kütuste tootmine	
Toiduainetööstus	Jookide gaseerimine	Keskmine
	Kofeiini eemaldamine	
	Veinitootmine	
	Toidutöötlus	
	Toidu säilitamine	
	Toidu pakendamine	
	Kuiva jää tootmine	
	Aiandus	
	Jahutusagens	
Mineraliseerimine	Kaltsium- ja magneesiumkarbonaatide tootmine tsemendi valmistamiseks Söögisooda	Keskmine

Sektor	Protsess/toode	Potentsiaal
	Betooni kõvendamine	
	Boksiidijääkide töötlemine	
Energeetika	Soojuspumbad Energiakandja teistes CO ₂ tsüklites	Väike–keskmine
Energiakultuurid	Vetikate kasvatus	Keskmine
Farmaatsiatööstus	Inertsuse tagamine	Väike
	Keemiline sünteet	
	Vedeliku ülekriitiline ekstraheerimine	
	Toote transport	
Tselluloosi- ja paberitööstus	pH vähendamine pesemisel	Väike
Terasetööstus	Valuvormi süstimine	Väike
	Segamisagens sulatusahju põhjas	
	Jahutav energiakandja	
	Liivasüdame ja vormide kõvendamine	
Muu	Elektroonika	Väike
	Pneumaatika tööagens	
	Keevituse kaitsegaas	
	Tulekustuti	
	Maitse- ja lõhnaaine	
	Tekid	
	Aerosooli propellant	
	Inertgaas	
	Sooda tootmine klaasitööstusele	
	Keemiline gaasipuhastus	
	Veetöötus	
	Jahutusagens	

8.3.3. Suurima mõjuga kasutusvaldkonnad

Joonis 8.4 annab ülevaate suurima potentsiaaliga CO₂ kasutamise valdkondade ja nende omavahelise seotuse kohta. CO₂ otsekasutusel on ka järgnevatel aastatel suuremateks tarbijateks tõenäoliselt nafta- ja gaasitööstus ning toidu- ja joogitööstus. CO₂ keemiline ja bioloogiline muundamine pakuvad palju erinevaid võimalusi, millest osade puhul võidakse tehnoloogia arenedes hakata tarbima suuri CO₂ koguseid [99].

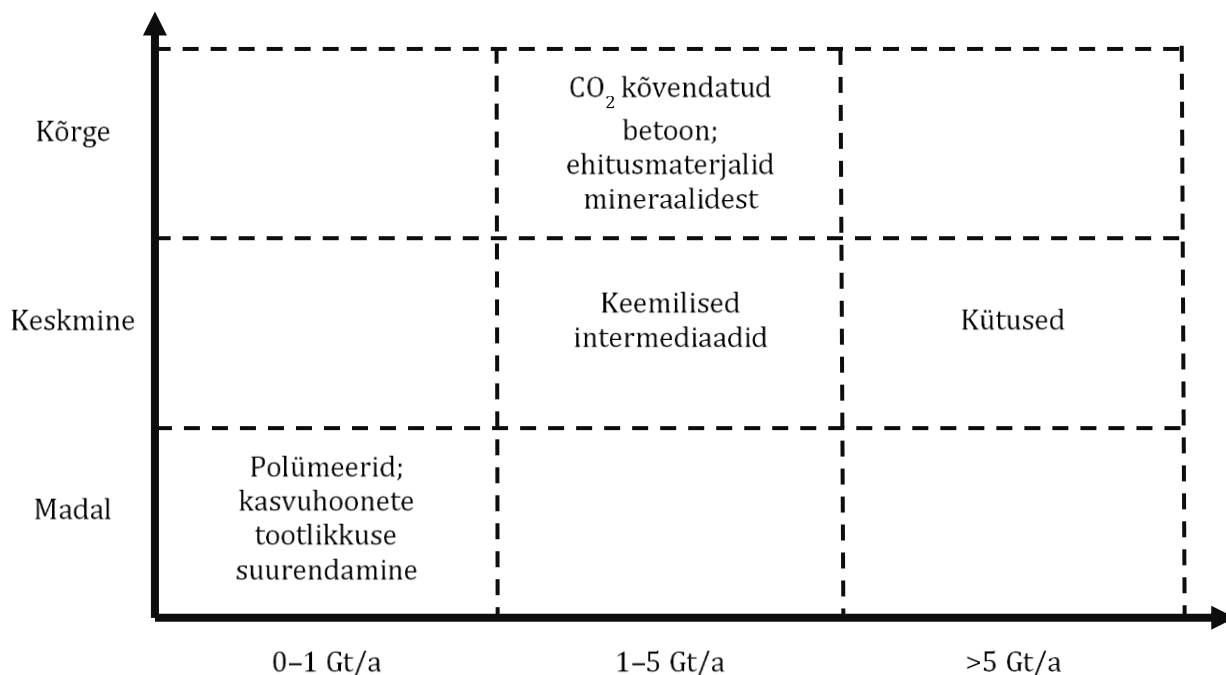


Joonis 8.4. Perspektiivikaimad CO₂ kasutusvaldkonnad [99]

Uued CO₂ kasutuse valdkonnad, mis hõlmavad keemia- ja biotehnoloogiaid, pakuvad võimalusi CO₂ kasutamiseks tulevikus. Paljud neist võimalikest tehnoloogiatest on alles varases arengustaadiumis, aga kaugemale arenenud lahendusi viiakse juba ellu. CO₂-põhistel toodetel on kolm peamist kategooriat:

- kütused – süsinikdioksiidis sisalduvat süsinikku saab siduda vesinikuga, tootmaks sünteetilisi süsivesinikkütuseid, mida on lihtne käidelda ja kasutada tavapäraste gaasiliste või vedelkütuste asendajatena. Selliste kütuste tootmine on väga energiamahukas ja on majanduslikult kõige mõistlikum piirkondades, kus on vabalt kättesaadavad nii soodne taastuvenergia kui ka CO₂. Suurim hetkel toimiv jaam on George Olah' käitis Islandil, kus muundatakse aastas ligikaudu 5600 tonni CO₂ metanooliks, kasutades taastuvelektriga toodetud vesinikku;
- kemikaalid – süsinikdioksiidis sisalduvat süsinikku saab kemikaalide tootmisel kasutada alternatiivina fossiilsetele kütustele. Selliselt on võimalik toota polümeere ja kemikaale, nagu etüleen ja metanool, millest on võimalik toota laia hulka lõppkasutajatele suunatud kemikaale. Vesiniku- ja energiavajadus sõltub toodetavast kemikaalist ja tootmisprotsessist. Üks valdkonnas tegutsev ettevõtte on Saksamaal asuv Covestro, mis toodab aastas ligikaudu 5000 tonni polümeere ja on asendanud kuni 20% fossiilkütustest süsinikdioksiidiga;
- ehitusmaterjalid – CO₂ saab kasutada ehitusmaterjalide tootmisel, asendamaks betooni valmistamisel kasutatavat vett (seda protsessi nimetatakse CO₂-ga kõvendamiseks), või toorainena tsemendi ja ehitusmaterjalide koostisosades. CO₂ reageerib mineraalidega või tootmisjääkidega, nagu rauaräbu, moodustades karbonaate. Selline muundamine on tavaliselt vähem energiamahukas kui kütuste ja kemikaalide tootmine ja seob CO₂ valmistatud materjali püsivalt. Mõnedel CO₂-põhistel ehitusmaterjalidel on võrreldes tavapäraste analoogidega paremad omadused. Mõningad rakendused, nagu CO₂ kasutamine betooni segamisel, on teatud turgudel juba saadaval. Kaks Põhja-Ameerika ettevõtet, CarbonCure ja Solidia, omavad juhtrolli CO₂-ga kõvendamise tehnoloogia rakendamisel. CarbonCure on Ameerika Ühendriikides ja Kanadas rajanud juba enam kui 175 jaama. Ühendkuningriigi ettevõtte Carbon8 töötleb jääke täitematerjalideks, mida saab kasutada ehitusmaterjalide komponentidena [42].

Kuigi CO₂ kasutamine on lähitulevikus kliimaeesmärkide saavutamiseks väiksema mõjuga kui ladestamine, on hinnatud selle teoreetilist potentsiaali peamistes tootevaldkondades ning seeläbi saavutatavat kliimamõju. Joonise 8.5 X-teljel on kujutatud teoreetilist maksimaalset CO₂ kasutuse kogust CO₂-põhiste toodete ja teenuste loomisel, kui kõik tavapärased loodavad tooted või teenused asendatakse CO₂-põhiste alternatiividega. Analüüsitud on viit peamist CO₂ kasutuse valdkonda: kütused, kemikaalid, ehitusmaterjalid mineraalidest, ehitusmaterjalid jääkidest ja CO₂ kasutus bioloogiliste protsesside tootlikkuse suurendamiseks. Kemikaalid on jaotatud intermediaatideks ja polümeerideks. Y-telg kujutab suhtelist positiivset kliimamõju, mis on võimalik saavutada, asendades suurema elutsükli heitkogusega toote või teenuse, nagu fossiilkütused ja nendest toodetud kemikaalid või tavapärased ehitusmaterjalid, CO₂-põhise toote või teenusega [93].



Joonis 8.5. Teoreetiline maksimaalne CO₂ kasutus valdkondade kaupa ja selle kliimamõju [93]

Kütustel on nende suurest turumahust tulenevalt suurim potentsiaal. Kütustele järgnevad ehitusmaterjalid ja keemilised intermediaadid. Ehitusmaterjalidel on suurem kliimamuutuste leevendamise potentsiaal tulenevalt nende valmistamise väiksest energiamahukusest ja süsiniku püsivast sidumisest tootesse. CO₂ kasutamine polümeeride tootmisel ja kasvuhoonetes omab väikseimat potentsiaali nii kasutatavate koguste kui ka positiivse kliimamõju poolest. Tabelis 8.4 on toodud ülevaade analüüsitud valdkondade küpsetest rakendustest, nende energiavajadusest, tootjate valmisolekust CO₂ eest tasumiseks, tuluallikatest, positiivsest kliimamõjust ja esmastest rakendusvõimalustest [93].

Tabel 8.4. Ülevaade küpsetest CO₂-põhistest toodetest ja lahendustest [93]

	Kütused, keemilised intermediaadid	Polümeerid	Ehitusmaterjalid	Jäätmete stabiliseerimine	Tootlikkuse suurendamine
Küps rakendus	Metanool, metaan	Polükarbonaadid	CO ₂ -kõvendatud betoon	Ehitusmaterjalid jäätmetest	Kasvuhooned
Energia-vajadus	Suur	Väike	Väike	Sõltub protsessist ja transpordist	Väike
Valmidus maksta CO ₂ eest	Väike (kütused), suur (kemikaalid)	Suur	Suur	Väike	Väike
Tulu-	Puudub	Odavam	Väiksem	Välditud	Välditud

	Kütused, keemilised intermediaadid	Polümeerid	Ehitus- materjalid	Jäätmete stabiliseerimine	Tootlikkuse suurendamine
allikas		tooraine	tsemendi- kasutus, kallim toode	jäätmekäitlus- kulud	maagaasi- kasutus
Positiivne kliima- mõju	Fossiilkütuste asendamine	Fossiilse tooraine asendamine	Väiksem tsemendi- kasutus, CO ₂ püsiv sidumine	Püsiv CO ₂ sidumine	Maagaasi asendamine
Varased rakendus- piir- konnad	Odava CO ₂ ja taastuvenergiaga piirkonnad	Tööstusala- liigse polümeeri tootmise võimekusega	Minimaalse transpordi- distsantsiga alad, tarbijad tootele vastuvõtlikud	Minimaalse transpordi- distsantsiga alad, suured jäätme- käitluskulud	Minimaalse transpordi- distsantsiga alad, olemasolev CO ₂ ja soojusvõrk

Kütuseid on võimalik toota väärindades süsinikdioksiidi Fischer-Tropsch (FT) sünteesi käigus. Protsessi käigus luuakse erineva ahelapikkusega süsivesinikke, enamasti väävlivaba diisli ja bensiini. FT-tehnoloogia TRL varieerub vahemikus 5 kuni 9. FT-sünteesi teel toodetud vedelkütuste hind oleneb tootmise mastaabist. Näiteks päevas 1 t tootmise korral on toodetud kütuse hind ligikaudu 17 €/l, mis on oluliselt kõrgem praegusest kütuse turuhinnast. Suurema tootmise puhul toodetud kütuse hind langeb. FT-tootmise parameetrid on toodud Tabelis 8.5 [94].

Tabel 8.5. FT protsessiga vedelkütuse tootmise näitajad [94]

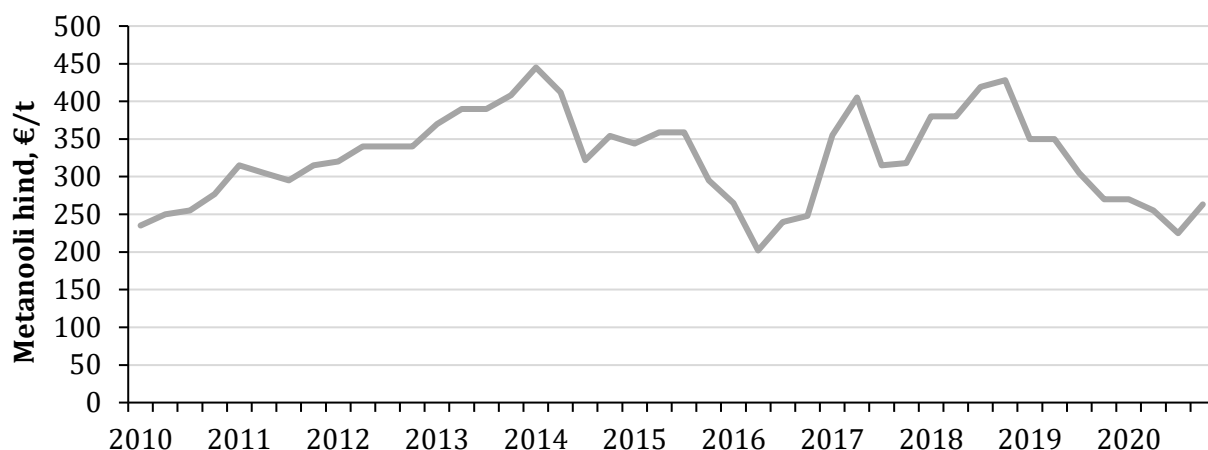
Näitaja	Väärtus
TRL	5–9
Tehase eluiga, aastat	20
CAPEX, €/t	146
OPEX, €/t	88
Vedelkütuse hind, €/t vedelkütust	1756
Elektrikasutus, MWh/t vedelkütust	6,8

Käesoleval hetkel on eelpool nimetatud vedelkütustest suurema potentsiaaliga metanooli tootmine. Metanool on oluline keemiline aine, mida võib kasutada näiteks kütusena või toorainena keemiatööstuses. Tänapäeval toodetakse enamasti fossiilset energiat kasutades „halli“ vesinikku, kuid süsinikuneutraalsuse tagamiseks on oluline eelkõige taastuvenergiat kasutades „roheline“ või „sinine“ vesinik. Selleks, et tehnoloogia saaks areneda on vaja kiiret vesiniku- ja taastuvenergia tootmise kasvu [94].

Võrreldes tavapärase metanoolitootmisega, ei ole metanooli CO₂-st tootmine hetkel majanduslikult tasuv. Selleks, et metanooli tootmine CO₂-st oleks majanduslikult tasuv, peaks metanooli hind kahekordistuma või CO₂ hind olema ligikaudu 222 €/t. Metanooli tootmise parameetrid on toodud Tabelis 8.6 [94]. Metanooli 10 aasta hinnaajalugu illustreerib 8.6.

Tabel 8.6. Metanooli tootmise näitajad [94]

Näitaja	Väärtus
TRL	6–7
Tehase eluiga, aastat	20
CAPEX, €/t	21
OPEX, €/t	567
Hind, €/t	270
Elektrikasutus, MWh/t metanooli	0,4

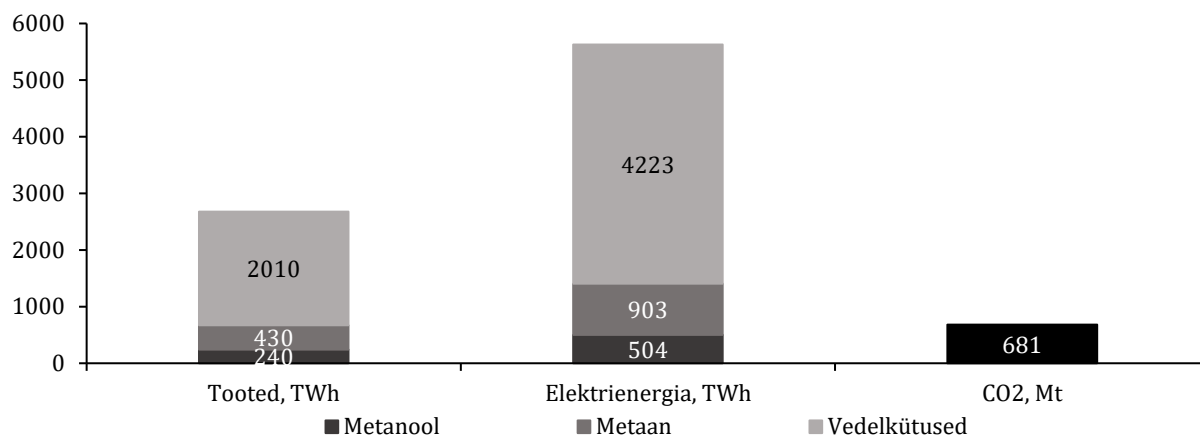


Joonis 8.6. Metanooli hind [100]

Kemikaalidest on süsinikdioksiidi võimalik kasutada ka sooda tootmises. Soodat kasutatakse peamiselt klaasi tootmises ja puhastusvahendites. Sooda tootmisel toodetakse esmalt naatriumhüdroksiid (NaOH) ning seejärel NaOH ja CO₂ vahelise reaktsiooni teel sooda. Suitsugaasidest eraldatud CO₂ kasutavad sooda tootmiseks paljud ettevõtted, millest kaks suurimat on Carbon Free Chemicals ja Searles Valley Minerals. Indias Chennais asuvas söejaamas seotakse 60 kt CO₂ aastas ning seotud CO₂ kasutatakse just sooda tootmiseks. Globaalse soodaturu maht on 55 Mt/a. Kogu globaalse turu katmiseks CO₂-st toodetud soodaga oleks vaja 12 Mt CO₂. Sooda tootmine CO₂-st on tavapärasest soodatootmisest kordades kallim. CO₂-st toodetud sooda hind on vahemikus 800–1500 USD/t, samas kui sooda turuhind on vahemikus 200–300 USD/t [101].

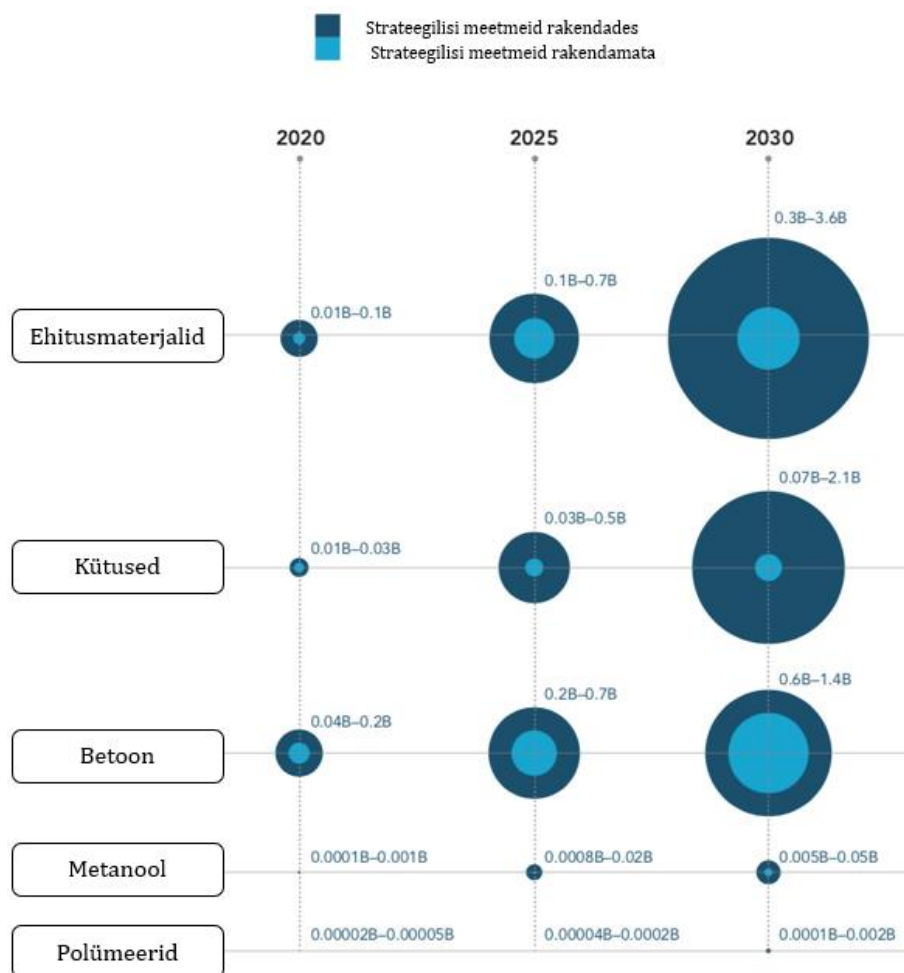
8.3.4. Eeldused tootmisvõimsuste loomiseks

Rahvusvahelise Energiaagentuuri (IEA) koostatud stsenaariumite kohaselt omab CO₂-põhise metanooli ja kütuste tootmine tähtsust vaid juhul, kui geoloogilised ladustamisvõimalused on piiratud, aga ka sellisel juhul on tegemist kaugema tuleviku lahendusega. Piiratud CO₂ ladustamisvõimaluste korral suureneb elektrolüüsipõhise metanooli tootmine puhta tehnoloogia stsenaariumiga võrreldes 2060. aastaks pea kuuekordselt. Stsenaariumi kohaselt kasutatakse 44 miljardi tonni ehk 240 TWh metanooli tootmiseks 61 MtCO₂. CO₂-põhised kütused moodustaksid piiratud ladustamisvõimaluste korral valdava osa CO₂-põhistest toodetest, mille puhul kasutatakse 2060. aastal 620 MtCO₂ tootmaks 2010 TWh vedelkütuseid ja 430 TWh metaani. Võrreldes puhta tehnoloogia stsenaariumiga, vähendaks see ülemaailmset nafta tarbimist 8% võrra ja maagaasi tarbimist 2% võrra. Sellises koguses sünteetiliste kütuste ja metanooli tootmiseks peab energeetikasektor tootmist oluliselt suurendama. Tagamaks vajaliku vesinikukoguse tootmist, tuleb 2060. aastal elektrolüüsiga tarbida 5630 TWh elektrienergiat, mis moodustab stsenaariumi kohaselt 10% ülemaailmsest elektritoodangust. Ülevaate valmistatavate CO₂-põhiste toodete tootmiskogustest ja selleks tarbitava elektrienergia ning CO₂ kogustest annab Joonis 8.7. Kuna samal ajal piiratakse jõuliselt fossiilsetest kütustest tekkinud heitkoguseid, saab toodete valmistamisel kasutada vaid väikest kogust fossiilkütuste põletamisel tekkinud süsinikdioksiidi ning valdav osa vajaminevast süsinikdioksiidist tuleb saada biomassist või atmosfäärist [93].



Joonis 8.7. CO₂-põhised tooted ja vajaminevad sisendid piiratud ladustamisvõimaluste stsenaariumi korral 2060. aastal [93]

Suurimad takistused tehnoloogiate rakendamiseks on hetkel eelkõige majanduslikud kaalutlused ja seadusandlus. Kuigi CCU-tehnoloogiad arenevad ka praeguste tingimuste jätkumise korral edasi ja kasutusele võetakse järjest enam süsinikdioksiidi, võivad tehnoloogiad saavutada prognoosist oluliselt kiirema kasvu, kui selleks on olemas poliitiline tugi. Tehnoloogiaid soosivate otsuste korral võib oluliselt suureneda CO₂ kasutuse potentsiaal nii jääkidest toodetud ehitusmaterjalide kui ka sünteetiliste kütuste valmistamises (Joonis 8.8). Kõige optimistlikuma CO₂ kasutamise stsenaariumi korral võib neisse toodetesse siduda kuni 10% aastasest ülemaailmsest heitkogusest [93], [99].



Joonis 8.8. Potentsiaalne CO₂ kasutamine strateegiliste meetmete rakendamise mõjul [99]

9. IDA-VIRUMAA SÜSINKDIOKSIIDI KASUTAMISEKS SOBIVAD PLANEERINGUD JA ARENDUSPROJEKTID

9.1. Süsinikdioksiidi kasutamise rakendatavus Ida-Virumaal

Ida-Virumaal on mitmeid perspektiivseid võimalusi CO₂ kasutamiseks toodete valmistamisel. Kõige suurema CO₂ sidumise potentsiaaliga on põlevkivituhkadest ja süsinikdioksiidist sadestatud kaltsiumkarbonaadi (PCC – *precipitated calcium carbonate*) tootmine, mis omab tänu CO₂ pikaajalisele sidumisele ka olulist positiivset kliimamõju ning on praeguse seisuga ainus CO₂ kasutusvaldkond, mille puhul on võimalik tarbitud süsinikdioksiidi kogused maha arvestada käitiste heitkogustest.

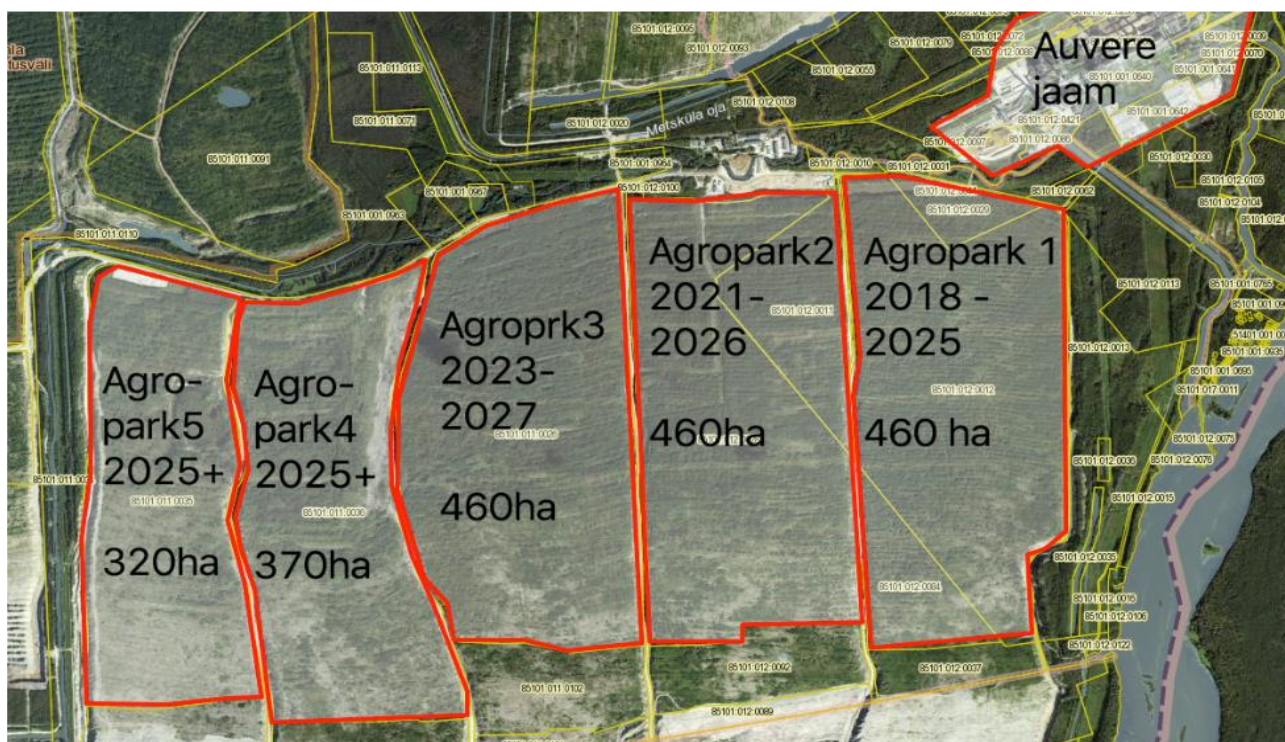
CO₂ tarbimisest ollakse huvitatud ka arendatavas agropargi projektis, kus süsinikdioksiidi kasutatakse taimekasvu edendajana, suurendamaks kasvuhoonete tootlikkust. Lisaks eespool nimetatud projektidele on CO₂ kasutamise potentsiaal suur ka sünteetiliste kütuste ja kemikaalide tootmises. Sobivate turutingimuste korral on võimalik kogu Ida-Virumaal tekkiv CO₂ heitkogus ära kasutada toormena uute toodete valmistamisel ja teenuste pakkumisel.

CO₂ kasutamiseks on mitmeid võimalusi, kuid kehtivate seaduste alusel pole võimalik CO₂ emiteerijal CCU-tehnoloogiate rakendamisel reeglina emissioone üle kanda. See mõjutab CCU-projektide teostamist negatiivselt. CO₂ kasutamise rakendamiseks on oluline ka üldine taristu arendamine, sh taastuvenergia ja vesiniku tootmine ning toorainete transport.

9.2. Auvere agropark

Ida-Virumaa Arengustrateegias 2019–2030+ on esitatud plaan rajada Auvere energiakompleksi lähedusse agropark. Tegevus täidab arengustrateegia majandus- ja ettevõtlusvaldkonna eesmärgi E1: aastaks 2030+ toimib Ida-Virumaal mitmekesine, tugevatel ettevõtlikkushoiakutel tuginev ning suure lisandväärtuse loomist soodustav ettevõtluskeskkond.

Agropark on plaanis rajada viies etapis endise Narva põlevkivikarjääri territooriumile Ida-Viru maakonnas Narva linnast 25 kilomeetri kaugusele Auveresse (Joonis 9.1). I etapis arendatakse välja 460 hektari suurune ala ning projekti edukaks osutumise järel arendatakse edaspidi välja ka järgnevad alad, mille kogumaht on 1610 hektarit. Detailplaneeringu koostamise käigus jagatakse I etapi territoorium 15 krundiks suurusega 7,5–30 hektarit ja rajatakse vajalik taristu põllumajandusettevõtluse arendamiseks. Ettevalmistatud krunte pakutakse investoritele eraomandisse müügi või ehitusõiguse tingimustel eesmärgiga rajada territooriumile põllumajandusettevõtted [102].



Joonis 9.1. Auvere agropargi planeeringuala [102]

Plaanitavas agopargis on võimalik tegeleda vesiviljeluse, põllukultuuride- ja loomakasvatusega. Projekti elluviija ja algataja on SA Ida-Virumaa Tööstusalade Arendus (IVIA – *Ida-Virumaa Industrial Areas*). Agropargi klientidel on võimalik kasutada lähedalasuvast Eesti Energia Auvere tootmiskompleksist saadavat jääksoojust, otseliiniga elektrienergiat ja tulevikus potentsiaalselt ka suitsugaasis sisalduvat süsinikdioksiidi. Saavutatav sümbioos loob Agropargi territooriumil tegutsevatele põllumajandustootjatele olulise konkrentsielise [102]. Kuni 6 km raadiuses elektritootmisest on võimalik kasutada elektri otseühendust ilma ülekandetasudeta. Plaanitud tegevuse eesmärk on kasutatud maa ning energiatootmise jääkressursside tõhus kasutamine. Projekti käivitamiseks prognoositakse 50 000 € suurust kulu [103] ja projekti realiseerimiskulu on ligikaudu 7 M€.

Agropargis uuritakse võimalust kasutada katmikaladel saagikuse tõstmiseks energiatootmises emiteeritavat CO₂. Lisaks vähendab suurem põllumajandussaaduste tootmine Läänemere piirkonnas transporti Lõuna- ja Lääne-Euroopast ja seega väheneb ka süsinikuemissioon.

Projekti arendamist alustati 2019. aasta juunis investeerimiseelse etapiga, mis kestab plaanide kohaselt 2023. aasta septembrini. Agropargi I etapis vajaliku taristu rajamiseks tehakse investeeringud 2023. aasta novembrist 2025. aasta detsembrini. Põllumajandustootjate ja investorite leidmiseks alustatakse turundustegevustega 2023. aasta juunis ja turundustegevused lõpetatakse 2028. aasta juunis. Erainvestorid saavad plaani kohaselt Agropargi territooriumile ja asuvad majandusrajatise ehitama 2024. aastal ning I etapi viimaste investorite saabumist prognoositakse 2030. aastaks. Uued ettevõtted alustavad prognoositavalt tegevust vahemikus 2027–2031 [102].

Agropargi projektil on lai sotsiaalmajanduslik mõju Narva-Jõesuu, Narva ja Sillamäe kohalikele omavalitsustele, Ida-Virumaa regioonile ja üldiselt kogu Eesti riigile. Projekti arendaja IVIA edastatud andmete järgi saavutatakse järgmised põhinäitajad:

- 4260 uut keskmise ja kõrgema palgaga töökohta Ida-Virumaal;
- maksutulu kasv 64,65 miljonit eurot aastas;
- Ida-Virumaa ja Eesti SKP kasv 255,6 miljoni euro võrra aastas;
- Ida-Virumaa ja Eesti ekspordi kasv 256 miljoni euro võrra aastas.

9.2.1. Agropargi potentsiaal ja CO₂ kasutamine

Kasvuhoonetes kasvatatavad taimed vajavad fotosünteesi jaoks süsinikdioksiidi. Suurem CO₂ kontsentratsioon õhus võimaldab taimekasvu kiirendada, liialt madal CO₂ kontsentratsioon seevastu pidurdab taimede kasvamist. Ühe hektari suuruse kasvuhoone siseõhus on umbes 1 kg süsinikdioksiidi. Kevad- ja suvekuudel, mil päikesevalgust on rohkem ja fotosüntees toimub intensiivsemalt, sellest ei piisa. Näiteks kurgitaimed tarbivad tunnis õhust 50 kg CO₂/ha, mis tähendab, et päevane tarbimine võib olla kuni 700 kg CO₂/ha. Oluline on pöörata tähelepanu ka asjaolule, et kasvuhoonetes on tagatud pidev ventilatsioon, mistõttu võivad taimed kasvuhoonesse suunatavast süsinikdioksiidist suuta omastada ka vaid kümnendiku. Seega tuleb kasvuhoonesse suunata kuni kümme korda suurem kogus süsinikdioksiidi, kui taimed fotosünteesi käigus seovad [102].

Esialgsete hinnangute kohaselt võib agropargi I etapp projekteeritud võimsuse saavutamisel kasutada päevas kuni 294 tonni süsinikdioksiidi, mis teeb aastaseks maksimaalseks tarbimiseks ligi 110 000 tonni süsinikdioksiidi. Kui kõik etapid viiakse ellu ja rajatakse vaid kasvuhooneid, võib aastane tarbimisvajadus ulatuda ligi 0,5 miljoni tonni süsinikdioksiidini. Samas tasub arvesse võtta, et edasiste Agropargi arendusetappide käigus on plaanis territooriumile rajada ka tootmisrajatisi, mille tegevused ei vaja sisendina süsinikdioksiidi, nagu kalakasvatus ja kariloomade kasvatamine, mistõttu ei saavuta Agropark tõenäoliselt maksimaalset potentsiaalset CO₂ tarbimise mahtu [102].

9.2.2. Riskid ning riskide maandamine

Tabel 9.1 annab ülevaate agropargi projekti elluviimisega kaasnevatest võimalikest riskidest ja ohtudest. Tabelis 9.2 on toodud ülevaade riskide ja ohtude maandamise võimalustest.

Tabel 9.1. Agropargi projektiga kaasnevad võimalikud riskid ja ohud

Riskid ja ohud	Tõenäoline	Ebatõenäoline
1. Kasutatav tehnoloogia ei võimalda toota agropargile piisava puhtusega CO ₂ .	X	
2. Projektiks vajalikud eeltööd venivad ja/või selguvad ootamatud takistused.	X	
3. CO ₂ kasutus projektis ei ole majanduslikult tasuv.	X	
4. Kapitali- ja käidukulud on prognoositust oluliselt suuremad.	X	
5. Agroparki ei suudeta leida ettevõtteid.		X
6. Eesti Energia ei jätkka koostööd agropargiga.		X
7. Agropargis kasutatav soojusenergia ja elekter on prognoositust märkimisväärselt kallim.		X
8. Turuolukorra muutuse tulemusena väheneb agropargi saaduste müügihind.	X	

Tabel 9.2. Agropargi projektiga kaasnevate võimalike riskide ja ohtude maandamine

1. Kasutatav tehnoloogia ei võimalda toota agropargile piisava kvaliteediga CO ₂ .	
Taimed vajavad kasvu soodustamiseks kõrge kvaliteediga CO ₂ . CO ₂ sidumise tehnoloogiad on enamasti küllaltki kallid ning eemaldada on vaja suitsugaasis sisalduvad lisäühendid, näiteks väävli- ja lämmastikühendid.	Riski maandamiseks tuleks koostada täpne analüüs agropargi jaoks planeeritava CO ₂ saamise tehnoloogia hindamiseks.
2. Projektiks vajalikud eeltööd venivad ja/või selguvad ootamatud takistused.	
Agropargi projekti realiseerimiseks on vaja teostada KSH, detailplaneering, riigimaade võõrandamine projekti elluvijale. Projekti raames plaanitakse seotud CO ₂ kasutada taimekasvu soodustamiseks, mille potentsiaali on vaja täpsemalt hinnata. Kõikide hindamiste	Riski maandamiseks peaks projekti elluvijal olema probleemide lahendamiseks pidevas kontaktis ametnikega ja uuringute tegijatega. CO ₂ sidumise potentsiaali hindamiseks tuleks kasutada parimat võimaliku eksperdi hinnangut Eestist või välismaalt ning konsulteerima

tulemusena võib selguda teavet, mis võib projekti ajaliselt pikendada või oluliselt muuta.	sarnaseid projekte teostanud ettevõtetega.
3. Projektis seotud CO₂ kasutus ei ole majanduslikult tasuv.	
Investeeringis- ja käidukulud ületavad toodangust saadava tulu ning tootmine ei ole majanduslikult tasuv.	Riski maandamiseks peaks projekti elluviija tegema põhjalikud tasuvus- ja riskianalüüsid, hindamaks CO ₂ kasutamise mõistlikkust agropargis.
4. Kapitali- ja käidukulud on prognoositust oluliselt suuremad.	
Kapitali- ja käidukulud osutuvad prognoositavast palju suuremaks.	Riski maandamiseks on võimalik ettevõttel teostada täiendavad uuringud projekti maksumuse kohta.
5. Agroparki ei suudeta leida ettevõtteid.	
Ettevõtetel on vähene huvi agropargis tegutsemiseks ning agropargi täit potentsiaali ei realiseerita.	Riski maandamiseks peab arendaja varakult sõlmima kokkulepped huvi tundvate ettevõtetega.
6. Eesti Energia ei jätkka koostööd agropargiga.	
Agropark saab plaani kohaselt Eesti Energia Auvere jaamast jääsoojust ja ühendustasuta elektrit. Lisaks kasutab plaani kohaselt agropark taimekasvu soodustamiseks CO ₂ , mida on võimalik saada ka suitsugaaside puhastamisest. Koostöö lõpetamine on väga suur risk, mille realiseerumisel tuleb Auvere agropargi kontseptsioon ümberhinnata.	Riski maandamiseks on oluline pidev suhtlus ja koostöö projekti teostajate ning Eesti Energia vahel, et Eesti Energia saaks oma plaanides agropargiga arvestada ja agropark Eesti Energiaga.
7. Agropargis kasutatav soojus- ja elekter on prognoositust märkimisväärselt kallim.	
Kasutatava elektri ja soojuse hind on tulenevalt turuolukorrast prognoositust märkimisväärselt kallim ning seetõttu väheneb projekti tasuvus.	Riski maandamiseks on võimalik ettevõttel sõlmida pikaajalised fikseeritud hinnaga lepingud.
8. Turuolukorra muutuse tulemusena väheneb agropargi saaduste müügihind.	
Turuolukorra muutustest tingituna ei ole agropargi saaduste järele piisavat nõudlust ning toodangut pole võimalik majanduslikult mõistliku hinnaga müüa.	Riski maandamiseks on oluline turuolukord enne projekti elluviimist täpselt kaardistada ja kohandada plaane vastavalt muutuvale turuolukorrale.

