CIVITTA SEI Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut
National Institute of Chemical Physics and Biophysics

# EESTI VESINIKURESSURSSIDE KASUTUSELEVÕTU ANALÜÜS

## LÜHIKOKKUVÕTE

**Mai 2021**

Euroopa Liit
Euroopa Sotsiaalfond
Eesti
tuleviku heaks

# LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti vesinikuressursside kasutusesevõtu analüüs viidi läbi Riigikantselei strateegiabüroo tellimusel. Tööd finantseeriti Euroopa Liidu Sotsiaalfondist rahastatud ühtekuuluvusfondide 2014-2020 rakenduskava prioriteetse suuna 12 „Haldusvõimekus“ meetmest 12.2 „Poliitikakujundamise kvaliteedi arendamine“. Projekti algatajad ja koostööpartnerid olid Keskkonnaministeerium ning Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Analüüsi viisid läbi Civitta Eesti AS (Civitta), Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus (SEI) ja Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut (KBFI), nõustasid ja tulemusi valideerisid mitmed Eesti ja rahvusvahelised vesinikueksperdid.

**Vesinikuressursside kasutuselevõtu analüüsi eesmärk oli tuvastada Eestis rohelise ja sinise vesiniku tootmise, jaotamise ja tarbimise potentsiaal ning kasutuselevõtu võimekus ning kaardistada võimalused, kitsaskohad, turutõkked ja ohud tulevikuks, sh tuues välja ja hinnates potentsiaalseid äriprojekte.** Analüüs keskendub perioodile 2020-2030, kuna suuremahuline vesiniku kasutusele võtmine maailmas saab laiemalt hoo sisse eeloleva kümnendi jooksul. Vesiniku laiemale kasutamisele annavad tõuke $CO_2$ hinna kasv, ambitsioonikad energiamajanduse ja kliimaeesmärgid ning vesinikutehnoloogiate levik.

Kuivõrd vesiniku kasutusele võtmise potentsiaal sõltub vesiniku tootmisega, tarnimisega ja hoiustamisega ning kasutamisega seotud aspektidest, siis on **analüüsis läbivalt lähtutud vesiniku terviklikust väärtusahelast. Töös keskendutakse eelkõige energia-, tööstus- ja transpordisektorile ning hoonetele, mis on erialasele teaduskirjanduse ja ekspertide hinnangul suurema vesiniku kasutamise potentsiaaliga valdkonna**d. Analüüsi läbiviimiseks kasutati varasemaid uuringuid, analüüse ja statistilisi andmeid, viidi läbi poolstruktureeritud intervjuud vesiniku potentsiaalse kasutamisega seotud valdkondade ettevõtjate ekspertide ning potentsiaalsete äriprojektide omanikega, toimus seminar huvitatud osapooltega barjääride ja meetmete tuvastamiseks. Analüüsi tulemusel koostatud aruandes on vesinikuressursside kasutusele võtmist mõjutavad teemad esitatud kuues teemaplokis, viimase osa juures on toodud koondnimekiri soovitatavatest toetusmeetmetest, nende mõjudest barjääride leevendamisele, hinnangud tehnoloogilisele valmidusele, hinnanguline toetusmaksumuse suurus, $CO_2$ vähendamise potentsiaal ja võimalik mõju töökohtade tekkele kahe erineva stsenaariumi lõikes. Lisaks on analüüsi tulemusel koostatud MS Excel failidena valitud vesiniku pilootprojektide tasuvuse hindamise mudel ning vesiniku kasutuselevõtu sotisaalmajanduslike ja keskkonna mõjude hindamise mudel.

**Vesinik omab suurt potentsiaali energiaallika ja -salvestina aidates kiiremini üle minna puhtama energia kasutamisele ja saavutada kliimaneutraalset majandust. Vesiniku kasutamist kiirendavaks ja toetavaks teguriks on Euroopa Liidu ja Eesti kliimaneutraalsuse eesmärgid üldisemalt.** Ambitsioonikale 2050 kliimaneutraalsuse eesmärgile lisaks võttis Euroopa Liit 8. juunil 2020 vastu ka Euroopa vesinikustrateegia, mille kohaselt vesinik moodustab aastaks 2050 13-14% kogu liidu energiaportfellist ning ühtlasi annaks aastaks 2030 tööd umbes miljonile kõrgelt kvalifitseeritud töötajale, jõudes 2050. aastaks 5,4 miljonini.

