

Rohepöörde trendid ja stsenaariumid Eestis

Uku Varblane

Arenguseire Keskuse uuringute juht

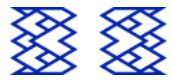
Märt Masso

Arenguseire Keskuse ekspert

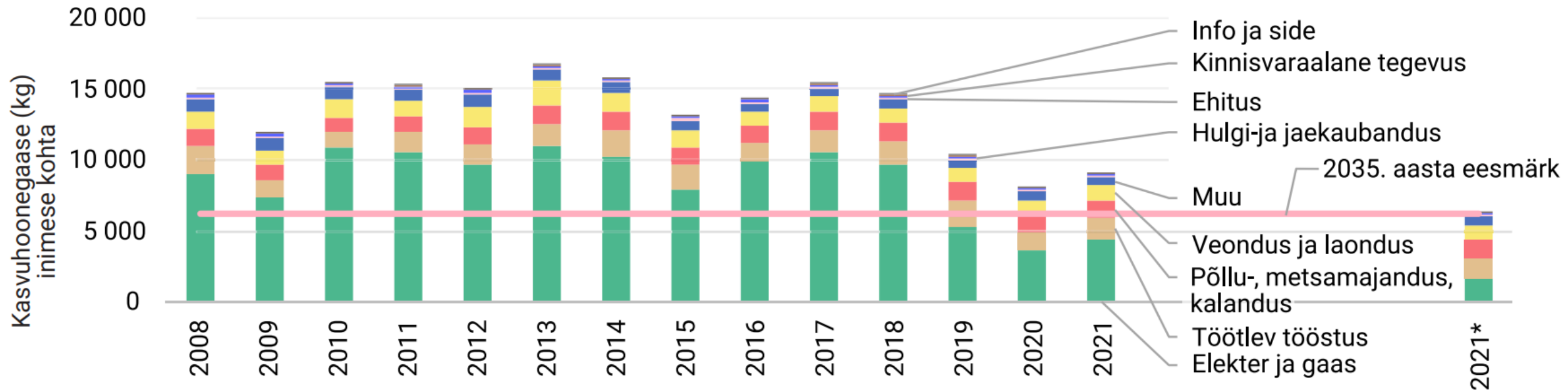


**ARENGUSEIRE
KESKUS**

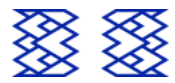
Riigikogu juures tegutsev sõltumatu mõttekoda



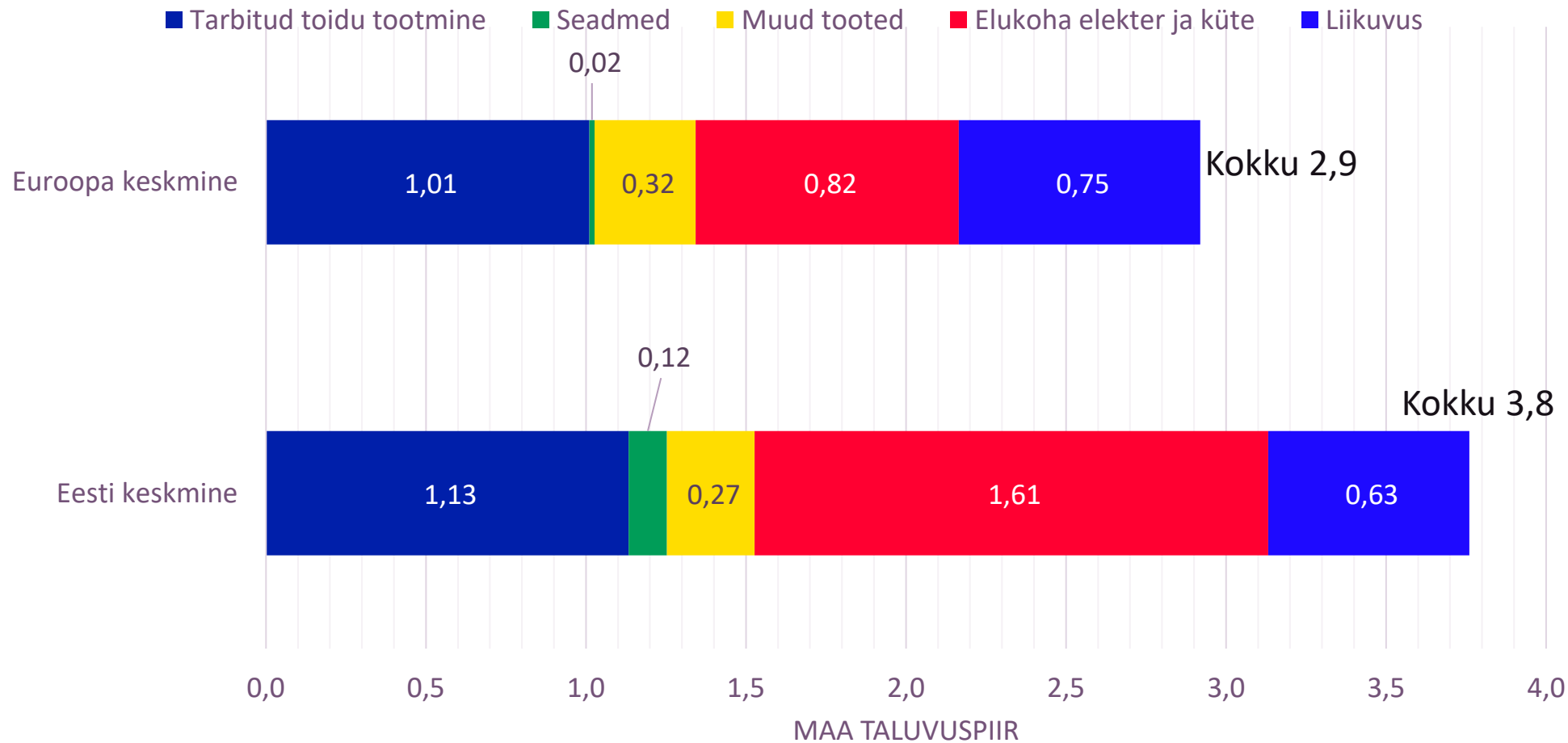
Heitkoguste trend on sõltunud põlevkivielektri konkurentsivõimest