9.3. Ragn-Selli põlevkivituha väärindamise projekt

9.3.1. Põlevkivituha kasutuselevõtmise potentsiaal ja CO₂ kasutamine

Põlevkivi põletamisel tekib suurtes kogustes tuhka, mis on seni valdavas osas ladestatud töötlemiskomplekside lähedusse. Aastakümnete jooksul on Ida-Virumaale niiviisi kerkinud suured tuhaladestusalad, millele ei ole leitud rakendust. Loomaks väärtust ka energia tootmisel kõrvalproduktina tekkivale tuhale, on tehtud mitmeid uuringuid, et selgitada välja perspektiivikad kasutusvaldkonnad ja rakendamise võimalikkus. Üks suure potentsiaaliga kasutusvaldkond on põlevkivituha ja CO₂ sidumise teel sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmine, mis võimaldab vähendada ladestatava tuha kogust, atmosfääri paisatavaid CO₂ heitkoguseid ja luua senistest jääkproduktidest väärtuslikku materjali.

Põletatav põlevkivi sisaldab suurtes kogustes lubjakivi ehk kaltsiumkarbonaati (CaCO₃), mis laguneb kuumutamisel kustutamata lubjaks (CaO), ja süsinikdioksiidiks (CO₂), millest on tingitud ka põlevkivielektri tootmise suur CO₂-heide. Kustutamata lubjast on võimalik vee ja süsinikdioksiidiga reageerimise kaudu toota taas kaltsiumkarbonaati, sidudes niiviisi tekkinud CO₂. Selleks toodetakse esmalt veega reageerimise teel kustutatud lubi, Ca(OH)₂, mis seejärel reageerib süsinikdioksiidiga, moodustades kaltsiumkarbonaadi (CaCO₃) ja vee (H₂O).

Kustutamata lubi moodustab põlevkivielektri jaamade tuhost ligikaudu 10–15%. Lisaks kustutamata lubjale suudavad CO₂ siduda ka tuhas sisalduvad kaltsiumsilikaadid. Tuhkade reageerimine süsinikdioksiidiga omab katsete põhjal suurt potentsiaali CO₂ sidumiseks [104].

Tallinna Tehnikaülikoolis tehtud laborikatsete käigus tuvastati, et tuhas sisalduv vaba lubi suudab siduda kuni ligikaudu 80% CO₂, vähendades sel viisil oluliselt tuhas sisalduva kustutamata lubja osakaalu. Lisaks kustutamata lubjale sisalduvad põlevkivituhad ka kuni 30% kaltsium- ja magneesiumsilikaate, mis suudavad samuti CO₂ siduda. Kokku suudavad põlevkivituhad siduda tonni tuha kohta kuni 290 kg süsinikdioksiidi, mis vastab 15%-le põlevkivi süsiniku kogusisaldusest ja 73%-le põlevkivi mineraalsest süsinikusisaldusest. Vandade tolmpõletuskatelde tuhkade CO₂ sidumisvõime on suurem ja uute keevkihtkatelde tuhkade sidumisvõime väiksem. Ühest miljonist tonnist tolmpõlevkivituhast, mis sisaldab keskmiselt 20% kustutamata lubja, on võimalik toota ligi 360 000 tonni kaltsiumkarbonaati, CaCO₃ [104] [105].

Valmistatava kaltsiumkarbonaadi puhul on tegemist kõrge kvaliteediga ja suure puhtusastmega sadestatud kaltsiumkarbonaadiga (SKK), mida kasutatakse peamiselt mahulisajana ja täiteainena erinevates kasutusvaldkondades:

- liimid ja hermeetikud – SKK-d kasutatakse täiteainena, tagamaks soovitud voolavuse karakteristikud ja muutmaks toodet tugevamaks;
- toiduained ja farmaatsiatooted – kasutatakse kaltsiumi allikana, taimsetes piimades, baasainena tablettides, täiteainena vedelates ravimites, salvides, kreemides ja andmaks hambapastale viskoossust ja kerget abrasiivsust;
- värvid ja tindid – SKK-d kasutatakse mahulisajana, läbipaistmatuse ja poorsuse suurendajana, kvaliteedi tõstjana;
- paber – kuna SKK on peenem kui jahvatatud CaCO₃, kasutatakse seda paberi kattekihi ja pinna viimistluseks, läike parandamiseks ja paberisisese ühtluse suurendamiseks;
- plastikud – SKK-d kasutatakse mahulisajana, voolavuse ja vormimise karakteristikute parandajana, löögitugevuse ja sitkuse parandajana PVC-s (polüvinüülkloriid) [106].

Ülemaailmset SKK-turgu iseloomustab nõudluse suurenemine farmaatsiasektoris ja värvide tootmise sektoris ning majanduskasvuga kaasnev nõudluse suurenemine Vaikse ookeani äärses Aasia ja Okeania riikides. Kuigi SKK-turu kohta puudub täpne ülevaade, prognoositakse, et 2021. aastal jõuab aastane nõudlus ligikaudu tasemeni 25 Mt. Aastal 2019 oli ülemaailmne hinnanguline SKK-turu maht 3,8 miljardit dollarit ning aastaks 2026 eeldatakse kasvu ligi nelja miljardi dollarini. Arvestades turu aastaseks käibeks 3,8 miljardit dollarit ja mahuks 25 Mt, on SKK arvutuslik keskmine hind ligikaudu 150 \$/t. Tegelik toodangu hind varieerub väga suures vahemikus sõltuvalt toote puhtusastmest ja võimalusest seda erinevates valdkondades rakendada [107], [108].

9.3.2. Ragn-Sellsi plaanitav projekt

Põlevkivituhast SKK tootmisega plaanib järgnevate aastate jooksul alustada rahvusvaheline ringmajanduse ettevõtte Ragn-Sells. Projekti kohta kogutud teave pärineb avalikest allikatest, lisaks korraldati intervjuu Ragn-Sells OSA Service OÜ projektijuhi Alar Salustega, mille küsimused ja vastused on toodud käesoleva aruande lisas (Lisa 3).

Ettevõtte Ragn-Sells tütarettevõtte R-S OSA Service OÜ tegeleb põlevkivituha väärimise uurimisprojektidega. Kõnealune väärimisprojekt tugineb Rootsist välja töötatud tuhaväärimistehnoloogiatele ning selle raames uuritakse koostöös Eesti teadlastega rakendusi põlevkivituhale.

Ettevõtte plaanib rajada Ida-Virumaale põlevkivituha väärimise tehase. Põlevkivist plaanitakse toota kõrge puhtusastmega kaltsiumkarbonaati. Põlevkivitööstuses tekib olulisel määral tuhka, ca 6 Mt aastas (2019), mis peamiselt ladustatakse. 1. etapis soovib ettevõtte kasutada jaamades tekkivat tuhka, andes

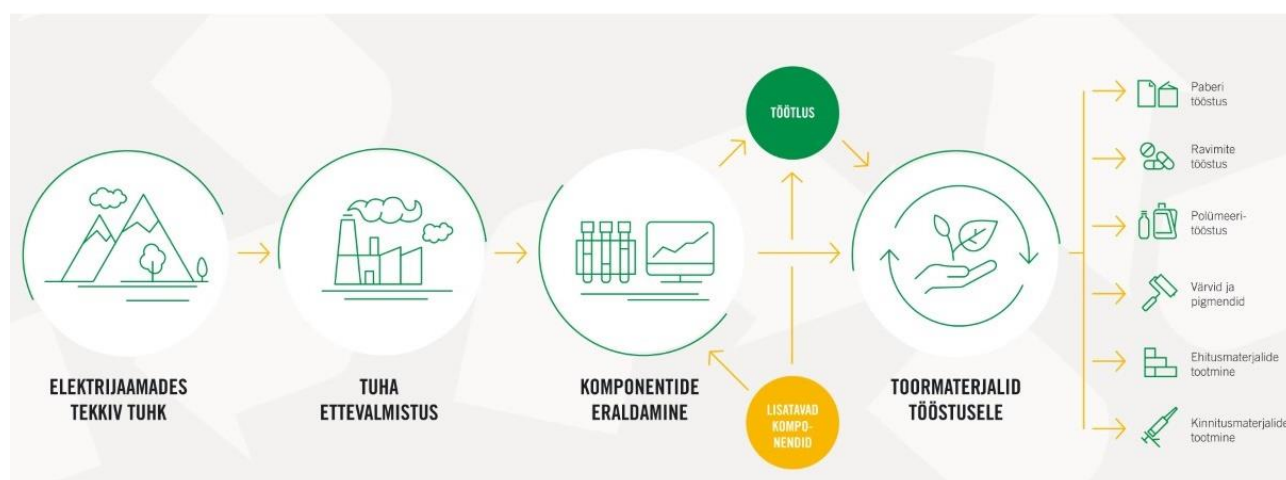
niiviisi aastas uue elu ligikaudu miljonile tonnile tuhale. Lisaks on uuritud võimalust kasutada juba tuhamägedes ladestatud tuhka, mis plaanitakse samuti kasutusele võtta. Elektriijaamade tuhaväljadele on kogunenud üle 300 Mt tuhka, mida ettevõtte hindab potentsiaalikaks [109]. Tuleb silmas pidada, et ladestatud tuha CO₂ sidumisvõime on mõningal määral väiksem kui uuel elektriijaamade tuhal, kuid suurem, kui õlitööstuse tuhkadel.

Taaskasutatud tooraine kasutamine võimaldab siduda CO₂ ja vähendada vajadust uue tooraine kaevandamise või energiamahuka tootmise järele. Niiviisi vähendatakse korraga mitut väga suure kaaluga keskkonnamõju ja tuuakse jäätmetes peituvad väärtuslikud elemendid taas ringlusesse. Protsessis kasutatav vesi on pidevas ringluses, vähendades tekkivate heitmete kogust ja vajaminevat energiakasutust. Kogu tootmisprotsess toimub suletud süsteemis, mis välistab heite [110].

Ragn-Selli, Tallinna Tehnikaülikooli ja Tartu Ülikooli teadlaste poolt väljatöötatud ja patenteeritud tehnoloogia toel väärindatakse põlevkivituhkasiid leostamise teel. Põlevkivituhas sisalduvatele elementidele antakse süsinikneutraalse tootmisprotsessi kaudu uus elu mitmete materjalide näol (Joonis 9.2) [111].

PÕLEVKIVITUHAD TOORAINES RAGN-SELLS OSA PROJEKT

SA
SERVICE | RAGN-SELLS



Joonis 9.2. Ragn-Selli põlevkivituhha väärindamise projekt [111]

Tuhkadest toodetavast materjalist kõige suurema osakaaluga saab olema sünteetiline ehk sadestatud kaltsiumkarbonaat. Sadestatud kaltsiumkarbonaati eristab looduslikust kaltsiumkarbonaadist suurem puhtusaste. Looduslikus lubjakivis võib esineda kuni 25% lisandeid, nagu savimineraalid, kvarts, rauaühendid, kips ja orgaaniline materjal, mis mõjutavad lubjakivi värvust, tugevust ja muid omadusi. Sünteetilises kaltsiumkarbonaadis on lisandite sisaldus piiratud ja viidud miinimumini. Parimad näited suure puhtusega sünteetilise kaltsiumkarbonaadi kasutamisest pärinevad toidu- ja farmaatsiasektorist. Väiksema puhtusastmega kaltsiumkarbonaati kasutavad värvi-, plasti- ja paberitööstusettevõtted [111].

Projekt on mõeldud eelkõige tuhale kasutuse leidmiseks, kuid kaltsiumkarbonaadi tootmisel on vaja ka süsinikdioksiidi, mida võib saada ka põlevkivitööstuste suitsugaasidest eraldamise teel. Kuna juba praegu kehtivas CO₂-kvootidega kauplemise süsteemis on võimalik maha arvestada emiteeritavat CO₂, mida kasutatakse SKK tootmiseks, siis on see üks perspektiivikaimaid projekte CO₂ sidumiseks ja kasutamiseks. Tegemist on pikaajalise projektiga, mille kaudu on ladestatud põlevkivituhha tulevikus kasutamisele võtmise korral võimalik muuta Ida-Virumaa CO₂-heide ka negatiivseks [112].

Ettevõtte näeb SKK-turul potentsiaali, kuna lisaks SKK-turule, mille maht on hinnanguliselt 25 Mt/a, on olemas sarnaste täiteainete turg, mis on kordades suurem.

Projekti maksumuse hindamisel arvestatakse Rootsi tootmisüksusega (Ragn-Sells circular facility at Höghbytorp) sarnases suurusjärgus investeringu ühikmaksumusega. 55 miljoni euro suuruse investeringu toel rajatud tehases väärindatakse 150 kt lendtuhka aastas ning pakutakse tööd 20 inimesele. Plaanitavas 1. etapi tehases kasutatakse aastas 1 mln t tuhka ja vastavalt on suuremad ka investeringumaksumus ja töökohtade arv. Lisaks uues tootmisüksuses loodavatele töökohtadele saavad piirkonnas tööd ka paljud teised inimesed. Näiteks on vajalik konveierilintide hooldus, raudteevagunite remont jpm. Tänauses põlevkivitööstuses on selline kompetents Ida-Virumaal juba olemas. Seega on tegelik mõju piirkonnale märkimisväärselt suurem. OSA Service'i kodulehel oli esitatud hinnang, et keskmiselt loob üks töökoht töötlevas tööstuses lähikonnas juurde 10 töökohta. Lisaks laekub äritegevusest ja tööhõivest ka maksutulu, mida on võimalik suunata investeringuteks kogukonda [109].

9.3.3. Riskid ning riskide maandamine

Tabel 9.3 annab ülevaate Ragn-Selli projekti elluviimisega kaasnevatest võimalikest riskidest ja ohtudest. Tabelis 9.4 on toodud ülevaade riskide ja ohtude maandamise võimalustest.

Tabel 9.3. Ragn-Selli projektiga kaasnevad võimalikud riskid ja ohud

Riskid ja ohud	Töenäoline	Ebatöenäoline
1. Kasutatav tehnoloogia ei võimalda piisava kvaliteediga toodangut toota.		X
2. Tootmine ei ole majanduslikult tasuv.	X	
3. Protsessi tootlikkus ja efektiivsus on prognoositust väiksemad.		X
4. Kapitali- ja käidukulud on prognoositust oluliselt suuremad.	X	
5. Tootmine ei ole mastaabitav.		X
6. Täiendav vajalik tooraine maht ei ole periooditi kättesaadav.		X
7. Tooraine on prognoositust kallim.		X
8. Turuolukorra muutuse tulemusena väheneb toote turuhind.	X	

Tabel 9.4. Ragn-Selli projektiga kaasnevate võimalike riskide ja ohtude maandamine

1. Kasutatav tehnoloogia ei võimalda piisava kvaliteediga toodangut toota.	
Projektis plaanitav tehnoloogia SKK tootmiseks on laboritasandil teostatud, kuid tööstuslikku põlevkivituhast SKK tootmise üksust veel ei ole, seega puudub tööstuslikult toodetud SKK kvaliteedi hinnang.	Riski maandamiseks tuleks teha rakendusuuringu. Sellega ettevõtte hetkel ka tegeleb.
2. Tootmine ei ole majanduslikult tasuv.	
Investeeringu- ja käidukulud ületavad toodangust saadava tulu ning tootmine ei ole majanduslikult tasuv.	Riski maandamiseks peaks ettevõtte projekti kohta tasuvusanalüüsi tegema. Sellega ettevõtte ka tegeleb.
3. Protsessi tootlikkus ja efektiivsus on prognoositust väiksemad.	
Seadmed ei anna nii suurt tootlikkuse kasvu kui prognoositakse, mistõttu väheneb investeringu tasuvus ja säästetud ressursside hulk.	Riski maandamiseks peaks ettevõtte rakendusuuringute käigus hindama reaalseid tootmismahte ja sellele vastavaid investeringuid.
4. Kapitali- ja käidukulud on prognoositust oluliselt suuremad.	
Kapitali- ja käidukulud osutuvad prognoositavast mitu korda kõrgemaks.	Riski maandamiseks on võimalik ettevõttel teha täiendavaid uuringuid projekti maksumuse kohta.
5. Tootmine ei ole mastaabitav.	
Projektis plaanitav tehnoloogia SKK tootmiseks on laboritasandil teostatud, kuid tööstuslikku põlevkivituhast SKK tootmise üksust veel ei ole, seetõttu kaasneb projektiga risk, et	Riski maandamiseks on ettevõttel võimalik täiendavaid uuringuid teha.

mastaapimine pole võimalik või mõistlik.

6. Täiendav vajalik tooraine maht ei ole periooditi kättesaadav.

SKK tootmisel on kriitilisteks tooraineteks kasutamiseks sobiv tuhk ja piisava puhtusastmega CO₂. Ettevõtte uurib lisaks elektriijaamadest tekkivale tuhale ka ladestatud tuha kasutamist. Arvestades juba ladestatud tuha kogust, pole tuhk tootmisel piiravaks teguriks. Tootmisel kasutatakse ka süsinikdioksiidi, mida on võimalik osta, samuti võib kasutada suitsugaasidest eraldatud süsinikdioksiidi.

Riski maandamiseks on võimalik sõlmida toorainet pakkuvate ettevõtetega lepingud. Võimalik on kasutada põlevkivitööstuse suitsugaasidest eraldatud CO₂.

7. Tooraine on prognoositust kallim.

Tootmisel kasutatava toorainete hinnad on prognoositust märkimisväärselt kallim.

Riski maandamiseks on ettevõttel võimalik sõlmida pikaajalised lepingud tootmiseks vajalike toorainete saamiseks.

8. Turuolukorra muutuse tulemusena väheneb toote turuhind.

Turuolukorra muutustest tingituna ei ole SKK järele piisavat nõudlust ning toodangut pole võimalik majanduslikult mõistliku hinnaga müüa.

Riski maandamiseks on ettevõttel võimalik sõlmida klientidega pikaajalised lepingud, mis vähendavad lühiajalistest turumuutustest tulenevat riski.

9.4. Tööstus- ja äripargid

Sihtasutus Ida-Virumaa Tööstusalade Arenduse (IVIA) peamine eesmärk on uute töökohtade loomine Ida-Viru maakonnas. IVIA tegeleb Ida-Virumaal tööstus- ja äriparkide arendusega [113].

IVIA tööstus- ja äripargiprojektid:

- Narva tööstuspark,
- Kohtla-Järve tööstuspark,
- Jõhvi äripark,
- Kiviõli äripark.

Tööstuspargiprojektidega luuakse Ida-Virumaale täiendavaid töökohti ning parkide loomine võimaldab ettevõtetel rakendada ringmajanduse põhimõtteid, sealhulgas tööstusprotsesside käigus tekkivate jääkproduktide väärimist.

Tööstusparkide arenduse käigus luuakse kinnistud, kus on olemas vee-, kanalisatsiooni-, gaasi- ja sideühendused. Tööstus- ja äriparkides on võimalik ellu viia ka mitmesuguseid CCU-projekte. Eriti sobib selleks Kohtla-Järve tööstuspark ehk Baltic Chemical Park, mis on sobilik energiamahukate ja keemiaspektori ettevõtetele. Baltic Chemical Parki vahetus läheduses asuvad suured keemiaklastriettevõtted VKG, Eastman Specialties ja Novotrade Invest [114].

9.4.1. Riskid ja riskide maandamine

Tabel 9.5 annab ülevaate projektide elluviimisega kaasnevatest võimalikest riskidest ja ohtudest. Tabel 9.6 annab ülevaade riskide ja ohtude maandamise võimalustest.

Tabel 9.5. Tööstus- ja äriparkidega kaasnevad võimalikud riskid ja ohud

Riskid ja ohud	Tõenäoline	Ebatõenäoline
1. Projekti arendusrisk		X
2. Vähene huvi ettevõtete poolt		X
3. Investeeringud osutuvad prognoositust oluliselt suuremaks.	X	
4. CO ₂ kasutus arendatavates tööstusparkides ei ole majanduslikult mõistlik.	X	
5. Kapitali- ja käidukulud on prognoositust oluliselt suuremad.	X	

Tabel 9.6. Tööstus- ja äriparkidega kaasnevate võimalike riskide ja ohtude maandamine

1. Projekti arendusrisk	
Projekti arenduse käigus esinevad ootamatud takistused, mille tõttu pole projekti võimalik kavandatud aja piires ellu viia.	Riski maandamiseks on oluline teha enne projektide teostamist põhjalikud uuringud.
2. Vähene huvi ettevõtete poolt	
Tööstus- ja äriparkidesse rajatakse taristu ning eeldused ettevõtete tulemiseks. Arenduse käigus ei leita piisavalt ettevõtteid, kellel oleks huvi tööstus- või äriparkidesse tulla ning motivatsioon viia parkides ellu ringmajandusprojekte, mille käigus väärindatakse CO ₂ .	Riski maandamiseks on oluline varajane suhtlus parki tulevate ettevõtetega. Huvi suurendaksid erinevad riiklikud ja ELi toetused, mis soodustavad ringmajandusprojekte.
3. Investeeringud osutuvad prognoositust oluliselt suuremaks.	
Projekti kulud osutuvad suuremaks ning väheneb tasuvus.	Riski maandamiseks on oluline teha enne projektide elluviimist põhjalikud uuringud.
4. CO₂ kasutus arendatavates tööstusparkides ei ole majanduslikult mõistlik.	
CCU-projektid on siimaani olnud suhteliselt väiksemahulised ning kallid. Tööstusparkidesse tulevatel ettevõtetel ei ole CO ₂ väärindamise projekte majanduslikult mõistlik ellu viia.	Riski maandamiseks on oluline teha CO ₂ kasutamise kohta põhjalikke uuringuid. Projektide elluviimist soodustaksid erinevad riiklikud ja ELi toetused.
5. Kapitali- ja käidukulud on prognoositust oluliselt suuremad.	
Kapitali- ja käidukulud osutuvad prognoositust mitu korda suuremaks.	Riski maandamiseks on ettevõtetel võimalik teha täiendavaid uuringuid projekti maksumuse kohta ja viia ellu pilootprojekte.

10. CO₂ KASUTAMISE STSENAARIUMID

10.1. Stsenaariumite eeldused

Aruande stsenaariumite koostamisel lähtuti kolme suurima põlevkiviettevõtte EE, VKG ja KKT kohta töökoostajate poolt prognoositavatest CO₂ heitkogustest. Kogu stsenaariumites kasutatav teave tootmiseladete kohta on eelduslik. Eeldatavad tootmismahud ja investeeringumaksumused põhinevad kirjandusel ning võivad tegelikkuses oluliselt muutuda. Projektide realiseerimise eelduseks on põhjalikud uuringud iga investeeringu plaanitava mõju kohta. CCU-tehnoloogiad on veel arengujärgus ja nende rakendamine põlevkivitööstuses nõuab laborikatseid ja pilootjaamu.

Euroopa Rohelepp järgi on Euroopa Liidu eesmärgiks saavutada kliimanetraalsus 2050. aastaks. Kõikides stsenaariumites on aluseks võetud, et atmosfääri emiteeritav CO₂ heide 2050. aastaks puudub. Heidet on võimalik vähendada rakendades CCU-tehnoloogiat, protsessisistest arengute mõjul ning põlevkivi asendamisel taastuvate energiaallikatega (nt biomassiga).

Olenevalt stsenaariumitest on rakendatud sadestatud kaltsiumkarbonaadi, metanooli, sooda, polüuretaani ja urea tootmist ning agropargi rajamist. Tulenevalt kehtivast EL HKS seadusandlusest on tarbitavat CO₂ kogust võimalik heitkogustest maha arvata vaid juhul, kui seda kasutatakse sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmiseks. Esimesed kaks stsenaariumit eeldavad, et kehtiv HKS seadusandlus ei muutu ning 3. ja 4. stsenaarium eeldavad, et seadusandlust muudetakse ja stsenaariumites eeldatud kasutusvaldkondade puhul on võimalik toodete valmistamiseks kasutatud CO₂ heitkogused emissioonidest maha arvata.

Stsenaarium 1 (S1) lähtub eeldusest, et CO₂ kasutamise investeeringuid ei teostata. Teistes stsenaariumites (S2, S3, S4) on erinevad tehnoloogiad valitud vastavalt nende valmidusastele ja potentsiaalile. SKK tootmist eeldatakse CO₂ kasutamise stsenaariumites 2–4. SKK tootmiseks on olemas Ragn-Selli arendusprojekt, mille esimeses etapis on plaanitud SKK tootmist juba 2025. aastal.

CO₂ kasutusvaldkondadest on stsenaariumites 3 ja 4 ette nähtud ka urea tootmine, mis on käesoleval ajal maailma suurim CO₂ kasutusvaldkond, seega tegemist on juba valmis tehnoloogiaga. Stsenaariumites on eeldatud suitsugaasidest püütud urea tootmist, kuid võimalik on ka uttegaasi kasutamine selleks.

3. stsenaariumis on eeldatud sooda tootmist. Indias on olemas söejaam, millest püütud CO₂ kasutatakse sooda valmistamiseks.

Polüuretaani tootmine on 3. stsenaariumisse valitud toote kõrge müügihinna tõttu. Polüuretaani ja muude polümeeride tootmine on perspektiivikas, kuid alles varajases uurimisjärgus. Polümeeride tootmisel on võimalik asendada osaliselt fossiilne tooraine CO₂-ga. CO₂ sisaldus polümeeris võib olla kuni 50% massist. [101]

CO₂-põhine metanooli tootmine, mis on ette nähtud nii 3. kui 4. stsenaariumis, omab suurt potentsiaali, kuna metanooli ülemaailmne turg on suur ning võimalik on väärtusahelaid pikendada ja metanooli täiendavalt vääringdada. Selleks, et CCU-põhine metanoolitootmine oleks süsinikuneutraalne, on oluline, et kasutatav vesinik oleks toodetud taastuvenergiast kasutades. Arvestades praegust olukorda, on piiravaks just taastuvenergia kogus ning tehnoloogia kõrge hind.

Lisaks eelpool nimetatutele on ka mitmeid muid erinevaid võimalusi CO₂ vääringdamiseks, mida stsenaariumites pole hinnatud, kuid mis võivad edasiste tehnoloogia arengute tulemusena muutuda potentsiaalseteks rakendusvõimalusteks.

Tabel 10.1 illustreerib kirjanduse andmete põhjal, et enamiku toodete puhul on praegu CO₂ kasutamise korral omahinnad oluliselt kõrgemad kui turuhinnad, kuid CO₂ kasutamise tehnoloogia arenemisel prognoositakse omahindade vähenemist ning järkjärgulist turuhindade kasvu, mille tõttu stsenaariumites prognoositud perioodil on mõnedes stsenaariumites eeldatud nende toodete

konkurentsivõimeliseks muutumist. Samuti võivad tootmiskulud oluliselt erineda sõltuvalt asukohast. SKK ehk CaCO_3 ja urea puhul on antud allikate põhjal ka täna võimalik CO_2 -st neid toota konkurentsivõimeliselt.

Tabel 10.1. Stsenaariumites kasutatud toodete omahinnad ja turuhinnad [101], [115], [116], [117], [118], [119]

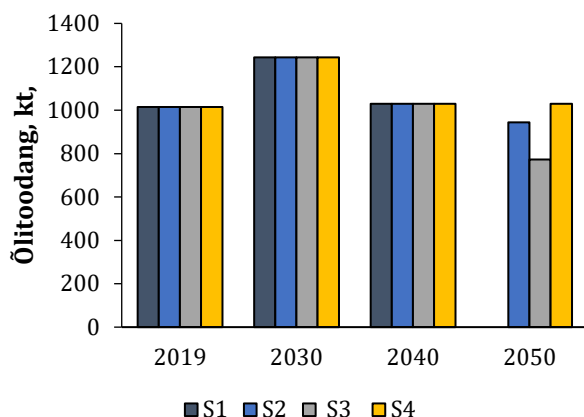
Toode	CAPEX	OPEX	Eluiga	Omahind	Turuhind 2019
SKK, €/t	51	22	20	73	150
Metanool, €/t	497	576	20	1073	270
Sooda, €/t		656	20	656	164
Uurea, €/t	11	160	20	171	202
Polüuretaan, €/t	1328	1532	10	2860	2306

Tabel 10.2 illustreerib stsenaariumites kasutatud hindade prognoosi. Inflatsiooni arvestav nafta hinnakasv põhineb US Energy Information Agency Brenti hinnaprognosil. Sarnane on nafta hinna prognoositav kasv ka The Institute of Energy Economics, Japani prognoos põhjal, mille alusel hind on 2050. aastaks veelgi kõrgem - 236 USD/barrel ning HeatRoadmapEU prognoosi põhjal, mille alusel 2050. aasta naftahind on tasemel 220 USD/barrel. Tegu on inflatsiooniliste prognoosidega, kus suures osas on hinnakasv tingitud inflatsioonist ning sellega kaasnevast raha väärtuse vähenemisest [120], [121]. HKS CO_2 kvoodi hinnaprognos lähtub kuni 2030. aastani peatükis 7.3.1 koostatud mitme prognoosi aritmeetilistest keskmisest ja alates 2031. aastast samas peatükis toodud hinnaprognosi mudeliga arvutatud hindadest kuni 2050. aastani. Ka erinevate CO_2 -st toodetud toodete omahindu on prognooside koostamisel eeldatava inflatsiooniga kasvatatud – esimese 5 aasta puhul on lähtutud Rahandusministeeriumi prognoosist ja peale seda on inflatsiooniks eeldatud lähtuvalt Euroopa Keskpannga pikaajalisest eesmärgist 2% aastas [115], [116], [117], [118], [119].

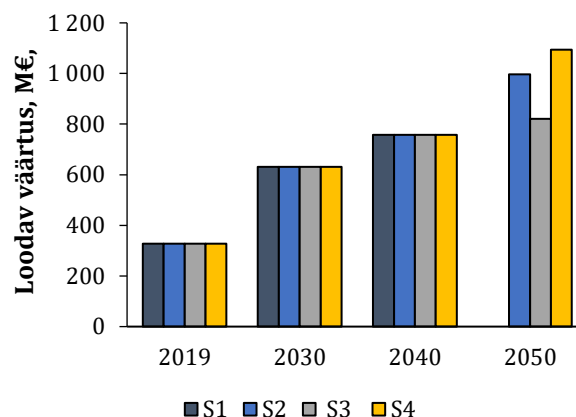
Tabel 10.2. Stsenaariumite sisendite hinnaprognosid [120]

Toode	2019	2030	2040	2050
Nafta, USD/barrel	64	98	146	214
Nafta, €/t	362	555	826	1211
HKS CO_2 kvoot, €/t	25	29	58	95
SKK, €/t	150	182	222	271
Metanool, €/t	270	328	400	487
Sooda, €/t	164	199	243	296
Uurea, €/t	202	245	299	364
Polüuretaan, €/t	2306	2801	3414	4162

Stsenaariumites eeldatud põlevkiviõli tootmise mahte näitab Joonis 10.1. Loodav lisandväärtus on toodud Joonisel 10.2. Lisandväärtus on lihtsustatult võetud võrdseks toodangu müügituluga, st tegu pole lisandväärtusega tootjale, vaid kogu ühiskonnale. Sarnaselt KPMG põlevkivitööstuse sotsiaalmajandusliku mõju uuringus kasutatud metoodikale on müügitulust maha arvutatud keskkonnatasud. Õlitööstuse prognoositavad toodangumahud vähenevad 2040. aastal, kuid loodav väärtus (ehk müügitulu) kasvab tulenevalt prognoositavast toodangu hinnakasvust.



Joonis 10.1. Põlevkiviõli prognoositavad toodangumahud stsenaariumites



Joonis 10.2. Põlevkiviõlist saadav lisandväärtus

10.2. Stsenaarium 1: CO₂ ei kasutata

10.2.1. Stsenaariumi eeldused

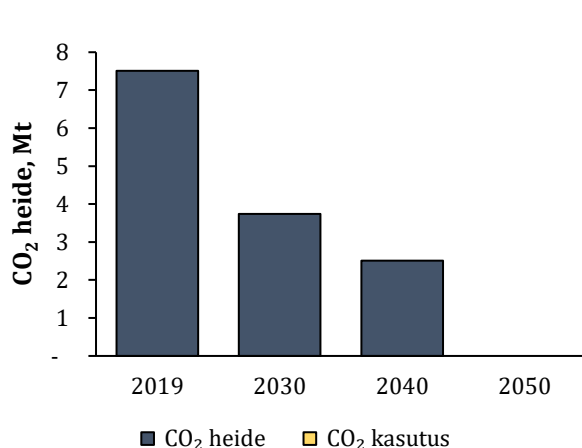
Esimese stsenaariumi (S1) arvutustes kasutatavad eeldused on järgmised:

- 2024. aastal valmib teine Enefit 280 õlitehas;
- Eesti Elektriijaama 8. plokis (edaspidi EEJ8) suurendatakse perioodil kuni 2030. aastani uttegaasi kasutust kuni 80%, säilib mõningane põlevkivi ja biomassi kasutamise võimekus;
- Balti Elektriijaam (edaspidi BEJ11) ja Auvere Elektriijaam (edaspidi Auvere EJ) on aastaks 2030 läinud üle 100% biomassile ning EEJ8 on 2050. aastaks läinud 100% üle biomassile.
- 2049. aasta lõpus jääb põlevkivitööstusest alles ainult osa, kus loetakse CO₂-heitmed olematuks – 100% biomassi kasutavad elektriijaamad ja ilma CO₂-heitmeteta osa põlevkivikeemiatööstusest;
- rajatakse agropark, milles kasutatakse Auvere EJ jääksoojust ja otseliiniga elektrienergiat;
- HKS CO₂ kasutust puudutav seadusandlus ei muutu, seega agropark ei vähendaks jaamade CO₂ kulu.

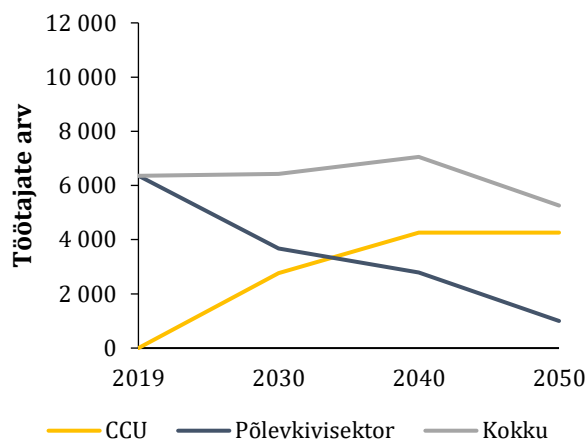
10.2.2. Kirjeldus

Stsenaariumi puhul eeldatakse järkjärgulist CO₂ emissiooni vähenemist põlevkivisektoris (Joonis 10.3). See tuleneb nii vanade põlevkiviõli tootmiseseadmete kasutamise lõpetamisest kui ka järjest suurenevast biomassi kasutusest elektritootmises.

Stsenaariumi järgi rajatakse agropark, mille puhul kasutatakse Auvere EJ jääksoojust ja elektriotseseühendust. Üheks stsenaariumi eelduseks on, et CO₂ kasutamist agropargis ei ole võimalik emissioonidest maha arvestada ning seetõttu põlevkivitööstuses püütud CO₂ agropargis ka ei kasutata. Agropargi 1. etapi investeering on vastavalt projekti arendaja IVIA hinnangule ligikaudu 7 M€, mille käigus luuakse tingimused 460 ha suuruse maa-ala kasutuselevõtmiseks. Järgnevate etappidega laiendatakse agroparki täiendavalt 1500 ha võrra.



Joonis 10.3. S1 CO₂ heide



Joonis 10.4. Tööjõuprognosis

10.2.3. Sotsiaalmajanduslik mõju

Agropargiga luuakse vastavalt prognoosile 2050. aastaks Ida-Virumaale ligikaudu 4000 uut töökohta. Stsenaariumis eeldatakse süsinikuneutraalsust 2050. aastaks ilma CCU-meetodite rakendamiseta, mis nõuab, kas põlevkiviõlitööstuse protsessisisesest neutraalsuse saavutamist või põlevkivi kasutavate tootmisüksuste sulgemist. Stsenaarium 1 tööjõuprognosis on toodud Joonisel 10.4.. Töökohtade kadu vähendab järjest suurem biomassi kasutus elektritootmises, mis võimaldab luua täiendavaid töökohti biomassiga varustamisel, kuid tulenevalt digitaliseerimisest ja automatiseerimisest väheneb töötajate arv igal juhul. Seetõttu prognoositakse endises põlevkivitööstuses ja selle biomassiga varustamises ligikaudu 1000 töökohta 2050. aastaks. Agropargi loodav lisandväärtus stsenaariumi perioodi lõpul, 2050. aastal, on ligikaudu 12 M€. Kuna CO₂ kasutust ei rajata, siis see ei loo ka lisandväärtust.

10.3. Stsenaarium 2: CO₂ väikeses mahus kasutamine

10.3.1. Eeldused

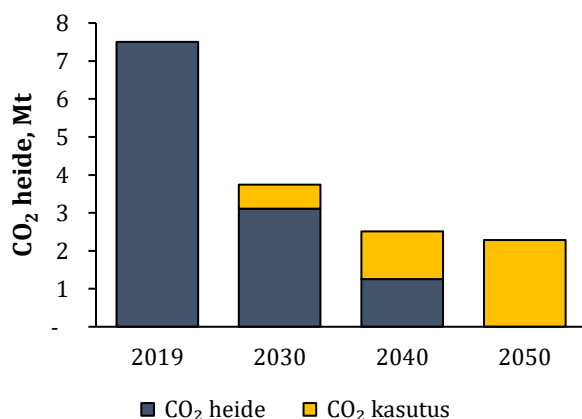
Teise stsenaariumi (S2) arvutustes kasutatud eeldused on järgmised:

- 2024. aastal valmib teine Enefit 280 õlitehas;
- EEJ8-s suurendatakse perioodil kuni 2030. aastani uttegaasi kasutust kuni 80%, säilib mõningane põlevkivi ja biomassi kasutamise võimekus;
- BEJ11 ja Auvere EJ on aastaks 2030 läinud üle 100% biomassile ning EEJ8 2050. aastaks.
- 2050. aastaks väheneb summaarne põlevkiviõlitööstuse CO₂ heide 50% võrreldes 2040. aastaga (vanemate tootmisüksuste sulgemine, tehnoloogiline areng);
- SKK tootmiseks kasutatakse elektri ja tuha puudujäägi korral tuhaväljadele ladestatud tuha, seega tekkiva tuha kogused ei ole SKK tootmisel piiravaks teguriks;
- 2050. aastaks suudetakse kogu tekkiv CO₂ SKK tootmises ära kasutada;
- HKS-i CO₂ sidumist puudutav regulatsioon ei muutu, seega agropark ei vähenda HKS-i järgi CO₂ heitkoguseid ega vastavat kulu, seda vähendab ainult SKK tootmine.

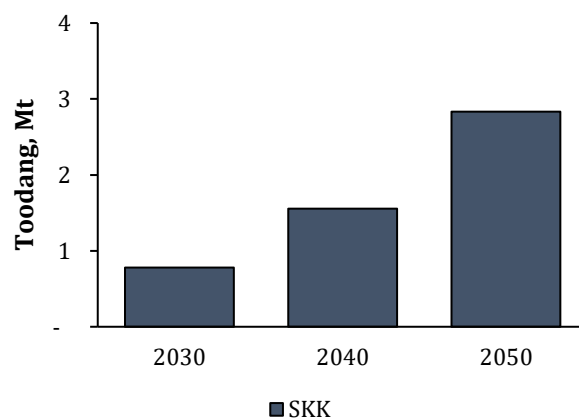
10.3.2. Kirjeldus

Ida-Virumaale rajatakse agropark ja SKK tootmine. Emissioonidest on võimalik maha arvestada ainult SKK tootmisel kasutatav CO₂, sest tänane HKS regulatsioon ei võimalda agropargis seotud CO₂ heitmetest maha arvestada. CO₂ heitkogus 2050. aastaks on üle 2 Mt ning kogu kasutatav CO₂ väärindatakse ära SKK tootmisel (Joonis 10.5). Stsenaariumis suureneb pidevalt SKK toodangu maht, mis saavutab 2050. aastaks taseme 2,8 Mt (Joonis 10.6). Sellise koguse SKK tootmiseks on vaja kasutada

ligikaudu 7,8 Mt tuhka aastas. Elektri põlevkivist tootmise vähenemisega kaasneb tuhakoguse vähenemine, mistõttu juba 2030. aastaks ei teki aastas vajaminevat kogust elektrijaamade tuhka. Ragn-Sells'i projektijuht Alar Saluste mainis arengustrateegia raames läbiviidud intervjuus, et värskelt toodetava tuha puudujäägi tekkimisel plaanitakse kasutada juba ladestatud tuhka SKK tootmiseks. Kuna selle maht on hinnanguliselt 300–600 miljonit tonni, siis jätkub seda paljudeks aastateks. Seega on stsenaariumis eeldatud, et juba tuhaväljadele ladestatud tuhast kompenseeritakse SKK tootmiseks vajalikku puudujäävat tuhakogust.