**Eesti vesinikuressursside kasutuselevõtu analüüs on läbi viidud perioodil november 2020 – mai 2021, töö tulemused tuginevad sel ajal teadaolevale ja kättesaadavale informatsioonile.** Tulemuste kasutamisel ja tõlgendamisel tuleb arvesse võtta, et vesiniku tehnoloogia ning vesiniku tootmise-, hoiustamise- ja tarbimise võimalused arenevad väga kiiresti. Seetõttu võivad hinnangud vajaminevate investeeringute, tasuvuse, riigi poolse toetuse ja sotsiaalmajanduslike mõjude osas oluliselt muutuda vaid mõne aastaga. **Antud analüüsi läbiviimise sisuga ei ole Eestis veel suures mahus vesiniku tootmist ja tarbimist** ning mitmetes asjakohases õigusaktides vesiniku tootmise, hoiustamise ja tarbimisega seotud aspekte puudutatud ei ole. Kuid viimastel aastatel on astutud mitmeid strateegilisi samme vesiniku kasutamise toetamiseks - näiteks on loodud 2016. aastal Eesti Vesinikutehnoloogiate Ühing, 2021. aastal Eesti Vesinikuklaster, moodustatud on erinevaid töörühmi valitsuse ja ministeeriumite tasandi. **Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ja Keskkonnaministeeriumi eestvedamisel on alustatud vesiniku kasutamise soodustamiseks pikaajalise strateegilise visiooni koostamist ja toetusmeetmete planeerimist.**

Igapäevaelus vesiniku kasutusele võtmine sõltub otseselt olemasolevatest vesiniku tootmise, salvestamise ja transportimise tehnoloogilistest võimalustest, kuid kuna vesiniku valdkond areneb kiirelt võib lähiaastatel palju muutuda. Järjest enam pööratakse maailmas tähelepanu just rohelise vesiniku tootmiseks ja kasutamiseks sobivate tehnoloogiate arendamisega**. Just rohelise vesiniku tootmisele ja kasutamisele pööratakse aina rohkem tähelepanu nii tehnoloogiate arengul kui äriprojektide realiseerimisel.**

**Rohelise vesiniku laia kasutuse kõige olulisemaks faktoriks on süsinikuneutraalse elektri kättesaadavus ning elektrolüüserite hind tootmisel**. Olemasolevatest **tehnoloogiatest sobib rohelise vesiniku tootmiseks kõige paremini PEM elektrolüüs, mida on võimalik kasutada ka kõikuva tuule- ning päikeseenergia korral** tänu elektrolüüseri kiirele sisse ning väljalülitamise võimalusele. Kuigi elektrolüüserite tehnoloogiad on arenenud, siis tootmismahu suurendamine vajab mahukaid alginvesteeringuid. V**esiniku hoiustamiseks on kõige sobivam viis Eesti kontekstis gaasilise või vedela vesiniku salvestamine spetsiaalsetes gaasiballoonides**, pikemaajalise salvestamise eesmärgil võiks olla mõeldav vanade põlevkivi kaevanduste kasutamine (vajaks eraldi uuringut) või salvestamine keemilise ühendina, näiteks ammoniaagi või metanoolina. **Eesti siseselt sobivad vesiniku transpordiks lähiajal kõige paremini raskeveokid**, kuid kui toodetavad ja tarbitavad kogused suurenevad, võib kõne alla tulla ka eraldi torustike rajamine ja kasutamine. Sobivaima vesiniku tootmise, hoiustamise ja transportimise viisi valikul tuleb lähtuda vesiniku terviklikust väärtusahelast sh tootmise ja lõpptarbimise asukohast, kogusest jms asjaoludest.