Allikas: Eurostat, autorite arvutused



Keskmise Eesti elaniku keskkonnajälg oli 3,8 korda üle Maa taluvuspiiride

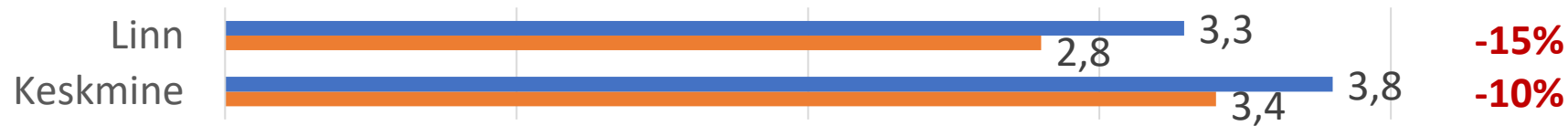


Allikas: Euroopa Komisjon, LEU, autorite arvutused

- Eesti elaniku keskkonnajälg on Euroopa elanikust suurem elektri, kütte, toidu ning soetatud seadmete osas.
- Samas transpordi keskkonnajälg jääb eurooplasele alla, mis suuremalt jaolt tuleneb vähesemast lendamisest.

🏠 🏠 Keskkonnajälje vähendamise võimalused?

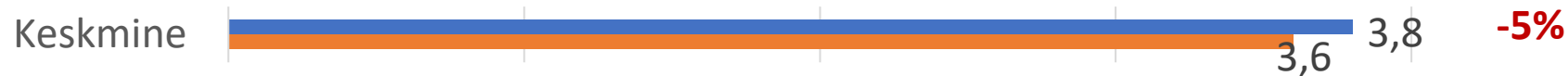
Linnalises piirkonnas lähevad pooled ahikütte kasutajad üle keskküttele



Maalises piirkonnas väheneb efektiivsemate ahjude ja paremini soojustatud hoonete abil tarbitud küttepuid kogus 50% võrra



Lihatoodete tarbimine väheneb toitumisnõustajate soovitatud kogusteni



Iga viies sõiduautoga tehtav sõit asendatakse ühistranspordiga

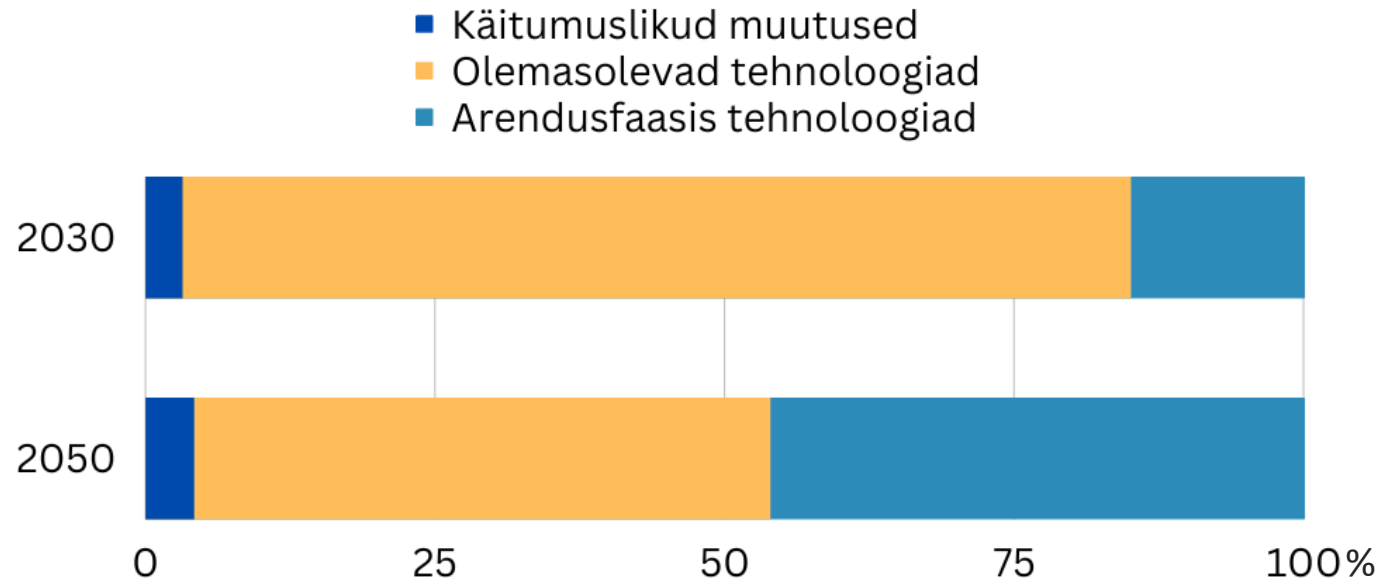




Tehnologiasere



Paljud kliimaneutraalsuseks vajalikud tehnoloogiad on alles arendusfaasis



Allikas: International Energy Agency 2022

Rohepöördega seotud tehnoloogiate kiire areng toob globaalsel turul kaasa suuri muutusi, aga seeläbi ka majanduslikke võimalusi Eestile