Joonis 10.5. S2 CO₂ heide ja kasutus



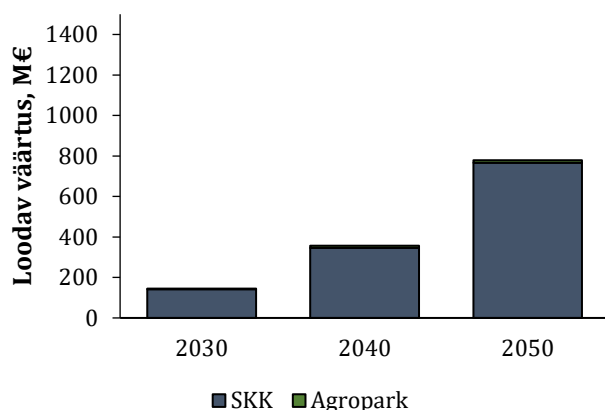
Joonis 10.6. S2 SKK toodang

Hetkel kehtiva HKS regulatsiooni põhjal on stsenaariumis ette nähtud ainult SKK tootmine CO₂-st, kuna ainult SKK tootmiseks kasutatud emissioone on võimalik emiteerijal maha arvestada. SKK tootmine on Eesti põlevkivisektorile sobiv CO₂ kasutusviis, kuna kasutatakse ära elektritootmisel tekkivat tuhka. Projekti arendaja Ragn-Sells plaanib juba 2025. aastal toota 0,4–0,6 miljonit tonni SKK-d aastas, mistõttu on realistlik eeldus, et 2030. aastaks on tootmismahud kasvanud 0,8 miljoni tonnini.

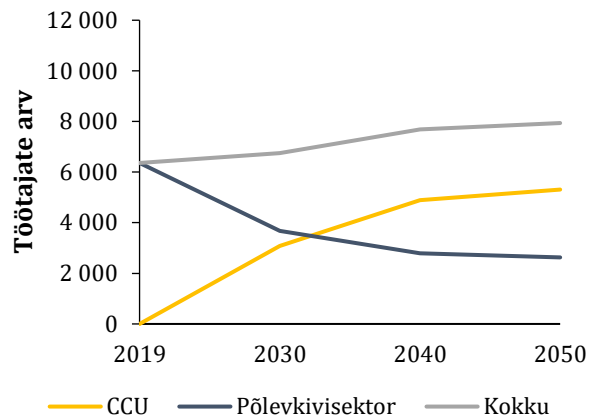
Stsenaariumis kasutatavad CO₂ ja tuhakogused on konservatiivselt prognoositud oluliselt väiksemaks Ragn-Sells'i poolt kavandatava projekti 2. faasi kogustest. Stsenaariumi puhul rakendatav maksimaalne tuhakogus on ligi 8 Mt, mis jääb alla Ragn-Sells'i plaanitava SKK tootmise projekti 2. etapi eesmärgile väärindada 15 Mt põlevkivituhka ning toota kuni 6–9 miljonit tonni SKK-d aastas.

10.3.3. Sotsiaalmajanduslik mõju

SKK tootmise ja agropargi loodav lisandväärtus ületab 2050. aastaks 750 M€ aastas (Joonis 10.7). Stsenaariumi tööjõuproгноos on toodud joonisel 10.8. Agropargiga luuakse Ida-Virumaale ligikaudu 4000 uut töökohta 2050. aastaks. Lisaks luuakse selleks ajaks ligikaudu 1000 töökohta SKK tootmisel ja turustamisel. Agropargi rajamisega ning SKK tööstusega luuakse kokku ligi 5000 töökohta, mis on väiksem, kui hetkel põlevkivisektoris töötavate inimeste arv (ligikaudu 6000). Põlevkivisektoris jäävad alles lisaks biomassi kasutavates elektrijaamades asuvatele töökohtadele ka õlitööstuse ja osaliselt kaevanduste töökohad. Tulenevalt automatiseerimisest ja digitaliseerimisest siiski töökohtade arv väheneb. Eeldatud on 2050. aastaks tänases põlevkivitööstuses ja selle biomassiga varustamises 2600 töökohta. Seega suureneb stsenaariumi tulemusel töökohtade koguarv ligi 7600-ni.



Joonis 10.7. S2 loodav väärtus



Joonis 10.8. Tööjõuprognoos

10.4. Stsenaarium 3: CO₂ suures mahus kasutamine

10.4.1. Eeldused

Kolmanda stsenaariumi (S3) arvutustes kasutatud eeldused on järgmised:

- 2024. aastal valmib teine Enefit 280 õlitehas;
- EEJ8-s suurendatakse perioodil kuni 2030. aastani uttegaasi kasutust kuni 80%, säilib mõningane põlevkivi ja biomassi kasutamise võimekus;
- BEJ11 ja Auvere EJ on aastaks 2030 läinud üle 100% biomassile ning EEJ8 2050. aastaks.
- 2050. aastaks väheneb summaarne põlevkiviõlitööstuse CO₂ heide 50% võrreldes 2040. aastaga;
- SKK tootmiseks kasutatakse elektri jaamade tuha puudujäägi korral tuhaväljadele ladestatud tuhka, seega tekkiva tuhka kogused ei ole SKK tootmisel piiravaks teguriks;
- agropark kasutab aastatel 2030 ja 2040 CO₂, kuid 2050. aastal enam CO₂ ei kasuta, sest 80-90% kasvuhoonetesse juhitud CO₂-st paiskub atmosfääri, jääksoojust ja elektrit tarbitakse otseliiniga ka peale aastat 2050 edasi;
- perioodi lõpus alates aastast 2040 kasvab kiirelt uute CO₂ kasutusvõimaluste rakendamine – metanooli, urea, polüuretaani ja sooda tootmine;
- põlevkivisektori CO₂ heitkogus 2050. aastal on ca 2,5 Mt;
- HKS-i CO₂ sidumist puudutavat regulatsiooni muudetakse: keemiatööstuses ja agropargis seotud CO₂ hakatakse arvestama heitmetest maha.

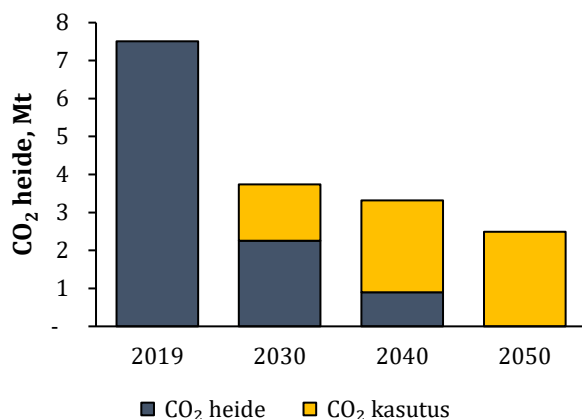
10.4.2. Kirjeldus

Kolmanda stsenaariumi järgi rakendatakse maksimaalselt palju erinevaid CCU-tehnoloogiaid (Joonised 10.9 ja 10.10) ja rajatakse:

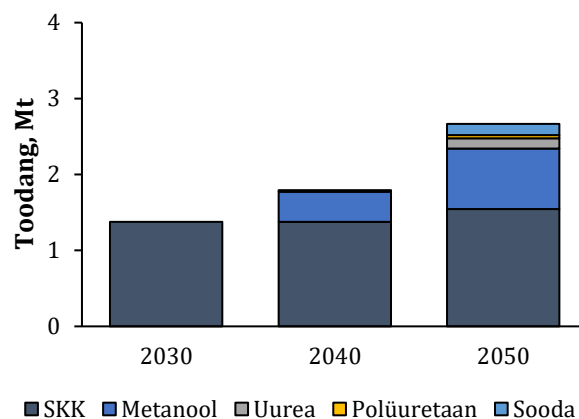
- CaCO₃ e SKK tootmine;
- agropark;
- metanooli tootmine;
- urea tootmine;
- polüuretaani (PU) tootmine;
- sooda tootmine.

Kolmanda stsenaariumi rakendumine on küllaltki ebatõenäoline, kuna eeldab HKS regulatsiooni muudatust, mis soodustaks erinevate tehnoloogiate kasutamist CCU jaoks. Lisaks on lühikese

ajaperioodi jooksul vaja arendada väga mitmeid ning hetkel konkurentsivõimetuid tehnoloogiaid ning tõestada nende majanduslikku mõistlikkust. Seetõttu tuleb arvestada väga mahukate arendus- ja rakendusuuringute läbiviimisega. Metanooli tootmise eelduseks on vesiniku tootmise olemasolu. Selleks, et väärindada CO₂ koos vesinikuga metanooliks, on vajalik järjest suurenev taastuvenergia tootmine. Majanduslikult võib olla mõistlik taastuvenergiast toodetud vesinikku kasutada transpordisektoris, mistõttu metanooli tootmiseks vesiniku kasutamise eeldus ei pruugi realiseeruda.



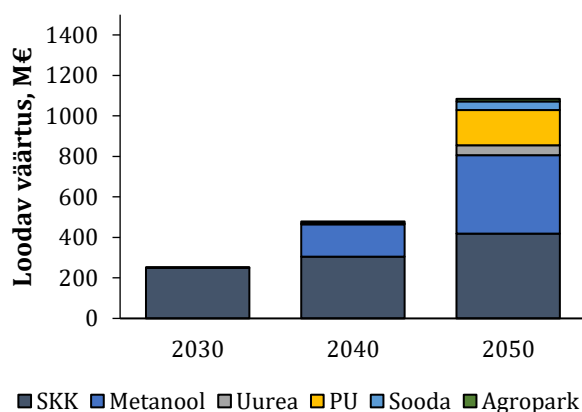
Joonis 10.9. S3 CO₂ heide ja kasutus



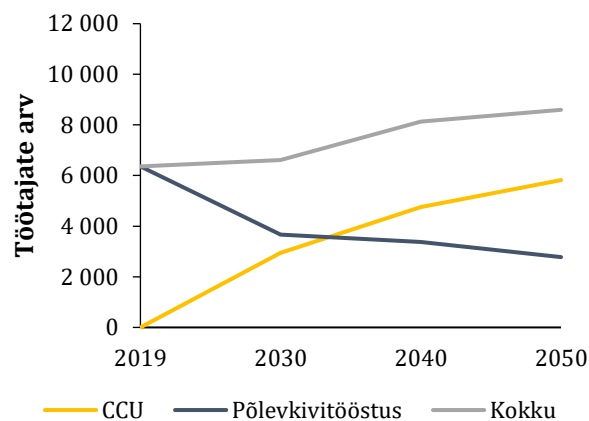
Joonis 10.10. S3 CCU-toodete toodang

10.4.3. Sotsiaalmajanduslik mõju

Kolmanda stsenaariumi korral on CCU-tehnoloogiate rakendamisel loodav lisandväärtus 2050. aastal üle 1 miljardi € (Joonis 10.11). Stsenaariumi tööjõuprognoosi kohta on koostatud Joonis 10.12. CCU-tehnoloogiate rakendamisel luuakse kokku ligikaudu 6000 töökohta, mis on ligikaudu võrdne praeguse põlevkivisektori töötajate arvuga. Stsenaariumis prognoositakse põlevkivisektoriga seotud töötajaskonna vähenemist 2500-le tulenevalt automatiseerimisest ja digitaliseerimisest, kuid summaarselt töökohtade arv Ida-Virumaal kasvab. Kokku prognoositakse stsenaariumis ligikaudu 8500 töökohta.



Joonis 10.11. S3 loodav väärtus



Joonis 10.12. Tööjõuprognoos

Lisaks otseselt CCU-toodete tootmisel loodavatele töökohtadele on erinevate projektide realiseerimiseks vajalikud arendus- ja rakendusuuringud, mille käigus luuakse Eestisse täiendavat lisandväärtust.

10.5. Stsenaarium 4: CO₂ väga suures mahus kasutamine

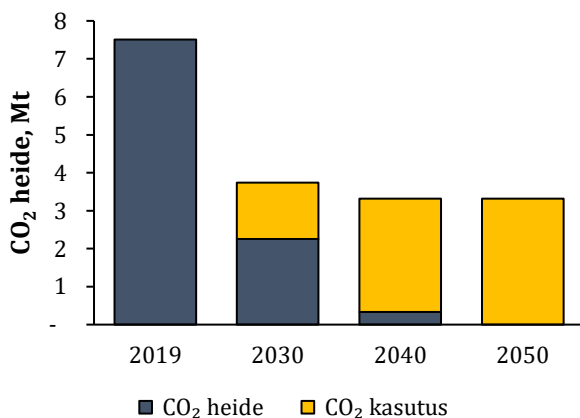
10.5.1. Eeldused

Neljanda stsenaariumi (S4) arvutustes kasutatud eeldused on järgmised:

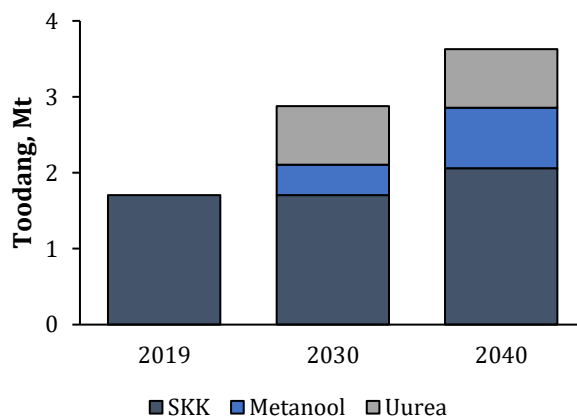
- 2024. aastal valmib teine Enefit 280 õlitehas;
- EEJ8-s suurendatakse perioodil kuni 2030. aastani uttegaasi kasutust kuni 80%, säilib mõningane põlevkivi ja biomassi kasutamise võimekus;
- BEJ11 ja Auvere EJ on aastaks 2030 läinud üle 100% biomassile ning EEJ8 2050. aastaks.
- 2050. aastaks summaarne põlevkiviõlitööstuse CO₂ heide ei vähene (vanad tootmisüksused asendatakse uutega), kogu tekkiv CO₂ kasutatakse toodetes ära;
- SKK tootmiseks kasutatakse elektrijaamade tuha puudujäägi korral tuhaväljadele ladestatud tuhka, seega tekkiva tuha kogused ei ole SKK tootmisel piiravaks teguriks;
- agropark kasutab aastatel 2030 ja 2040 CO₂, kuid 2050. aastal enam CO₂ ei kasuta, sest 80-90% kasvuhoonetesse juhitud CO₂-st paiskub atmosfääri, jääsoojust ja elektrit tarbitakse otseliiniga ka peale aastat 2050 edasi;
- 2040. aastaks rajatakse metanooli ja uurea tootmine;
- HKS-i CO₂ sidumist puudutavat regulatsiooni muudetakse: keemiatööstuses ja agropargis seotud CO₂ arvestatakse heitmetest maha.

10.5.2. Kirjeldus

Sarnaselt kolmanda stsenaariumiga eeldab neljas stsenaarium seadusandluse muudatusi. Stsenaariumi raames arendatakse mitmeid erinevaid tehnoloogiaid, rajatakse SKK, metanooli ja uurea tootmine (Joonised 10.13 ja 10.14). Stsenaarium eeldab väga kiiret arendus- ja rakendusüiringute läbiviimist ning valideerimist, et tehnoloogiad sobivad põlevkivitööstusele.



Joonis 10.13. S4 CO₂ heide ja kasutus

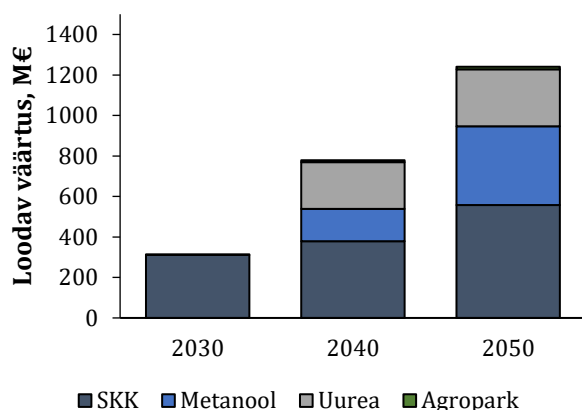


Joonis 10.14. S4 CCU-toodete toodang

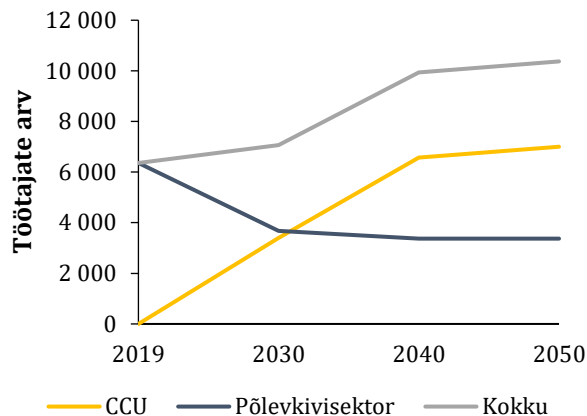
10.5.3. Sotsiaalmajanduslik mõju

Neljanda stsenaariumi korral on CCU-tehnoloogiate rakendamisel loodav lisandväärtus 2050. aastaks ligikaudu 1,2 miljardit € (Joonis 10.15).

Stsenaariumi tööjõuprognosis on toodud joonisel 10.16. CCU-tehnoloogiate rakendamisel luuakse kokku ligikaudu 7000 töökohta, mis on suurem tänasest põlevkivisektori töötajate arvust 6000 töökohta. Stsenaariumis prognoositakse mõningast põlevkivisektori töötajaskonna vähenemist, kuid summaarne töökohtade arv Ida-Virumaal jääb positiivseks. Stsenaariumi rakendamisel on prognoositav tööjõu vajadus tänasest põlevkivisektorist 4000 inimese võrra suurem, seega tähelepanu tuleb pöörata noorte maakonnas hoidmisele, et väheneks tööealiste inimeste ränne. Täna põlevkivisektoris hõivatud inimesed on valdavalt vanemaealised, seega oluline on koolitada just noori.



Joonis 10.15. S4 loodav väärtus



Joonis 10.16. Tööjõuproгноos

10.6. Stsenaariumite võrdlus

Tabelis 10.2 on toodud eelduslikud stsenaariumite koguinvesteeringud. Investeeringute maksumuste suurused baseeruvad töös kasutatud allikatel. Suurimad on investeeringud stsenaariumite puhul, kus eeldatakse HKS-i muutust ja kõige suuremat seotavat CO₂ mahtu (stsenaariumid 3 ja 4), kusjuures suurim investeering tuleb teostada nendes stsenaariumites metanooli tootmiseks elektrolüüsi teel veest toodetud vesinikust ja CO₂-st.

Tabel 10.3. Stsenaariumite investeeringud

CCU-tootmine	Stsenaarium 1	Stsenaarium 2	Stsenaarium 3	Stsenaarium 4
Agropark, €	25 000 000	25 000 000	25 000 000	25 000 000
SKK, €	-	2 884 000 000	1 574 000 000	2 099 000 000
Metanool, €	-	-	7 910 000 000	7 910 000 000
Uurea, €	-	-	30 000 000	170 000 000
Sooda, €	-	-	5 000 000	-
Polüuretaan, €	-	-	554 000 000	-
Kokku, €	25 000 000	2 908 000 000	10 098 000 000	10 204 000 000

Stsenaariumi 1 puhul CCU-tehnoloogial baseeruvat tootmist ei rakendata, mistõttu 2050. aasta kliimanetraalsuse tagamiseks on eeldatud, et need tootmisüksused, kus see pole võimalik, tuleb sulgeda. Eeldatakse, et osaliselt orienteerub tänane põlevkivisektor ümber (biomassi kasutus elektrijaamades, CO₂-neutraalne põlevkivikeemiatööstus), mistõttu säilivad ümberorienteeruvas tööstuses osad töökohad. Stsenaariumil on negatiivne sotsiaalmajanduslik mõju CCU-tootmise puudumise tõttu. Lisandväärtust loob agropargi projekt, mille raames luuakse prognoositavalt ligikaudu 4000 töökohta Ida-Virumaale ning 2050. aastaks on loodav lisandväärtus ligikaudu 12 M€.

Hetkel kehtivast HKS regulatsioonist CO₂ kasutamise kohta lähtuvad 1. ja 2. stsenaarium. SKK tootmiseks stsenaariumites S2–S4 on vajalik elektrijaamade tuha olemasolu. Prognoositava SKK tootmismahu jaoks ei piisa juba 2030. aastal elektrijaamade tuhast ning kasutada tuleb täiendavalt juba tuhaväljadele ladestatud tuhka.

Stsenaariumid 3 ja 4 eeldavad regulatsiooni muutmist ja nende CO₂ kasutusala, kus kasutatud CO₂ loetakse seotuks, laiendamist. Nende teostamise tõenäosust vähendab asjaolu, et vajalikud on poliitilised otsused, mis on alati prognoosimatud. Nende stsenaariumite jaoks positiivsete otsuste tegemist võib takistada CO₂ toodetesse seotuse aeg, mis jällegi omakorda sõltub konkreetsete toodete (nt metanooli) edasisest kasutusest. SKK-le tehtud erisuse üks olulisimaid argumente oli, et SKK puhul seotakse toodetesse CO₂ pikaajaliselt.

Stsenaarium 3 puhul rakendatakse mitmeid erinevaid CCU-tehnoloogiaid: SKK, metanooli, uurea, sooda ja polüuretaani tootmine. Töökohtade arv maakonnas stsenaariumi lõpus kasvab tulenevalt nii põlevkivisektori töökohtadest kui CCU-projektidest.

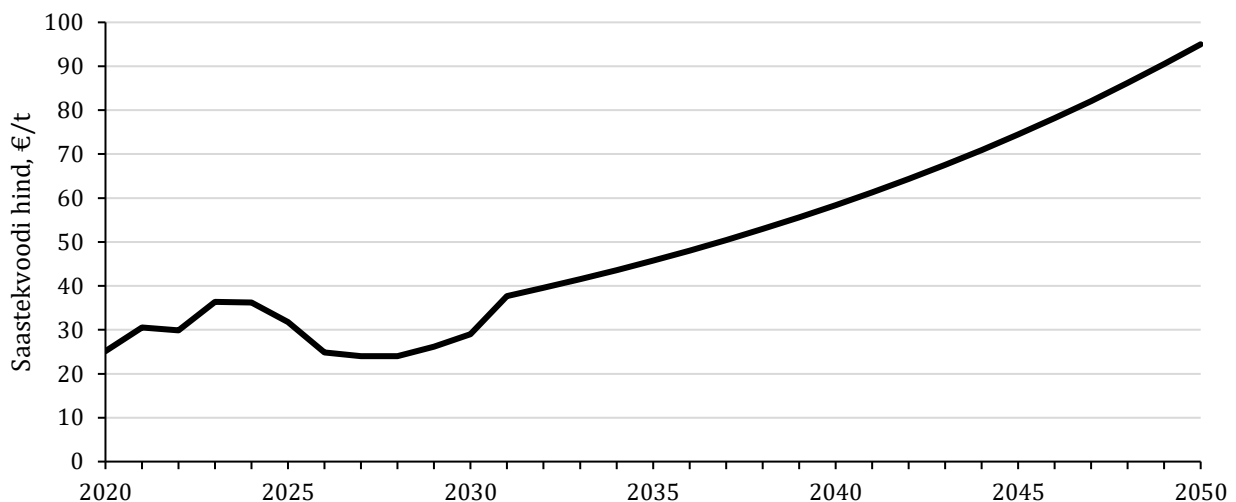
Stsenaarium 4 puhul kasutatakse stsenaariumite lõikes enim CO₂. Luuakse SKK, uurea ja metanooli tootmine. Stsenaariumil on tugev sotsiaalmajanduslik mõju piirkonna elanikele, kuna rakendatavate CCU projektide prognoositav töökohtade arv on suurem tänasest põlevkivisektori töötajate arvust. CCU-toodete tootmise lisandväärtus 2050. aastaks on ületab 600 M€.

Ida-Virumaad iseloomustab rahvastiku vähenemine ning tänases põlevkivisektoris töötavad inimeste pensionile siirdumisega. Sellest tulenevalt on stsenaariumi elluviimiseks oluline tagada erialane haridus ja atraktiivne elukeskkond noortele.

Täiendavalt soodustavad CCU-projektid Eestis teadus- ja arendustegevust, kuna projektiga kaasnevad põhjalikud uuringud põlevkivisektoris CO₂ kasutamiseks.

11. CO₂ ERALDAMISE INVESTEERINGUTE NING OPEREERIMISKULUDE TASUVUSANALÜÜS

CO₂ eraldamise investeeringute ning opereerimiskulude tasuvuse hindamiseks võrdluses prognoositavate HKS CO₂ kvooditasudega koostati tasuvusanalüüs. Tasuvusanalüüsis kasutati joonisel toodud CO₂ hinna prognoosi kasvutrendi, mis lähtub kuni 2030. aastani peatükis 7.3.1 koostatud mitme prognoosi aritmeetilisest keskmisest ja alates 2031. aastast samas peatükis toodud hinnaprognosis mudeliga arvutatud hindadest kuni 2050. aastani (Joonis 11.1). Sellest lähtuvalt jääb prognoositav HKS CO₂ kvoodi hind aastatel 2021–2050 vahemikku 24–95 €/tCO₂ ekv. Muudetavaks parameetriks tundlikkusanalüüsis kasutati analüüsis CO₂ kvoodi hinna projekti esimesel ehk 2025. aastal, mida aasta-aastalt korrigeeriti vastavalt prognoositavale kvoodihinna absoluutväärtuse kasvule.



Joonis 11.1. Tasuvusanalüüsis kasutatud CO₂ hinnaprognosis 2021–2050

Arvutustes on investeeringu maksumuse hindamisel kasutatud 2014. aastal valminud Boundary Dam jaama, kui ainsat teostunud ja aruande koostamisel toimivat suuremahulist fossiilkütust kasutavast elektriijaamast CO₂ eraldamise referentsprojekti. Teine sarnane suuremahuline referentsjaam – 2017. aastal USAs valminud Petra Nova – on küll avalike andmete põhjal oma erikuludelt väiksem, kuid oli aruande koostamise ajal alates 2020. aasta märtsist liiga madalate naftahindade tõttu konserveeritud. Boundary Dam jaama kulude ja kasutatava CO₂ mahu väärtused on toodud Tabelis 11.1.

Tabel 11.1. Tasuvusanalüüsis kasutatud referentsprojekti väärtused

Näitaja	Väärtus
Maksumus, Boundary Dam, €	965 000 000
Eraldatav CO ₂ , Boundary Dam, t/a	1 000 000
Käidukulud, €/tCO ₂	36

Tasuvusanalüüs koostati perioodile 2025–2045. Tasuvusanalüüs on tehtud ühe tonni CO₂ eraldamise ja puhastamise jaoks tehtava investeeringu jaoks võrrelduna CO₂ kvoodi hinnaga. Käidukulu on prognoosi koostamisel eeldatava inflatsiooniga korrigeeritud – inflatsiooniks on eeldatud lähtuvalt Euroopa Keskpannga pikaajalisest eesmärgist 2% aastas CO₂ kvoodi prognoositav hind jääb tasuvusanalüüsi esimesel seitsmel aastal väiksemaks käidukuludest ning tulenevalt investeeringukulust ei saavutata tasuvusanalüüsi perioodi jooksul tasuvust.

Tabelis 11.2 on toodud CO₂ kvoodi hinna ja investeeringutoetuse osakaalu mõju projekti nüüdispuhasväärtusele (NPV). Tundlikkusanalüüsi baasstsenaariumis on CO₂ hinnaks 2025. aastal võetud prognoositav hind 32 €/t, mis kasvab igal aastal prognoosis toodud absoluutväärtuse võrra. Seda kvoodihinda on tundlikkusanalüüsis kasvatatud erinevate astmete võrra ja lisaks on projekti tasuvus arvutatud erineva osakaaluga investeeringutoetuse andmise korral projektile.

Tundlikkusanalüüsist selgub, et kui CO₂ kvoodi hind oleks 2025. aastal 128 €/t ja kasvaks peale seda vastavalt prognoositud absoluutväärtustele, siis oleks omahind 1 t CO₂ eraldamise kulu kõrgem kui kvoodi hind ka ilma toetuseta. Aruande jaoks koostatud prognoosi järgi tegelikult prognoositava 2025. hinna, 32 €/tCO₂, korral ei oleks investering CO₂ eraldamisesse tasuvam kui CO₂ kvoodi hind ka 90% suuruse investeeringutoetuse korral.

Tabel 11.2. Investeeringutoetuse osakaalu ja CO₂ kvoodi hinna mõju suhtelisele NPV-le t CO₂ kohta

Toetuse osakaal (paremal), CO₂ kvoodi hind 2025. aastal (all)	0%	25%	50%	75%	90%
32 €/t	-836 €	-608 €	-380 €	-153 €	-16 €
64 €/t	-489 €	-262 €	-34 €	193 €	330 €
96 €/t	-143 €	85 €	312 €	540 €	676 €
128 €/t	203 €	431 €	658 €	886 €	1 023 €

CO₂ eraldamise tasuvusanalüüsist järeldub, et prognoositav CO₂ kvoodi hind on perioodi jooksul liiga madal CO₂ eraldamise tasuvuse saavutamiseks võrreldes CO₂ kvoodi maksumusega. CO₂ eraldamise tehnoloogia on ilma toetuseta CO₂ kvoodiga võrreldes tasuvam juhul, kui 2025. aasta CO₂ kvoodi hind neljakordistub (32-lt 128-le €/t).

Tuleb silmas pidada, et ainuüksi asjaolu, et CO₂ heitmete tekitaja jaoks on soodsam maksta CO₂ eraldamisega tegelevale ettevõttele kui osta CO₂ kvooti, ei tähenda, et CO₂ eraldamise investeringut tehakse. Lisaks on vajalik, et CO₂ heitmete tekitaja enda tegevus oleks nii kõrgete CO₂ kvoodi kulude juures majanduslikult jätkusuutlik ning et oleks ka kasutaja, kes eraldatava CO₂ 0-hinna juures ära kasutaks. On väga tõenäoline, et 0-hinna juures on CO₂-st huvitatud tarbijaid võimalik leida. Ühtlasi on tõenäoline, et ka juhul, kui kogu CO₂ eraldamise kulu ei kata heitmete CO₂ tekitaja, on ettevõtteid, kes on eraldatud CO₂-st huvitatud ja valmis osa CO₂ eraldamise kuludest ise katma ehk CO₂ eest peale maksta. Tänapäevase teadmise põhjal võiks üks selliseid tarbijaid olla SKK ehk sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmine.

12. TURUNDUSSTRATEEGIA CO₂ ERALDAMISE JA KASUTUSELEVÕTU INVESTEERINGUTE IDA-VIRUMAALE TOOMISEKS

CO₂ eraldamise ja kasutamisega võivad Ida-Virumaal potentsiaalselt tegeleda mitut tüüpi ettevõtted. Lisaks sellele, et CCU-tehnoloogiat saaksid rakendada juba Ida-Virumaal olemasolevad suurtööstusettevõtted, on potentsiaal ka erinevatel uutel firmadel ja idufirmadel, kelle jaoks CO₂ võib osutuda väärtuslikuks tooraineks. Selleks, et tõsta erinevate sihtgruppide teadlikkust ja huvi, on oluline luua sihipärane turundusstrateegia.

Peamised sihtgrupid ongi mitmesugused potentsiaalsed CO₂-ga tegelevad ettevõtted ja investorid. Uute potentsiaalsete investorite leidmiseks on oluline üldine teadlikkuse tõstmine võimalustest. Praegu ei ole Ida-Virumaal CO₂ sidumis- ja kasutusrajatise veel käiku antud. Üks perspektiivikaimaid on Ragn-Selli SKK tootmise projekt. Turundusstrateegia käigus on võimalik potentsiaalsete CCU-projektide elluviimist soodustada, andes seega julgustust sarnaste projektide teostamiseks.

Esmalt on oluline luua CO₂ kasutamise turundustöörühm, kelle ülesandeks oleks analüüsida turuolukorda, luua sidemed erinevate CO₂ emiteerivate ja potentsiaalsete ettevõtetega, koostada Ida-Virumaa CO₂ kasutamise turundusplaani ning leida mõõdikud tulemuse hindamiseks.

Hinnatavaks mõõdikuks võib olla nii CO₂ kasutamise tegelevate ettevõtete arv kui ka CCU-toodete arv. Kuna hetkel on CCU-tooted üldiselt kallimad, on oluline tutvustada ettevõtetele potentsiaalseid toetusi. Info hajumise vältimiseks peab töörühma vastutusalasse kuuluma ka turundustegevuste koostööstamine.

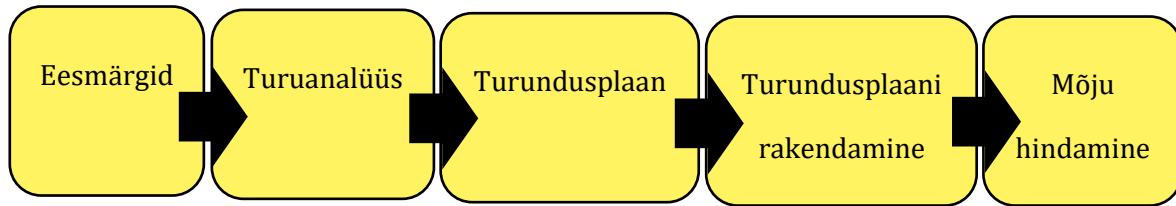
Võimalikud tegevused CCU-projektide turustamiseks on osalemine tööstusmessidel, otsekontakti loomine potentsiaalsete CCU-tehnoloogiat rakendavate ettevõtetega ning CCU-teavet ning arendusvõimalusi tutvustava veebilehe loomine, mis võib olla näiteks EAS, IVIA või mõne muu avaliku sektori kodulehe osa. Messidel osalemine ja kontakti võtmine sobib CO₂ kasutada võivate keemia-, ehitusmaterjali- ja jäätmekäitlusettevõtete leidmiseks. Samas valdkonna idufirmadega kontakti loomiseks on eriti oluline kergesti kättesaadava info olemasolu. Kergesti leitav veebinfo võimaldab suunata ettevõtteid just Ida-Virumaa projektide arendama. Veebilehel peaks olema ka info toetusmeetmete ja võimalike asukohtade kohta.

Investorite teadlikkuse tõstmiseks CCU-investeeringuvõimalustest on võimalik teha koostööd investorite katuseorganisatsioonidega. Üheks võimalikuks katuseorganisatsiooniks on EstBan, mis koondab idufirmadesse investoreid. Koostöös organisatsioonidega on võimalik teha investoritele koolitusi CCU-tehnoloogia potentsiaali tutvustamiseks ning tutvustada võimalikke toetusmeetmeid.

CCU-tehnoloogia abil on võimalik vähendada süsinikuemissioone ning rakendada ringmajanduse põhimõtteid. Seetõttu on oluline, et potentsiaalsed investorid oleksid teadlikud CCU-tehnoloogiast kui roheinvesteeringust. Keskkonnasõbralikkuse turundamiseks on võimalik koostöö Eesti roheidufirmade katuseorganisatsiooni Cleantech ForEstiga. Koostöös on võimalik panustada roheidufirmade programidesse idee pakkujana või ka mentorina. Sobivad programmid on näiteks Pioneers into practice ja ClimateLaunchpad. Programmides osalemisega kaasneb meediakajastus ning võimalus tutvustada Ida-Virumaad kui potentsiaalikat kohta CCU-tehnoloogia teostamiseks.

Turundustegevused võivad suurendada võimalust ettevõtetele CCU tehnoloogia rakendamiseks. Strateegia elluviimine aitab luua kontakte ja koostööprojekte ettevõtete vahel. Turundusstrateegia meetmed iseseisvalt ei garanteeri projektide rakendumist.

Turuanalüüsi ja turundusplaani koostamine peaks toimuma perioodil 2021–2022, selleks, et 2023. aastast oleks võimalik turundusplaani kogu mahus rakendada (Joonis 12.1).



Joonis 12.1. Turundusstrateegia etapid

Turundusstrateegia raames on võimalik luua otsekontaktid ettevõtete ja organisatsioonidega ning tutvustada võimalust rakendada Ida-Virumaal CCU-projekte. Tabelites 12.1 ja 12.2 on toodud nimekiri potentsiaalsetest ettevõtetest ja organisatsioonidest.

Tabel 12.1. Võimalikud koostööettevõtted/organisatsioonid Eestis

Ettevõte	Sektor/Tegevus
Eesti Keemiatööstuse Liit	Tööstusliit
Eesti Ringmajandusettevõtete Liit	Ettevõtjate liit
Eesti Ehitusmaterjalide Tootjate Liit	Ettevõtjate liit
SA Ida-Virumaa Tööstusalade Arendus	Arendusorganisatsioon
Ettevõtluise Arendamise Sihtasutus	Riiklik sihtasutus
MTÜ Eesti Äriinglite Assotsiatsioon	Investororganisatsioon
Cleantech ForEst	Investororganisatsioon
AS Eesti Energia Kaevandused	Mäetööstus
AS Viru Keemia Grupp	Mäetööstus
OÜ Kiviõli Keemiatööstus	Mäetööstus
Bauroc AS	Mineraalsete materjalide tootjad
Estplast AS	Mineraalsete materjalide tootjad
Haka Plast OÜ	Mineraalsete materjalide tootjad
Penosil Eesti OÜ	Mineraalsete materjalide tootjad
Nordkalk AS	Mineraalsete materjalide tootjad
Reiden AS	Mineraalsete materjalide tootjad
Saint-Gobain Ehitustooted AS	Mineraalsete materjalide tootjad
Silikaat AS	Mineraalsete materjalide tootjad
Soudal AS	Mineraalsete materjalide tootjad
Uninaks AS	Mineraalsete materjalide tootjad
Wienerberger AS	Mineraalsete materjalide tootjad
Ragn-Sells AS	Jäätmekäitlus

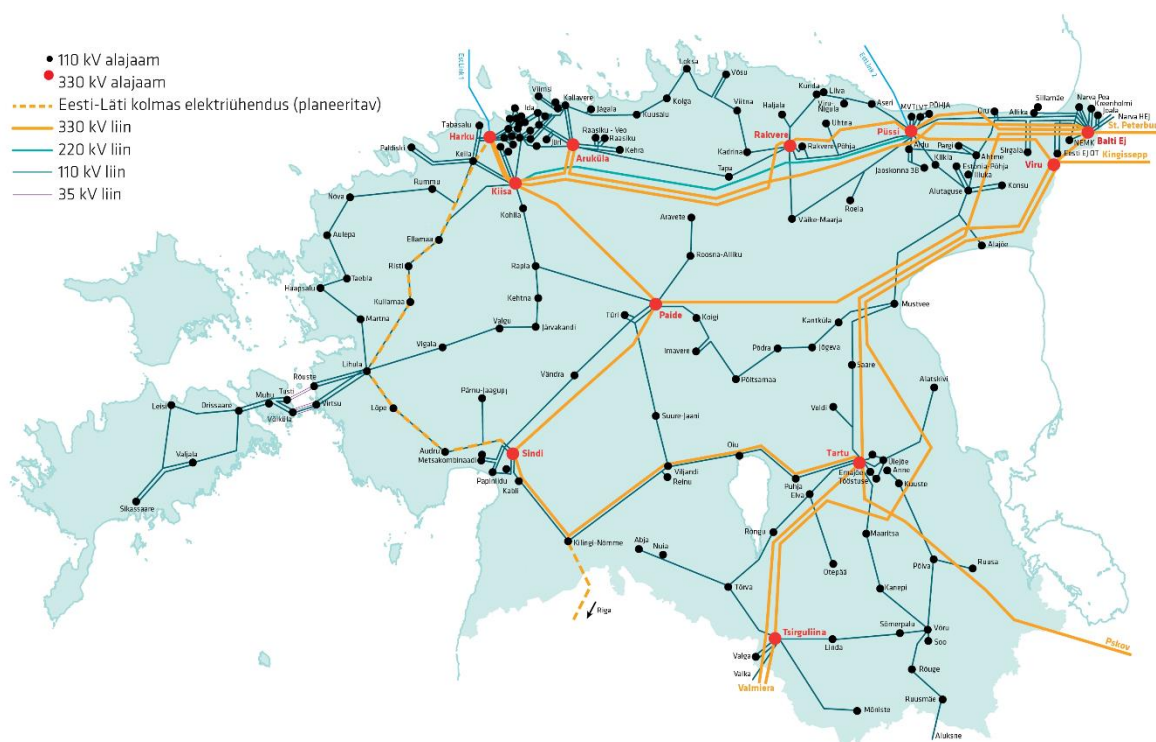
Tabel 12.2. Välismaised CCU-ettevõtted

Ettevõte	Sektor	Peakontor
Global Thermostat	Ressursid ja keskkond	USA
American Green Gasoline	Biokütused ja -kemikaalid	USA
Breathe	Ressursid ja keskkond	India
C4X Technologies Inc.	Ressursid ja keskkond	Hiina
Blue Planet Ltd.	Ressursid ja keskkond	USA
CarbiCrete	Materjalid ja kemikaalid	Kanada
Carbon Upcycling Technologies Inc.	Materjalid ja kemikaalid	Kanada
Carbon8 Systems	Jääkmaterjalid	Ühendkuningriik
Twence	Taastuvenergia ja keskkond	Madalmaad
Mineral Carbonation International	Ressursid ja keskkond	Austraalia
Carbon Recycling International (CRI)	Kemikaalid	Island
Carbonfree Chemicals	Taastuvenergia ja keskkond	USA
Carbon Clean	Keskkonnateenused	Ühendkuningriik
Tata Chemicals	Kemikaalid	India

13. ENERGIAJULGEOLEK, ELEKTRIENERGIA KÄTTESAADAVUS NING PÕLEVKIVIENERGEETIKA ROLL

13.1. Ülevaade

Põlevkivienergeetika rolli kindlakstegemiseks, aga ka CCU-projektide elluviimise pikaajalise perspektiivikuse hindamiseks on oluline analüüsida Eesti energiapuudust ja elektrienergia kättesaadavust. Elektrienergia vajadus on suur nii erinevatel CO₂ eraldamise kui kasutamise tehnoloogiatel ning CO₂ heitmete suurendamise vältimiseks on soovitatav kasutada taastuvenergiat. Elering AS (edaspidi Elering) on riigiettevõtte, mille põhitegevusala on elektrienergia ülekanne ja müük. Elering haldab, arendab ja käitab Eestis elektrisüsteemi põhivõrgu 110–330 kV kõrgepingeliine. Ida-Virumaal on kolm 330 kV alajaama: Balti EJ, Viru ja Püssi ning kaksikümme kaks 110 kV alajaama, mis teeb Ida-Virumaast Harjumaa kõrval teise kõige tihedama 110 kV elektrivõrguga maakonna (Joonis 13.1). Lisaks on 2014. aastast Püssi ja Anttila vahel 650 MW alalisvooluühendus Estlink 2. Ida-Virumaal on võimalik mitmete 330 kV ja 110 kV alajaamade olemasolul rajada uutele tootmisseadmetele või tööstustele otseühendusi, mis vähendab oluliselt (kuni 20%) elektrienergia ülekandekulusid [121].