**Võttes arvesse vesiniku tootmist, hoiustamist ja kasutamist võimaldavate tehnoloogiate arengut ja Eesti olukorda, siis on vesiniku kasutamise potentsiaal kõige suurem transpordi valdkonnas, hoonete energiavarustuses, tööstussektoris ja energiatööstuses.** Vesiniku kütuseelementide rakendamine transpordi valdkonnas omab suurt potentsiaali, kuna võrreldes elektrisõidukitega omavad vesinikusõidukid suuremat sõiduulatust ja pikemat eluiga. Mitmed vesiniksõidukid on juba kommertsiaalselt kättesaadavad (nt Toyota, Hyndai või Honda toodetud mudelid). Tasuvuse seisukohast on tulevikus vesiniku kasutusele võtmisel otstarbekas keskenduda just raudteetranspordile, laevadele ja pikamaa veokitele, kus kütuse tarbimine on suurem ja elektrifitseerimine keerulisem. Transpordisektoris vesiniku kasutamise soodustamiseks on oluline keskenduda järjepidevalt toimivale ja kompaktsele vesinikutanklate võrgustiku loomisele. Hoonete energiavarustuses on vesinikul potentsiaali koostootmisjaamades, mille tulemusel vesinik saaks asendada senist maagaasi kasutamist hoonete kütmisel. Tööstussektoris seisneb vesiniku kasutegur fossiilsetel allikatel põhinevate keemiatoodete impordi sõltuvuse vähendamises. Keemiatoodete koguseid oleks võimalik vähendada kodumaiste ammoniaagi- ja metanoolitööstuste rajamisega, mida toetab juba olemasolev keemiatoodete tootmiseks vajalik infrastruktuur. Elektrienergia toomise seisukohast oleks vesinikku mõistlik toota eelkõige tagavaraenergia tekitamiseks nii võrguväliste alade katteks (saared või muud võrguvälised territooriumid) kui ka elutähtsate teenuste (näiteks telekommunikatsioon, meditsiiniteenused) toimimiseks.

Vesiniku laiem kasutusele võtmine nimetatud sektorites omab kahtlemata laiemat sotsiaalmajanduslikku mõju, mida on oluline arvesse võtta vesiniku strateegia kujundamisel ja toetusmeetmete välja töötamisel. **Antud analüüsis modelleriti Eestis vesiniku kasutamise jätkusuutlikke lahendusi, mis viivad kliimaneutraalsuseni**. Vesiniku kasutuselevõtmise **modelleerimisel arvestati ambitsioonikat** (fossiilsetest kütustest sõltumatuse saavutamine, üleminek vesiniku mahukale siseriiklikule tarbimisele ja ekspordile) **ja madalat stsenaariumi** (vaadeldakse vesiniku kasutamise erisusi sektorite vahel) eesmärgiga analüüsida vesiniku kasutuselevõtu mõju olulisemates sektorites. **Modellerimise tulemusel leiti, et ammoniaagi- ja metanoolitööstus, transpordisektor (maantee-, raudtee- ja meretransport), hoonete- ja energiasektor peaksid olema vesiniku kasutuselevõtmise peamised sihtmärgid.** Tööstuses, kus vesinikku on lähteainena alati suures koguses vaja, on peamised sihtmärgid ammoniaak ja metanool. Transpordisektoris tuleks keskenduda maantee-, raudtee- ja meretransportile. Hoonetesektoris kasutatakse ära vesinikupõhiste mikrokoostootmisjaamade ja vesiniku segamise võimalused.

**Aastaks 2050 on ammoniaagi- ja metanoolitööstuse üldine potentsiaal tarbida 43 922 – 87 845 tonni vesinikku ja transpordisektoris 108 587-214 174 tonni vesinikku. Hoonete- ja energiasektori tarbimise potentsiaal on vastavalt 6 588 - 13 175 tonni ja 1250–2 500 tonni vesinikku**.

Sellise vesinikutarbimise taseme saavutamine tähendaks olulisi muutusi vastavates sektorites. Näiteks transpordisektoris eeldatakse sõltuvalt stsenaariumist, et 25% kuni 50% erasõidukitest (ehk 200 000 või 400 000 sõidukit), 15 000 - 31 000 veoautot, 630–1260 bussi ühistranspordiliinidel (arv põhineb praegustel avaliku teenindamise kohustustel), 10–20 rongi, 43–85 veduri ja 4–7 praami (arv põhineb praegustel avaliku teenindamise kohustustel ja võttes arvesse praeguseid marsruute) kasutavad vesinikkütust. Tööstussektoris tähendaks ambitsioonika stsenaariumi realiseerimine, et Eesti muutuks ammoniaagi, metanooli ja uurea importijast nende eksportijaks. Hoonetesektoris kasutatakse mikrokoostootmisjaamasid, mis 2050. aastaks varustavad soojuse ja energiaga kuni 21 700 - 43 400 majapidamist või hoonet tootes seejuures kuni 239 GWh vesinikupõhist soojust. Energiasektoris tähendaks ambitsioonikas stsenaarium 250 MW gaasiga töötavate avariijaamade üleminekut vesinikule.