Rohetehnoloogiad ei piirdu energiatootmisega

ENERGIA	BIORESSURSSIDE VÄÄRINDAMINE JA TOIDUTEHNOLOGIAD	JÄÄTMEKÄITLUS JA RINGLUSSEVÖTT	ROHEPÖÖRDEGA SEOTUD MATERJALI- TEHNOLOGIAD	ARVUTUS- JA SIDESÜSTEEMID
Biokütused -SAF, lipiidid ja sahhariidid ja vetikatest	Liha alternatiivide tootmine - kultiveeritud, mikroobsed ja taimsed, rakutüvede digitaliseeritud arendamine , putukvalk	Jäätmematerjali biorafineerimine	Kihtlisandus- tehnoloogiad	Arvutussüsteemid ja nende turvalisus - nanokiibid ja sardsüsteemid , kvantarvutid, tehisintellekt , kvantkrütpgraafia
Energia tootmine - PV, magnetid, kütuseelemendid, tuuma- ja geotermaalenergia	Toidutootmine linnas - <i>seened</i>	Metallide bioleostamine	Iseparanevad materjalid	Sensortechnika - <i>keskkonna sensortechnika</i> , <i>biosensortechnika</i>
Salvestus- tehnoloogiad - akud, vesiniku- tehnoloogia	Puidupõhised materjalid ja biorafineerimine	Jäätmekäitlus ühiselt biokütuste tehnoloogiaga	Katalüsaatorid, uudsed pooljuhid , sh orgaanilised pooljuhid	Telekommunikatsiooni- tehnoloogiad - 6G



Liha alternatiivide tootmine

- laboratoorselt ehk kultiveerides
- mikroobidest
- putukatest
- seentest
- taimedes

Kuidas toetab rohepööret?

- › Toidutootmise väiksem koormus keskkonnale - üleminek taimepõhisele toidule võib vähendada maakasutust kuni 50%, teised alternatiivid veel enam
- › Jäätmete vähendamine
- › Väiksem loomade ja inimeste vahel levivate haiguste risk
- › Väheneb loomse liha ületarbimine

Eeldused

- Tarbijate eelistuse muutumine
- Regulatiivne heakskiit
- Tootmise skaleerimine
 - Suuremad bioreaktorid
 - Kuluefektiivsus, soodsamad tüvirakkude söötmed

Ohud

- Tootmiskulud jäävad kõrgeks
- Traditsiooniline põllumajandus on tugevalt subsideeritud
- Tarbijad eelistavad loomset päritolu liha
- Laboriliha mõju inimese tervisele vajab põhjalikku uurimist



Eesti jaoks on suur võimalus eelkõige teadus- ja arendustegevus

- Kultiveeritud liha puhul potentsiaal teaduskoostöös ja patenteerimises - seadmed (bioreaktorid), rakusöötmed ning rakukasvustraadid
- Ekspordivõimalused muudesse maailma piirkondadesse võivad olla Euroopa turust paremad
- Suuremate tootmiskeskuste rajamist ei peeta investeerimismahukuse mõttes realistlikuks
- Kas riigi ülesanne on suunata tarbijate eelistusi?

Näiteid tulevikuperspektiividest

- Valkude ja rasvade tootmine õhus leiduvast CO₂-st
- Vetikate laialdasem kasutuselevõtt
- Täppisfermentatsiooniprotsesside arendamine erinevate valkude, rasvade, antioksüdantide, vitamiinide või maitseühendite tootmisel



Tehisintellekt ja masinõpe

Kuidas toetab rohepööret?

- › Protsesside optimeerimine ja ressursitõhususe suurendamine tööstuses, transpordis jne
- › Energianõudluse prognoosimine ja küttesüsteemide automatiseerimine
- › Saagikuse suurendamine põllumajanduses
- › Jäätmete sorteerimise ja kõrvaldamise suurem tõhusus ja täpsus

Eeldused

- Seletava tehisintellekti areng
- Roheline tehisintellekt ja energiamahukuse vähendamine
- Eetilist ning juriidilist laadi takistuste ületamine

Ohud

- AI süsteemide keelamine algoritmide ja sisendandmete vähesele läbipaistvusele viidates
- Turvalisuse ja sertifitseeritavusega seotud tehnoloogilised takistused
- Ebavõrdsuse suurenemine tehisintellekti ebaühtlase ühiskondliku kasutuse tõttu



Eesti suurim võimalus peitub ekspertide sõnul tehisintellekti väga kiires kasutuselevõtus võimalikult paljudes valdkondades

- Eesti kõrgkoolide juures tegutseb mitmeid teadusgrupe, mis toimivad kasvulavana tehnoloogiad turule viivatele ettevõtetele
- Eestil on ette näidata häid tulemusi väikekeelte töötamise (nii süntees kui ka kõnetuvastus) valdkonnas
- Kas Eesti soovib pürgida tehisintellekti-alase õiguse ja eetika eestvedajaks?
- Tasakaalu leidmine investeringute suunamisel – kas pigem taristu võimekuse suurendamiseks või teadus- ja arendustegevusse ning innovatsiooniprogrammidesse

Näiteid tulevikuperspektiividest

- Inimese ja AI suhtlus
- Liitõpe ehk mudelite treenimine detsentraliseeritud andmetel ilma privaatselt teavet jagamata
- Andmete dividend (*data dividend*)



Sardsüsteemid ja kiibitehnoloogiad

Kuidas toetab rohepööret?

- › Senisest soodsamad ja efektiivsemad sensorseadmed ja keskkonnajuhtimissüsteemid
- › Energiaefektiivsuse suurendamine, nt elektrisõidukites ja muundamissüsteemides
- › Efektiivsem ja ühendatum transpordisüsteem, isejuhtivad sõidukid
- › Kiipide väiksem materjalikulu ja energiatarve

Eeldused

- Vabavaralistel tarkvarakomponentidel baseeruvate protsessorite ja mikrokontrollerite levik ja arendus
- Uudsete pooljuhtstruktuuride tootmine ja rakendamine, nt 3D kiibid

Ohud

- Nanokiipide ja IoT levikuga suurenevad privaatsus- ning andmekaitseriskid
- Tootmiseks vajalike haruldaste maavarade piiratud kättesaadavus võib põhjustada rahvusvahelisi pingeid



Eesti võimalusi suurendaks läbimurre vabavaraliste kiipide vallas, mille projekteerimine on jõukohane väikeettevõtetele

- Suurte kiibitehaste rajamist ei peeta investeerimismahukuse mõttes realistlikuks
- Kiipide disain kui ärivaldkond
- Realistlik on teha teatud etappe uudsete kõrgtemperatuursete pooljuhtseadiste tootmisel, näiteks aluskristallide tootmisel

Näiteid tulevikuperspektiividest

- Orgaanilisest materjalist elektroonikakomponentide masstootmine
- Kvantilinguid kasutavad kiibid ja integreeritud sensorid
- Valgusside kiipidel ja kiipide vahel



Vesinikutehnoloogia

Kuidas toetab rohepööret?