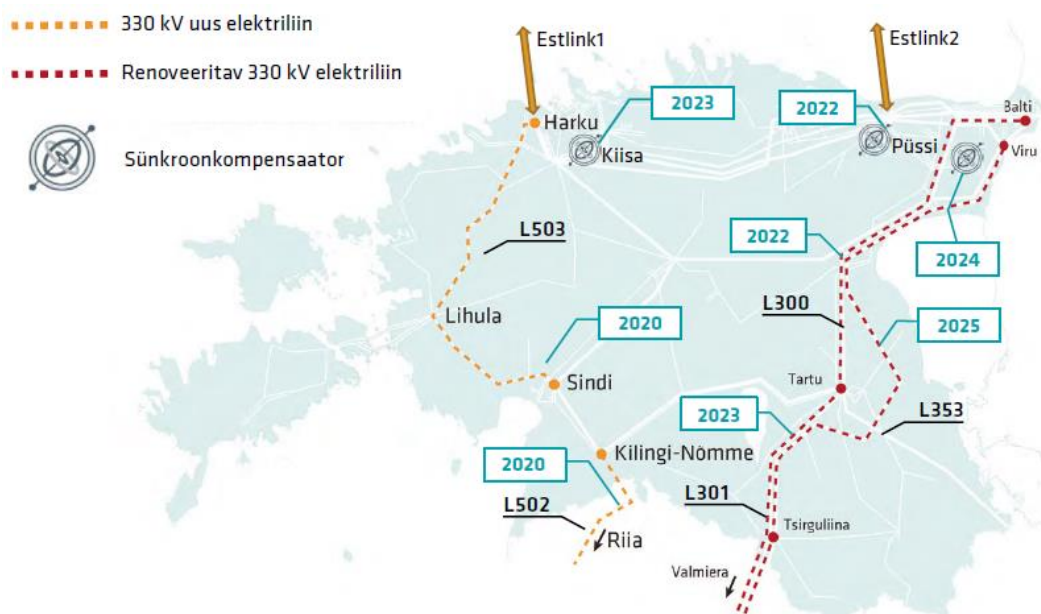
Joonis 13.1. Eesti elektrisüsteemi põhivõrk [121]

13.1.1. Sünkroniseerimine

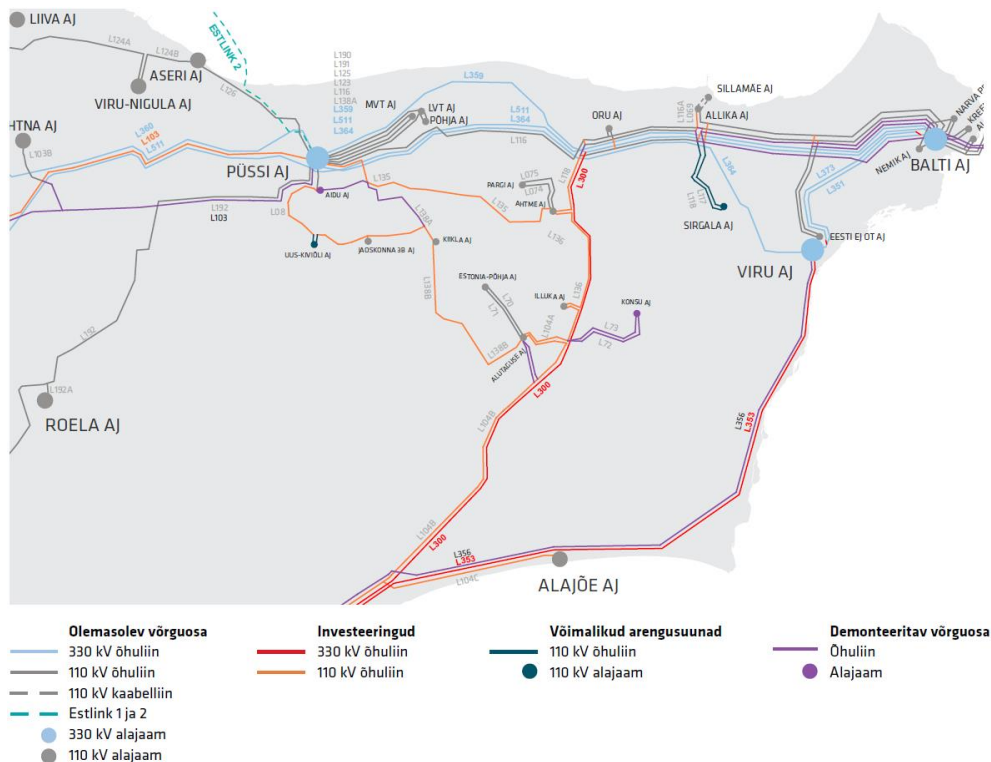
Praegu on Eesti ja teiste Balti riikide elektrisüsteem ühendatud sünkroonselt Venemaa elektrisüsteemiga (IPS/UPS). 2026. aasta jaanuaris on Balti riikidel kavas ühiselt end Venemaa elektrisüsteemist Mandri-Euroopa elektrivõrku ümber ühendada. Ühise eesmärgi saavutamiseks rekonstrueerib Elering riikidevahelisi ülekandeliine (Joonis 13.2, Joonis 13.3) [122].

Mandri-Euroopaga ühises sagedusalas opereerides väheneb Eesti elektrisüsteemi sõltuvus Venemaa omast, mis vähendab võimalikke geopoliitilisi riske. Rekonstrueerimise tagajärjel parandatakse ülekandeliinide läbilaskevõimsusi ja alajaamu, ning see suurendab kohalike elektritootjate võimalusi uute taastuvenergia tootmisvõimsuste rajamisel, et täita süsinikuneutraalsuse eesmärgi.

2018. aastal Eleringi tellitud uuringute põhjal ei ole desünkroniseerimise järel alates 2030. aastast Balti riikide elektrisüsteemis piisavalt inertsit, et tagada elektrisüsteemis vajalik sagedusstabiilsus ning sageduse muutumise kiirus. Elektrisüsteemi inertsit kasvatamiseks, sageduse juhtimiseks ja sageduse muutuse aeglustamiseks soetatakse sünkroonkompensaatorid. Sünkroonkompensaatorid lisavad elektrisüsteemi täiendavat lühisvõimsust ning kompenseerivad võrgu reaktiivenergiat. Avariilukorras on soetatavate seadmete eesmärk tagada sageduse juhtimise võimekus. Sünkroonkompensaatorid paigaldatakse Püssi, Kiisa ja Viru alajaamadesse. Projekteerimis- ja ehitustöödega alustatakse 2021. aastal ning lõpetatakse 2024. aasta lõpuks [122]. Uute tootmisseadmete rajamisel tuleks arvestada, et tootmisseade oleks võimeline sageduse võnkumisi reguleerima ja summutama. Olemasolevates elektrijaamades automaatikasüsteemide ümberehitamist rahastab süsteemihaldur Elering.



Joonis 13.2. Sünkroniseerimiseks rekonstrueeritavad ülekandeliinid [122]



Joonis 13.3. Sünkroniseerimiseks rekonstrueeritavad ülekandeliinid Kirde-Eestis [123]

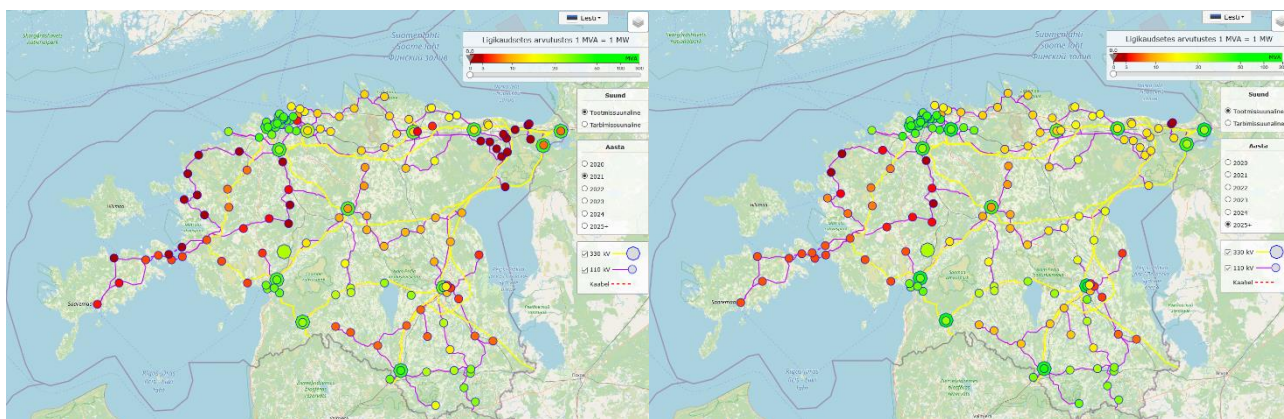
Rekonstrueerimise ja sünkroniseerimise tagajärjel saavad elektritootjad paremad võimalused elektri tootmiseks ja müümiseks praegusest suuremal ja paindlikumal turul. Elektrienergia müüki ning ostu ja taastuenergia tootmisvõimsuste ekspordipotentsiaali toetavad Leedu-Poola alalisvooluühenduse investeeringud, mis hõlbustavad kaubanduslike elektrivoogude teenindamist. 2020. aastal lõpetatakse LitPol Link 1 viimane etapp, mis tõstab varasema 500 MW alalisvooluühenduse 1000 MW võimsuseni. 2025. aastaks on plaanis ehitada täiendav 1000 MW alalisvooluühendus LitPol Link 2, mis suurendaks Balti riikide elektrisüsteemi ühenduse 2000 MW võimsuseni [124].

13.1.2. Vabad liitumisvõimsused

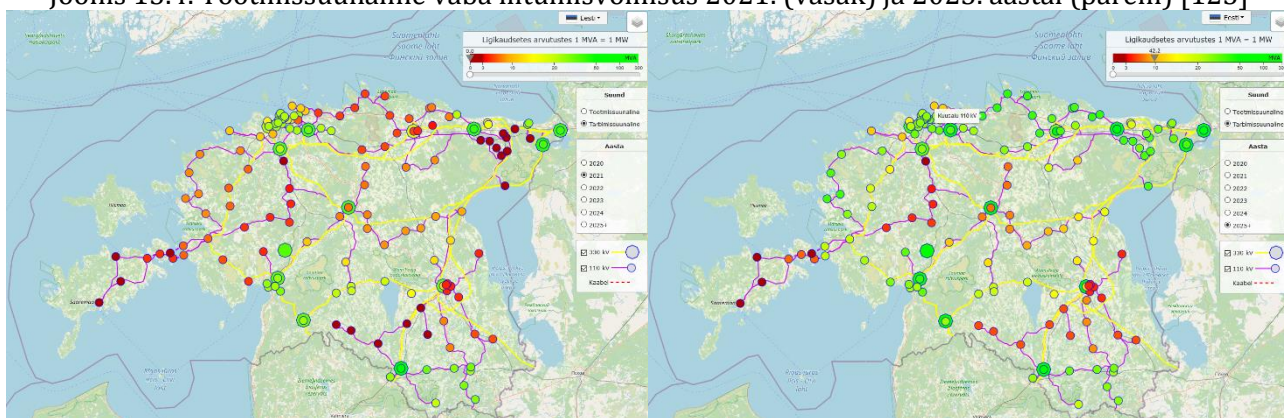
Elering haldab vabade liitumisvõimsuste arvutusprogrammi (VLA, <https://vla.elering.ee/>) [125], mis võimaldab potentsiaalsetel investoritel tuvastada vabad liitumisvõimsused ja vajaliku investeeringu mahu uue liitumisvõimsuse rajamiseks. Joonistel 13.4 ja 13.5 on esitatud elektrisüsteemi ülekandeliinide tootmis- ja tarbimissuunaline vaba liitumisvõimsus 2021. ja 2025. aastal (0–300 MW ulatuses) [126].

2021. aasta seisust järeldub, et Ida-Virumaal, Sillamäe, Jõhvi ja Alutaguse vallas on 110 kV tootmis- ja tarbimissuuna ülekandeliinil kõige vähem vaba liitumisvõimsust. Sünkroniseerimisele eelnevate rekonstrueerimiste tagajärjel kasvab 2025. aastaks ülekandeliinide vaba liitumisvõimsus märkimisväärselt, kuigi Sillamäe ja Kohtla-Järve alajaamade vaba liitumisvõimsus muutub võrreldes 2021. aastaga kõige vähem.

Kui 2021. aastal on Ida-Virumaa 110 kV alajaamade tootmissuunaline vaba liitumisvõimsus keskmiselt 2,6 MVA, siis 2025. aastaks saavutatakse 13,2 MVA väärtuses vaba liitumisvõimsust, mis võimaldab võrku liita oluliselt rohkem ja võimsamaid taastuenergia tootmisseadmeid. Tarbimissuunaliselt kasvatatakse vaba liitumisvõimsus 1,9 MVA pealt kuni 33 MVA-ni, mis võimaldab piirkonnas arendada uut tööstusparki ilma kulukate elektrivõrguinvesteeringuteta.



Joonis 13.4. Tootmissuunaline vaba liitumisvõimsus 2021. (vasak) ja 2025. aastal (parem) [125]



Joonis 13.5. Tarbimissuunaline vaba liitumisvõimsus 2021. (vasak) ja 2025. aastal (parem) [125]

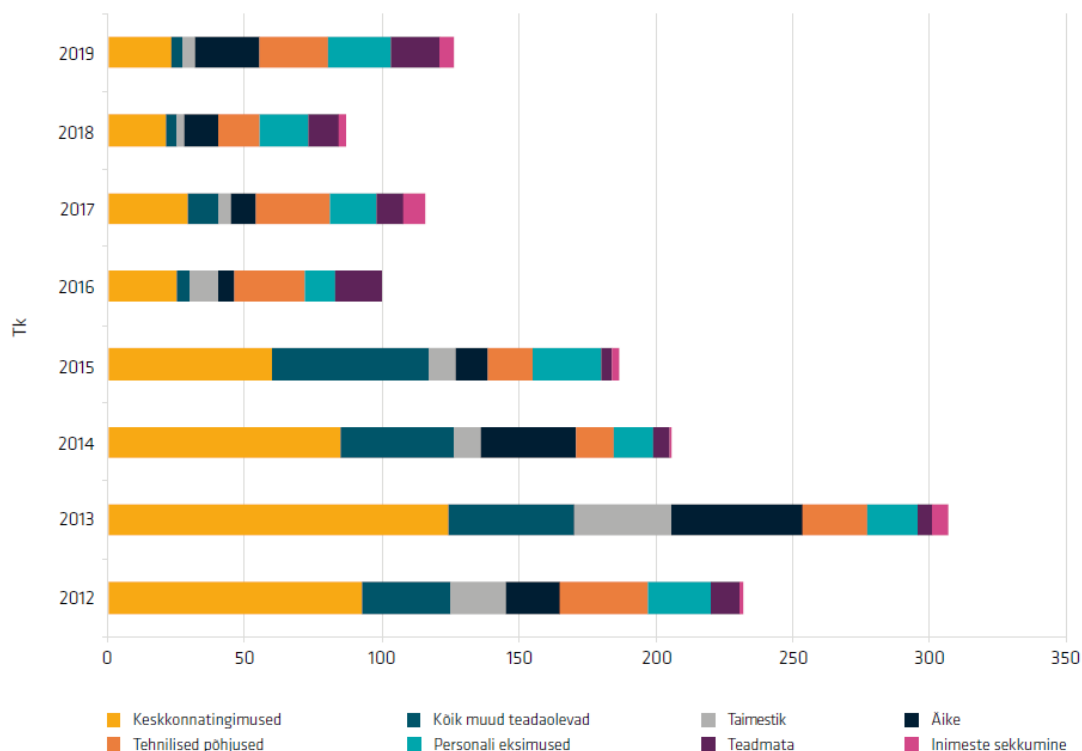
13.2. Varustuskindlus

13.2.1. Eesti elektrienergia põhivõrgu töökindlus

Elering panustab igal aastal uute liinide ja alajaamade investeeringute elektrivõrgu töökindluse tõstmisesse. Joonisel 13.6 on esitatud Eleringi liinide väljalülitumise põhjuseid viimase seitsme aasta jooksul [123]. Kohaliku võrgu varustuskindlus on viimastel aastatel oluliselt paranenud ning järjepidevate järgnevat aastate investeeringutega panustatakse sellesse veel.

Jooniselt on näha, et keskkonna ja taimestiku (liinidele kukkunud puud) põhjustatud väljalülituste koguarv on viimase seitsme aasta jooksul oluliselt vähenenud. Vähenenud on äikesest tingitud katkestuste arv. Lisaks tehnilistele investeeringutele teostatakse õhuliinide kaitsevööndis järjepidevat hooldust ning tänu sellele ei toimunud 2018. aastal ühtegi katkestust, mis oleks põhjustatud loodusjõu tagajärjel puu õhuliinile langemisest. Väidetud puude langemise põhjustatud väljalülitumised toimusid tegelikult inimtegevuse tagajärjel [124]. 2019. aastal langes kaitsevööndis viis puud elektriliinidele. 2019. aastal oli peamine katkestuste põhjus seadmete vananemisest tingitud tehniline rike. Kolmandikul kordadest olid katkestused tingitud naabervõrkude seadmete riketest, mis lülitasid välja välisühendused. Teiseks põhjuseks olid keskkonnategurid, nagu äike ja linnud-loomad, kolmandaks personali eksimused, näiteks valed tegevused, seadistused, teostamata hooldused ja projektivead [123]. 2019. aastal jäi võrguhäiringute tõttu edastamata 216,5 MWh elektrienergiat. See on 11,7 korda rohkem kui 2018. aastal. 15 aasta keskmine näitaja on 131 MWh/a [123].

Kuigi kohaliku elektrisüsteemi varustuskindlus on heas seisus ning muutub aastatega paremaks, siis olemasolevatel ja uutel tootmisettevõtetel ei tasu elektrienergia varustuskindluses jääda lootma ainult kohaliku energiasüsteemi haldurile, vaid kasutusele tuleks võtta ka täiendava varustuskindluse erilahendused. Tootmisettevõtetel on võimalik soetada pingestabilisaatorid, lühiajalised (UPS, inglise keeles *uninterrupted power supply*) ja pikaajalised (elektrigeneraator) puhvertoiteallikad, mis tagavad tootmisprotsessi seadmetele katkematu töö ja kaitse elektrivõrgu pingekõikumiste, ilmast põhjustatud häirete ja elektrikatkestuste vastu. Lisaks on võimalik vähendada tootmisprotsesside elektrienergiatarvet taastuvenergialahenduste abil, peamiselt tootmishoonete katustele paigaldatud päikesepaneelidega [127].



Joonis 13.6. Eleringi liinide väljalülitumise põhjused ajavahemikus 2012–2018 [123]

13.2.2. Läänemere regiooni varustuskindluse baasstsenaarium

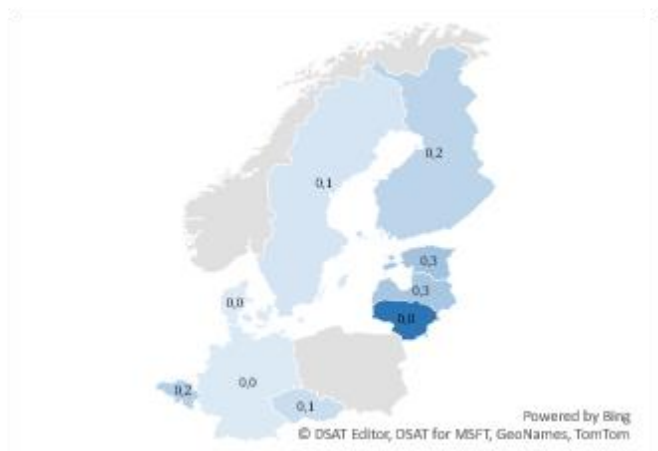
Elektrienergia varustuskindlust reguleerib Eestis elektrituruseadus, mis seab süsteemihaldurile, Eleringile, kohustuse tagada elektrituru tõhus toimimine. Sellest tingituna koostab Elering iga aasta Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruande (2020) [123]. Seoses Euroopa Liidu süsinikuvaba majanduse eesmärkidega ja Mandri-Euroopa elektrisüsteemi sünkroniseerimise plaaniga on Eesti elektrienergia varustuskindlust analüüsinud ka Konkurenstiamet (2018) [128]. Euroopa elektri põhivõrguettevõtjate võrgustik (inglise keeles *European Network of Transmission System Operators for Electricity* ehk ENTSO-E) koostab iga aastal üleeuroopalise varustuskindluse ja tootmisvõimsuste piisavuse ülevaate „MAF“ (inglise keeles *Mid-term Adequacy Forecast*) [129].

Iga riigi tootmisvõimsuste piisavust analüüsitakse tõenäosusliku simulatsiooniga, mis arvestab erinevate ilmastikuoludega aastate elektrienergia tarbimisprofili, tuule-, päikese ja hüdroenergia tootlikkuse muutuseid ning süsteemide ettenähtud ja ettenägematud avariiolekordi. Selle tulemusena arvutatakse keskmine piirangutundide arv „LOLE“ (inglise keeles *Loss of Load Expectation*). Tulemused esitatakse baasstsenaariumina ja konservatiivse stsenaariumina, mis on aruandes nimetatud väikse süsinikusisalduse stsenaariumiks. Konservatiivses stsenaariumis eeldatakse kahjumlike jaamade ja eluea lõpus olevate tootmisseadmete sulgemist keskkonnapiirangute karmistumise tagajärjel [129]. Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruande koostamisel on ENTSO-E ülevaatele tuginenud nii Elering kui ka Konkurenstiamet. Lisaks on Eleringi ja Tallinna Tehnikaülikooli eksperdid analüüsinud Eesti elektrisüsteemi elektrienergia tarbimist ja tootmist ning hinnanud Baltikumi ja Soome regionaalset varustuskindlust.

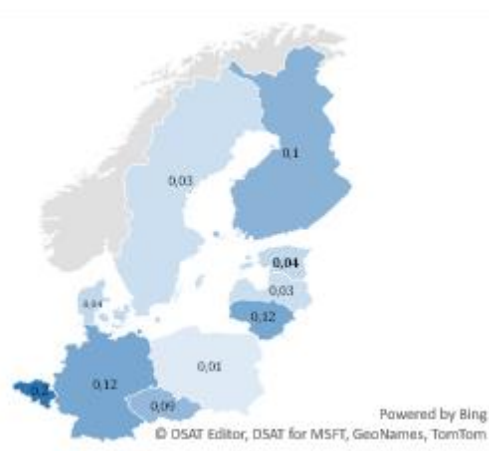
Läänemere regiooni baasstsenaariumi 2025. aasta tulemus on esitatud Joonistel 13.7 ja 13.8 ning 2030. aasta tulemus Joonistel 13.9 ja 13.10 [129].

2020. aasta analüüsi tulemustest järeldub, et 2025. aastal on Eestis kogu aasta peale kokku 0,3 tunni suurune elektrienergia puudujääk. See tähendab, et Eesti tootmisvõimsustel ei ole võimalik tarbijatele tagada 0,04 GWh ulatuses elektrienergiat (inglise keeles *Expected Energy Not Served – EENS*). 2030. aasta baasstsenaariumi puhul on samad näitajad 0,8 tundi ja 0,14 GWh. Analüüsi tulemustest ilmneb trend, et elektrienergia süsteemi näitajad muutuvad 10 aasta jooksul peaaegu kõikides riikides kehvemaks [129], [130].

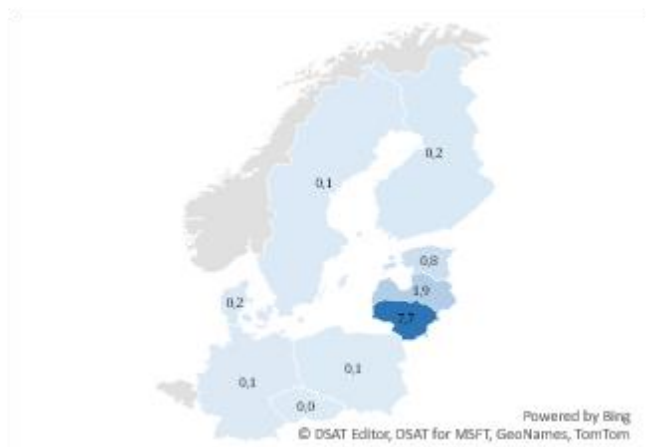
Tulemuste tõlgendamisel märgitakse, et riikide varustuskindlus loetakse piisavaks, kui katkestustundide arv on vähem kui 3 tundi. Samuti ei tähenda katkestuse esinemine, et katkestus mõjutaks kogu elektrisüsteemi tarbijaid, vaid väikest osa inimesi, kellele elektrienergiat ei ole võimalik tagada. Seega baasstsenaariumi teostumise korral on Eesti tootmispiisavus ja varustuskindlus väga hea [123].



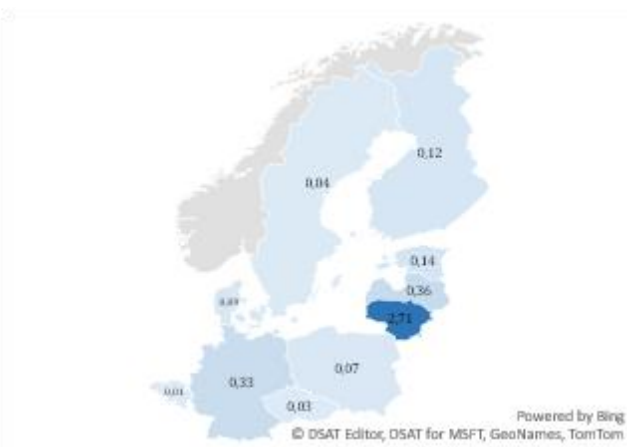
Joonis 13.7. Piirangutunnid 2025. aastal (h) [129]



Joonis 13.8. Elektrienergia puudujääk 2025. aastal (GWh) [129]



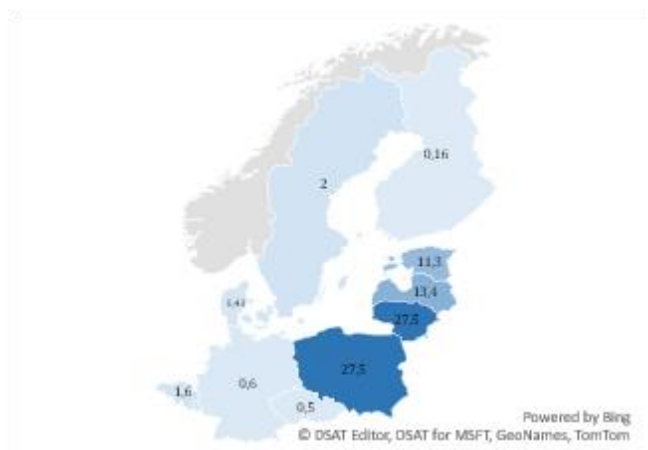
Joonis 13.9. Piirangutunnid 2030. aastal (h) [129]



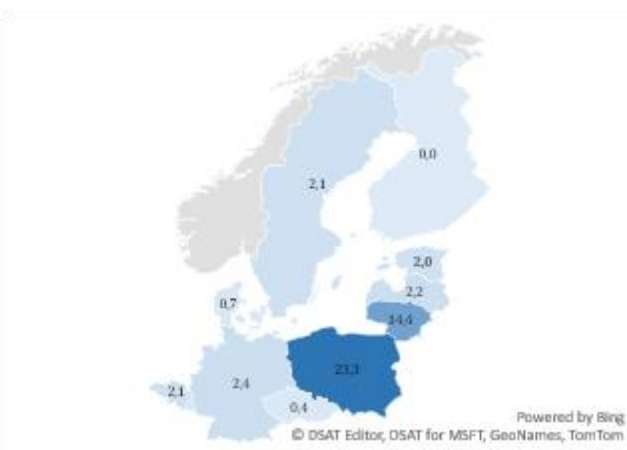
Joonis 13.10. Elektrienergia puudujääk 2030. aastal (GWh) [129]

13.2.3. Läänemere regiooni varustuskindluse väikse süsinikusalduse stsenaarium

Väikse süsinikusalduse stsenaariumis (inglise keeles low carbon) nähakse Euroopas tootmisvõimsuse vähenemist 23,6 GW võrra, sh Eestis kuni 0,7 GW (Eesti Elektriijaama ja Balti elektriijaama plokkide sulgemine). Sellest tingituna kasvaks Eesti katkestustundide arv 11,3 tunnini, mis tähendaks, et Eesti tarbijatele ei oleks võimalik tagada 1,99 GWh väärtuses elektrienergiat. Seega konservatiivsema stsenaariumi teostumise korral on Eesti varustuskindluse hinnang halvem (Joonis 13.11, Joonis 13.12) [131].



Joonis 13.11. Piirangutunnid 2025. aastal (h) [131]



Joonis 13.12. Elektrienergia puudujääk 2025. aastal (GWh) [131]

13.2.4. Eesti varustuskindluse hinnang

Eleringi varustuskindluse analüüsis peetakse 2025. aasta konservatiivse stsenaariumi teostumist ebatõenäoliseks. Lisaks moodustab puudujääv elektrienergia maht väikese osa kogu elektrienergia mahust. 2019. aastal toodeti Eestis 6,4 TWh elektrienergiat ning tarbimine oli 8,6 TWh, seega imporditi 2,2 TWh. Seega konservatiivse stsenaariumi hinnanguline tagamata elektrienergia kogus (2 GWh) moodustab kogu tarbimisest 0,02%. Baasstsenaariumi korral on see vähem kui 0,01%. Eesti varustuskindluse normi järgi leiti, et sellise osakaalu katmiseks ei ole mõistlik teha täiendavaid investeeringuid. Varustuskindluse norm jõustub eeldatavalt 2021. aastal.

Eleringi hinnang (2019) [131]: „Eesti ja regiooni varustuskindlus on üleeuroopalise hinnangu põhjal tagatud aastani 2025 tootmis- ning ülekandevõimsuste koosmõjul. Olemasolevad tootmis- ja ülekandevõimsused on heaks aluseks ka erinevate kriisistsenaariumitega toimetulemiseks.“

Elektrituru osalised on seisukohal, et Eesti ei suudaks iseseisvalt tagada kogu regiooni tootmisvõimsuste piisavust, vaid oluline on ka naaberriikide puudujääk ja ülekandevõimsused. Eleringi analüüsid näitavad, et Eestile piisab 1000 MW juhitavast võimsusest, et tagada elektrisüsteemi piisavus. Alla 1000 MW korral ollakse valmis välja kuulutama strateegilise reservi võimsusmehhanism. Alates 2030. aastast ei ole võimalik Eesti elektrisüsteemi tippkoormust ilma välisühendusega katta. 2030. aasta tippkoormuseks prognoositakse 1690 MW, mis kaetakse 935 MW ulatuses tootmisvõimsustega ning 1050 MW ülekandevõimsustega. Eleringi hinnang (2020): „Arvestades elektriühendusi ja tootmisvõimsust regionaalsel elektriturul, on tootmisvõimsusi Eesti vaates järgnevas kümneks aastaks piisavalt. Kodumaine elektriturul kasutatav tootmisvõimsus koos välisühendustega katab tarbimisnõudluse talvisel tippajal“ [129].

Konkurentsiameti analüüsis hinnatakse väikse süsinikusisalduse stsenaariumi pigem tõenäoliseks, sest eeldatakse, et õhusaastega seotud nõuded Euroopa Liidus karmistuvad, CO₂ hind on kasvuteel ning vananevate põlevkivil töötavate tootmisvõimsuste maht Eestis väheneb. Importvõimsusteta ehk saartalituse korral nähakse Konkurentsiameti analüüsis olukorda, kus alates 2024. aastast ei suuda Eestis töötavad tootmisvõimsused tagada Eesti elektrienergia tarbimisvajadust ning varustuskindlus tagatakse välisühendustega. See oht on olemas, kuid selle tõenäosus on väike. Konkurentsiameti hinnangul [128]: „[...] on Eesti lähitulevikus tugevalt impordist sõltuv. Elektrisüsteemi toimimise võrgueeskirjas ette nähtud tarbimisnõudluse rahuldamiseks vajalik tootmisvaru Eestile on koos importvõimsutega nõutavas mahus tagatud kuni analüüsitud perioodi lõpuni 2033. aastal. Samas, tuginedes varustuskindluses tugevalt impordile, puudub kindlus, et vastavas mahus import naaberriikidest on igal ajahetkel võimalik regiooni enda võimalike varustuskindluse probleemide tõttu.“

Hetkel on perioodile 2019–2029 juba kavandatud 910,7 MW ulatuses taastuvenergia tootmisseedmeid ning 2000 MW ulatuses välisühendusi ülekandeliinidega, millega Eleringi hinnangul suudetakse tagada piisav elektrienergia kättesaadavus ka rasketes avariiolekordades [131], kuid Konkurentsiamet nendib [128]: „Hetkel ei ole (Eestis) rajamisjärgus ka ühtegi elektriijaama, mis ei oleks muutliku loomuga tuule või päikeseenergia põhine ja suudaks pakkuda tootmisvõimsust juhitavalt. Kuna uue elektriijaama rajamine on pikk protsess, minimaalselt kuni 5 aastat, aga pigem kuni 10 aastat, siis jätkub praegusest analüüsist nähtuv defitsiitne olukord antud ajaraamistikus.“

ENTSO-E analüüsi uuendatakse iga aasta, seega varasema pikaajalise prognoosi järgimise asemel tuleks varustuskindlust hinnata iga aasta ehk uute tootmisvõimsuste mitterajamise korral võib tootmisvõimsuste puudujääk Eesti elektrisüsteemi tegevustest sõltumata rakenduda juba varem kui aastal 2033 [129].

13.2.5. Tootmisseedmete võimsuse vähenemine

Võrguhaldurit on teavitatud, et viie aasta jooksul kaob elektrivõrgust 1291 MW ulatuses tootmisvõimsust ning 10 aasta jooksul 1677 MW ulatuses [123]:

- 2021: Eesti elektriijaama plokkide sulgemine, 815 MW;
- 2021: Balti elektriijaama ploki sulgemine, 130 MW;
- 2024: täiendavate plokkide sulgemine Eesti Elektriijaamas, 346 MW;
- 2031: plokkide sulgemine Eesti ja Balti Elektriijaamas kokku, 386 MW.

Enefit Power AS tagab 2023. aasta lõpuni 1000 MW juhitava elektritootmisvõimsuse. Eesti ja Balti Elektriijaama (EJ) plokkide sulgemisajad on hinnangulised. Eesti EJ 3., 4., 5. ja 6. tolmpõletusploki sulgemisaeg sõltub süsinikukvoodi hinnast ja majanduslikust tasuvusest. Nende, Balti EJ 11. ploki ja Eesti EJ 8. ploki tööaeg ei ole praegu piiratud, sest nende tootmisseeded vastavad keskkonnakaitsenõuetele (põlevkivi energeetilise kasutamise PVT järelduste dokument) kuni 2030. aastani ning on tõenäoline, et pärast 2030. aastat keskkonnanõudeid karmistatakse [123]. Põlevenergeetikal on keskne roll Eesti varustuskindluse tagamisel kohapealsete juhitavate tootmisvõimsustega.

13.3. Elektrivõrku toetavad tehnoloogiad

13.3.1. Energiasalvestus

Toimivad elektrienergia salvestamise lahendused ja prototüübid on turul olemas, kuid Eesti taastuvenergia tootmisvõimsus ja -mahud ei ole piisavad, et taastuvenergia salvestuse projektid suudaksid konkureerida tavapäraste soojuselektrijaamadega. Mitmed lahendused võivad muutuda turuküpseks alles avamere-tuuleparkide rajamisel.

Kõige levinumad energiasalvestid maailmas on pump-hüdroelektrijaamad, mis moodustavad 96% kogu energiasalvestusvõimsusest (176 GW). Pump-hüdroelektrijaamas kasutatakse elektrienergia tootmiseks gravitatsiooni potentsiaalset energiat. Pump-hüdroelektrijaama hüdroturbiini efektiivsus on 75–90%. Energiasalvesti majanduslik otstarbekus tuleneb odavama ja kallima elektrienergiahinna vahe ära kasutamises, kuid elektrivõrgu seisukohalt on võimalik tagada hädavajalikul hetkel kompenseeritav juhitav võimsus. 2028. aastaks plaanitakse rajada Paldiski pump-hüdroelektrijaam võimsusega 500 MW (Energiasalv OÜ, [132]) ning Estonia kaevandusse kavandatakse 2030. aastaks rajada 50 MW võimsusega pump-hüdroelektrijaam (Eesti Energia, [133]). Maailmas rajatud pump-hüdroelektrijaamade maksumus on olnud hinnanguliselt 470–2170 €/kW [134]. Energiasalve eesmärk on 700 €/kW [132].

Sarnast gravitatsiooni põhimõttel toimivat salvestuse prototüüpi arendab Šveitsi ettevõtte Energy Vault, mille puhul on betoonplokkide kraanal langemise kaudu võimalik tagada lühiajaline elektriline võimsus. Praegu on arenduses 4–8 MW võimsusega energiasalvesti, mille tööaeg on 8–16 tundi. Energiasalvesti efektiivsus on 90% [135]. Kaevandustesse on võimalik rajada sarnaselt toimiv energiasalvestuslahendus, kus kasutatakse betoonplokkidega täidetud rongivaguneid. Elektrimootoritega varustatud vagunid toodaksid raudteel allamäge liikudes elektrienergiat. USA ettevõtte Advanced Rail Energy Storage'i eesmärk on arendada 5 MW kuni 1 GW energiasalvesti, mis töötaks 15 minutit kuni 10 tundi. Energiasalvesti efektiivsus on 80% [136].

Euroopa Liidus on praegu üks olulisim arengusuund vesiniku tootmine. Vesinik on mitmekülgne energiaallikas, mida on võimalik kasutada elektrienergia ja soojuse tootmiseks või kasutada otse transpordis bensiini ja diislikütuse asendajana. Lisaks on võimalik vesinikust toota mitmesuguseid sünteetilisi kütuseid ja keemiatooteid. Elektrivõrgu seisukohalt on võimalik vesinikku toota selle üleliigsest elektrienergiast vee elektrolüüsi teel. Vesinikust toodetakse elektrienergiat kütuseelemendiga või gaasiturbiinidega. Võrreldes praeguste akutehnoloogialahendustega, on vesinikus võimalik transporditavat energiat salvestada suuremas mahus ja pikemaks ajaks. Praegustes lahendustes on vesiniku tootmise ja sellest elektrienergia saamise efektiivsus 40–50% vahel [137]. PEM-seadmega (inglise keeles *proton exchange membrane*) elektrolüüsi maksumus ilma elektrienergiaallikata on 1200 €/kW, kuid prognoositakse, et 2025. aastaks on seadme erikulu 700 €/kW (CAPEX) [138].