Kirjeldatud muudatused nõuavad märkimisväärseid investeeringuid vesiniku väärtusahela eri osadesse, millest suurem osa tuleks erasektorilt, st ettevõtetelt ja eratarbijatelt (transpordi- ja soojussektorist). **Analüüsi tulemusel saab järeldada, et sobivate eelduste ja 22,4 kuni 44,7 miljardi euro suuruse koguinvesteeringu korral vesiniku väärtusahela erinevatesse osadesse on võimalik 2050. aastaks vältida 2,2-4,4 miljonit tonni $CO_2$ heitkoguseid ning luua otseselt vesiniku tootmise ja kasutamisega seotud sektoritesse 21 962 kuni 42 432 uut töökohta.** Suurem osa neist töökohtadest tekib vesiniku tootmise ja jaotamisega seotud majandustegevusest. Eeldatakse, et kütuseelementide, elektrolüsaatorite ja mikro-CHP kohalik tootmine algab pärast 2030. aastat, mis annab tõuke uute töökohtade kasvule.

**Vesiniku laiem kasutusele võtmine nõuab märkimisväärset kogust kliimaneutraalset elektrit** - madala stsenaariumi korral umbes 8 TWh ja ambitsioonika stsenaariumi korral 16 TWh. Modelleerimisel lähtuti ambitsioonika stsenaariumi puhul 500 MW maismaatuule, 700 MW päikeseelektrijaama ja 3500 MW avamere tuule võimsusest. **Vesinikumajandus nõuab aastaks 2050 täiendavaid investeeringuid 5–10 miljardit eurot rohelise elektri tootmismahu suurendamiseks.**

Kuigi analüüsi koostamise seisuga Eestis veel vesinikku igapäevases tarbimises arvestataval määral ei ole, siis on erasektoril mitmeid äriplaane vesiniku kasutusele võtmiseks juba aastatel 2021–2030. Analüüsi käigus hinnati kümne valitud potentsiaalse vesiniku kasutusjuhtumi majanduslikku tasuvust. Mitmed analüüsitud äriideed olid veel üsna algstaadiumis, mistõttu kasutati analüüsi sisendina osaliselt erinevaid avalikke andmeid või ekspertide jagatud hinnanguid. **Pilootprojektide võrdluses eristusid suurema potentsiaaliga need projektid, kus vesiniku kasutamise tehnoloogia on piisavalt küps ning efektiivne võrreldes praegu kasutusel olevate alternatiividega ning samal ajal on esialgne vesiniku kasutamise maht piisav vähemalt 5 MW elektrolüüseri jaoks**. Lisaks vesiniku tootmismahule on pilootprojektide tasuvuse osas olulise tähtsusega elektrolüüseri töötamisaeg (tööaeg peab ulatuma vähemalt üle 50%, et tagada piisavalt madal vesiniku omahind), kasutatava taastuvelektri hind ning taastuvelektripargi lähedus vesinikutootmisele, et vabaneda võrgutasudest, piisavalt küps ning efektiivne vesiniku kasutamise tehnoloogia ja vesinikutootmise lähedus lõpptarbimisele, et ei tekiks suurt lisakulu vesiniku transpordiks.

**Analüüsides vesiniku pilootprojekte lähtuvalt nende majanduslikust tasuvusest, vajaminevast investeeringust, keskkonnamõjust ning eeldatavast toetuse vajadusest saab järeldada, et kõige suurema potentsiaaliga projektid on laevanduses ja raudteetranspordis** (20-aastane ROI[1] vastavalt -17% ja -1%)**,** kus vesiniktehnoloogia on küps, vesiniku kasutusmaht suur ning energiavajadus tunnis kõrge. Samuti on suure rakendus- ning võrdlemisi hea majanduspotentsiaaliga vesinikkütusel liikuvate sõiduautode projekt, kuid siin võib lähitulevikus elektritehnoloogia veelgi potentsiaalikamaks osutuda.