- › Keskkonnasõbralik on üksnes nn roheline vesinik
- › Taastuvenergia salvestamine
- › Vesinikku saab kasutada lähteaine või kütusena tööstuslikes protsessides, asendamaks süsinikumahukaid meetodeid
- › Vesinikkütuseelemendiga sõidukid pakuvad jätkusuutlikku alternatiivi fossiilkütusel töötavatele

Eeldused

- Uued elektroodide ja membraanide materjalid, mis suurendavad elektrolüüserite töökindlust
- Soodsamate ja kompaktse ehitusega tahkeoksiidsete elektrolüüserite kasutuselevõtt

Ohud

- Vesiniku tootmise, salvestamise ja transporditaristu rajamine on kulukas ja tekitab turvaprobleeme
- Elektrolüüserite eluiga looduslikes tingimustes on vähe uuritud
- Kütuseelementide areng on aeglane ja vesiniku kasutamiseks ei teki piisavalt sobilikke võimalusi
- Uute suurema energiatihedusega akude (nt tahkefaasiakud) kiire areng ja turuosa haaramine



Vesinikul on suur potentsiaal muutuda Eesti jaoks oluliseks kaubandusartikliks

- Soodne pinnas nii tehnoloogia arendamiseks, tootmiseks kui ka laialdaseks kasutuselevõtuks
- Rohelise vesiniku tootmispotentsiaal Eestis 2030. aastaks on 2000–40 000 tonni aastas, kaugemas tulevikus kuni 250 000 tonni aastas
- Liitumine Nordic Hydrogen Route'iga kui turuvõimalus Kesk-Euroopas ja kaugemal
- Kõrgkoolides tegutseb mitmeid teadusgrupe, mis on keskendunud kütuseelementide ja nendega seotud materjalitehnoloogiatele
- Kuidas viia ellu vesinikutaristu edendamise investeeringuid?
- Kellest saavad peamised strateegilised partnerid vesiniku valdkonnas?

Näiteid tulevikuperspektiividest

- Vee ja CO₂ elektrokeemiline koosväärimine
- Bioloogiline vesiniku tootmine ehk mikroorganismide või ensüümide kasutamine vesiniku tootmiseks



Biorafineerimine

Kuidas toetab rohepööret?

- › Puidupõhised biotooted on omadustelt võimelised täies ulatuses asendama naftapõhist toodangut, väheneb kasvuhoonegaaside heide
- › Aitab vähendada jäätmeid ja edendada ringmajandust
- › Biorafineerimise keskkonna-alane mõju sõltub metsamajanduse säästlikkusest

Eeldused

- Motivatsioon asendada väljakujunenud naftapõhine tehnoloogia või muuta ühilduvaks
- Biorafineerimise saaduste hinnalangus
- Kasutatava tooraine sortimendi laiendamine

Ohud

- Ühiskondlik vastuseis biorafineerimistehaste rajamisele
- Masstootmisega tekkiv sobiva biotoorme nappus
- Surve majandusmetsade pindala suurendada



Puidu biorafineerimiseks on Eestis head eeldused

- Võimalusi on nii arendustegevuses kui ka tootmises – eelkõige sünteetilise bioloogia abil ligniini ja puidusuhkrute tootmises
- Tselluloosi ja kitiini ensümaatilisele lagundamise tugev teadustase
- Biokütuste tootmine puidujääkidest aitaks vähendada sõltuvust imporditud fossiilkütustest
- Ettevõtluse toetamisel on vaja tasakaalu uute ettevõtete lisandumise toetamisel kui ka olemasolevate tehnoloogilise innovatsiooni ja tootearenduse soodustamisel

Näiteid tulevikuperspektiividest

- Puidupõhise biovesiniku tootmine biomassi käärimisprotsessi kaudu
- Biosaaduste, kemikaalide ja energia koostootmine



Rakutüvede digitaliseeritud arendamine

Kuidas toetab rohepööret?

- › Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU) mikroorganismidega
- › Mikroorganismide abil jäätmematerjalide kasulikeks kemikaalideks muutmine
- › Lämmastikku fikseerivad mikroobid kui võimalus vähendada väetiste kasutamist põllumajanduses, invasiivsete kahjurite ja patogeenide ohjamine
- › Rakupõhiste toodete arendamise väiksem keskkonnajälg

Eeldused

- Motivatsioon asendada väljakujunenud naftapõhine tehnoloogia või muuta ühilduvaks
- Biorafineerimise saaduste hinnalangus
- Kasutatava tooraine sortimendi laiendamine

Ohud

- Tehnoloogia skaleerimine ei õnnestu
- Arvutusmeetodite kasutamine rakutüvede digitaliseerimisel on energiamahukas
- Sünteetiliste organismide keskkonda sattumise oht