Kõikide salvestusmeetodite puhul on oluline, et energiasalvesti laadimine toimuks elektrienergia (taastuvenergia) ülejäägi korral või kasutataks selleks otseliini tuule- ja päikesepargiga. Oluline on märkida, et akumulatsioonielektrijaamade eluiga ulatub üle 50 aasta, kuid kütuselemendi eluiga on kuni 5 aastat.

Kuna akutehnoloogiad ei võimalda pikaajaliselt suuremahulist elektrienergia salvestamist ja kasutust ilma kadudeta, siis sobivad akud eelkõige lühiajaliseks salvestuslahenduseks majapidamistes või väiksemates tööstusettevõtetes. Päikesepaneelidega toodetud elektrienergia salvestamisel on võimalik tavatarbijatel tarbida salvestatud elektrienergiat siis, kui elektrivõrgu koormus on tavapäraselt kõige suurem ning taastuvenergia tootlikkus väike.

13.3.2. Ülekandevõimsused

Kuna avamere-tuuleparkide võimsused tuleb merekaabliga transportida maismaavõrku ning rannikuäärsed alajaamad ja maismaavõrk ei ole üldjuhul ehitatud suurte võimsuste transportimiseks,

siis selleks on planeeritud 2050. aastaks rajada riikidevaheline merevõrk (Baltic Offshore Grid), mis ühendaks omavahel Põhjamaade avamere-tuulepargid ja elektrivõrgud. See vähendaks avamere-tuuleparkide rajamisel maismaavõrkude rekonstrueerimise mahtu. Riikidevahelise energiavõrgustikuga on võimalik kulutõhusalt tagada kliimaeesmärkide saavutamine koos energiavarustuskindlusega [123].

Estlink 1 ja 2 on tõestanud end väga töökindlatena ning on olulised teostatud investeeringud edasise varustuskindluse tagamisel. Seega täiendavate ühenduste korral on võimalik suurendada elektrivõrgu töökindlust elektrienergia importimisel puudujäägi korral ning suurendada taastuvenergia ülejäägi müüki naaberriikidesse [123].

14. TUULEPARKIDE RAJAMISE PIIRANGUD JA VÕIMALIKUD ASUKOHAD

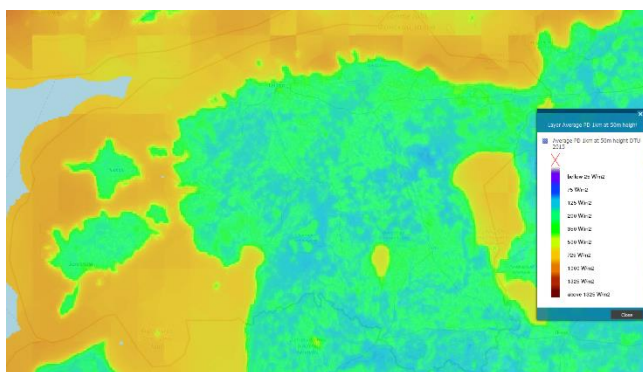
CCU kasutamisel erinevate kemikaalide tootmiseks on vajalikud väga suured kogused vesinikku, mida tuleks toota CO₂ heitmete kasvu vältimiseks taastuvenergiast. Ühtlasi taastuvenergia mahtude kasvatamise võimalustest sõltub põlevkivienergeetika roll energiaportfellis lähikümneanditel. Suures mahus uutest taastuvenergia elektritootmisvõimsustest on Eestis võimalik rajada ennekõike tuuleparke ja päikesepaneele. Kui päikesepaneelide rajamiseks on piiranguks ainult sobivate pindade ja liitumisvõimsuste olemasolu, siis tuuleparkide rajamiseks on piiranguid oluliselt rohkem. Käesolev peatükk analüüsib neid piiranguid, et teha kindlaks täiendavate tuuleparkide võimalikud asukohad.

14.1. Geograafiline potentsiaal

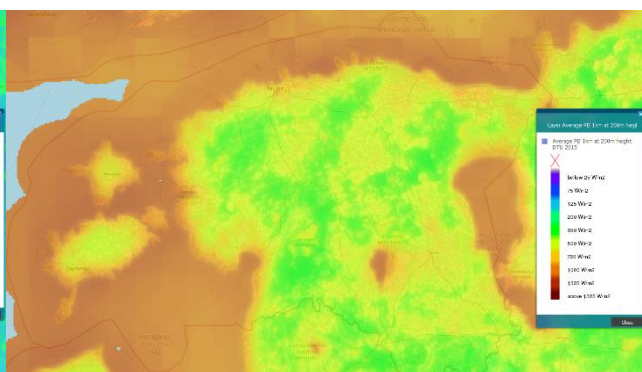
14.1.1. Tuuleturbiinide kõrguse mõju tootlikkusele

Joonistel 14.1 ja 14.2 on esitatud tuuleturbiini rootori läbimõõdu järgi võimsustihedus (W/m²) 50 ja 200 meetri kõrgusel. 50 meetri kõrgusel on maismaal tuulenergia potentsiaal keskmiselt 75–200 W/m² ning 200 meetri kõrgusel 200–250 W/m², kuid avamerel on samad näitajad 500 kuni 1325 W/m². Sellest järeldub selgelt seos tuuleturbiini kõrguse ja tootlikkuse vahel [139].

Ida-Virumaa võimsustihedus on keskmisest Eesti võimsustihedusest suurem, kuid soovitud tuulekiiruse saavutamiseks tuleb rajada kõrged tuuleturbiinid. Võimsustiheduse kaart näitab, et maismaa tuulenergia potentsiaal ei ole võrreldav avamere potentsiaaliga, kuid tulenevalt meretuuleparkide kõrgest maksumusest on täna heade tuuleoludega aladel asuvates maismaatuuleparkides toodetud elektrienergia omahind madalam ja seega maismaatuuleparkide projektid Eestis korraldatavatel taastuvenergia oksjonitel konkurentsivõimelisemad.



Joonis 14.1. Võimsustihedus 50 meetri kõrgusel [139]



Joonis 14.2. Võimsustihedus 200 meetri kõrgusel [139]

14.1.2. Ehituslikud piirangud

Majandus ja Kommunikatsiooniministeerium on koostanud tuuleenergeetika arendajatele järgimiseks järgenvas nimekirjas nimetatud põhimõtted [140].

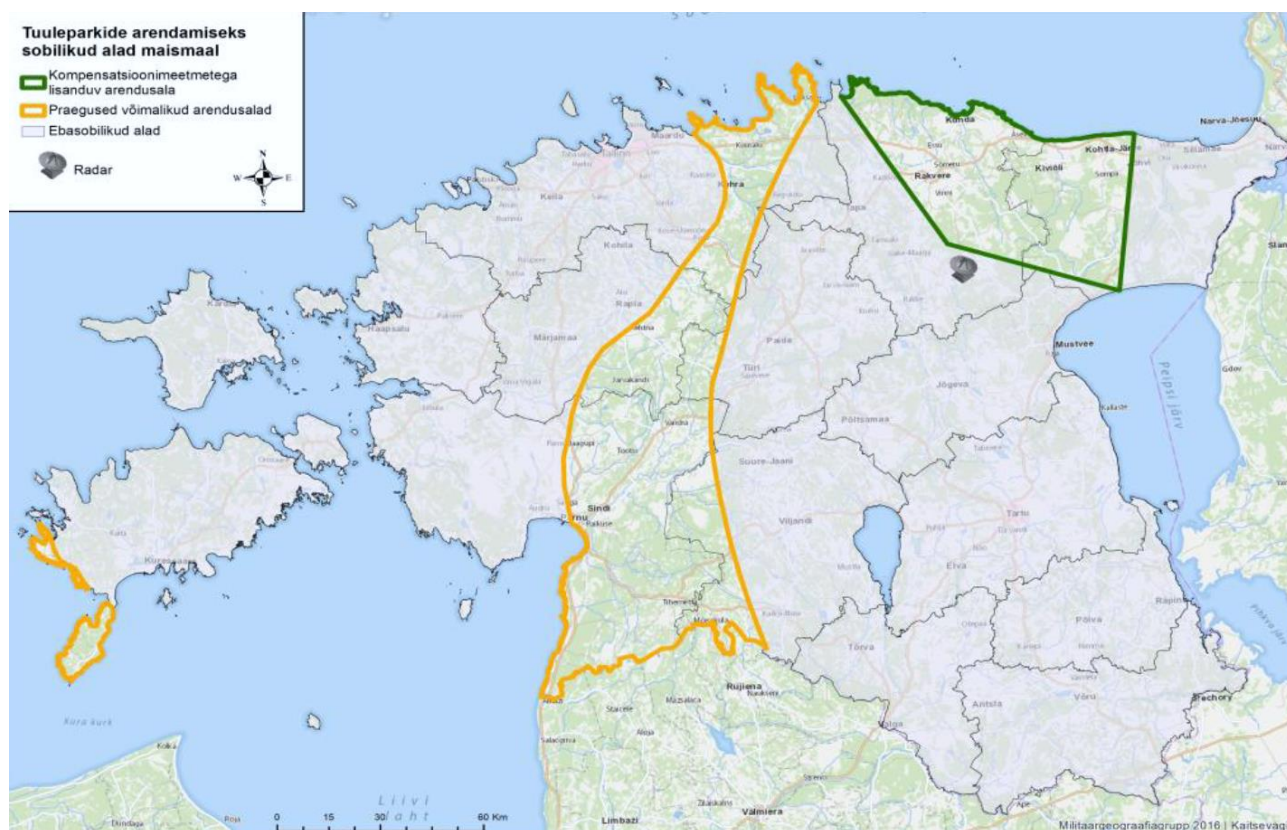
- Elamute ja ühiskondlike hoonete ning elektrituulikute vahemaa võib olla mitte vähem kui 1000 m, v.a tiheasustusalad (linnad, alevid) 2000 m.
- Maaomaniku nõusolekul võib elektrituulikut paigutada maaomaniku elamule lähemale kui 1000 m juhul, kui on tagatud nõuetele vastav müra normtase.
- Puhke- ja virgestusalad peavad olema tuuleparkidest eemal puhvriga 1000 m.
- Elektrituulikute ja tuuleparkide kavandamisel tuleb arvestada, et elektrituulik ei tohi avalikult kasutatavatele teedele (sõltumata nende funktsioonist, liigist, klassist ja lubatud sõidukiirusest) paikneda lähemal kui 1,5 x (H + D) (sealjuures H = tuuliku masti kõrgus ja D = rootori e tiiviku diameeter). Kavandatud uute riigiteede (Via Baltica, Suure Väina püsiühendus jne) puhul tuleb vähimat kaugust arvestada planeeringuga määratud trassikoridori servast.

- Väikese kasutusega (alla 100 auto ööpäevas) avalike teede puhul võib põhjendatud juhtudel riskianalüüsile tuginedes ja teeomaniku nõusolekul lubada planeeringus elektrituulikuid teele lähemale, kuid mitte lähemale kui tuuliku kogukõrgus ($H + 0,5D$). Tulenevalt üldplaneeringu pikaajalisest kehtivusest on soovitatav kindla vahemaa määratlemise asemel planeeringu koostamisel kasutada väljapakutud valemit. Näide: 200 m mastikõrguse ja 70 m labadega (rootori diameeter 140 m) elektrituuliku korral oleks vahekaugus avalikust teest $1,5 \times (200 + 140) = 1,5 \times 340 = 510$ m.
- Veekogud – puhverala ulatus tuleb võrdsustada veekogu ehituskeeluvööndiga.
- Kalmistud – puhverala ulatus on 500 m.

Lisaks tuleb silmas pidada, et rannal ja kaldal on ehituskeeluvöönd (ranna ja kalda kaitse seaduse § 9 lg 3), mille laius tavalisest veepiirist on:

1. mererannal Narva-Jõesuus ja meresaartel 200 m;
2. Eesti mandriosa mererannal, Peipsil ja Võrtsjärvel 100 m;
3. üle 10 ha suuruse pindalaga järvel ja veehoidlal ning üle 25 km² suuruse valgalaga jõel ning veejuhtmel 50 m;
4. viie kuni 10 ha suuruse pindalaga järvel ja veehoidlal ning 10 kuni 25 km² suuruse valgalaga jõel ning veejuhtmel 25 m.

Joonis 14.3 on esitatud Kaitseministeeriumi määratud tuuleparkide arendamiseks sobilikud alad (kollased). Võimalikel arendusaladel on tuuleturbiinide maksimaalne lubatud kõrgus 150 meetrit. Roheliselt on märgitud ala, mis on sobilik pärast õhuseireradari investeeringut. Õhuseireradari eeldatav valmimisaeg on 2024–2025. Sellega on Ida-Virumaal tuuleparkide loomine sisuliselt peatatud [141].



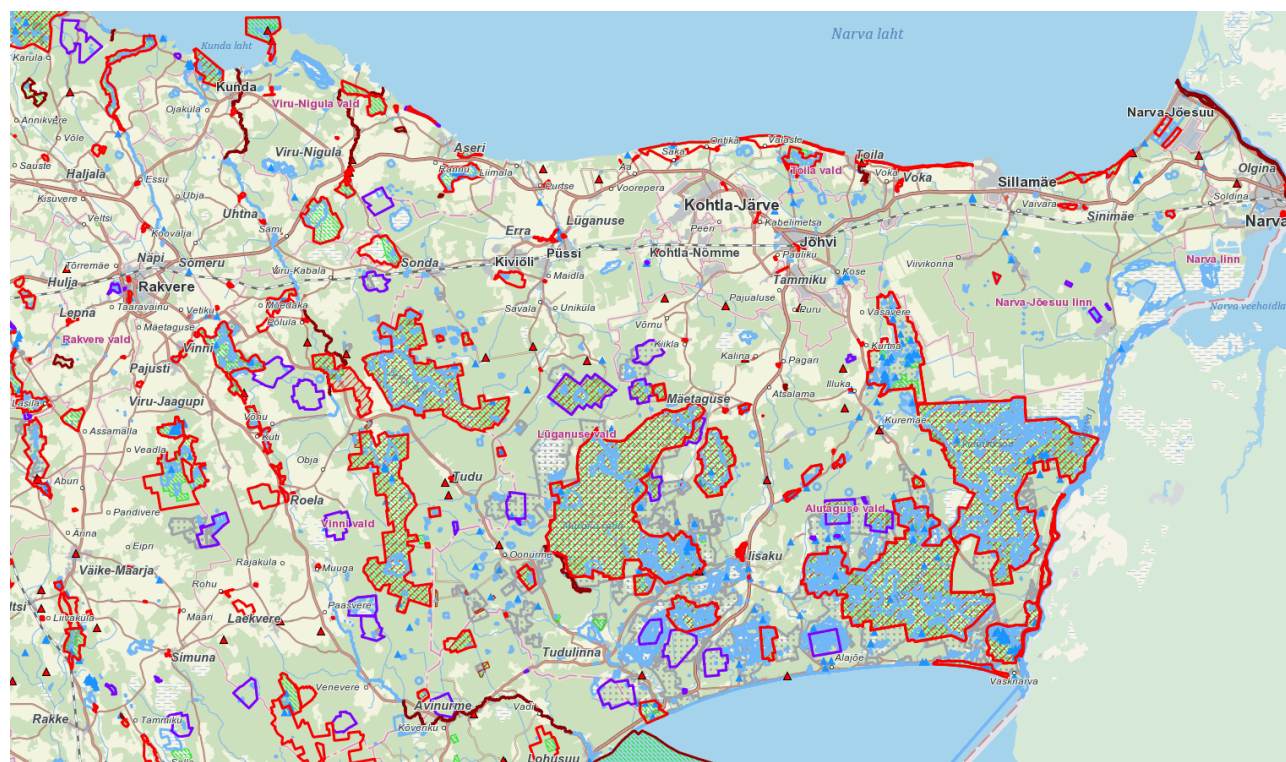
Joonis 14.3. Kaitseministeeriumi määratud tuuleparkide arendamiseks sobilikud alad maismaal

Üksikute tuulikute ja suhteliselt väikeste tuuleparkide koguvõimsuste (1–10 MW) puhul võib osutuda võimalikuks liitumine ka jaotusvõrguga (35 kV pingel või 10 kV pingel), kuid ka sellisel juhul on vajalik kooskõlastus põhivõrguga. Erandina võib eelhinnanguga KSH algatamata jätta üksikutuulikute ja tuulikuparkide puhul, mis on maksimaalselt kolme elektrituulikuga ja koguvõimsusega maksimaalselt

10 MW. Kui soovitakse rajada tuulikuparki, kus on rohkem kui viis tuulikut koguvõimsusega üle 7,5 MW, tuleb koostada üldplaneering või üldplaneeringu tuuleenergeetika teemaplaneering, mis on tuulikupargi rajamise aluseks [142].

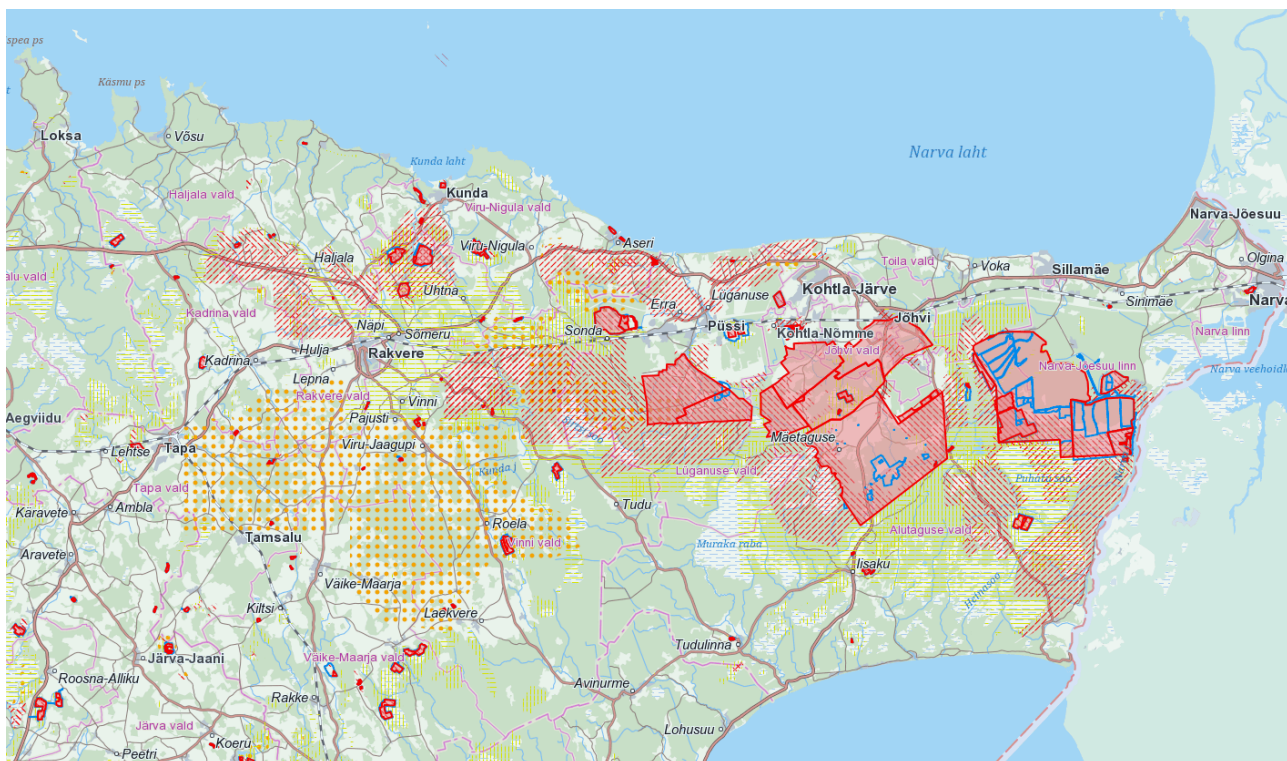
14.1.3. Ida-Virumaa potentsiaal

Lisaks ehituslikele piirangutele tuleb järgida ka keskkonnakaitse põhimõtteid. Joonis 14.4 on piiritletud punase joonega Ida-Virumaal olemasolevad looduskaitsealad, lilla joonega planeeritud looduskaitsealad ning sinisega märgitud III kategooria looduskaitse all olevate liikide elupaigad. Ükski märgitud aladest ei ole sobilik tuuleparkide rajamiseks. Jooniselt nähtub, et suur osa Ida-Virumaa lõunaosast on looduskaitseliste piirangute all.



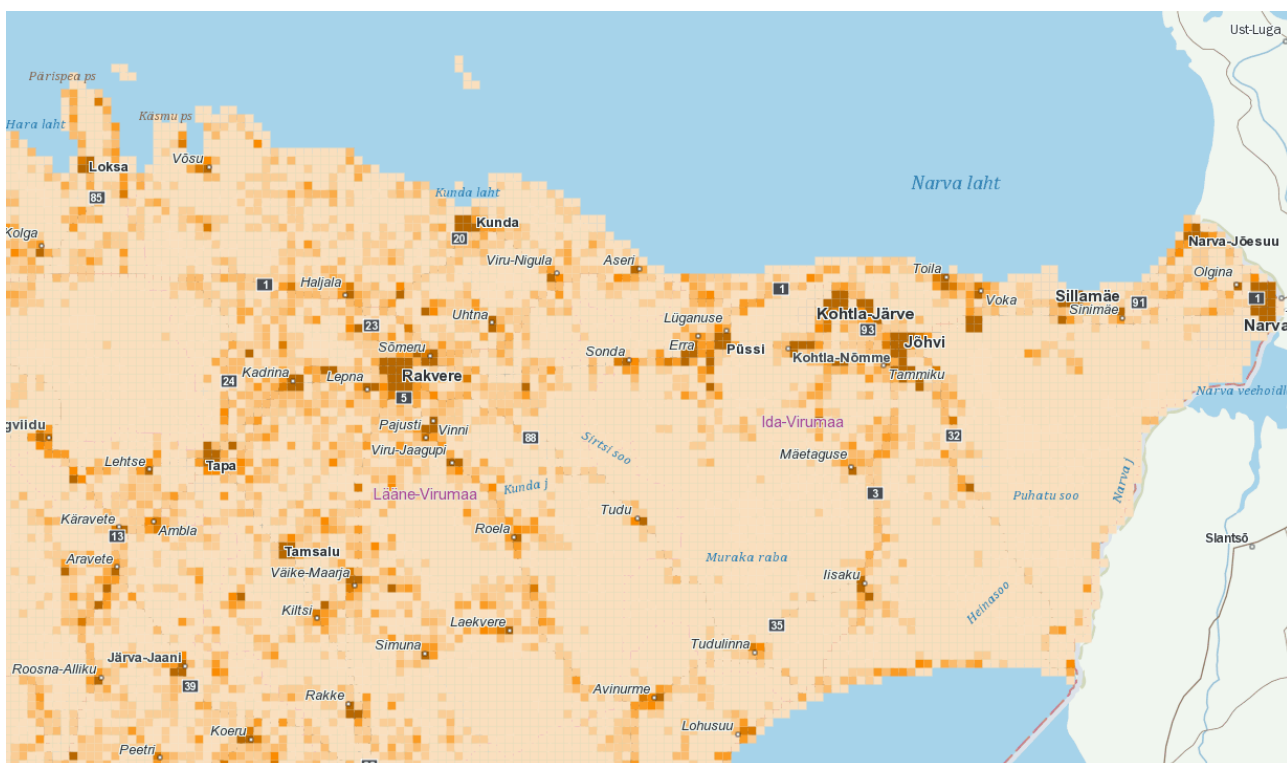
Joonis 14.4. Ida-Virumaa looduskaitseliste piirangutega alad [143]

Joonis 14.5 näitab Ida-Virumaa kaevanduste ja maardlate alasid: punasega on märgitud olemasolevad kaevandused, punaste triipudega passiivsed ja aktiivsed põlevkivi tarbevarumaardlad, kollaste triipudega passiivse reservvaru maardlad ja kollaste täppidega fosforiidimaardlad. Ühtlasi on Sirgala karjäär riigikaitseala. Maa-aluse kaevanduse maapealsele osale tuuleparke ei rajata. Vanad maapealse kaevanduse osad on selleks sobilikud, kui tegemist ei ole looduskaitse- ega riigikaitsealaga.



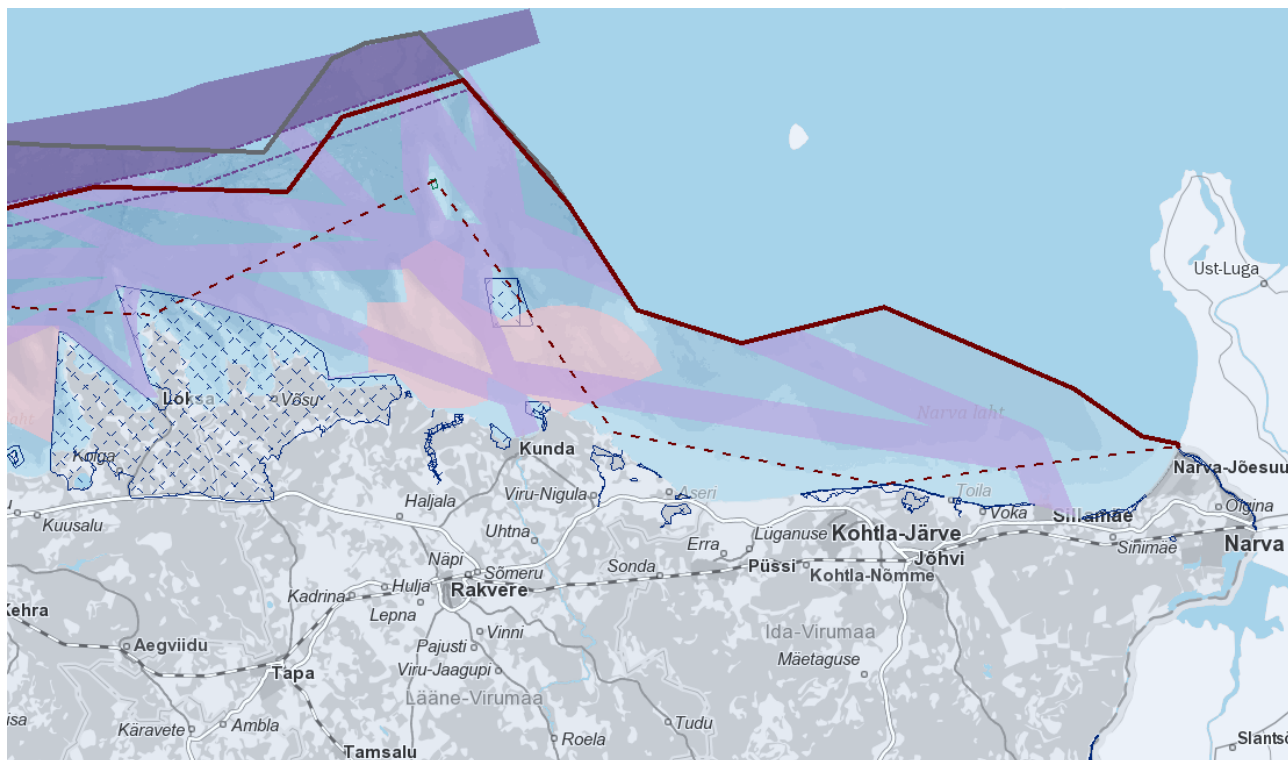
Joonis 14.5. Ida-Virumaa kaevanduste ja maardlate alad [143]

Joonis 14.6 näitab Ida-Virumaa rahvastikutiheduse kaarti. Asustusega aladel on tavapärane kohaliku elanikkonna vastuseis tuuleparkidele. Senine kogemus on näidanud, et kohalikud omavalitsused, kus täna juba eksisteerivad tuulepargid, teevad energiatootjatega aktiivset koostööd, mis enamasti väljendub ka tuuleenergia tootja rahalises panustamises kogukonna arengusse ja kohaliku taristu väljaehitamisse, kuid aladel, kus tuulepargid puuduvad, on sellise koostöö saavutamine keeruline [140].



Joonis 14.6. Ida-Virumaa rahvastikutiheduse kaart [143]

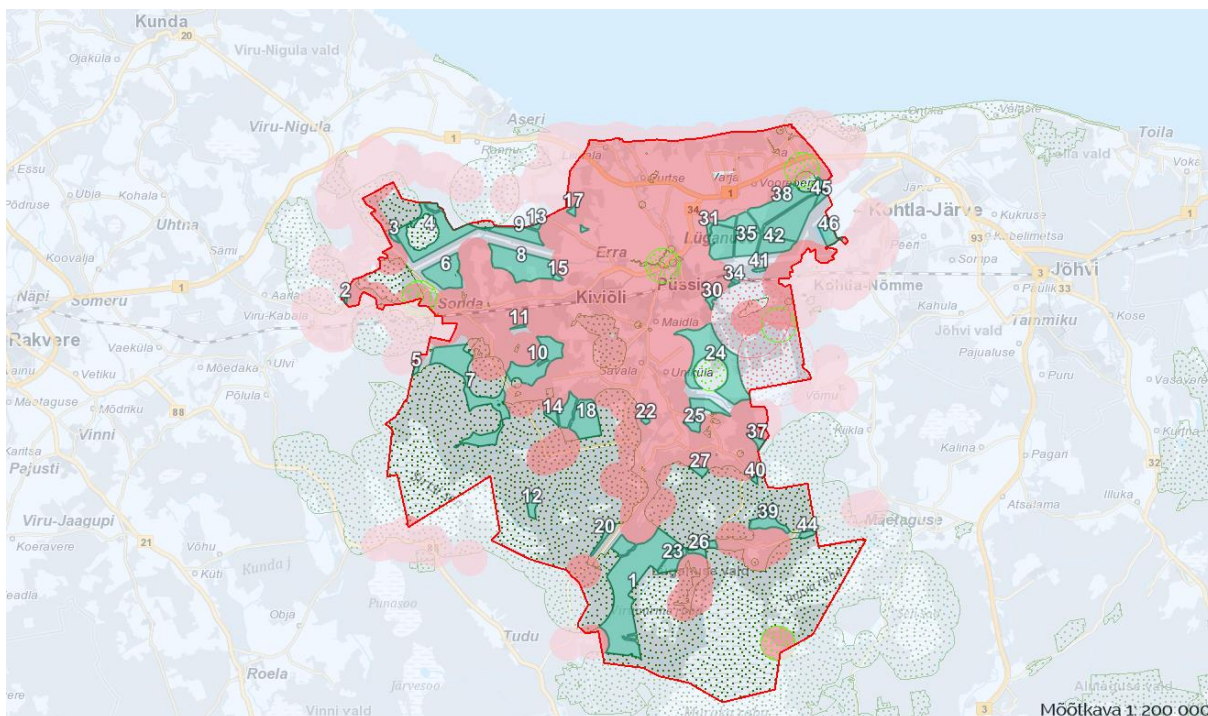
Joonis 14.7 näitab Virumaa rannikuala piirangute kaarti, et hinnata meretuulepargi rajamise võimalust. Veeliiklusala on kujutatud heledilillaga, rahvusvahelist veeliiklusala tumelillaga, punase pidevjoonega on märgitud territoriaalmere piir ning katkendjoonega ohutusvaru. Looduskaitsealad on ümbritsetud tumesinise joonega ning täidetud siniste katkendlike joonte ruudustikuga ja riikikaitsealad tähistatud roosaga.



Joonis 14.7. Virumaa Soome lahe rannikuala piirangud [144]

Põhja-Eesti avamere-tuulepargi potentsiaal on uurimata, kuid selle võimalik ala on piiratud riigipiiriga ja rahvusvahelise veeliiklusalaga.

Hendrikson & Ko on koostamas ülevaadet tuuleenergeetika arendamiseks sobilikest aladest Lügane vallas (Joonis 14.8). Tuuleparkide jaoks sobilikud alad on joonisel märgitud tumerohelisena, looduskaitsealad roheliste täppidega, puhveralad raudteedest, riigimaanteedest ning elu- ja ühiskondlikest hoonetest punasena. Joonisel on võetud kokku ja esitatud eelnevalt eraldi vaadeldud piiravad tingimused ühel kaardil Lügane valla näitel. Analüüsist järeldub, et Lügane vallas on kuni 46 väikest tuuleenergeetika ala [145].



Joonis 14.8. Tuuleenergeetika arendamiseks sobilikud alad Lügane vallas [145]

Lügane valla analüüs on asjakohane, sest isegi peale Kaitseministeeriumi kavandatava õhuseireradari rajamist pole riigikaitsest tulenevate piirangute tõttu (Joonis 14.3) endiselt lubatud tuuleparke rajada Toilas, Narva-Jõesuus, Narva vallas ja osaliselt Alutaguse vallas.

Maismaa-tuuleparkide kogupotentsiaal Ida-Virumaal on hinnanguliselt 300 MW [146].

14.1.4. Lääne-Eesti avamere-tuulepargid

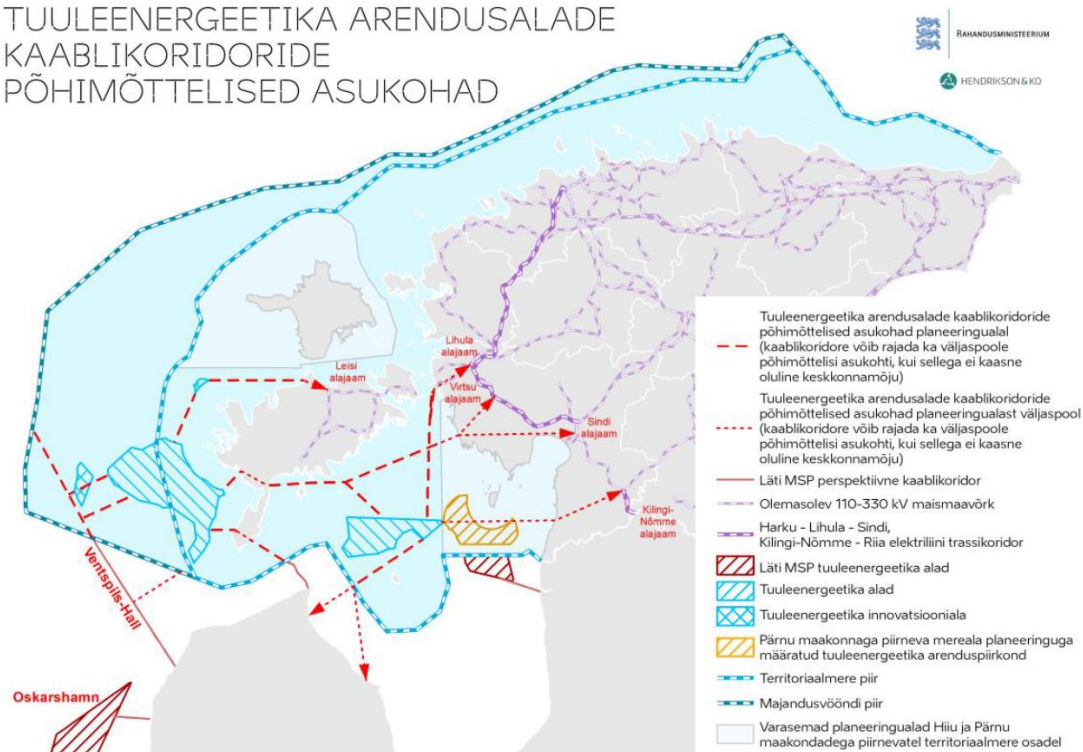
Joonisel 14.9. on esitatud tuuleenergeetika arendamiseks sobilikud merealad Lääne-Eestis. Joonisel siniselt viirutatud ala on potentsiaalne mere-tuuleparkide ala. Saaremaa avamere-tuulepargi maksimaalne potentsiaal on hinnanguliselt 7150 MW ja Liivi lahel 1000 MW [144], [146], [147].

Joonisel 14.10 on esitatud tuuleenergeetika arendamiseks sobilikud merealad Hiiumaal. Potentsiaalsed tuulepargialad on joonisel ümbritsetud tumepunase pidevjoonega. Tuuleparkide potentsiaalne koguvõimsus on 700–1100 MW [148].

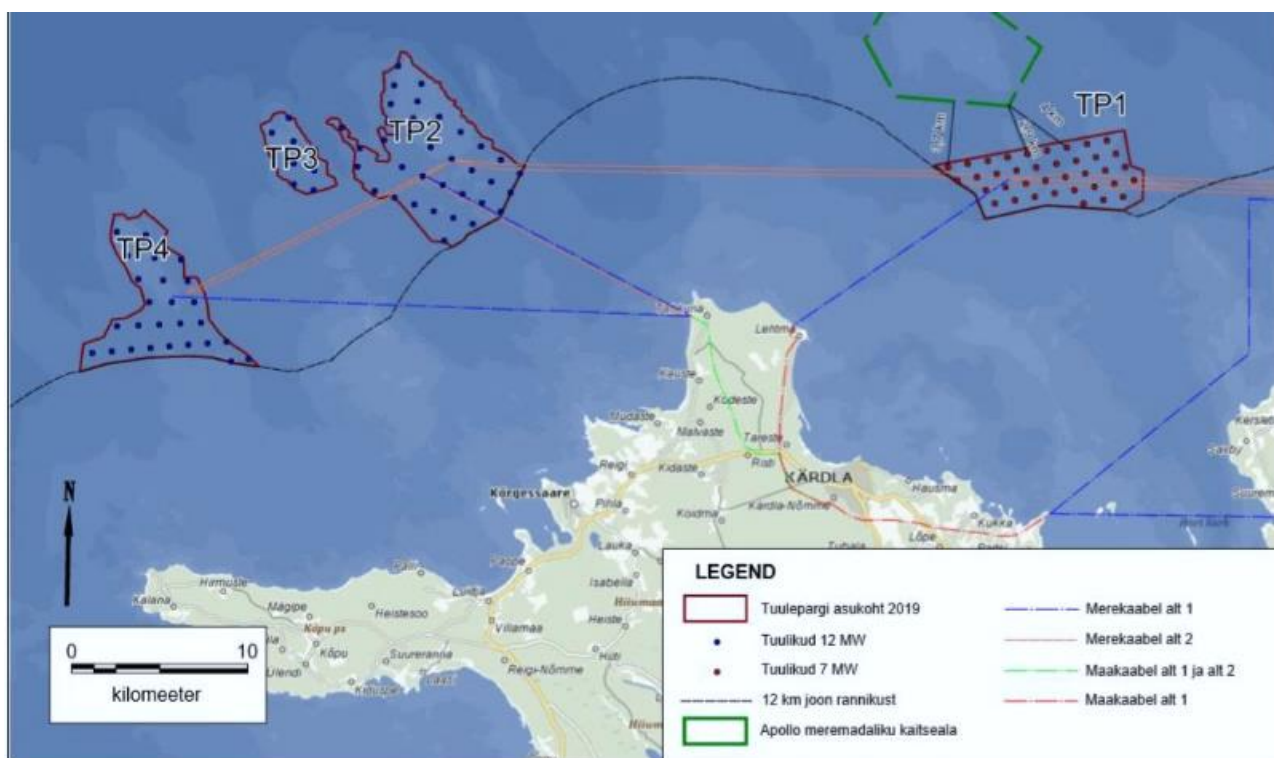
See tähendab, et Lääne-Eesti avamere-tuuleparkide potentsiaalne hinnanguline koguvõimsus ulatub 9250 MW-ni. Kuna EREKK2030 eesmärk on saavutada 2030. aastaks tuuleenergia koguvõimsuseks 1200 MW, siis selle eesmärgi täitmiseks piisab ainult ühe avamere-tuulepargi rajamisest.

Kahjuks ei ole seni ükski avamere-tuulepargi projekt saanud ehitusluba.

TUULEENERGEETIKA ARENDUSALADE KAABLIKORIDORIDE PÕHIMÖTTELISED ASUKOHAD



Joonis 14.9. Tuule-energeetika arendamiseks sobilikud merealad Lääne-Eestis [144]



Joonis 14.10. Tuuleenergeetika arendamiseks sobilikud merealad Hiiumaa lähisel [149]

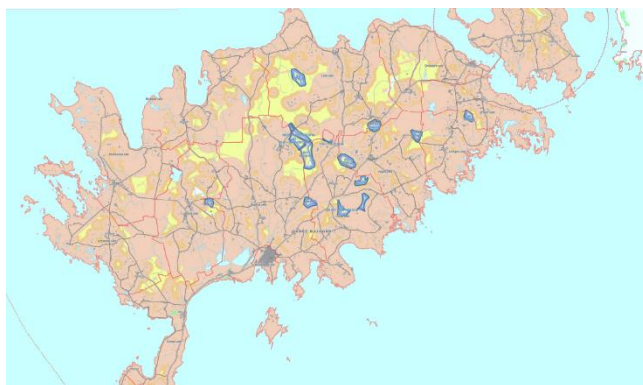
14.1.5. Lääne-Eesti maismaa-tuulepargid

Vabariigi Valitsus tegi korraldusega nr 337 maavanematele ülesandeks korraldada maakonnaplaneeringu koostamine kogu maakonna territooriumil koos keskkonnamõju strateegilise hindamisega. Saaremaa, Hiiumaa, Pärnumaa ja Läänemaa on alustanud maakonna planeeringutega ning koostanud ka tuuleenergeetika teemaplaneeringu. Joonistel 14.11–14.14 on esitatud sinisena teemaplaneeringu koostamisel tuvastatud alad, mis on sobilikud tuuleparkide rajamiseks, ning

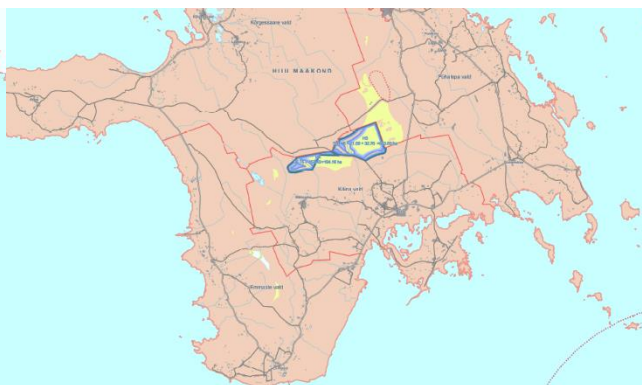
kollasena alad, mis vajaksid täiendavat uuringut. Joonistel on näha varem kirjeldatud piirangute mõju tuuleenergeetika potentsiaalile, mis näitab, et tuuleenergeetika potentsiaal maismaal on väike [150].

Lääne-Eesti maismaa-tuuleparkide summaarseks energeetiline võimsus on Saare maakonnas suurusjärgus 400 MW (2730 ha), Hiiu maakonnas suurusjärgus 100 MW (848 ha), Lääne maakonnas suurusjärgus 60 MW (427 ha) ja Pärnu maakonnas suurusjärgus 700 MW (4853 ha). See teeb kokku 1300 MW (8858 ha). Arenduspiirkonna keskmine näitaja on 0,15 MW/ha [151].

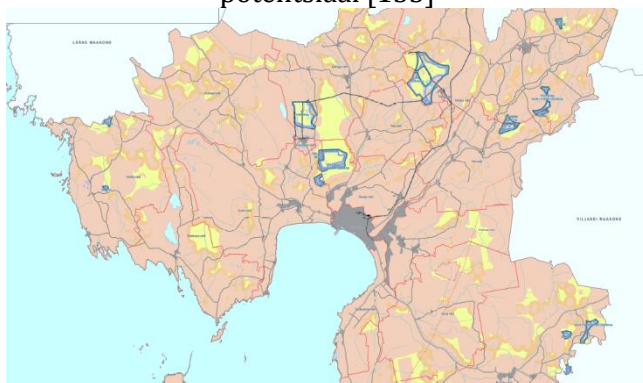
Käina vallas planeeritud arendusaladele võib kokku püstitada elektrituulikuid maksimaalselt koguvõimsusega kuni 30 MW (varasemalt ka põhivõrguprobleem) [152].



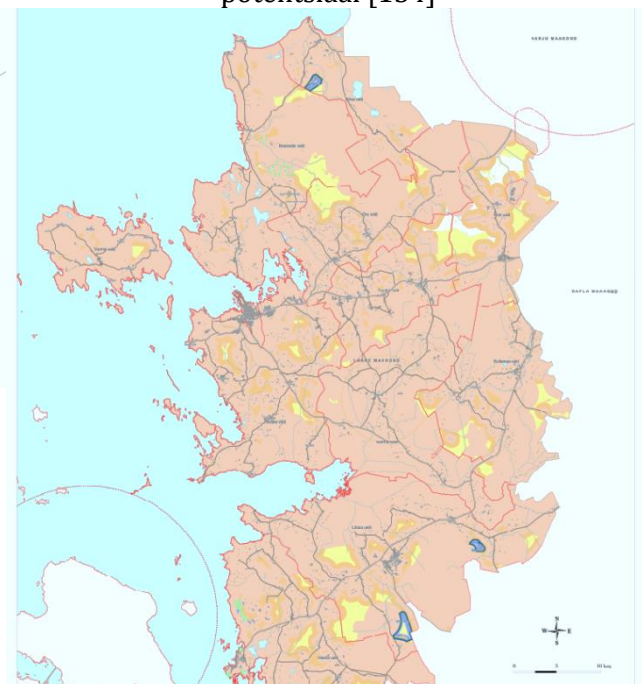
Joonis 14.11. Saaremaa tuuleenergeetika potentsiaal [153]



Joonis 14.12. Hiiumaa tuuleenergeetika potentsiaal [154]



Joonis 14.13. Pärnumaa tuuleenergeetika potentsiaal [155]



Joonis 14.14. Läänemaa tuuleenergeetika potentsiaal [156]

14.2. Olemasolevad arendusprojektid

Tabel 14.1 annab ülevaate tuuleelektrijaamade arendusprojektidest. Kõige hilisem valminud tuulepark pärineb aastast 2016, mil sai valmis Nelja Energia AS Tooma II tuulepark. Uute tootmisseedmete elektriliitumise probleemikohaks on varustuskindluse aruandes nimetatud „fantoomelektrijaama“ probleem. Arendatava tootmisseedme tarvis on elektrivõrgus reserveeritud võrgu läbilaskevõime ning broneeritud võrguressurss, kuid tootmisseedme arenduse seiskumisel jääb reserveering alles ehk tegemist on fantoomelektrijaamaga. See muudab uute tootmisseedmete liitmise kallimaks või

elektrivõrgu läbilaskevõime poolt piiratuks [123]. Tuuleenergeetika alaste eesmärkide täitmiseks on vaja sellele probleemile kiiremas korras lahendus leida, sest see takistab seatud eesmärkide saavutamist. Probleemile peab leidma lahenduse võrguhaldaja koostöös ministeeriumitega ja arendajatega.

Tabel 14.1. Tuuleparkide arendusprojektid [157]

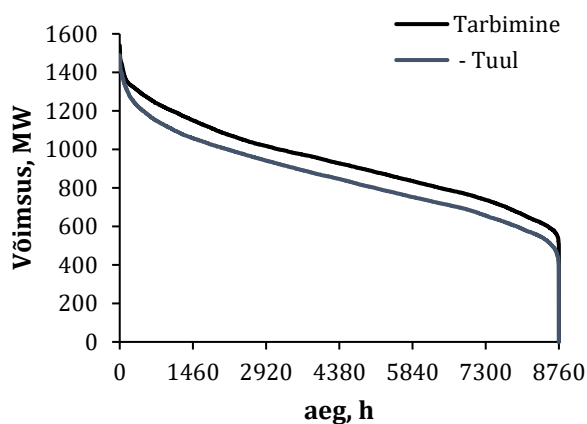
Nr	Tuulepargi- projekt	Võimsus, MW	Arendaja	Aastast	Liitumis- punkt	Kommentaar
1	Esivere II etapp	3	Skinest Energia AS	2003	Olemas	Riigikohus tühistas Hanila VV detailplaneeringu.
2	Päite-Vaivina	75	Est-Wind Power OÜ	2004	Puudub	Kaitseministeerium ei kooskõlasta väljastatud ehitusluba.
3	Loode-Eesti*	1100	Enefit Green AS	2006	Puudub	Keskkonnaministeerium ei kiitnud heaks (2006 ja 2018).
4	Varja	150	Raisner OÜ	2006	Puudub	Puudub Kaitseministeeriumi kooskõlastus.
5	Purtse	40	Raunistal AS	2008	Olemas	Ehitusload tänaseks aegunud. Puudub Kaitseministeeriumi kooskõlastus.
6	Vaivara	81	Vaivara Wind AS	2008	Olemas	Üldplaneeringus on tuuleenergia ala ette nähtud. Puudub Kaitseministeeriumi kooskõlastus.
7	Sindi	150	Eurowind OÜ	2008	Puudub	Pärnu maakonna tuuleenergeetika teemaplaneeringus antud alal tuuleparki ette ei nähta.
8	Kõrkküla- Kestla	17,5	Alikonte OÜ	2009	Puudub	Puudub Kaitseministeeriumi kooskõlastus õhuseireradari tõttu.
9	Liivi laht*	1000	Enefit Green AS	2009	Puudub	Keskkonnamõju hindamisel.
10	Aidu	100	Kindel Vara OÜ	2010	Olemas	Tarbijakaitse- ja Tehnilise Järelevalve Amet on ehitustegevuse peatanud Kaitseministeeriumi õhuseireradari segamise tõttu.
11	Neugrundi madalik*	380	Neugrund OÜ	2010	Puudub	Puudub Kaitseministeeriumi kooskõlastus õhuseireradari ja harjutusala tõttu.
12	Auvere	255	Roheline Elekter AS	2011	Olemas	Ehitusload on vaidlustatud. Kaitseministeeriumi poolt kohtusse kaevatud.
13	Sirgala	500	Roheline Elekter AS	2011	Olemas	Detailplaneering ei läbinud ametkondade kooskõlastuse faasi.
14	Edela- Saaremaa*	600	Saare Wind Energy OÜ	2015	Puudub	Valitsus ei algatanud mere- tuulepargi hoonestusluba.
15	Tootsi	100	Tootsi Windpark OÜ / Enefit Green AS	2016	Puudub	Keskkonnaameti hinnangul jäävad planeeritud tuulikute asukohad must-toonekure püsielupaiga ning pesapaiga mõjualasse.
16	Saarde	70	Enefit Green AS	2020	Puudub	Eriplaneeringu taotluse faasis.
17	Paikuse	16	Enefit Green AS	2020	Puudub	Keskkonnamõjude hindamise faasis.
18	Narva II	37	Enefit Green AS	-	Puudub	Jääb õhuseireradari vaatevälja.
KOKKU		4674,5				

* Meretuulepargid

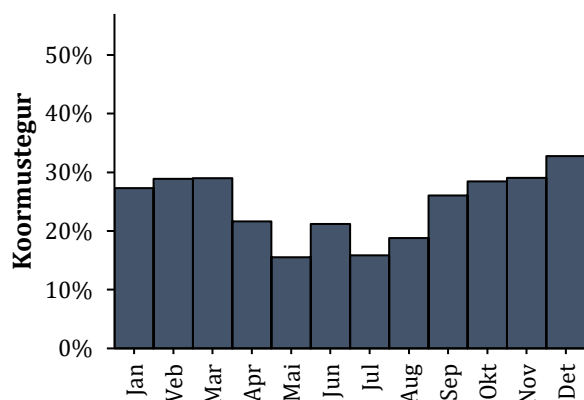
14.3. Tuuleenergia Eestis

14.3.1. Tootlikkus

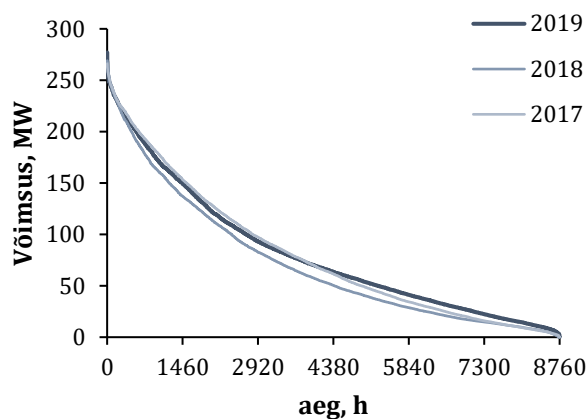
Joonisel 14.15 on esitatud Eesti kogu elektrienergia tarbimine ning elektritarbimine, millest on maha lahutatud tuuleenergia maht (691 GWh). Eesti tuuleenergeetika koormusgraafik on esitatud joonisel 14.16. Maismaa-tuuleparkide keskmine koormustegur on 25–30%. Tuuleturbiinide tootlikkus on talviti suurem, sest suveperioodil tuule kiirus langeb (Joonised 14.17 ja 14.18). Avamere-tuulepargi koormustegur on 40–50% (päikesepaneelide koormustegur on kuni 11%).



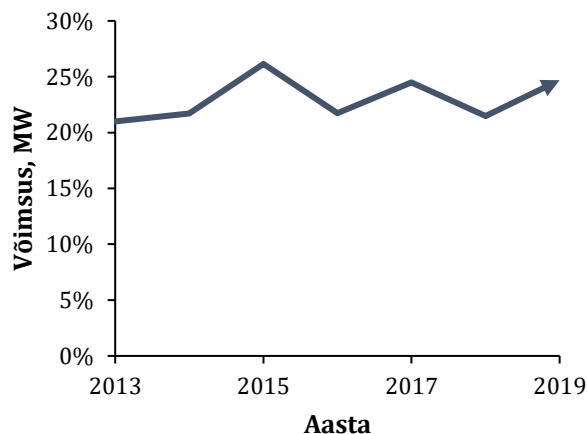
Joonis 14.15. Eesti tarbimine



Joonis 14.17. Tuuleenergia koormustegur



Joonis 14.16. Tuuleenergia koormusgraafik



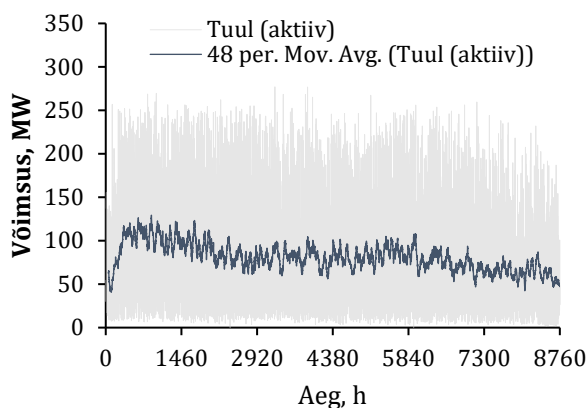
Joonis 14.18. Tuuleenergia koormustegur

EREKK2030 eesmärk on saavutada 2030. aastaks 4325 GWh taastuvelektrienergia toodang. 2050. aastaks on Euroopa Liit seadnud eesmärgiks saavutada süsinikuneutraalne majandus, mis tähendab, et 2050. aastaks on vaja toota taastuvelektrienergiat vähemalt 10 TWh (Joonis 14.21) [146]. Alates 2030. aastast moodustaks tuuleenergeetika osa kogu taastuvelektrienergiast kuni 80%.

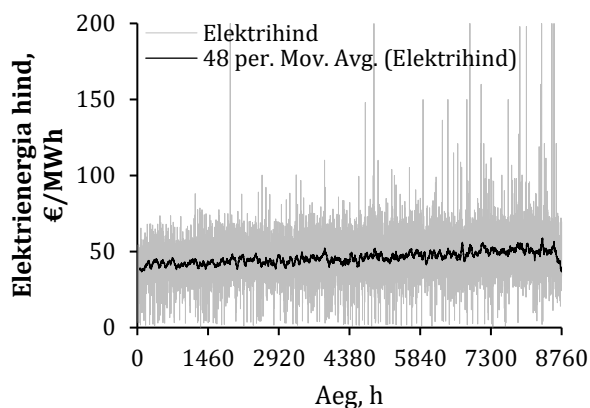
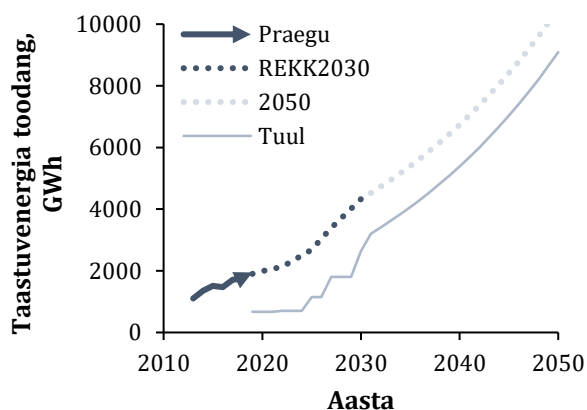
Joonis 14.22 on esitatud viimaste aastate tuule- ja päikeseenergiavõimsuste kasv. Andmetest on näha, et viimastel aastatel on päikeseпаркide rajamine kasvanud kunagisele tuuleparkide rajamise tasemele.

2030. aasta eesmärk tuuleenergiavõimsuse jaoks on 1200 MW (Joonis 14.23). Eesmärgi täitmiseks on tuuleenergiavõimsust vaja lisada 880 MW. Hinnanguliselt on tuuleparke võimalik lisada vähemalt 3326 MW ulatuses: uue õhuseireradari rajamise järel Ida-Virumaal 300 MW, mujal Eestis 336 MW ja mere-tuuleparke olemasolevate arenduste põhjal kokku 2700 MW. 2050. aastaks seatud võimsuseesmärk on arvatud elektrienergia kogutarbimise põhjal. 2030. aasta eesmärk päikeseenergiavõimsuse jaoks on 415 MW (Joonis 14.24) [146].

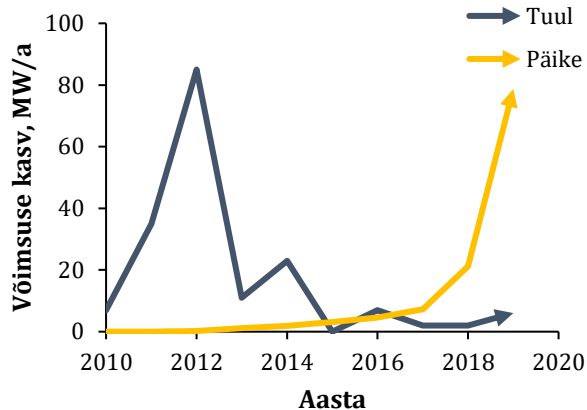
Praegu kõige tõenäolisemate maismaa-tuuleparkide rajamisel kasvaks võimsus ainult 626 MW, mis tähendab, et eesmärgi (Joonis 14.25) täitmiseks on vaja täiendavaid tuuleparke. Kõige lihtsam oleks eesmärk täita avamere-tuulepargiga.



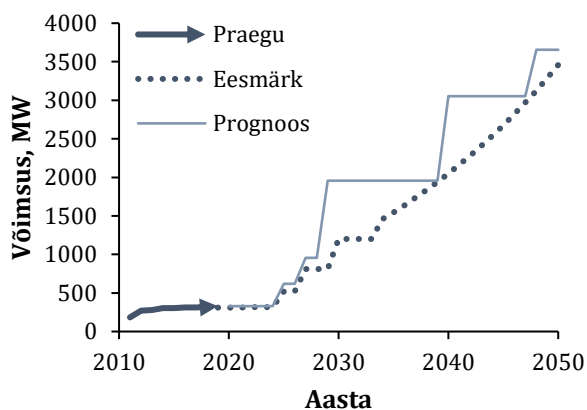
Joonis 14.19. Praegune võimsusgraafik



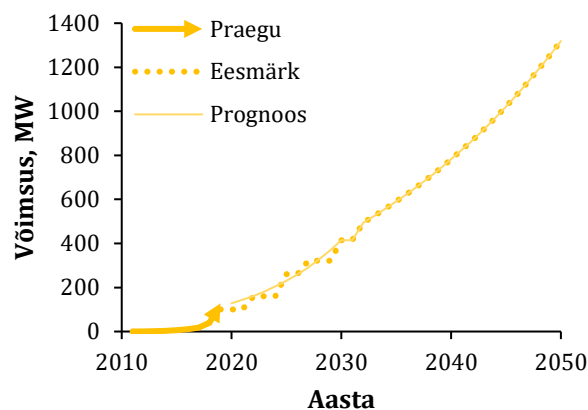
Joonis 14.20. 2019. aasta hinnagraafik



Joonis 14.21. Taastuvelektrienergia toodang

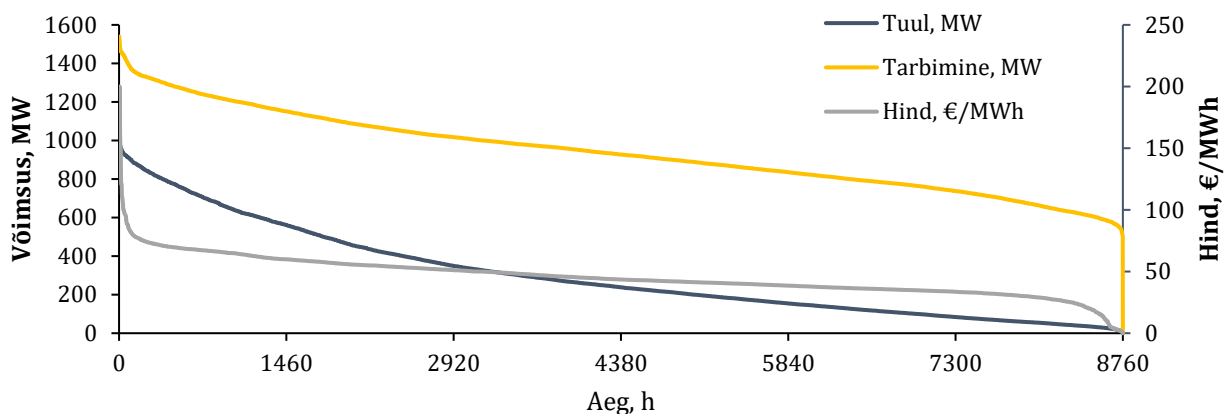


Joonis 14.22. Tuule- ja päikesevõimsuse muutus



Joonis 14.23. Tuuleenergiaeesmärgid

Joonis 14.24. Päikeseenergiaeesmärgid



Joonis 14.25. Tuuleenergia võimsus 2030. aasta eesmärgi täitmisel

14.3.2. Taastuvenergia toetus

Elektrituruseaduse § 59⁶ lg 7 järgi on vähempakkumise võitja toetuse ülemmäär 53,7 €/MWh ning võrku müüdava turuhinnaga ei tohi summa ületada 93 €/MWh. Toetusmäär sõltub börsihinnast ning toetuse arvutamisel arvestatakse kalendrikuu hinnapiirkonna järgmise päeva turu elektrienergia aritmeetilist keskmist. Vähempakkumise võitjatele makstakse toetust 12 aastat alates tootmisest alates nõuetelevastavaks tunnistamisest ning elektrienergia võrku tootmise hetkel (sealhulgas otseliiniga). Ühtlasi ei pea elektrienergia tootja makstud toetust tagastama, kui tootmisest alates on tootnud pakutust vähem [158].

Vanade tootmisest alates asendamisel uutega saab elektrienergia toetust ainult juhul, kui vana tootmisest alates on asendamise hetkeks vanem kui 25 aastat [158].

Tabel 14.2 on esitatud 2019. ja 2020. aastal toimunud oksjonite mahud ning 2021. ja 2023. aastal kavandatud oksjonid. Hetkel ei ole oksjoneid planeeritud kaugemale kui 2023. Varasemad toetusmeetmed on taastuvenergia investeeringute mahtu märkimisväärselt suurendanud. Toimunud 2 enampakkumisel on peamiselt toetus määratud päikeseenergiaparkidele. Tuulikute on enampakkumistel olnud edukad ainult kaks projekti, mille mõlema sisu on olemasoleva tuuliku asendamine uutega. Toetuse saanud toodangumaht on tuulikutele 2 GWh/a ja päikesepaneelidel 10 GWh/a.

Tabel 14.2. Taastuvenergia vähempakkumiste oksjonite mahud [158]

Oksjoni väljakuulutamise aasta	Oksjoni maht
2019	5 GWh
2020	5 GWh
2021	450 + 5 GWh
2023	650 GWh

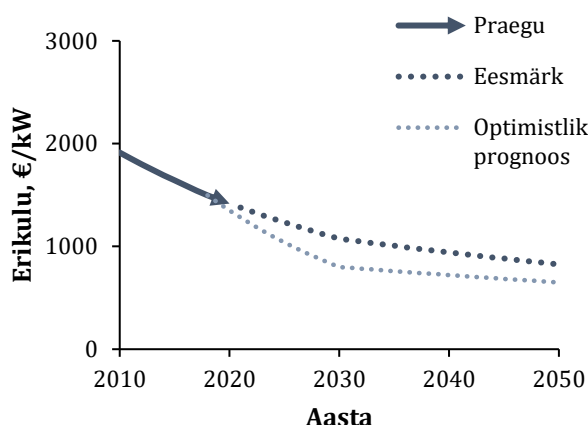
14.4. Arengud tuuleturbiinide valdkonnas

Tuuleturbiinide kõige olulisemad näitajad on rootori rummu kõrgus ja läbimõõt. Kõrgus võimaldab tuuleturbiini rootoril ulatuda suuremate tuulekiiruste piirkonda, mis võimaldab turbiinil omakorda toota rohkem energiat ja käivituda sagedamini. Mida kõrgemal on rootori rumm, seda suuremat võimsust on suurema rootorilabade läbimõõdu abil võimalik saavutada. Eelnimetatud parameetrid panustavad tuuleturbiini võimsusteguri kasvu ning võimaldavad elektrienergia toota ka piirkondades, kus maalähedase tuule kiirus on väiksem. Suuremate ja töökindlamate tuuleturbiinide väljatöötamiseks on vaja eelkõige arendada turbiini labade, jõuülekanne ja juhtimise tehnoloogiat. Suuremate turbiinide rajamisega kaasnevad suuremad kapitalikulud, kuid tulenevalt nende suuremast võimsustegurist ja toodetud energiakogusest on toodetava elektrienergia hind madalam. Suuremate tuuleturbiinide rajamisega oleks teoreetiliselt võimalik ehitada vähem väikse võimsusega tuuleturbiine, säästes ehituse,

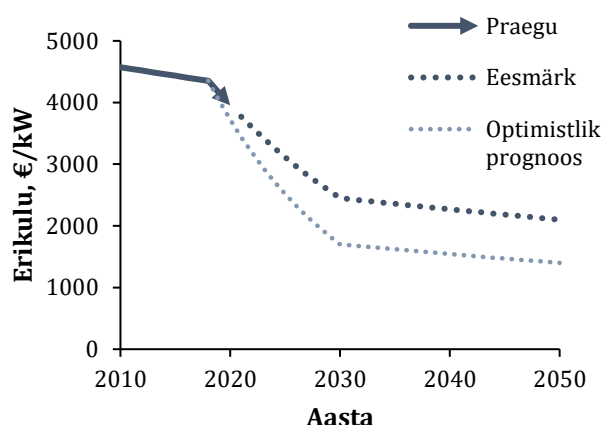
paigalduse ja hoolduskulude pealt. Ühtlasi väheneks ka keskkonnamõju, kuid oma kõrguse tõttu oleksid turbiinid kaugemale nähtavad ja häirivamad [159].

Joonistel 14.26–14.27 on esitatud maismaa- ja avamere-tuuleturbiinide erikulu prognoos kuni 2050. aastani. Prognoos sisaldab nii keskmist erikulu eesmärki kui ka optimistlikku prognoosi. Maismaa-tuuleturbiinide puhul on eesmärgiks saavutada alla 1000 €/kW erikulu. Avamere-tuuleturbiinide puhul saab optimistliku prognoosi kohaselt saavutada alla 2000 €/kW erikulu, kuid keskmine hind jääb tõenäoliselt alla 2500 €/kW [139].

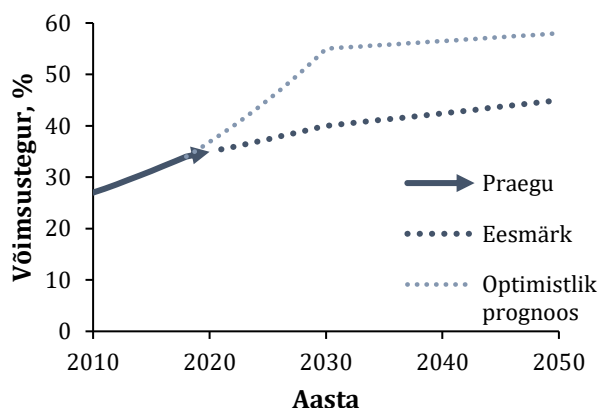
Joonistel 14.28–14.29 on esitatud prognoositav tuuleturbiinidega saavutatav võimsustegur (inglise keeles *capacity factor*). Võimsustegur iseloomustab toodetud elektrienergia ja teoreetilise maksimaalse võimaliku elektrienergiatoodangu suhet. Nii maismaa- kui ka avamere-tuuleturbiinide arendamisel loodetakse saavutada üle 50% võimsustegur juba aastaks 2030. Soovitud näitaja saavutatakse tõenäoliselt avamere-tuuleturbiiniga, mille võimsustegur on juba praegu ligi 10% suurem [159].



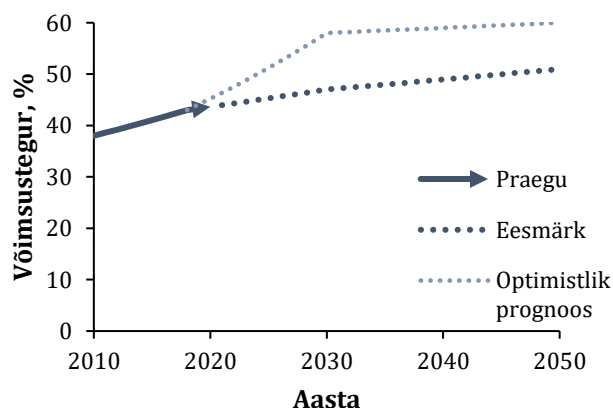
Joonis 14.26. Maismaaturbiinide erikulu prognoos [139]



Joonis 14.27. Avamereturbiinide erikulu prognoos [139]

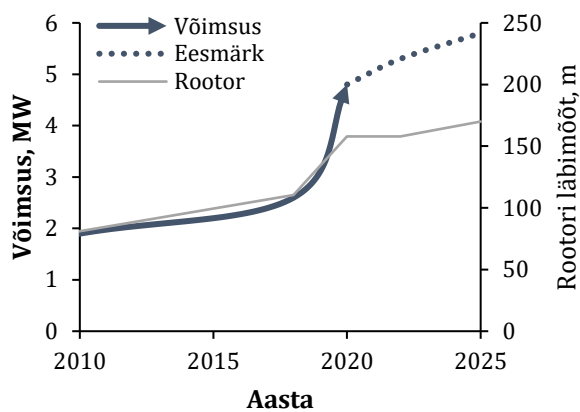


Joonis 14.28. Maismaaturbiinide võimsusteguri prognoos [139]

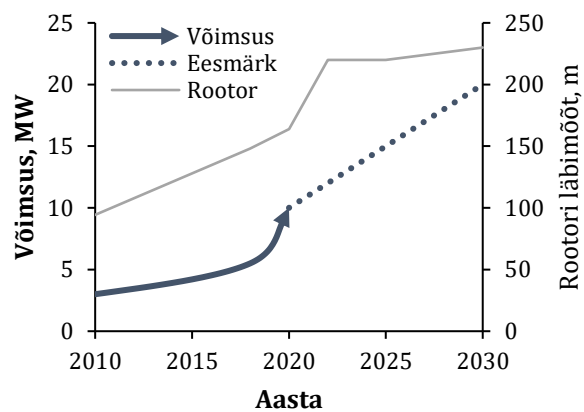


Joonis 14.29. Avamereturbiinide võimsusteguri prognoos [139]

Joonistel 14.30–14.31 on esitatud tuuleturbiinide keskmine võimsus ja rootori läbimõõt, millel on oluline seos tuuleturbiini kõrgusega. Hetkel nähakse 2030. aastaks suuremat potentsiaali avamere-tuuleturbiinide võimsuse suurendamises. Mõlemal juhul soovitakse tulevikus ületada rootori läbimõõdus 200 meetri piiri. See tähendaks, et rootori keskpunkt on maapinnast kuni 180 meetri kõrgusel. Avamere-tuuleturbiinid on maismaa-tuuleturbiinidest hetkel kuni kaks korda võimsamad [159].



Joonis 14.30. Maismaaturbiinide võimsuse prognoos [159]



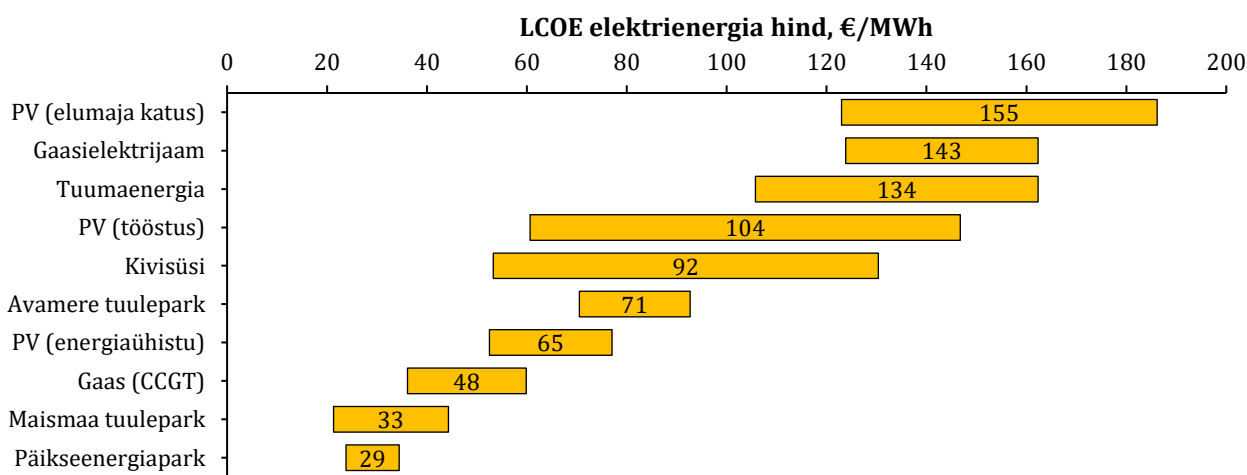
Joonis 14.31. Avamereturbiinide võimsuse prognoos [159]

15. TAASTUVENERGIA- JA VESINIKUEESMÄRGID

Riigikantselei on eraldi tellinud Eesti vesinikustrateegia kontseptsiooni ja vesinikuressursside kasutuselevõtu analüüsi [160], mis peaksid valmima 2021. aasta alguses. Käesoleva aruande koostamisel puudusid antud uuringute vahearuanded, seega polnud võimalik nendel baseeruda. Käesolevas peatükis on võrreldud energiaallikate elektrienergia ja vesiniku tootmishinda kirjanduse põhjal.

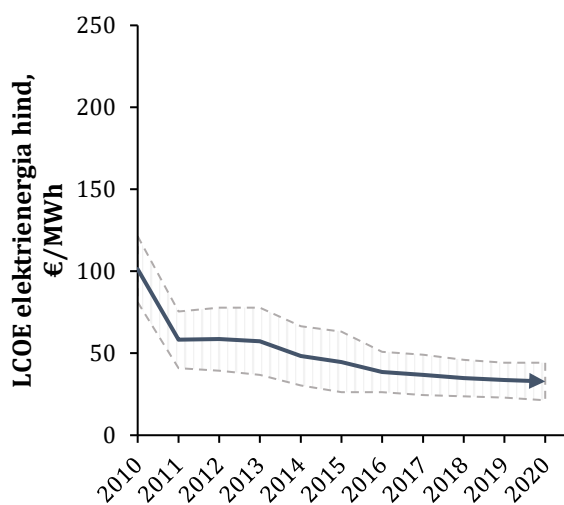
15.1. Elektrienergia tootmishind

Joonisel 15.1 on esitatud erinevate energiaallikate elueahindade vahemik ning vahemiku keskmine [161], [162], [163]. Elektribörsi elektrienergia keskmine hind on 46 €/MWh [164].

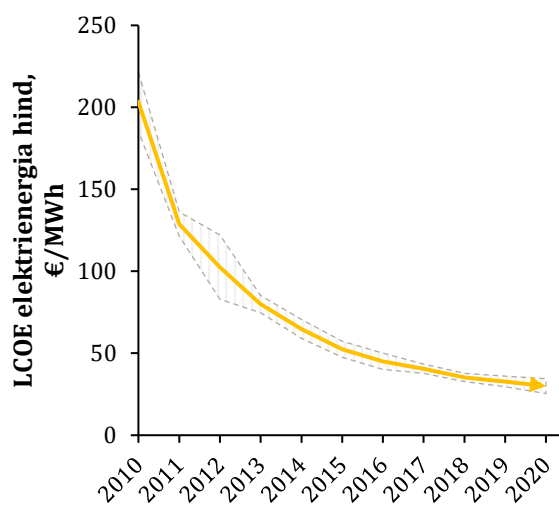


Joonis 15.1. Elektrienergia LCOE hinnad [161], [162], [163]

Joonistel 15.2–15.3 on esitatud tuule- ja päikeseenergia elueahindade muutus viimase 10 aasta jooksul. Päikeseenergia hind on viimaste aastatega võrdsustunud tuuleenergia omaga. Ühtlasi on päikeseenergia hinna kõikumus tunduvalt väiksem tuuleenergia omast, mille puhul lõpphind on suuresti määratud tuulepargi rajamisala keskkonnatingimustest [161].



Joonis 15.2. Tuuleenergia elueahind



Joonis 15.3. Päikeseenergia elueahind

Kui joonisel esitatud päikeseenergia hinnad on maailma keskmised, siis Eesti tingimustes on päikeseenergia kallim väiksema võimsusteguri tõttu. Tabel 15.1 esitab näidisarvutuse võrdse

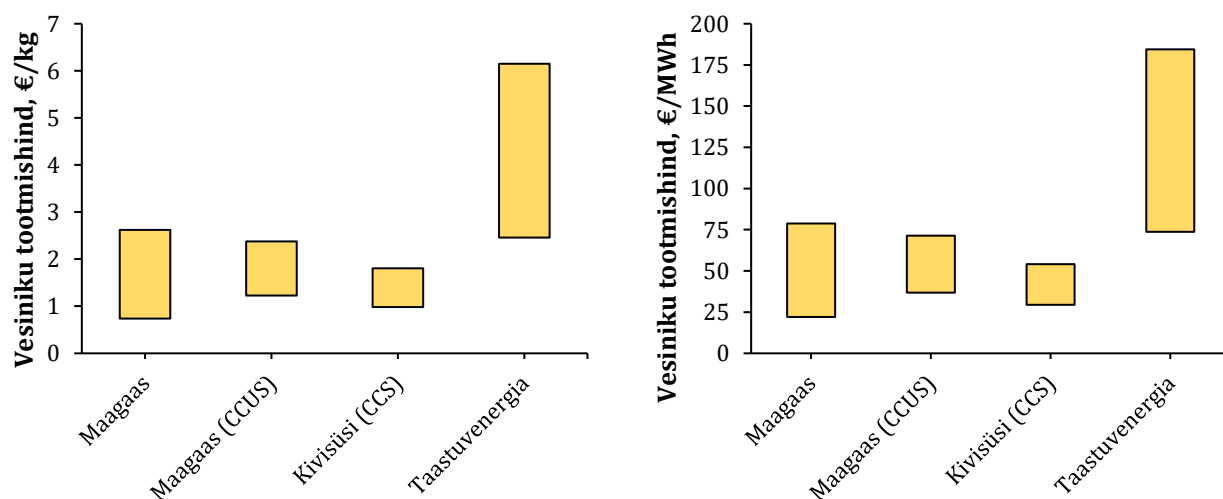
maakasutuse korral (30 ha). Näidisarvutuse eeldustega on tuulepargi elektrienergia hind odavam, kuid tuleb arvestada, et kõige suurem mõju elektrienergia hinnale on investeeringu maksumus.

Tabel 15.1. Näidisarvutus Eesti tingimustes

Näitaja	Väärtus
Päikeseenergia	
Pindala, ha	30,0
Erivõimsus, MW/ha	0,50
Võimsus, MW	15,0
Investeering erikuluga 800 €/kW, €	12 016 720
Võimsustegur	0,11
Tootlikkus, MWh/a	14 474
Eluea tootlikkus, MWh (efektiivsus 90%)	325 668
Päikseenergiapargi elektrienergia hind, €/MWh	36,9
Tuuleenergia	
Tuuleenergia võimsus, MW	4,5
Investeering erikuluga 2400 €/kW, €	10 805 225
Erivõimsus, MW/ha	0,15
Pindala, ha	30,0
Võimsustegur	0,38
Eluea tootlikkus, MWh (efektiivsus 92%)	345 447
Tuulepargi elektrienergia hind, €/MWh	31,3

15.2. Vesiniku tootmishind

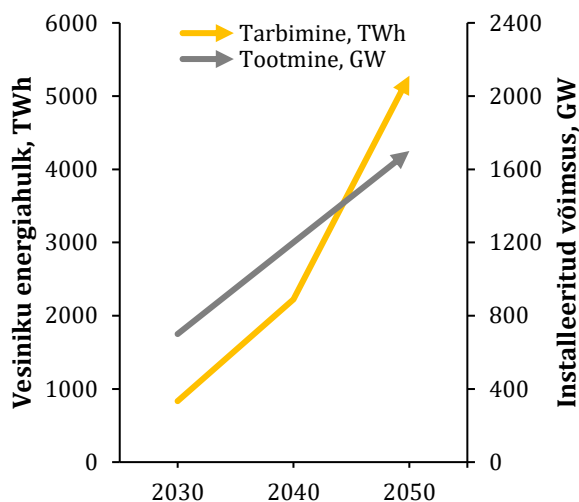
Joonis 15.4 on esitatud vesiniku tootmishinnad peamiste energiaallikate korral [165], [166]. Vesiniku energeetiline hind on arvutatud vesiniku alumise kütteväärtuse järgi (33,3 kWh/kg). Erinevate tehnoloogiate võrdlusest järeldub, et vesiniku tootmine vee elektrolüüsamise teel on nimetatud tehnoloogiatest kõige kallim. Taastuvenergiaga toimivad vesiniku tootmistehnoloogiad vajaksid subsideerimist, et need suudaksid fossiilsete tehnoloogiatega konkureerida.