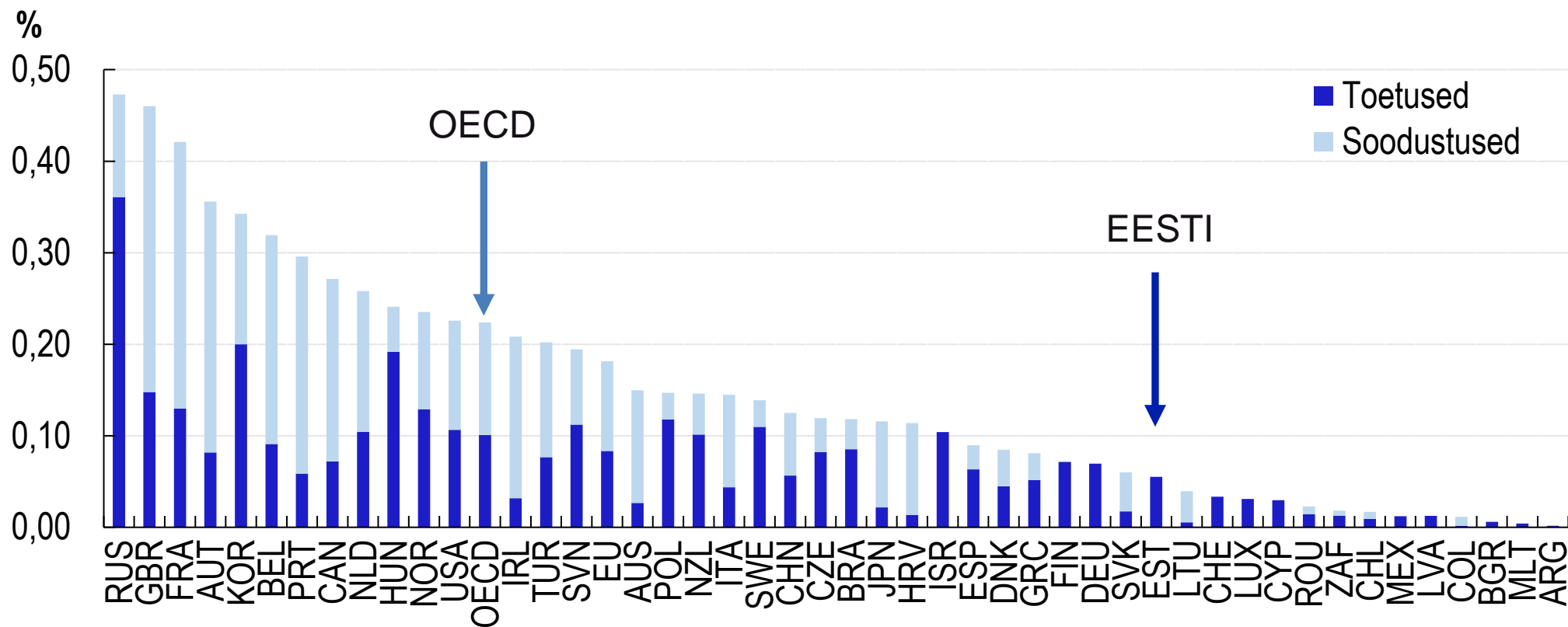
Tehnoloogia on teadusliku plahvatuse faasis ning võimalik luua eeldused edasistest arengutest kasu saamiseks

- Tugeval rahvusvahelisel tasemel teadusgrupid, kui kasvulava sünteetilise bioloogia, rakkude digitaalse disaini ja geenitehnoloogia (idu)ettevõtetele
- Perspektiiv asendada praegune põlevkivil baseeruv keemiatööstus jätkusuutliku biotööstusega

Näiteid tulevikuperspektiividest

- Ohustatud liikide taaselustamine
- Haiguste mehhanismide parem mõistmine

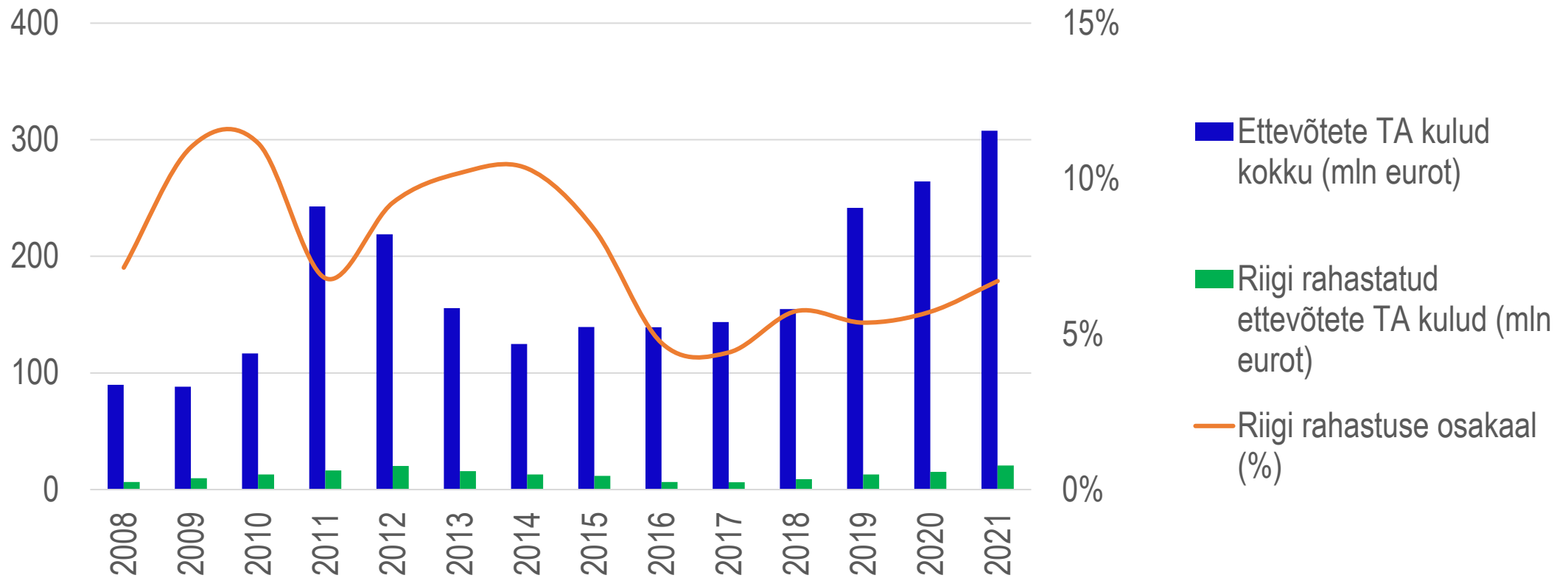
Riigi tugi tehnoloogilisele teadus- ja arendustegevusele Eesti ettevõtetes on napp...