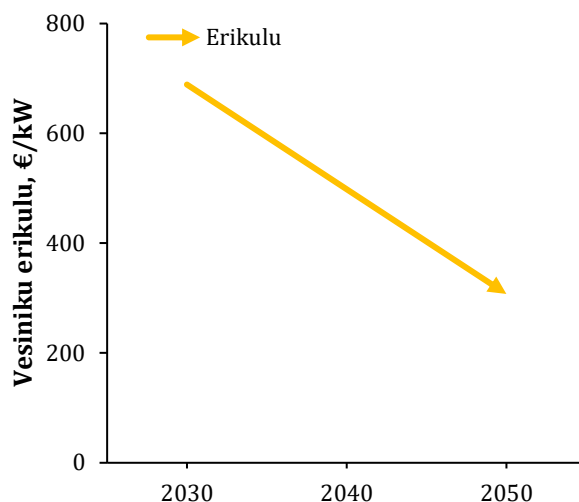
Joonis 15.4. Vesiniku (H₂) tootmishind [165], [166]

15.3. Rohelise vesiniku tootmise eesmärgid

Euroopa Liit on 2024. aastaks seadnud eesmärgiks paigaldada vähemalt 6 GW ulatuses ning aastaks 2030 kuni 40 GW ulatuses taastuvenergiaga töötavaid elektrolüüsereid [167]. Joonis 15.5 illustreerib kogu maailma vesinikutarbimise potentsiaali 2050. aasta kliimaeesmärkidest lähtudes. Installeeritud võimsuste kasvu tagajärjel on eeldatud vesiniku erikulu vähenemist (Joonis 15.6) [168].



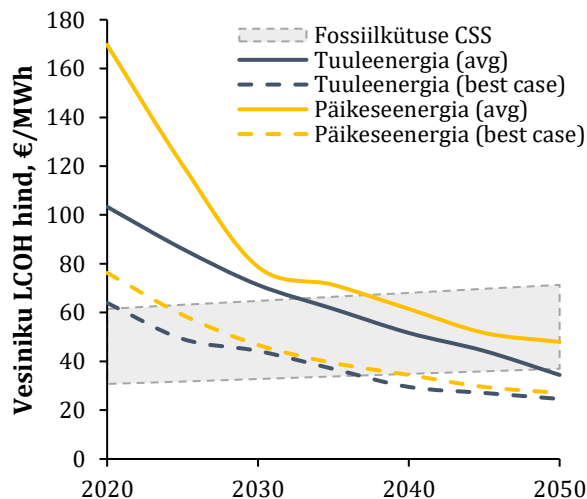
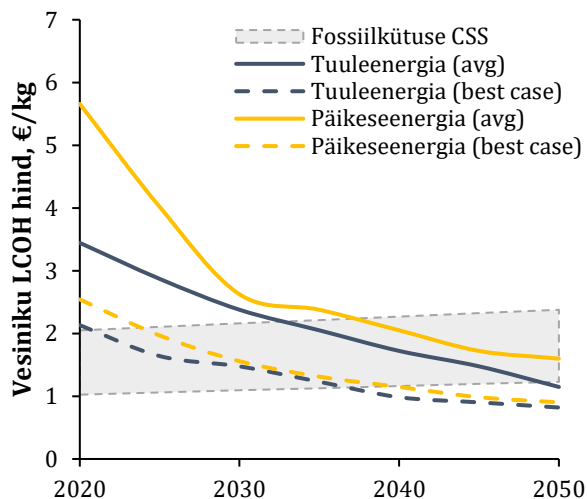
Joonis 15.5. Vesiniku potentsiaal [168]



Joonis 15.6. Vesiniku erikulu [168]

Rohelise vesiniku tootmise eesmärkide täitmist Eestis pärsib kõige enam taastuvenergiaallikatesse investeringute tegemise aeglus ning kohalike elanike, omavalitsuse ja Kaitseministeeriumi vastuseis.

Joonisel 15.7 on esitatud rohelise vesiniku tootmishinna prognoos 2050. aastani. Jooniselt järeldub, et 2035. aastal on tuuleenergiast toodetud rohelise vesiniku hind võrdne fossiilkütustega toodetud halli vesiniku hinnaga. Parimate ja soodsaimate turutingimuste korral (*best case*) on fossiilkütustest toodetud vesinikuga võimalik konkureerida juba 3–5 aasta jooksul. Rohelise vesiniku subsideerimise korral oleks tootmishind parimal juhul hallist vesinikust odavam.



Joonis 15.7. Rohelise ja fossiilkütusest toodetud vesiniku hinnavõrdlus [168]

15.3.1. Vesinik gaasivõrgus

Regulatsiooni tõttu ei lubata praegu gaasivõrku lisada rohkem kui 0,1 vol% vesinikku. Eesti süsinikuneutraalsuse saavutamise eesmärkides on sõnastatud eesmärk saavutada 10% taastuvenergia osakaal tarbitavas gaasis 2030. aastal. See on hinnanguliselt 400 GWh. Gaasivõrgu dekarboniseerimise eesmärgi saavutamiseks on oluline kõrvaldada vajalikud seadustest tulenevad ja tehnilised takistused. Ühtlasi ei toeta rohelise vesiniku tehnoloogiasse investeerimist tänane gaasivõrgu maksusüsteem, kus vesiniku ja biometaanilise maagaasi ees on ainult 5 €/MWh [169].

LISA 1. TEGEVUSKAVA

Majandus ja ettevõtlus

Põlevkivisektori arengu proaktiivne kujundamine lähtuvalt kliimaneutraalsuse eesmärgist

Eesmärk M1: vältida kliimaneutraalsuse saavutamisele kaasa aitavate projektiarenduste seiskumist kohaliku omavalitsuse ja elanikkonna vastuseisu tõttu

Tegevussuund 1: arengustrateegia ja arendusprojektide tutvustamine

Tegevus 1: tutvustada kohalikele omavalitsustele ja Ida-Virumaa elanikkonnale käesolevat arengustrateegiat, kliimaneutraalsusele kaasaaitavaid arendusprojekte ning nendega kaasnevaid võimalusi omavalitsustele ja elanikele, kaasata kohalikke probleemide kaardistamisel ja leida neile koostöös osapooltele sobivad lahendused

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021–2022	10 000 €	Omaosalus	IVIA

Eesmärk M2: anda riiklikul tasemel põlevkivisektori tegevusele selged pikaajalised eesmärgid kuni 2050. aastani lähtuvalt Euroopa Roheplaanist

Tegevussuund 1: riiklike arengukavade uuendamine

Tegevus 1: Eesti riikliku energia- ja kliimakava ning põlevkivi kasutamise arengukava uuendamine, lähtudes 2050. aasta kliimaneutraalsuse eesmärkidest (CCU- ja muude CO₂ heitmeid vähendavate tehnoloogiate kasutamine), et anda suunised ja pikaajaline kindlus põlevkiviettevõtetele ja CO₂ heitmeid kasutavaid tööstusi rajada soovivatele investoritele

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021–2022	100 000 €	Riigieelarve	KKM

Tegevus 2: uuendatud Eesti riikliku energia- ja kliimakava ning põlevkivi kasutamise arengukava tutvustamine põlevkivitööstustele ja potentsiaalsetele CCU-investoritele, et julgustada neid tegema investeeringuid CO₂ heitmeid vähendavatesse tehnoloogiatesse

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2023	20 000 €	Riigieelarve	KKM

Tegevussuund 2: Euroopa Liidu heitkogustega kauplemise süsteemi (HKS) kujundamises osalemine

Tegevus 1: HKS regulatsiooni uuendamisel esitada Eesti valitsuse poolt selged seisukohad, et HKS regulatsioon tuleb pikaajaliselt kokku leppida ja et enne muudatuste tegemist tuleb koostada juba tehtud muudatuste mõjuanalüüsid, sest praegune pidev regulatsiooni muutmine ja täiendavate jagatavate tasuta kvootide mahtu vähendavate Euroopa Roheleppest lähtuvate muudatuste kavandamine 2021. aastal on tekkinud ebakindluse tõttu vähendanud põlevkivitööstuste valmidust teostada investeeringuid keskkonnasõbralikematesse tehnoloogiatesse ja CO₂ heitmete vähendamisse

Precipitated calcium carbonate (PCC) ehk sadestatud kaltsiumkarbonaat on HKS-is ainuke toode, kuhu seotud CO₂ võib arvestada käitise CO₂ heitest maha. Eesti valitsus peaks aktiivselt aitama tagada, et regulatsiooni uuendamisel lisanduksid PCC kõrvale ka muud tooted, nagu näiteks erinevad kemikaalid, aiandussaadused ja muud tooted, et luua majanduslik motivaator CO₂ kasutamise investeeringuteks Ida-Virumaal ja mujal Euroopas.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021	15 000 €	Riigieelarve	KKM

CO₂ kasutamise rakendamine

Eesmärk M3: CO₂ kasutavate tootmisettevõtete rajamine Ida-Virumaale

Tegevussuund 1: CO₂ kasutamise tehnoloogiate arendustöö

Tegevus 1: arengustrateegias toodud nelja juhtumiuuringu näidisjaama külastamine

Ida-Virumaal CO₂ kasutamise rakendamiseks on vajalik oskusteabe hankimine. Juba töös olevate jaamade külastamine võimaldab saada vajalikke teadmisi CCU-projektide arendamise kohta. Külastatavate jaamade nimekiri:

- 2012. aastal Carbon8 Systems Ltd rajatud CO₂-st ehitusplokkide tootmine Lignacite Ltd tehase kõrval (High Street Brandon, Suffolk, Ühendkuningriik);
- 2020. aastal Twence B.V. rajatud CO₂-st naatriumvesinikkarbonaadi tootmine (Boldershoekweg 51, Hengelo, Overijssel, Holland);
- 2021. aastal valmiv Tata Chemicals Europe Ltd CO₂-st naatriumvesinikkarbonaadi tootmine (Northwich, Cheshire, Ühendkuningriik).
- Mõni CarbonCure lahendust kasutav betoonitootja – kuna betoonitootmiste asukohad võivad pidevalt muutuda, siis tuleks küsida sobivat asukohta CarbonCure'ilt (Halifax, Kanada)

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021–2022	10 000 €	Omaosalus, struktuurfondid	IVIA

Tegevus 2: CO₂ kasutamise teadus- ja arendusprojektide toetusmeetme ettevalmistamine

Toetusmeetme koostamisel tuleks võimaldada huvigruppidel (ettevõtted, ettevõtjate liidud, teadusasutused) anda sisendit ja soovitusi.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021	30 000 €	Riigieelarve, Õiglase Ülemineku Fond (ÕÜF), struktuurfondid	HTM, RM, KKM, MKM

Tegevus 3: CO₂ kasutamise teadusuuringute toetamine

Ettevõtete poolt Eesti teadus- ja arendusasutustelt tellitud uurimistöö toetamise eesmärk on globaalselt perspektiivika teadussuuna arendamine ja eelduste loomine CO₂ kasutamise pilootprojektide ja tööstuslike seadmete rajamiseks Euroopa Rohelepp eesmärkide täitmiseks. Ettevõtete poolne omaosalus aitab tagada uuringute rakendatavuse.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021–2027	2 000 000 €	Riigieelarve, ÕÜF, struktuurfondid	HTM, RM, KKM, MKM

Tegevus 4: CO₂ kasutamise pilootseadmete rajamise toetamine

Selleks, et CO₂ kasutamise oleks võimalik Eestis suuremahuliselt 2050. aastaks rakendada, on oluline juba 2021–2027 pilootprojektidega alustada.

Ettevõtete poolt ellu viidud CO₂ kasutamise arendusprojektide toetamisega on võimalik tagada suuremahuliste CO₂ kasutamise projektide rakendamiseks vajaliku oskusteabe hankimine. Vajalik on ka ettevõttepoolne omaosalus, et tagada katsete rakendatavus.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021–2027	7 000 000 €	Riigieelarve, ÕÜF, struktuurfondid	RM, KKM, MKM

Tegevussuund 2: CO₂ eraldamise ja kasutamise investorite Ida-Virumaale toomine

Tegevus 1: CCU-turundusplaani koostamine ja koordineeritud turundusstrateegia rakendamine

Suurendamaks ettevõtete huvi CO₂ eraldamise ja kasutamise investeeringute teostamiseks Ida-Virumaale, on vajalik luua ja viia ellu turundusplan. Vastavalt Eesti Vabariigi valitsuse detsembrist 2020 pärinevale ettepanekule suunatakse 143 M€ Õiglase Ülemineku Fondist tööstuse investeeringute toetamiseks.

Põhisihtgrupp: keemia-, ehitusmaterjalitööstused, jäätmekäitlejad ja CO₂ eraldamise ja kasutamise start-upid ning töötavate referentstehastega tehnoloogiaettevõtted

Turundusplaani põhitegevused:

- tehakse turuanalüüs potentsiaalsetest CO₂ eraldamise ja kasutamisest huvitatud ettevõtetest Eestis ja mujal;
- koondatakse ühele kodulehele ja läbi otsekontaktide (e-kirjad, telefonikõned), konverentside ja messide viiakse sihtgrupi ettevõtetenii info CO₂ eraldamise ja kasutamise võimalustest Ida-Virumaal ja võimalikest toetusvahenditest;
- defineeritakse konkreetset mõõdikud (loodud kontaktide arv, läbirääkimiste faasis ettevõtte arv, elluviimisel projektide arv) turundusplaani edukuse hindamiseks.

Turundusplaani eesmärk on saavutada järgnevad tulemused:

- suurenenud huvi CCU-projektide teostamiseks;
- sihtgruppide teadlikkuse tõstmine CCU võimaluste ning potentsiaalsete toetusmeetmete kohta;
- investorite Ida-Virumaale meelitamine;
- valdkonnaülese koostöö suurendamine;
- Ida-Virumaa maine tõstmine – CCU tagab põlevkivitööstuse jätkusuutlikkuse;
- uute töökohtade ja toodete loomine.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021–2030	450 000 €	Omaosalus, ÕÜF, struktuurfondid	IVIA

Tegevussuund 3: Ida-Virumaal CCU jaoks taastuvenergiast vesiniku tootmiseks eelduste loomine

Tegevus 1: enne õhuseireradari valmimist ettevalmistavate tööde teostamine tuuleparkide rajamise võimaldamiseks

2030. aasta riiklik tuuleenergia võimsuse eesmärk on 1200 MW ja päikeseenergia võimsuse eesmärk 415 MW. 2030. aasta eesmärgi täitmiseks on vaja suurendada tuuleenergia võimsust 880 MW võrra ja päikeseenergia võimsust 287 MW võrra. Hinnanguliselt on võimalik Ida-Virumaale lisada vähemalt 300 MW tuuleenergiat, mis võimaldab seda kasutada ka CCU rakendamiseks (erinevate energiamahukate toodete tootmine CO₂-st).

Kellavere õhuseireradari eeldatav valmimisaeg on aastatel 2024–2025. Selle valmimiseni on Ida-Virumaa tuuleparkide rajamine sisuliselt peatatud. Radari valmimiseni on võimalik Ida-Virumaal tegeleda elektrivõrgu fantoomliitumiste probleemi lahendamise, muuta või koostada uued

tuuleparkide detailplaneeringud, mis vastaksid uue radari valmimisjärgsetele tingimustele ning teha teavitustööd kohalike elanike seas.

- Kaitseministeeriumil ja Keskkonnaministeeriumil määrata radari valmimise järgsed tuuleparkide rajamise tingimused.
- Arendajatel koos KOV-idega vaadata üle olemasolevad detailplaneeringud ning vajadusel alustada uute koostamist, sealhulgas teha teavitustööd kohalike elanike seas.
- Eleringil pakkuda lahendus fantoomliitumiste võrgust eemaldamiseks.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021–2025	100 000 €	Omaosalus, riigieelarve	Arendajad, KOV, Elering, KaM, KKM

CO₂ eraldamise rakendamine

Eesmärk M4: CO₂ eraldamistehnoloogiate rakendamine Ida-Virumaal

Tegevussuund 1: suitsugaasidest CO₂ eraldamise tehnoloogia arendustöö

Tegevus 1: CO₂ eraldamise teadusuuringute toetusmeetme ettevalmistamine

Lisaks CO₂ erinevatest tööstustes kasutamise teadusuuringute toetamisele on vajalik toetada CO₂ eraldamistehnoloogia arendamist põlevkivitööstuses rakendamiseks, sest täna pole ükski tehnoloogia valmis kohe kasutusvalmis. Toetusmeetme koostamisel tuleks võimaldada huvigruppidel (ettevõtted, ettevõtjate liidud, teadusasutused) anda sisendit ja soovitusi.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2021	30 000 €	Riigieelarve, ÕÜF, struktuurfondid	HTM, RM, KKM, MKM

Tegevus 2: suitsugaasidest CO₂ eraldamise teadusuuringute toetamine

Uuringute tellijad oleksid ettevõtted - kas põlevkivitööstused või muud ettevõtted, kes töötaksid tehnoloogia välja ja siis pakuksid põlevkivitööstustele CO₂ eraldamist teenuse või valmislahendusena. Ettevõtete omaosaluse nõudmine tagaks nende huvi tellida rakendatavad teadusuuringud.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2022–2025	500 000 €	Riigieelarve, struktuurfondid	RM, KKM, MKM

Tegevus 3: CO₂ eraldamise pilootseadmete rajamise toetamine

Toetuse sihtgrupp võiks samuti olla kas põlevkivitööstused või CO₂ eraldamise teenust või lahendust pakuvad ettevõtted. 3 miljonit € maksev pilootseade võiks lähtuvalt hinnangulisest absorptsiooni tehnoloogiast kasutava pilootseadme investeringumaksumusest 1500 €/tCO₂ olla võimeline aastas suitsugaasidest eraldama 2000 t CO₂.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2022–2025	3 000 000 €	Riigieelarve, struktuurfondid	RM, KKM, MKM

Tegevussuund 2: CO₂ eraldamistehnoloogia rakendamine

Tegevus 1: CO₂ eraldamistehnoloogia rakendamine põlevkivitööstuse suitsugaasile

Rahvusvahelise ringmajanduse ettevõtte Ragn-Sells tütarettevõtte R-S OSA Service OÜ plaanib juba aastaks 2025 rajada Ida-Virumaale põlevkivituhast CaCO_3 tootmise tööstuse tootmismahuga 400 000–600 000 tonni CaCO_3 aastas. Sellise toodangumahu jaoks vajalik CO_2 maht on 200 000–300 000 t ja põlevkivituha maht ligikaudu 1 000 000 tonni aastas. Lähtuvalt edukalt teostunud Petra Nova suuremahulise söeelektrijaama suitsugaasist CO_2 eraldamise projekti eriinvesteeringust 612 M€/Mt CO_2 oleks aastas 300 000 t CO_2 eraldava jaama investeering 184 miljonit €. Kasutatav tehnoloogia oleks sel juhul absorptsioon. Sellisele projektile oleks võimalik taotleda toetust Innovatsioonifondist, kust jagatakse 2030. aastaks toetustena 10 miljardit € toetuse määraga kuni 60%, kusjuures maksimaalsel toetuse summal ei ole seatud ülempiiri ja toetatakse ka CCU projekte. Innovatsioonifondist on võimalik toetada ka pilootseadme rajamist, kui toetuse saaja rajab 2. etapis toetusega ka kommertsseadme.

Tegevuse periood	Eeldatav kulu	Rahastamisallikad	Vastutavad elluviijad
2024–2025	184 000 000 €	Omaosalus, Innovatsioonifond	Ettevõtted

Teises etapis on Ragn-Sellsi tütarettevõtte plaaninud juba 15 000 000 tonni põlevkivituha väärindamist aastas. Sel juhul oleks võimalik toota 6 000 000–9 000 000 t SKK-d on vajalikuks CO_2 mahuks ligikaudu 3 000 000–4 500 000 t aastas, mis ületab Eesti põlevkivitööstuste summaarseid CO_2 heitmeid 2030.-2050. aastal ning järelikult oleks mõistlik CO_2 eraldamise investeeringud teostada lähtuvalt järgneva 20 aasta prognoositavatest aastatest CO_2 heitmetest ning ülejäänud CO_2 importida. Kõige suurema toodangumahuga stsenaariumi nr 4 korral oleks Eesti põlevkivitööstuse heitmed 2050. aastal 3 300 000 t CO_2 /a.

LISA 2. INTERVJUUD EESTI KOLME SUURIMA PÕLEVKIVIETTEVÕTTEGA

Tabel L2.1. Intervjuud Eesti kolme suurima põlevkiviettevõttega

Küsimus	Intervjuu vastused
Millised on CO ₂ -kvootidega kauplemise süsteemi kitsaskohad?	EE: CO₂-kvootidega kauplemise süsteem töötab üldjoontes probleemideta, kuid spekulatiivsele kauplemisele ja CO₂-kvootide hinna kujunemisele annab viimasel ajal palju hoogu direktiivide muutmine, tähtaegadest mitte kinnipidamine, aastaste oksjonite edasilükkamine tehniliste piirangute tõttu ning erinevad signaalid CO₂-emissioonidega seotud eesmärkide muutmise kohta. Väga suur vastutus lasub Euroopa Komisjoni otsustel, mis samas muudavad selle süsteemi mõnevõrra ebastabiilseks. VKG: Süsinikumaks on vale kontseptsioon. Tegemist on lihtsalt tavalise maksukogumisega, et finantseerida riigi igapäevaseid tegevusi (katta lühiajaliselt eelarveauke). Süsinikumaks üleüldiselt nõrgendab Euroopa ettevõtteid ja Euroopa Liidu ühtlust ja jätkusuutlikkust. Süsinikumaksu ei tohiks kehtestada Euroopa eksportivale tööstusele, vastasel juhul liigub tootmine Euroopast ära.
	Põlevkivielekter mitte ei muutunud konkurentsivõimeetuks, vaid see tõrjuti turult liialt suure maksukoormusega. Aastatel 2017–2018 tõsteti CO₂ hind tasemelt 5 €/t tasemeni 27 €/t ja sellega muutus tootmine konkurentsivõimeetuks. Kunda Nordic Tsement lõpetas ka klinkritootmise Eestis, aga tootmine läheb täpselt samamoodi edasi, lihtsalt mujal. Süsinikumaks annab valitsustele ümberjaotamiseks raha ja lisatulu. CO₂ kvoodi hind ei ole turuhind. Pakkumine on poliitiline otsus. See ei võimalda turumajanduse prognoose teha. 2018. aastal võeti väga palju kvote ära ja hind läks 5 korda kallimaks. Süsteem annab sõnumi, et fossiilsetesse kütustesse ei tohiks investeerida.
	Aastateks 2030–2040 telliti uuring põlevkiviõli loodava rahvusliku rikkuse ja CO₂ kvoodi võrdluse kohta. Põlevkiviõli tootmisega jätkamine on 2,7 korda kasulikum kui tööstus sulgeda võrreldes kvoodi müügiga peale sulgemist. Tulemus näitas, et kvoodisüsteemiga saab lühiajalist tulu. Kui elektrienergiat müüa Euroopa siseturul, siis väljastpoolt süsteemi müüv elektriijaam saab odavamalt müüa. Põlevkiviõli on hetkel 100% eksporditoode – tootel on globaalne turg ja süsinikumaks lihtsalt vähendab Euroopas valmistatud toodete konkurentsivõimet. Räägitakse, et laevakütuseturul oleks ammoniaak võimalik asendus fossiilsetele kütustele. Sellisel juhul tuleks 2050. aastani igal aastal rajada hinnanguliselt 20 ammoniaaki tootvat tööstust, mis kasutavad sisendina taastuvenergiat. KKT: Kauplemissüsteem oli tehtud selleks, et süsinikurikkad tööstusharud välja suretada. Põlevkivielekter on tänaseks suhteliselt surnud. Kui sellisel vaadata, siis süsteem on ennast õigustanud. Kogu süsteem on nii segane, et me pole aru saanud, mille alusel antakse tasuta kvote. Arvutused on ettevõttele segased ja Eesti riigist ei sõltu mitte midagi. Hinnad on ka prognoosimatud. Tasuta kvooti jagatakse heitkoguste järgi. See on keeruline. Keskkonnaministeeriumil on terve osakond selleks. Arvutuskäik vajab sõltumatu audiitori tõestust. Aasta ja siis viie aasta jooksul plaan. Eesti riik on ülesanded delegeerinud ELile ja kohalikel pole oskusi ega pädevust.

Mis annaks CO₂-kvootidega kauplemise süsteemis pikaajalise kindluse?

EE: EL-i heitkogustega kauplemise direktiivi on viimase ca 10 aasta jooksul kümme korda muudetud. Järgmise muudatusettepaneku kavatseb Euroopa Komisjon teha 2021. aasta juunis. Sellest lähtudes on EL-i heitkogustega kauplemise süsteem üks poliitiliselt kõige enam manipuleeritud regulatsiooni valdkond EL-is, mis mingisugust pikaajalist kindlust ei paku. Seega, kindluse saamiseks tuleks lõpetada selles kauplemissüsteemis igaaastane muudatuste tegemine.

VKG: Kauplemissüsteem peab olema piisavalt pikaajaliselt ette planeeritud, et tagada mingisugune kindlus. Praegune CO₂ kvootide aastane vähenemise koefitsient aastani 2050 on 2,2%. Euroopa Komisjon tahab seda suurendada. Euroopa Roheleppe analüüsimisel kasutati baasina 2018. aastat, mil turu stabiilsuse reserv (MSR) alles rakendus. Euroopa Liit ei ole jõudnud analüüsida MSR muudatuse tagajärge. Kui võrrelda 2018. aastat 2017. aastaga, siis ETS sektori heide vähenes 4%, seejärel 2019. aastal vähenes heide eelmise aastaga võrreldes täiendavalt 9%. Tegemist on suure heitmete koguse vähenemisega. Prognoos on tehtud puudulike andmete või nõrga analüüsi alusel.

KKT: Riik peaks garanteerima hinna ja selle hinnavahe ise kinni maksma. Võib eeldada, et läbi variettevõtete manipuleerivad heitmete kauplemissüsteemiga ka kolmandad riigid, kes ei ole kauplemissüsteemiga liitunud. Kauplemissüsteemi ärimudel on sõltuv EL-ist, mitte Eestist.

Millised plussid ja miinused on põlevkiviettevõtete jaoks tootmiseks CO₂-kvootide kasutamise jätkamisel, võrreldes üleminekuga suitsugaaside puhastamisele ja CO₂ ärakasutamisele selliselt, et CO₂-kvooti osta poleks vaja?

EE: Kaudselt on CO₂ püüdmisel suitsugaasidest mõju ka teiste õhuheitmete vähendamisele, kuna CO₂ püüdmise tehnoloogiad ning ka nõuded püütud CO₂ (just transpordi ja kasutamise osas) eeldavad teiste saastekomponentide osas suitsugaaside tänasest oluliselt paremat puhastamist. Negatiivse poole pealt on tänased CO₂ püüdmise tehnoloogiad väga energiamahukad alandades tootmisüksuste kasutegureid, mis omakorda suurendavad kütuste kui sellise vajadust ning suurendavad kütuse hankimise/tootmisega seotud võimalikke keskkonnakahjusid. Lisaks sellele tuleb välja tuua suuremahuliste ja just energiatööstuses rakendatavate kommertsalahenduste puudumise nii CO₂ püüdmisel kui ka selle transpordil ning ladustamisel/kasutamisel. Toode hindade tõstmine tasemele, mis kataks CO₂ püüdmise ja kasutamise/ladustamisega seotud kulutused, ei ole reaalne.

VKG: CO₂ kinni püüdmine on absurdne - see on kallis ja maksumaksja raha ebamõistlik kulutamine. Agropargi tegemisel tuleks heitsoojuse saadavust hinnata. Kui tegemist on põlevkivienergeetika heitsoojusega ning maksustamise tulemusena muutub põlevkivisektor konkurentsivõimeetuks, siis ühel hetkel ei ole enam heitsoojust saada. Agropark seob liialt väikeses koguses CO₂-te. Sellises koguses CO₂-te ei ole kellelgi vaja - kui nafta on maa seest välja võetud, siis tuleks CO₂ tagasi maasse pumbata.

KKT: Lisaks püüdmise investeeringule on kulukas ka käitamine. Euroopa Liidu reeglid ei luba jooksvaid kulutusi katta. Õiglase ülemineku toetusest ei toetata CO₂ püüdmise seadmete rajamist.

Mis on olnud takistused suitsugaaside puhastamisel ja CO₂ ärakasutamisel?

EE: Täna puuduvad kommertsalustel toimivad reaalsed tõestatud suuremahulised lahendused CO₂ transpordiks ja ladustamiseks, aga ka spetsiifilisemalt põlevkiviga seotud tegevustest (otsepõletamine elektri tootmiseks, põlevkiviõli tootmine) CO₂ reaalseks kinni püüdmiseks.

VKG: See ei ole mõistlik tegevus, lisaks on keeruline ja liialt suure maksumusega. Emiteeritavates kogustes ei ole sellega midagi peale hakata.

KKT: Takistus on see, et reaalseid töötavaid lahendusi hetkel ei ole, millesse investeerida. Tehniline lahendus ei ole turuvalmiduses. Ettevõtte ei ole kunagi neid uurinud ega kaalunud - käib üle jõu nii tehniliselt kui ka

	maksumuselt. Praegu on Tallinna Tehnikaülikoolis uuritud ainult olemasolevaid lahendusi.
Mis eeldused peavad olema täidetud üleminekuks suitsugaaside puhastamisele ja CO₂ ärakasutamisele (näiteks investeeringud, turg)?	EE: Lõpptoote hinnatase, mis kajastab kõiki CO₂ püüdmise ja ladustamise/kasutamisega seotud kulutusi, peab olema vastavuses CO₂ püüdmist motiveeriva kvoodi hinnaga. Vaid CO₂ kvoodi hinna tõstmine tasemele, mis ületaks CO₂ püüdmise ja ladustamise/kasutamisega seotud kulutusi, suretab tööstuse suhteliselt kiiresti välja. Lisaks peaks tekkima ka ühtne kommertsalustel toimiv infrastruktuur CO₂ transpordiks ja ladustamiseks ning võimalik turg CO₂ kui toorainele. VKG: Ülemaailmne kokkulepe, et kõik riigid hakkavad seda tegema võimaldab ideaalis kinni püüda maksimaalselt 10% globaalsest CO₂ heitmest aastal 2050. Ärakasutamise võimalused puuduvad sellele kogusele. Kokkuvõttes eeldused puuduvad. KKT: Valmis tehnoloogia peab olema turul olemas, kättesaadav ja majanduslikult mõistlik. KKT ei usu, et Eestis mõni CO₂ puhastamissüsteem üldse rajataks ning probleem jääb juba tehniliste teadmiste taha, sest Eestis ei ole piisavalt häid teadlasi ega insenere sellise arendustöö jaoks.
Kes peaks tegema võimalikud investeeringud suitsugaasidest saadava CO₂ puhastamiseks ja sellest toodete valmistamiseks?	EE: Ideaalis peaks CO₂ emiteeriv käitis investeerima tema tegevusest tuleneva CO₂ kinni püüdmiseks. CO₂ transpordi ning ladustamise infrastruktuuri ja taristu osas ei tohiks sellist investeerimise kohustust panna CO₂ tekitajale. Viimasel peaks olema võimalus neid tegevusi (transport, ladustamine) turult teenusena osta. CO₂ kui toorainest toodete valmistamisse investeerib vastav arendaja. Küll aga peaks riik tegelema talle antud võimaluste piires CO₂-st toodete tootmise tekkimiseks soodustavate tingimuste loomise ning erinevate turgutavate meetmete rakendamisega. VKG: Püüda võib maksumaksja raha eest, kui maksumaksja selleks mandaadi annab. Põlevkivikonverentsil osalenud said teada, et CO₂ kinnipüüdmise saab heal juhul toimuda globaalselt ainult 10% ulatuses aastaks 2050. Samuti saadi teada, et sellises koguses CO₂-ga ei ole midagi muud peale maa alla tagasi pumpamise peale hakata. Ehk CO₂ püüdmise arutelu Ida-Virumaa maakonna arengukava raames on kummaline viis maakonna arenguraha kulutamiseks. IVIA peab ise leidma lahendused. Süsinikuneutraalse eesmärgi saavutamiseks on vaja, et CO₂ tarbimisele oleks nõudlus ja, kuna seda täna ei ole, tuleb see luua riigi või poliitiliste regulatsioonide poolt. KKT: Ilma kasuliku produktita/tooteta ei ole nende investeeringute tegemine võimalik. Seega keegi kolmas ei saa kasutada seda CO₂-te. Praegu on räägitud ainult CO₂ matmisest. Koostöö korral peaks toote tootja investeerima, KKT hinnangul riik ei peaks seda investeeringut teostama. Senini pole isegi elektrijaamade heitsoojuse potentsiaali ära kasutatud. Järelikult ei ole kolmandatel ettevõtetel majanduslikud aspektid täidetud (kalakasvatus, katmikalad jne). Ilmselt on sarnaselt heitsoojuse kasutamisele ka CO₂ kasutamise puhul puudus tehnilistest/tööstuslikest teadmistest või transpordi ja logistikalahendustest.
Millised on ettepanekud ja soovitusel CO₂-neutraalsusega seotud eesmärkide saavutamiseks?	EE: Eesti Energia on viimaste aastate jooksul teinud Vabariigi Valitsusele palju erinevaid ettepanekuid CO₂ neutraalsusega seonduvate eesmärkide saavutamiseks. Suur osa nendest ettepanekutest väljenduvad riigi poolt vastuvõetud arengukavades, poliitikadokumentides jms. Kliimapoliitikaga seonduvad meetmed väljenduvad peaaesjalikult Kliimapoliitika põhialused aastani 2050 dokumendis ja Eesti riiklikus energia- ja kliimakavas aastani 2030.

VKG: CO₂ heitkoguseid võib vähendada, aga ei tohi seadustada 0-eesmärki, kuna see ei ole mõistlik. Kuna tegemist on ebamõistliku eesmärgiga, siis pole võimalik teha ka arukaid ettepanekuid.

Kui Euroopa annab raha, siis me ei peaks mõtlema, mida sellega peale hakata, vaid selleks peaks olema konkreetne äriplaan juba toetuse saamisel. Tegeleda tuleks töökohtade loomisega, mis baseeruvad nõudlusel, mitte teha lühiajalisi projekte toetusrahadega.

KKT: Riik peaks rohepöörde korral otsustama, kui kaua põlevkivienergeetikal või õlitööstusel lubatakse eksisteerida või garanteerima selle jätkumise. Täiendavalt võiks toetada ettevõtete juba tehtud investeeringutest tulenevat kahjumit põlevkivienergeetikast väljumise korral. Riik ei saa jagada ka tasuta CO₂ kvooti ilma, et see muutuks riigiabiks.

Millised näitajad on võimalik saavutada aastateks 2030, 2040 ja 2050?

EE: Võimalik on saavutada erinevaid näitajaid, sõltub sellest millistest eeldustest lähtutakse ja milliseid ärilisi otsuseid tehakse. Eesti Energia ei saa kindlasti takistuseks Eesti kliimaeesmärkide saavutamisel.

VKG: Üks on protsessiheide ja teine on põlevkivi uttegaasist peale selle põletamist tekkiv heide. Seda gaasi saab puhastada ja toota metanooli. Metanooli tootmisel väheneb Euroopa CO₂, aga see tarbitakse kuskil mujal ära ning CO₂ heide jääb. Tasuvus on liiga pikk sellisel projektil. Euroopa Liit on andnud sõnumi, et fossiilsetele tööstustele enam raha ei anta. On rumal mõelda, et täiendavad investeeringud jalajälje vähendamiseks tõstavad ettevõtte konkurentsivõimekust, sest toote omahind kasvab tehtud investeeringute laenukoormuse tõttu. Poole võrra CO₂ heitmete vältimine nõuab ettevõttelt liiga suurt investeeringut, aga eesmärk on saavutada CO₂ neutraalsus. Rohelepe on seadus, mitte visioon. Täna on maksupoliitika ebaselge – kas sektorit tahetakse maksustamisega konkurentsivõimetuks muuta või mitte või siis, kas seda soovitatakse saavutada aastaks 2030 või 2050. Selles raamis ei ole mõtet ühtegi investeeringut teostada, vaid tuleks ettevõttest lihtsalt raha välja võtta.

KKT: Uttegaasi põletamise asemel oleks võimalik toota vedelkütuseid ja metaani või suunata saaduseid muude toodete valmistamiseks, aga lõpuks põletatakse need tooted ikka kuskil mujal. KKTl ei ole plaani vähendada heitmeid – eesmärk on toota võimalikult palju toodet. 50 €/tCO₂ kvoodihinna korral sulgetaks tootmine juba homme. CO₂ hind on täiesti ennustamatu. Sellises teadmatuses ei saa investeerida. Teiseks ei anna riik või finantsasutused täna investeeringuteks laenu. Kui pank ei toeta, siis ei tee omafinantseeringut ka ettevõtte. Riik ei peaks samuti põlevkivienergeetikasse investeerima.

Millised ja kus on Ida-Virumaal CO₂ kasutamise valdkonna arenduseks sobivad planeeringud ja arendusprojektid?

EE: -

VKG: CO₂ püüdmisel ei ole mõtet. Küll aga on VKG kaalunud võimalusi CO₂ heitmete vähendamiseks tekkivast uttegaasist metanooli tootes. Kõik uuringud metanooli tootmise projekti jaoks on teostatud. Kui oleks turunõudlus ja sobilik keskkond, siis võiks VKG homme projekteerima hakata, aga turg ja maksupoliitika ei soosi seda. Metanooli tootmine vähendaks ettevõtte CO₂ heidet 20–35%. Metanooli tootmine on realistlik, aga eeldused peavad olema loodud – eeldus põlevkiviõli tootmise jätkumiseks, mitte metanooli tootmise jaoks.

KKT: Sellele peaksid vastama selle valdkonna arendajad oma konkreetse toodanguga.

Millised planeeringute arendusprojektide elluviimise riskid ja riskide maandamismehhanismid realiseerimiseks aastatel 2021–2027?

on ja

EE: Täiendav risk on kindlasti uute tehnoloogiate rakendamisega seotud keskkonnamõjude hinnangute ning vajadusel planeeringute läbiviimine. Nii Euroopa kui ka muu maailma praktika näitab suhteliselt suurt vastuseisu eriti just CO₂ transpordi ja ladustamise osas, aga ka CO₂ püüdmise rakendamise osas suurtele fossiilkütuste tarbijatele (eriti elektrijaamad). CO₂ püüdmise rakendamises nähakse fossiilkütuste eluea pikendajat ning põlistajat. Lisaks sellele tuuakse negatiivsena välja ka CO₂ püüdmise rakendamisega seotud täiendavate ressursside vajalikkus. Sellised mõjuhinnangud ning planeeringud võivad muuta projektid ebamõistlikult pikaks või üldse võimatuks. Risk on ka see, et reaalne CO₂ püüdmise ja ladustamise/kasutamise ahela rakendamine on pikaajaline ja ressursse nõudev tegevus ning toote hinnad ei jõua majanduslikku jätkusuutlikkust tagavale tasemele. CO₂ püüdmise tehnoloogia on teostatav, kuid selle reaalne rakendamine põlevkivile vajab siiski täiendavat arendust ja ettevalmistust.

VKG: Riskid ei ole seotud CO₂ püüdmisega. Riskid on seotud põlevkivitööstuse konkurentsivõime säilimisega lähima 10 aasta jooksul. Rohelepe ja õiglane üleminek ei soovi, et investeeringuid võimaldataks fossiilsete kütuste kasutajale.

KKT: Ükski investor ei panusta sellesse sektorisse enam pärast 2020. aastat Isegi hiinlased keelduvad Euroopa Liidu roheleppe tõttu investeerimast Euroopa klassikalise fossiilsetel kütustel baseeruva energeetika valdkonda.