Allikas: OECD R&D Tax Incentives Database



... ja ebaühtlane



Allikas: OECD R&D Tax Incentives Database

Kokkuvõte (1)

Eesti majanduse heitmemahukus on kiiresti kahanenud, kuid on siiski 60% kõrgem EL-i keskmisest

Eesti inimeste keskkonnajälge vähendaks muutused eluruumide kütmisviisides, aga ka liikumis- ja toitumisharjumustes

Euroopa Liit lähtub sellest, et rohepöoret tuleb ellu viia viisil, mis oleks tulus riigi majandusele, kuid mille saavutamiseks kulub aina vähem ressursse – tuleb loota tehnoloogiatele

Eesti suurimad võimalused peituvad rohetechnoloogiate arendamises ja müügis välisurgudel – nt liha alternatiivid, biorafineerimine, vesinikutechnoloogiad

Rohetechnoloogiate arendamine vajab konkurentsivõimelist toetuspoliitikat



Roheinvesteeringute mõjud

Rohepöördeks on tarvilikud roheinvesteeringud

Välised faktorid

- Klientide, tarbijate käitumine – nõudlus keskkonnanahoidlike toodete järele
- Kliimamuutus – keskkonnariskid mõjutavad ettevõtte riske, mis ajendab tootmise keskkonnamõjusid vähendama
- Regulatsioon – miinimumstandardid mõjutavad ressursikasutust
- Juurdepääs finantsvahenditele – pankade ja avaliku sektori finantsvahendite reeglid ajendavad kasutama rohelisemaid tehnoloogiaid

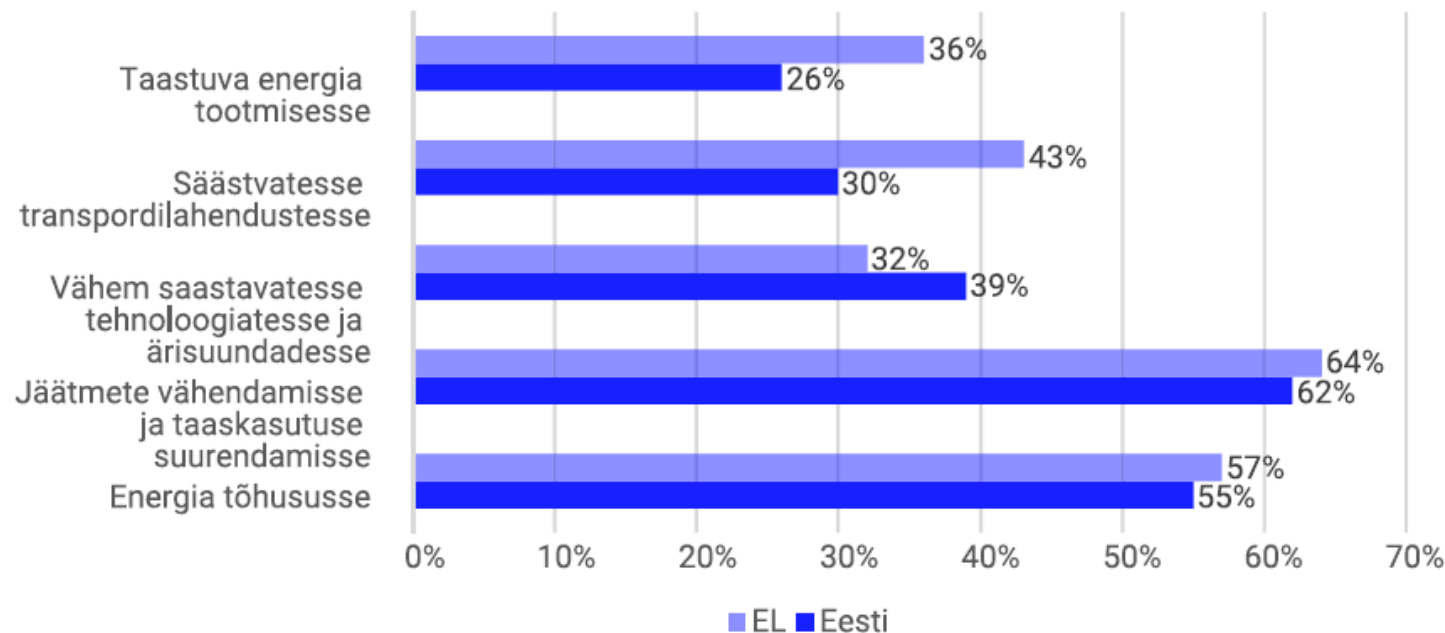
Sisemised faktorid

- Investorite eelistused – rahalise tootlikkuse kõrval on investoritele oluliseks muutunud säästva arengu eesmärgid
- Organisatsiooni kultuur – ettevõtjate ja kaastöötajate ning laiemalt tootmisahela väärtusruum ootab majandustegevuse keskkonnasäästlikkust (sh ettevõtete sotsiaalne vastutus ja ettevõtte reputatsioon)
- Tõhusus ja finantstulemused – ressursside tõhusam kasutamine tootmises aitab kulusid vähendada
- Võimaldab siseneda uutele turgudele või saavutada turueelis innovatsiooni kaudu

🏗️ 🏗️ Eesti ettevõtted teevad roheinvesteeringuid üsna usinalt, aga vaja oleks kaks korda rohkem

- Kliimaneutraalse Eestini jõudmine eeldab investeeringuid kogumahus 17,5 miljardit eurot aastaks 2050 - prognoositult oleksid iga-aastased investeeringud kuni aastani 2030 umbes 4% SKP-st, 2031–2040 umbes 2% ja 2041–2050 vähem kui 1%. (Meeliste et al., 2019)
- Keskkonnainvesteeringud praegu on umbes 0,4% SKP-st (Eurostat), energiatõhususe investeeringud umbes 2,2% SKP-st (Eurostat & Euroopa Investeerimispank)

Ettevõtete hinnangud roheinvesteeringute tegemise kohta, % ettevõtetest



Allikas: Euroopa Investeerimispank

Roheinvesteeringud elavdavad Eesti majandust

Roheinvesteeringud kuni 2035





Oodata on roheinvesteeringute ja nende elavdava mõju kasvu – läheneme 4%-le aastas

Energia tootmine

MAJANDUSMÕJUD

	TUUMA-ELEKTRIAAM	Võimsus: Investeering: Periood:	600 MW 2,3 miljardit € 2023–2032	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	1,16 miljardit € 0,37 miljardit € 0,26 miljardit € 1349 kohta aastas
	MAATUULE-ELEKTER	Võimsus: Investeering: Periood:	600 MW 0,81 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	0,26 miljardit € 0,12 miljardit € 0,06 miljardit € 233 kohta aastas
	MERETUULE-ELEKTER	Võimsus: Investeering: Periood:	600 MW 2,10 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	0,49 miljardit € 0,28 miljardit € 0,11 miljardit € 308 kohta aastas
	PÄIKESE-ELEKTER (PV)	Võimsus: Investeering: Periood:	600 MW 0,58 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	0,24 miljardit € 0,09 miljardit € 0,06 miljardit € 406 kohta aastas

Energia salvestamine

	HÜDRO-SALVESTI	Võimsus: Investeering: Periood:	6000 MW 0,88 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	0,26 miljardit € 0,12 miljardit € 0,06 miljardit € 829 kohta aastas
	AKU-SALVESTI	Võimsus: Investeering: Periood:	240 MW 0,15 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	0,06 miljardit € 0,02 miljardit € 0,01 miljardit € 41 kohta aastas

Energia tarbimine: eluruumid

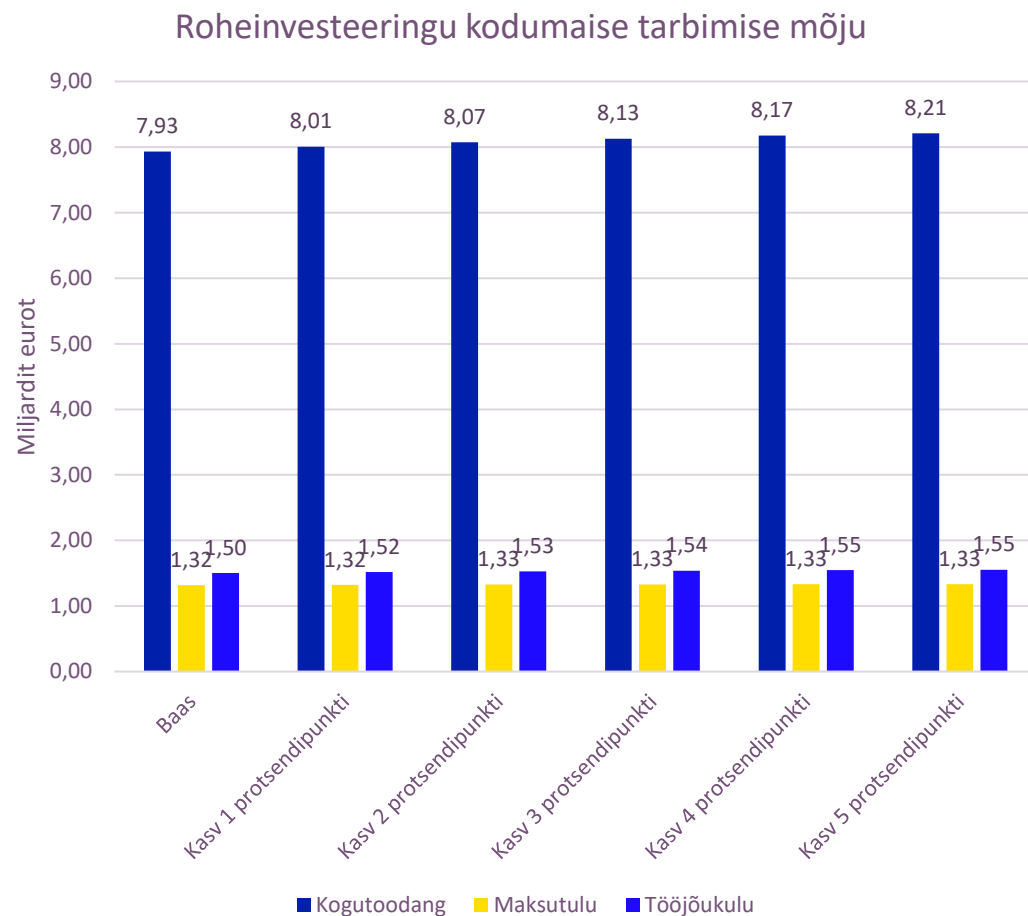
MAJANDUSMÕJUD

	ELAMUTE ENERGIATÕHUSTAMINE	Pindala: Investeering: Periood:	12,7 miljonit m ² 3,81 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	5,27 miljardit € 0,88 miljardit € 1,21 miljardit € 4789 kohta aastas
	GAASIKÜTTELT SOOJUSPUMBALE	Seadmed: Investeering: Periood:	30 000 0,10 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	0,05 miljardit € 0,02 miljardit € 0,01 miljardit € 49 kohta aastas