Taastuvenergia arendamise mõistes on kontsernil plaanis rajada Paldiski pumphüdroakumulatsioonijaam ning mõni väike päikesepark. Alexela kontsernil ei ole täna nii palju vaba raha, et kõiki investeeringuid teostada. 2025. aastani proovib ettevõtte konkurents püsida ja seejärel tehakse edasisi plaane. Hilisemaks ajaks ei pruugi olla isegi piisavalt sobilikku tööjõudu (vanus ja oskus). Täna on keskmine töötaja 50 aastane. Kiviõli rahvastiku prognoos on negatiivne. Seni proovitakse põlevkivist loobuda, et segada uttegaasi maagaasiga. 10-15 tuhat ühikut aastas peaks vähenema CO₂ heide. Maagaasi heide on olemas, aga lihtsalt väiksem. Puhastamise osas on küsimuseks, kas eraldada väävel uttegaasist või suitsugaasist. Tundub, et uttegaasist eraldamist on lihtsam teostada. Hiinlased teevad ka selliselt. Leelise abil saab väävli kätte. Tekib küsimus, et mis selle väävliga peale hakata – kellel seda vaja on. Tõenäoliselt ei ole see ka piisavalt puhas ja seda tekib väikses koguses. Puhastamise investeeringute probleem on ka see, et seadused ei luba kõiki investeeringuid toetada – KKT tootmisprotsess oli juba varem toetust saanud ja selle tõttu ei antud ühele pilootprojektile toetust. Investeeringute teostamiseks on vaja tihti eraldi konsultanti ja töötajat, et hallata seda menetlust.

LISA 3. INTERVJU RAGN-SELLSI PROJEKTIJUHI ALAR SALUSTEGA

Tabel L3.1. Intervjuu Ragn-Sells projektijuhiga Alar Salustega

Küsimus	Intervjuu vastused
1. Mis on Ragn-Sells projekti eesmärk?	Projekti eesmärk on elektri tootmisest pärineva põlevkivituhha ladestamise vähendamine ning tulevikus juba ka olemasolevate mägede kasutuselevõtt. Nii jõuaks taaskasutusse Eesti kõige suuremahulisemad ja tülisemad tööstusjäätmed, mis seni on seisnud kasutuna ning olnud koormaks meie loodus- ja elukeskkonnale. Tuhast on võimalik toota sünteetilist kaltsiumkarbonaati ehk ülipuhast lubjakivi, mida saab kasutada näiteks paberi-, polümeeride- ja värvitööstuses lisandina. Projektis plaanitakse esmalt kasutada põlevkivielektrijaamades jooksvalt tekkivat nn värsket tuhka ning hiljem alustada lubjakivi tootmisega juba ladestatud tuhast. Tegevuse ambitsioonikas eesmärk on hakata piirkonna suurima ringmajandusprojekti kaudu ringlusesse suunama miljoni tonni põlevkivituhha töötlemisest sündinud toodet. Visioon, mis ulatub suisa 2070. aastani, näeb aga ette ka moodustatud põlevkivituhhamägede likvideerimist. Seega saab öelda, et üle mitme põlvkonna ulatuv suur nägemus on Ida-Virumaa ja Eesti ühe suurima keskkonnaprobleemi lahendamine sellest samal ajal lisaväärtust tootes.
2. Kuidas toimuks SKK tootmine Ragn-Sells projektis?	Sünteetilise lubjakivi tootmiseks hakatakse kasutama muuhulgas ka süsinikdioksiidi. Võimalik on kasutada, kas balloonides toodud või n-ö otse korstna suitsugaasidest eraldatud süsinikdioksiidi. Tootmisprotsessis plaanitakse kasutada täielikult kinnist ja ringlevat veesüsteemi, et vähendada veetarvet ja taaskasutada kogu tootmisesse toodud veeressurss. Toote seisukohalt on oluline kasutatava süsinikdioksiidi puhtus. Puhastamata suitsugaasides sisalduv väävel ja lämmastik vähendaksid võimalust vett korduvalt kasutada, sest akumuleeruvad tootmisprotsessi vees. Ühtlasi oleks sel juhul vajaminevate suitsugaaside maht oluliselt suurem.
3. Millises mahus plaanitakse SKK-d toota?	1. etapis ehk alates 2025. aastast on planeeritud aastas kuni 1 miljoni tonni põlevkivituhha väärimine, mis vastab ligikaudu 400–600 kt sünteetilise lubjakivi toodangule. 2. etapis on eesmärgiks tootmise suurendamine aastas lausa kuni 15 Mt põlevkivituhha väärimiseni. Loomulikult on teise etapi käimalükkamise eelduseks esimese etapi edukas käivitamine.
4. Milline on SKK müügihind?	Sünteetilise lubjakivi hind tonni kohta ulatub maailmaturul 150 eurost kuni tuhandeteni. Hind oleneb kasutusala ning toote spetsifikatsioonist. Madalama hinnaga kaltsiumkarbonaati kasutatakse paberitööstuses, kõrgema hinnaga

	toiduainetööstuses. Kuna selle projekti tooraine on tööstusliku päritoluga, välistatakse toodetud kaltsiumkarbonaadi kasutamine toiduaine- ja farmaatsiasektoris, küll aga on see sobiv kõikide muude tööstusharude tarbeks.
5. Kui suur on plaanitav investeering vastavalt tootmismahule?	Arvestatakse Rootsis asuvast tootmisüksusest (<i>Ragn-Sells circular facility at Högbytorp</i>) suurema investeeringuga, sest Eesti tehase tootmismahut on kordades suurem. Rootsi tootmisüksuses oli investeeringu maht 55 miljonit eurot ja seal väärindatakse 150 kt lendtuhka aastas.
6. Kuidas hindaksite toote nõudlust?	Süntetilise kaltsiumkarbonaadi maailmaturu maht on ligikaudu 25 miljonit tonni aastas. Sarnaste täiteainete turu maht ulatub aga üle 100 miljoni tonni aasta kohta. Ragn-Sells plaanib toota klientide soovide järgi kindlate spetsifikatsioonidega tooteid.
7. Kui palju töökohti plaanitakse SKK tootmises luua?	Kui mainitud Rootsis asuvas tehases saab olema 20 töötajat, siis Eestisse planeeritavale tehasele eeldatakse suuremat töökohtade arvu. Lisaks tootmisüksuses loodavatele töökohtadele saavad piirkonnas tööd ka paljud teised inimesed kogu tarne- ja logistilises ahelas. Näiteks on vajalik konveierilintide hooldus, raudteevagunite remont jpm. Täna sel põlevkivitööstusel on selline kompetents Ida-Virumaal juba olemas. Seega ulatub tegelik majanduslik ja sotsiaalne mõju piirkonnale jäätmeladestuse vähendamisest oluliselt kaugemale.
8. Milline on projekti ajakava? Mis aastast alates oleks võimalik töötlemist alustada?	Põlevkivituhkade alusuuringutega alustati juba 2015. aastal. Hetkel tegeletakse tehnoloogia rakendusuurimistega ning 2021. aastal plaanitakse tööstuslike katsete tegemist. Ida-Virumaale kavandatava tootmisüksuse ehitust plaanitakse alustada 2022. aastal. Tootmise 1. etapiga soovitakse plaani järgi alustada 2025. aastal.
9. Mis on projekti realiseerimise suurimad riskid ja ohukohad ning kuidas on plaanis neid maandada?	Suurim risk on seotud tootmise majandusliku tasuvusega. Selle riski hindamisega hetkel Ragn-Sells tegeleb. Olemas on laboris tõestatult põlevkivituhale sobilik tehnoloogia sünteetilise kaltsiumkarbonaadi tootmiseks ning nüüd on järgmine oluline samm kommertstehnoloogia testimine. Mastaapimisriski maandamiseks on pilootprojektile taotletud toetust ka Euroopa Liidu Innovatsioonifondist, mille kohta peaks otsus tehtama 2021. aasta lõpuks.

KASUTATUD ALLIKAD

- [1] E. Hawkins, „<https://showyourstripes.info/>,” 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://showyourstripes.info/>.
- [2] Statistikaamet, "Ida-Viru maakond," [Online]. Available: <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/piirkonnad/ida-viru-maakond>. [Accessed 12 2020].
- [3] Statistikaamet, "Põhinäitajad," [Online]. Available: <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/pohinaitajad>. [Accessed 12 2020].
- [4] Statistikaamet. [Online]. Available: <https://www.stat.ee/et/avasta-statistikat/piirkonnad>.
- [5] A. Herm, "Ida-Virumaa rände alased uuringud. Ülevaade rändeprotsessidest," Tallinn, 2020.
- [6] T. Ü. N. kolledž, "Ida-Virumaa elanike rännet mõjutavad tegurid ja kohalike omavalitsuste võimalused selle reguleerimiseks - vahearuanne," 2020.
- [7] V. K. G. T. V. K. p. k. Eesti Energia, Eesti Põlevkivitööstuse aastaraamat 2019.
- [8] P. k. Praxis, "Ida-Virumaa majanduse ja tööturu kondamine põlevkivitööstuse vähenemisega - vahearuanne," 2020.
- [9] V. K. G. K. k. T. V. K. p. k. Eesti Energia, Põlevkivi aastaraamat 2018, 2019.
- [10] RAKE, "Ida-Virumaa põlevkivisektori palga- ja tööjõukulude analüüs," 2020.
- [11] S. A. H. b. A. P. S. M. b. S. F. M. a. G. S. C. A. d. A. M. b. Christina M. Quintella*a, "CO2 Capture Technologies: an Overview with Technology," *Energy Procedia* 4, 2011.
- [12] *. A. A. A. D. C. O. H. A. J. W. D. M. C. D. B. Matteo C. Romanoa, "Application of advanced technologies for CO2 capture from industrial sources," *Energy Procedia*, 2013.
- [13] Y. Hu, "CO2 capture from oxy-fuel combustion power plants," KTH Royal Institute of Technology, 2011.
- [14] M. W. A. S. J. Eni Oko, "Current status and future development of solvent-based carbon Capture," *Int J Coal Sci Technol*, 2017.

- [15] M. M. M. J. S. I. A. I. F.R.H Abdeen, "A review of chemical absorption of carbon dioxide for biogas upgrading," Chinese Journal of Chemical Engineering, 2016.
- [16] O. D. H. d. C. M. L. L. M. Bert Metz, "IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage," Cambridge University Press, 2005.
- [17] O. Velts, "Oil Shale Ash as a Source of Calcium for Calcium Carbonate: Process Feasibility, Mechanism and Modeling," TTÜ, 2011.
- [18] Global CCS Institute, "Facility Database," [Online]. Available: <https://co2re.co/FacilityData>.
- [19] T. M. A. T. R. K. Can Rüstü Yörüka, "Oxy-fuel Combustion of Estonian Oil Shale: Kinetics and Modeling," vol. 86, 2016.
- [20] Global CCS Institute, "Global Status of CCS 2019," 2019.
- [21] SaskPower, "Shand Carbon Capture Test Facility," 2020. [Online]. Available: <https://www.saskpower.com/Our-Power-Future/Infrastructure-Projects/Carbon-Capture-and-Storage/Shand-Carbon-Capture-Test-Facility>.
- [22] Mitsubishi Heavy Industries Group, "CO2 Capture Plant," 2020. [Online]. Available: <https://www.mhi.com/products/engineering/co2plants.html>.
- [23] Shell Global, "Carbon capture and storage projects," 2020. [Online]. Available: <https://www.shell.com/sustainability/environment/climate-change/carbon-capture-and-storage-projects.html>.
- [24] Fluor Corporation, "Comprehensive Solutions for Carbon Capture," 2020. [Online]. Available: <https://www.fluor.com/client-markets/energy-chemicals/carbon-capture>.
- [25] Linde, "Reducing and recycling CO2," 2020. [Online]. Available: http://www.linde.hk/en/clean_technology/clean_technology_portfolio/carbon_capture_storage/index.html.
- [26] Global CCS Institute, "Global Status of CCS 2020," 2020.
- [27] Aker Carbon Capture, "Carbon Capture Projects," 2020. [Online]. Available: <https://www.akercarboncapture.com/technology/carbon-capture-projects/>.
- [28] Norcem A.S, "Carbon Capture and Storage (CCS)," 2020. [Online]. Available: <https://www.norcem.no/en/CCS>.

- [29] International Energy Agency, "Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage CCUS in clean energy transitions," 2019.
- [30] International CCS Knowledge Centre, "International CCS Knowledge Centre: 92.4% Capture Rate at Petra Nova - that's a CCS Success," 2020. [Online]. Available: [release/2020/09/02/2087983/0/en/International-CCS-Knowledge-Centre-92-4-Capture-Rate-at-Petra-Nova-that-s-a-CCS-Success.html](https://www.internationalccsknowledgecentre.org/en/International-CCS-Knowledge-Centre-92-4-Capture-Rate-at-Petra-Nova-that-s-a-CCS-Success.html).
- [31] A. Konist, L. Loo, A. Valtsev, B. Maaten, A. Siirde, D. Neshumayev and T. Pihtu, "Calculation of the amount of Estonian oil shale products from combustion in regular and oxy-fuel mode in a CFB boiler," *Oil Shale*, vol. 31, no. 3, pp. 211-224, 2014.
- [32] Carbon8 Systems Ltd, "Carbon8 systems," 2020. [Online]. Available: <https://c8s.co.uk/>.
- [33] Imperial College London, "Assessing the potential of CO2 utilisation in the UK," 2017.
- [34] Twence, "About Twence," 2020. [Online]. Available: <https://www.twence.nl/en/twence/about-twence.html>.
- [35] Twence, "NaHCO₃," 2020. [Online]. Available: <https://www.co2sbc.eu/nahco3.html>.
- [36] H. Croezen, S. Nusselder, E. R. Lindgreen and D. Jaspers, "Screening LCA for CCU routes connected to CO2 Smart Grid Delft," CE Delft, 2018.
- [37] P. Huttenhuis, A. Roeloffzen and G. Versteeg, "CO2 Capture and Re-use at a Waste Incinerator," *Energy Procedia*, vol. 86, pp. 47-55, 2016.
- [38] Tata Chemicals Europe, "Tata Chemicals Europe to Build UK's Largest Carbon Capture & Use Plant," 2019. [Online]. Available: <https://www.tatachemicalseurope.com/news-release-tata-chemicals-europe-build-uks-largest-carbon-capture-use-plant>.
- [39] Tata Chemicals Europe, "Carbon Capture & Utilisation," 2020. [Online]. Available: <https://www.tatachemicalseurope.com/about-us/carbon-capture-utilisation>.
- [40] CarbonCure Technologies Inc., "Reducing Carbon, One Truck At A Time," [Online]. Available: <https://www.carboncure.com/>.
- [41] Keskkonnaamet, "KOTKAS," 2020. [Online]. Available: https://kotkas.envir.ee/annual_reports_registry.

- [42] International Energy Agency, "Energy Technology Perspectives 2020. Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage. CCUS in clean energy transitions," IEA Publications, 2020.
- [43] H. Herzog, "Financing CCS demonstration projects: Lessons learned from two decades of experience," *Energy Procedia*, vol. 114, pp. 5691-5700, 2017.
- [44] NOAH Friends of the Earth Denmark, "Information about Carbon Capture and Storage - CCS," NOAH Friends of the Earth Denmark, [Online]. Available: <http://ccs-info.org/financing-ccs.html>. [Accessed 12 November 2020].
- [45] P. Teffer, "Investigation," EUobserver, 6 October 2017. [Online]. Available: <https://euobserver.com/investigations/139257>. [Accessed 12 November 2020].
- [46] The Canadian Press, "No more retrofits for carbon capture and storage at Boundary Dam: SaskPower," *The Province*, 9 July 2018.
- [47] G. Leo, "SNC-Lavalin-built carbon capture facility has 'serious design issues': SaskPower," *Saskatchewan*, 28 October 2015.
- [48] The Economist, "Nice try, shame about the price," *The Economist*, 3 October 2014.
- [49] S. Giannaris, C. Bruce, B. Jacobs, S. Wayuta and D. Janowczyk, "Implementing a second generation CCS facility on a coal fired power station - results of a feasibility study to retrofit SaskPower's Shand Power station with CCS," *Greenhouse Gases. Science and Technology*, vol. 10, no. 3, pp. 506-518, 2020.
- [50] European Commission, "Climate Action," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_en. [Accessed 15 November 2020].
- [51] European Commission, "The Just Transition Mechanism: making sure no one is left behind," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/just-transition-mechanism_en. [Accessed 14 November 2020].
- [52] European Commission, "Just Transition Funding Sources," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/just-transition-mechanism/just-transition-funding-sources_en. [Accessed 14 November 2020].
- [53] European Commission, "Just Transition funding sources," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/annex_d_crs_2020_en.pdf. [Accessed 14 November 2020].

- [54] P. Volkova, "Ida-Virumaa südamest nõrдинud: valitsus muutis nipsust meelt," *Äripäev*, 8 December 2020.
- [55] European Commission, "Modernisation Fund," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/budget/modernisation-fund_en. [Accessed 14 November 2020].
- [56] European Commission, "Innovation Fund," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_en. [Accessed 13 November 2020].
- [57] Societe Generale, "Targeted Report: Financing Large Scale Integrated CCS Demonstration Projects," Global Carbon Capture and Storage Institute Limited, 2014.
- [58] European Commission, "European Structural and Investment Funds," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/. [Accessed 29 December 2020].
- [59] European Commision, "European structural and investment funds," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/funding-opportunities/funding-programmes/overview-funding-programmes/european-structural-and-investment-funds_en. [Accessed 29 December 2020].
- [60] European Commission, "European Regional Development Fund," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/erdf/. [Accessed 29 December 2020].
- [61] Euroopa Komisjon, "Euroopa Liidu uus eelarve vastab kriisile ja vaatab tulevikku," *Postimees*, 21 October 2020.
- [62] Republic of Estonia. Ministry of the Environment, "Kyoto Protocol," [Online]. Available: <https://www.envir.ee/en/kyoto-protocol>. [Accessed 28 October 2020].
- [63] United Nations Framework Convention on Climate Change, "What is the Kyoto Protocol?," [Online]. Available: https://unfccc.int/kyoto_protocol. [Accessed 28 October 2020].
- [64] Climate Corporation, "CO2 Market," [Online]. Available: <http://climatecorp.eu/the-co2-market/>. [Accessed 28 October 2020].
- [65] Climate Corporation, "CO2 Market. EU-ETS," [Online]. Available: <http://climatecorp.eu/the-co2-market/co2-market-overview/>. [Accessed 28 October 2020].

- [66] V. Solilová and D. Nerudová, "Overall Approach of the EU in the Question of Emissions: EU Emissions Trading System and CO₂ Taxation," *Procedia Economics and Finance*, vol. 12, pp. 616-625, 2014.
- [67] A. Cretia and M. Joets, "Multiple bubbles in the European Union Emission Trading Scheme," *Energy Policy*, vol. 107, pp. 119-130, 2017.
- [68] European Commission, "EU Emissions Trading System (EU ETS)," [Online]. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en#tab-0-0. [Accessed 28 October 2020].
- [69] Sandbag Climate Campaign CIC, "EMBER," [Online]. Available: <https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>. [Accessed 28 October 2020].
- [70] S. Evans, "Q&A: Will the reformed EU Emissions Trading System raise carbon prices?," CarbonBrief, 6 December 2017. [Online]. Available: <https://www.carbonbrief.org/qa-will-reformed-eu-emissions-trading-system-raise-carbon-prices>. [Accessed 28 October 2020].
- [71] European Commission, "Publication of the total number of allowances in circulation in 2019 for the purposes of the Market Stability Reserve under the EU Emissions Trading System established by Directive 2003/87/EC," European Commission, Brussels, 2020.
- [72] H. Fjellheim, "Will high European carbon prices last?," Refinitiv, 12 December 2018. [Online]. Available: <https://www.refinitiv.com/perspectives/market-insights/will-high-european-carbon-prices-last/>. [Accessed 28 October 2020].
- [73] S. Twidale, "Analysts cut EU carbon price forecasts as coronavirus causes demand slump," Thomson Reuters, 24 April 2020. [Online]. Available: <https://www.reuters.com/article/us-eu-carbon-poll/analysts-cut-eu-carbon-price-forecasts-as-coronavirus-causes-demand-slump-idUSKCN2261GO>. [Accessed 28 October 2020].
- [74] Argus Media group, "Analysts eye longer-term ETS price recovery," 3 April 2020. [Online]. Available: <https://www.argusmedia.com/en/news/2093434-analysts-eye-longerterm-ets-price-recovery>. [Accessed 28 October 2020].
- [75] International Emissions Trading Association, "GHG Market Sentiment Survey 2020," International Emissions Trading Association, 2020.
- [76] R. Manuell, "ICIS Long-Term Power Analytics: Carbon and fuel prices to have greatest impact on German power prices up to 2025," Reed Business Information Ltd., 26 October 2020. [Online]. Available: <https://www.icis.com/explore/resources/news/2020/10/26/10567201/icis-long-term-power-analytics-carbon-and-fuel-prices-to-have-greatest-impact-on-german-power-prices-up-to-2025>. [Accessed 28 October 2020].

- [77] P. Ruf and M. Mazzoni, "The European Carbon Market: The Impact of Higher Carbon Prices on Utilities and Industries," Reed Business Information Ltd., 2019.
- [78] M. Pahle and O. Tietjen, "The coalition for an EU-ETS carbon price floor is reaching critical mass," Energy Post, 4 December 2019. [Online]. Available: <https://energypost.eu/the-coalition-for-an-eu-ets-carbon-price-floor-is-reaching-critical-mass/>. [Accessed 28 October 2020].
- [79] K. E. Rosendahl, "EU ETS and the new green paradox," Munich Society for the Promotion of Economic Research, Munich, 2019.
- [80] Keskkonnaministeerium, "Kui palju Eestis kasvuhoonegaase tekib?," [Online]. Available: <https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/kliima/rahvusvaheline-aruandlus/kui-palju-eestis-kasvuhoonegaase-tekib>. [Accessed 30 October 2020].
- [81] Kliimamuutused.ee, "Peamised põhjused Eestis," Eestimaa Looduse Fond, Eesti Roheline Liikumine, Keskkonnaõiguse Keskus, [Online]. Available: <https://www.kliimamuutused.ee/pohjused-ja-tagajarjed/pohjused/peamised-pohjused-eestis>. [Accessed 29 October 2020].
- [82] European Environment Agency, "EU Emissions Trading System (ETS) data viewer," 13 August 2020. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1>. [Accessed 22 December 2020].
- [83] Keskkonnaministeerium, "Energia- ja tööstussektori CO₂ heitkogused vähenesid aastaga peaaegu 40%," 31 March 2020. [Online]. Available: <https://www.envir.ee/et/uudised/energia-ja-toostussektori-co2-heitkogused-vahenesid-aastaga-peaaegu-40>. [Accessed 29 October 2020].
- [84] Eesti Energia, Viru Keemia Grupp, Kiviõli Keemiatööstus, TalTech Virumaa kolledži Põlevkivi Kompetentsikeskus, Eesti põlevkivitööstuse aastaraamat 2018, 2019.
- [85] T. Tatar, "Timo Tatar: rohkem põlevkiviõli päästaks Ida-Virumaa. Vähemalt 15 aastaks," Ekspress Meedia, 3 June 2019. [Online]. Available: <https://epl.delfi.ee/arvamus/timo-tatar-rohkem-polevkivioli-paastaks-ida-virumaa-vahemalt-15-aastaks?id=86416335>. [Accessed 29 October 2020].
- [86] Eesti Rahvusringhääling, "Asekantsleri hinnangul võiks Eesti elektritootmises enam biomassi kasutada," 4 June 2019. [Online]. Available: <https://www.err.ee/948817/asekantsleri-hinnangul-voiks-eesti-elektritootmises-enam-biomassi-kasutada>. [Accessed 29 October 2020].

- [87] Eesti Rahvusringhääling, "Eesti Energia CO₂ heitmed vähenesid aastaga kaks korda," 14 January 2020. [Online]. Available: <https://www.err.ee/1023681/eesti-energia-co2-heitmed-vahenesid-aastaga-kaks-korda>. [Accessed 29 October 2020].
- [88] E. Gamzejev, "Põlevkivielektri jaamu võib kriisiajal taas vaja minna," *Põhjarannik*, 18 March 2020.
- [89] Nord Pool, "Day-ahead prices," [Online]. Available: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/EE/Monthly/?view=table>. [Accessed 22 December 2020].
- [90] V. Pakalkaite, "ICIS Power Horizon: Baltic states to enter higher power price period," Reed Business Information Ltd, 4 January 2019. [Online]. Available: <https://www.icis.com/explore/resources/news/2019/01/04/10302109/icis-power-horizon-baltic-states-to-enter-higher-power-price-period/>. [Accessed 30 October 2020].
- [91] J.-J. Oidermaa, "Riigi rahamasinast Ida-Viru painajaks ehk mis juhtus CO₂ hinnaga," *Novaator*, 16 June 2019.
- [92] International Energy Agency, "Global CO₂ emissions in 2019," 11 February 2020. [Online]. Available: <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>. [Accessed 25 November 2020].
- [93] International Energy Agency, "Putting CO₂ to use. Creating value from emissions," IEA Publications, 2019.
- [94] S. S. Sean M. Jarvis, "Technologies and infrastructures underpinning future CO₂ value chains: A comprehensive review and comparative analysis," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018.
- [95] [Online]. Available: <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=urea&months=120¤cy=eur>.
- [96] *C-460/15 - Schaefer Kalk*, 2017.
- [97] *KOMISJONI RAKENDUSMÄÄRUS (EL) 2018/2066*, Euroopa Liidu Teataja, 2018.
- [98] E. I. Koytsoumpa, C. Bergins and E. Kakaras, "The CO₂ economy: Review of CO₂ capture and reuse technologies," *The Journal of Supercritical Fluids*, vol. 132, pp. 3-16, 2018.

- [99] D. Roberts, "These uses of CO₂ could cut emissions — and make trillions of dollars," *Vox*, 27 November 2019.
- [100] [Online]. Available: <https://www.gelsenchem.de/en/historical-methanol-pricing/>.
- [101] I. E. Agency, "Putting CO₂ to Use," 2019.
- [102] SA Ida-Virumaa Tööstusalade Arendus, "Auvere Agropark I Etapp," Jõhvi, 2020.
- [103] "Ida-Viru maakonna arengustrateegia 2019-2030+," 2018.
- [104] H. Berber, K. Tamm, M.-L. Leinus, R. Kuusik and M. Uibu, "Aggregate production from burnt oil shale and CO₂ – an Estonian perspective," *Oil Shale*, vol. 36, no. 3, pp. 431-447, 2019.
- [105] O. Velts, *Oil Shale Ash as a Source of Calcium for Calcium Carbonate: Process Feasibility, Mechanism and Modeling*, Tallinn: Tallinn University of Technology, 2011.
- [106] British Calcium Carbonates Federation, "Calcium Carbonate – modern day uses of PCC," [Online]. Available: <http://www.calcium-carbonate.org.uk/calcium-carbonate/caco3-applications-pcc.asp>. [Accessed 25 November 2020].
- [107] Business Wire, "Global Precipitated Calcium Carbonate Market - Drivers and Forecasts by Technavio," Business Wire, Inc., 27 July 2017. [Online]. Available: <https://www.businesswire.com/news/home/20170727006325/en/Global-Precipitated-Calcium-Carbonate-Market---Drivers-and-Forecasts-by-Technavio>. [Accessed 25 November 2020].
- [108] MarketWatch, "Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Market Size 2020 Global Gross Margin Analysis, Industry Leading Players Update, Development History, Business Prospect and Industry Research Report 2026," MarketWatch Inc., 8 October 2020. [Online]. Available: <https://www.marketwatch.com/press-release/precipitated-calcium-carbonate-pcc-market-size-2020-global-gross-margin-analysis-industry-leading-players-update-development-history-business-prospect-and-industry-research-report-2026-2020-10-08>. [Accessed 25 November 2020].
- [109] "Ragn-Sells OSA Service," [Online]. Available: <https://www.osaservice.ee/et/>.
- [110] Ragn-Sells. OSA Service, "Projektist," [Online]. Available: <https://www.osaservice.ee/et/tehnoloogia/>. [Accessed 20 December 2020].

- [111] Ragn-Sells. OSA Service, "Kuidas põlevkivi tuhka väärindatakse," [Online]. Available: <https://www.osaservice.ee/et/tehnoloogia/kuidas-polevkivi-tuhka-vaarindatakse/>. [Accessed 20 December 2020].
- [112] Ragn-Sells. OSA Service, "Looduse ja inimeste hüvanguks," [Online]. Available: <https://www.osaservice.ee/et/kasu-kogukonnale-ja-riigile/>. [Accessed 20 December 2020].
- [113] "Tööstuspargid," [Online]. Available: <https://www.ivia.ee/toostuspargid/>. [Accessed 12 2020].
- [114] "Baltic Chemical Park," [Online]. Available: <https://balticchemicalpark.com/>.
- [115] A. I. O. O. P. M. JarvisSheilaSamsatli, "Technologies and infrastructures underpinning future CO2 value chains: A comprehensive review and comparative analysis," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018.
- [116] J. C. S. A. B. E. T. Mar Pérez-Fortes, "Methanol synthesis using captured CO2 as raw material: Techno-economic and environmental assessment," *Applied Energy*, 2016.
- [117] D. W. L. K. K. H. L. Ji Hyun Lee, "Technoeconomic and Environmental Evaluation of Sodium," 2019.
- [118] N. W. R. S. Georg A. Buchner, "Techno-economic assessment of CO2-containing polyurethane rubbers," 2020.
- [119] Argus Media, "Europe methanol prices to edge lower in 2020," [Online]. Available: <https://www.argusmedia.com/en/news/2045407-viewpoint-europe-methanol-prices-to-edge-lower-in-2020>.
- [120] "Knoema," [Online]. Available: <https://knoema.com/infographics/yxptpab/crude-oil-price-forecast-2020-2021-and-long-term-to-2030>.
- [121] Elering AS, "Elektri põhivõrgu kaart," 2020. [Online]. Available: <https://elering.ee/elektri-pohivorgu-kaart>.
- [122] Elering AS, "Sünkroniseerimine Mandri-Euroopaga," 2020. [Online]. Available: <https://elering.ee/sunkroniseerimine>.
- [123] Elering AS, "Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruanne 2020," 2020. [Online]. Available: <https://elering.ee/sites/default/files/public/VKA2020.pdf>.

- [124] Elering AS, "Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruanne 2019," 2019. [Online]. Available: https://elering.ee/sites/default/files/public/Infokeskus/elering_vka_2019_web_final2.pdf.
- [125] Elering AS, "Vabad võimsused," 2020. [Online]. Available: <https://elering.ee/vabad-voimsused>.
- [126] Elering AS, "Eleringi liitumisvõimsuste rakendus näitab nüüdsest ka liitumise eeldatavat maksumust," 2020. [Online]. Available: <https://elering.ee/eleringi-liitumisvoimsuste-rakendus-naitab-nuudsest-ka-liitumise-eeldatavat-maksumust>.
- [127] Elektrilevi OÜ, "Varustuskindluse erilahendused," 2020. [Online]. Available: <https://www.elektrilevi.ee/et/teenused/erilahendused>.
- [128] Konkurentsiamet, "Aruanne elektri- ja gaasiturust Eestis 2018," 2018. [Online]. Available: https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/elektri-ja_gaasituru_aruanne_2018.pdf.
- [129] ENTSO-E, "Mid-term Adequacy Forecast 2020," 2020. [Online]. Available: <https://www.entsoe.eu/outlooks/midterm/#findings>.
- [130] ENTSO-E, "Ten-Year Network Development Plan 2020 Main Report," 2020. [Online]. Available: <https://tyndp.entsoe.eu/>.
- [131] ENTSO-E, "Mid-term Adequacy Forecast 2019," 2019. [Online]. Available: <https://www.entsoe.eu/outlooks/midterm/main-findings-of-maf-2019/>.
- [132] Energiasalv OÜ, "Estonian Pumped-Hydro Energy Storage," 2020. [Online]. Available: <https://energiasalv.ee/>.
- [133] Skepast & Puhkim OÜ, "Estonia pumphüdrolektrijaama detailplaneering ja KSH," 2020. [Online]. Available: <https://skpk.ee/uudis/estonia-pumphudrolektrijaama-detailplaneering-ja-ksh/>.
- [134] B. O. Gallachoir and E. Mckeogh, "Techno-economic review of existing and new pumped hydro energy storage plant," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (4), pp. 1293-1302, May 2010.
- [135] Energy Vault, "Energy Vault," 2020. [Online]. Available: <https://energyvault.com/>.
- [136] Advanced Rail Energy Storage, "ARES North America GravityLine," 2020. [Online]. Available: <https://aresnorthamerica.com/gravityline/>.

- [137] Fuel Cells And Hydrogen Joint Undertaking, 2020. [Online]. Available: <https://www.fch.europa.eu/>.
- [138] C. Navas, "Development of Business Cases for Fuel Cells and Hydrogen Applications for Regions and Cities," 2017. [Online]. Available: https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH%20Docs/171121_FCH2JU_Application-Package_WG5_P2H_Green%20hydrogen%20%28ID%202910583%29%20%28ID%202911641%29.pdf.
- [139] International Renewable Energy Agency, "Global Wind Atlas," 2020. [Online]. Available: <https://irena.masdar.ac.ae/GIS/?map=103>.
- [140] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, "Riiklik energia kliimakava ja taastuvenergia," 2019. [Online]. Available: <https://docplayer.ee/167872231-Riiklik-energia-kliimakava-ja-taastuvenergia-tootmiseks-vajalikud-alad-regina-rass-energeetikaosakond.html>.
- [141] Kaitseministeerium, "Kaitseministeerium," 2020. [Online]. Available: <https://www.kaitseministeerium.ee/et>.
- [142] Hendrikson & Ko OÜ, "Tuuleenergia keskkonnamõju uuringud," 2020. [Online]. Available: <https://hendrikson.ee/>.
- [143] Maa-Amet, "Maainfo kaardirakendus," 2020. [Online]. Available: <https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis>.
- [144] Hendrikson & Ko OÜ, "Eesti Mereala Planeering," 2020. [Online]. Available: <https://mereala.hendrikson.ee/kaardirakendus.html>.
- [145] Hendrikson & Ko OÜ, "Tuuleenergeetika arendamiseks põhimõtteliselt sobivad alad Lüganuse vallas," 2020. [Online]. Available: <https://hendrikson.ee/maps/L%C3%BCganuse-tuulikud/>.
- [146] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, "Eesti riiklik energia-ja kliimakava aastani 2030 (REKK 2030)," 2019. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ee_final_necp_main_ee.pdf.
- [147] Rahandusministeerium, "Mereala planeering," 2020. [Online]. Available: <https://www.rahandusministeerium.ee/et/planeeringud>.
- [148] Skepast & Puhkim OÜ, "Liivi lahe tuulepargi keskkonnamõju hindamine," 2020. [Online]. Available: https://www.ttja.ee/sites/default/files/content-editors/KMH/liivi_lahe_meretuulepark_kmhp.pdf.

- [149] Skepast & Puhkim OÜ, "Loode-Eesti rannikumere tuulepargi keskkonnamõju hindamise aruande avalik väljapanek 2019," 2019. [Online]. Available: <https://www.envir.ee/et/loode-est-ri-rannikumere-tuulepargi-keskkonnamoju-hindamise-aruande-avalik-valjapanek-2019>.
- [150] Rahandusministeerium, "Maakonnaplaneeringud: Saare, Hiiu, Lääne ja Pärnu maakonnaplaneeringute tuuleenergeetika teemaplaneeringud," [Online]. Available: <https://maakonnaplaneering.ee/maakonna-planeeringud>.
- [151] Hendrikson & Ko OÜ, "Saare, Hiiu, Lääne ja Pärnu maakonnaplaneeringute tuuleenergeetika teemaplaneeringud," 2013. [Online]. Available: <https://maakonnaplaneering.ee/documents/2845826/19017765/Lisa+6.4.+Tuuleenergeetik+a+KSH+aruanne.pdf/77df084a-a434-4351-8b88-b660baf01147>.
- [152] Elektrilevi OÜ, "Hiiumaa elektrivarustuskindlus sai toeka nurgakivi," 2020. [Online]. Available: <https://www.elektrilevi.ee/et/avaleht/-/newsv2/2020/09/24/hiiumaa-elektrivarustuskindlus-sai-toeka-nurgakivi>.
- [153] Hendrikson & Ko OÜ, "Saare maakonna teemaplaneering "Tuuleenergeetika"," 2013. [Online]. Available: <https://maakonnaplaneering.ee/saare-maakonnaplaneering>.
- [154] Hendrikson & Ko OÜ, "Hiiu maakonnaplaneeringu teemaplaneering „Tuuleenergeetika"," 2013. [Online]. Available: <https://maakonnaplaneering.ee/hiiu-maakonnaplaneering>.
- [155] Hendrikson & Ko OÜ, "Pärnu maakonna planeering Lisa 6. Tuuleenergeetika teemaplaneeringu seletuskiri," 2013. [Online]. Available: <https://maakonnaplaneering.ee/142>.
- [156] Hendrikson & Ko OÜ, "Lääne maakonnaplaneeringu teemaplaneering "Tuuleenergeetika"," 2013. [Online]. Available: <https://maakonnaplaneering.ee/laane-maakonnaplaneering>.
- [157] Tuulenergia Assotsiatsioon, "Võrguga liitumislepinguid omavad tuuleparkide arendusprojektid," 2016. [Online]. Available: <http://www.tuuleenergia.ee/about/statistika/arendamisel/>.
- [158] Elering AS, "Vähempakkumise teade," 2020. [Online]. Available: <https://elering.ee/vahempakkumise-teade>.
- [159] International Renewable Energy Agency, "Future Of Wind," 2019. [Online]. Available: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Oct/IRENA_Future_of_wind_2019.pdf.

- [160] Riigihangete Register, "Eesti vesinikuressursside kasutuselevõtu analüüs (226497)," 2020. [Online]. Available: <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/2270712/general-info>.
- [161] Lazard, "Levelized Cost of Energy and Levelized Cost of Storage – 2020," 2020. [Online]. Available: <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-and-levelized-cost-of-storage-2020/>.
- [162] International Renewable Energy Agency, "Renewable Power Generation Costs In 2019," 2020. [Online]. Available: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf.
- [163] U.S. Energy Information Administration, "Cost and Performance Characteristics of New Generating Technologies, Annual Energy Outlook 2020," 2020. [Online]. Available: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/assumptions/pdf/table_8.2.pdf.
- [164] Nord Pool AS, "Day-ahead prices," 2020. [Online]. Available: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/EE/Yearly/?view=table>.
- [165] International Energy Agency, "The Future of Hydrogen," 2019. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.
- [166] M. Kayfeci, A. Kecebas and M. Bayat, "Chapter 3 - Hydrogen production," in *Solar Hydrogen Production*, Academic Press, 2019, pp. 45-83.
- [167] European Commission, "Questions and answers: A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe," 2020. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/qanda_20_1257/QANDA_20_1257_EN.pdf.
- [168] International Renewable Energy Agency, "Hydrogen: a Renewable Energy Perspective," 2019. [Online]. Available: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Hydrogen_2019.pdf.
- [169] Eesti Vesiniku Tehnoloogiate Ühing, "Kliimasõbralik Gaasivõrk," 2020. [Online]. Available: <http://h2est.ee/kliimasobralik-gaasivork/>.
- [170] "Carbon Dioxide In Greenhouses," [Online]. Available: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/00-077.htm>. [Accessed 12 2020].

- [171] S. I.-V. T. Arendus, "Auvere agropark I etapp," Jõhvi, 2020.
- [172] A. a. H. D. Board, "CO2 Best practices guide: Possible pollutants," [Online]. Available: <https://ahdb.org.uk/knowledge-library/co2-best-practice-guide-possible-pollutants>. [Accessed 12 2020].
- [173] "AVR waste to energy plant large scale CC installation," [Online]. Available: <https://www.avr.nl/en/waste-to-energy-company-tackles-co2-emissions-with-large-scale-co2-capture-installation>. [Accessed 12 2020].
- [174] V. Pakalkaite and T. Chowdhary, "ICIS Power Perspective: Estonia will close 619MW of oil shale generation in 2019," Reed Business Information Ltd, 7 September 2018. [Online]. Available: <https://www.icis.com/explore/resources/news/2018/09/07/10257649/icis-power-perspective-estonia-will-close-619mw-of-oil-shale-generation-in-2019/?redirect=english>. [Accessed 30 October 2020].
- [175] Knoema, "Crude Oil Price Forecast," [Online]. Available: <https://knoema.com/infographics/yxptpab/crude-oil-price-forecast-2020-2021-and-long-term-to-2030>.
- [176] Strategic Energy Technologies Information System, "How carbon capture can play a role in urea production," [Online]. Available: <https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-magazine/carbon-capture-utilisation-and-storage/how-carbon-capture-can-play-role>.