Energia tarbimine: transport

	RASKE-TRANSPORT BIOKÜTUSELE	Masinad: Investeering: Periood:	40 000 5,34 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	0,80 miljardit € 0,73 miljardit € 0,22 miljardit € 956 kohta aastas
	ELEKTRI- JA VESINIKU-RONGILIKLUS	Arendus: Investeering: Periood:	Võrk ja 10+15 rongi 0,51 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	0,22 miljardit € 0,08 miljardit € 0,05 miljardit € 206 kohta aastas
	ELEKTRIAUTOD JA -LAADIJAD	Autod: Investeering: Periood:	85 000 autot 2,79 miljardit € 2023–2035	Kogutoodang: Maksutulud: Tööjõukulud: Töökohad:	0,90 miljardit € 0,46 miljardit € 0,23 miljardit € 891 kohta aastas

Roheinvesteeringute elavdav mõju sõltub lisaks mahule ka kodumaise sisendi osakaalust

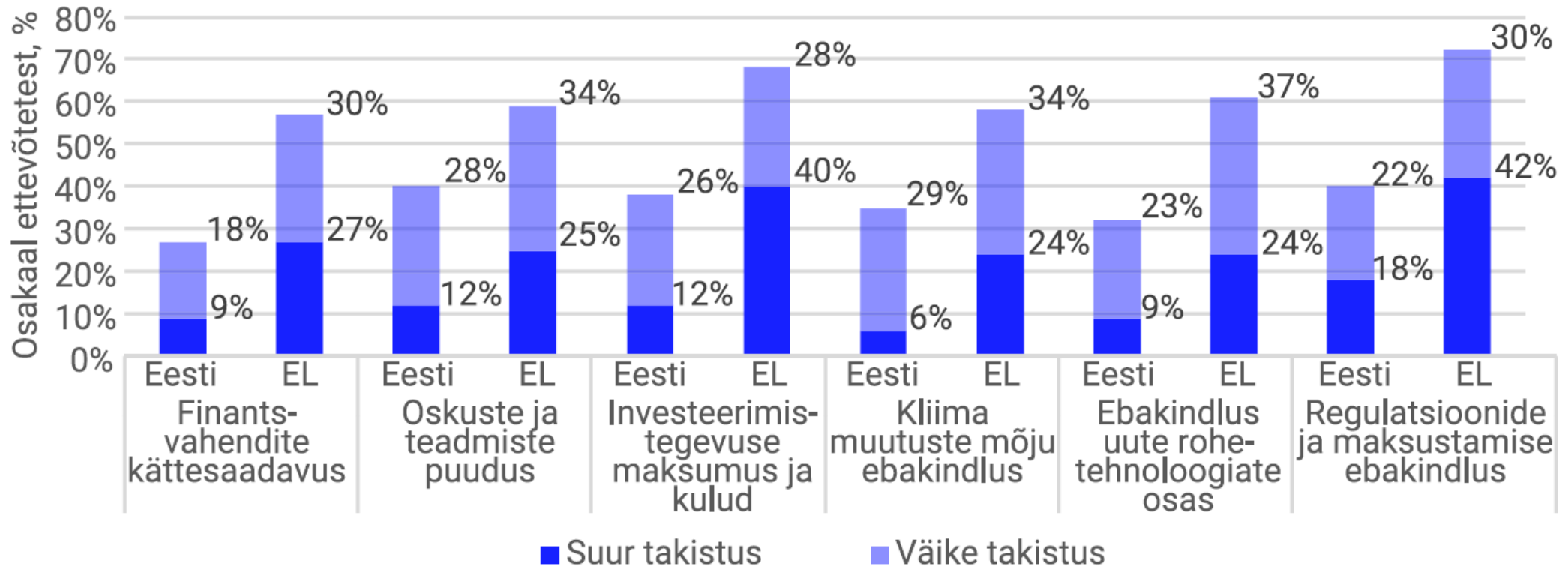


Liikuvuse valdkonnas transpordi elektrifitseerimine impordimahukas. „Mootorsõidukite, haagiste ja poolhaagiste tootmine“ suureneb praegusel null tasemelt 5 protsendipunkti võrra, suureneb investeeringu mõju Eesti kogutoodangule 0,9 miljardilt 1,13 miljardile eurole.

Energiatootmise valdkonnas tuule-energia tootmiseks elektrigeneraatorite ja muu elektroonika osas kodumaise tarbimise osakaalu 5 protsendipunkti kasv, suureneks sisemajanduse kogutoodang näidatud 0,49 miljardilt eurolt 0,56 miljardi euroni.

Roheinvesteeringuid saab soodustada

Ettevõtete hinnangud roheinvesteeringute tegemise takistuste kohta, % ettevõtetest



Allikas: Euroopa Investeeringuspank

Kokkuvõtvalt

Rohepööre eeldab roheinvesteeringute suurendamist.

Investeerides 1 € rohelisemase majandustegevusse, võib kogutoodang suureneda 1,2 € võrra ning maksutulud avalike teenuste pakkumiseks suureneda 20 senti võrra.

Roheinvesteeringute Eesti majandust elavdav mõju sõltub olulisel määral kodumaise sisendi osakaalust.

Praegu investeerime ligi kaks korda vähem kui peaks – investeerimisvajaduseks on hinnatud umbes 4% SKP-st, kuid praegune tase on umbes 2% SKP-st.

Roheinvesteeringuid saab elvdada. Varasemate analüüside järgi on rohepöördeks vajalike avaliku sektori ja erasektori investeeringute jaotuse suurusjärguks 1 euro avalikust sektorist ja 3 eurot erasektorist.

Aitäh!

Raporti „Rohepöörde trendid ja stsenaariumid Eestis“
leiab www.arenguseire.ee

Kontaktid:

Uku Varblane uku.varblane@riigikogu.ee

Märt Masso mart.mass@riigikogu.ee

RAPORT 2023

Rohepöörde trendid ja stsenaariumid Eestis



ARENGUSEIRE
KESKUS

Riigikogu juures tegutsev sõltumatu mõttekoda