Vesiniku kasutamine **jaguneb tööstuses peamiselt kahte kategooriasse – tootmise energiavajaduse katmine ning erinevate masinate ja sõidukite kütus**. Vesiniku kasutamine tööstusettevõtte

[1] ROI ehk r*eturn on investment*; investeeringute tootlus, mis mõõdab investeeritud ressurssidest saadavat kasu

energiavajaduse katmiseks tähendab vesiniku lisamist maagaasitrassi, mille kaudu vesinik ettevõtte asukohani transporditakse. **Vesiniku lisamisel maagaasitrassi on aga piiratud skaleeritavus tulenevalt olemasoleva maagaasi infrastruktuuri võimekusest vesinikku vastu võtta**. Kuivõrd maagaasi hind energiaühiku kohta on hetkel vesiniku hinnast tunduvalt odavam, ei oleks gaasimüüjad ega ka tööstusettevõtted maksma vesiniku eest niivõrd palju kõrgemat hinda, mis tingib projektile suure riikliku toetusvajaduse. **Tootmismasinates vesiniku kasutamine oleks sobiv ettevõtetele, kellel on territooriumi vahetus läheduses olemas taastuvenergia tootmine näiteks päikesepargi näol**, kuid väike vesiniku kasutamise maht tähendab, et vesiniku kasutamine muutuks väga kulukaks võrreldes alternatiivsete lahendustega.

Sarnaselt tööstusele on võimalik vesinikku kasutada ka elamuhoonete energiavajaduse katmiseks lisades vesiniku maagaasitrassi ning seeläbi tõstes maagaasi küttevääртust ja puhtust, kuid see nõuaks suuri toetusmeetmeid, et hinnavahet kompenseerida. **Vesinikust ammoniaagi tootmine ning selle eksport teistesse riikidesse oleks Eesti rannikualadel majanduslikult paljutõotav ettevõtmine,** mis oleks suurelt skaleeritav tänu võimalike sihtturgude rohkusele ning ammoniaagi laialdasele kasutamisel eri sektorites. **Erikaasustena on Eestis hetkel aktuaalsed vesiniku kasutamine telekommunikatsioonisektoris tugijaamades generaatorite kütusena ning autonoomsete sõidukite vesinikkütusele üleviimine**. Vesiniku kasutamine sidetugijaamade generaatorite kütusena on majanduslikult kulukas, sest tugijaamade võrgustik on suur, mis tingib suured transpordikulud, aga kasutatav vesiniku maht on väike. Autonoomsete sõidukite puhul võiks vesiniku kasutamine suuremas mahus olla atraktiivne, kuid Eesti turul seda ilmselt lähitulevikus ei teki. Vesinikkütusel liikuvate autonoomsete sõidukite tootmine oleks laiemas pildis riigile atraktiivne ekspordiallikas, kuid see eeldaks ka vesiniku tootmise ja tarbimise liikumist sihtriiki.

Vesiniku kasutusele võtmine transpordi-, tööstuse-, energiasektoris ja hoonete energiavarustuse tagamisel eeldab avaliku ja erasektori investeeringuid ning spetsiifilisi toetusmeetmeid. Analüüsi tulemusel kaardistati kogu vesiniku väärtusahela peale 28 barjääri ning 46 meedet, sealhulgas 32 õiguslikku, administratiivset ning 14 majanduslikku meedet. **Üheks oluliseks aluseelduseks on riiklikult vastuvõetud vesinikustrateegia olemasolu,** mis sätestab valikud ja suunad poliitika kujundamiseks ning koordineerib pädevuste ja tegevuste jaotuse ametiasutuste vahel. **Teiseks oluliseks eelduseks rohelise vesiniku tootmisel ja turule jõudmisel on ambitsioonikate taastuvenergia tootmise eesmärkide püstitamine ja elluviimine,** kuivõrd vesinikutehnoloogia täieliku kasutuselevõtu korral võib taastuvelektrielektri nõudluse maht kasvada Eestis ca kaks korda enam võrreldes seni prognoosituga. Seda täiendavat nõudlust saab aidata rahuldada täiendavate taastuvenergia vähempakkumiste planeerimine, planeeringu- ja loamenetlustoimingute tõhustamine, riigikaitseliste piirangute leevendamine riigikaitsesse panustavate lisaseadmete soetamise kujul ning tegevuskava koostamise meretuuleparkide realiseerimiseks Eestis.

Tulenevalt riikliku vesinikustrateegiaga valitud suundadest on võimalik kombineerida erinevaid regulatiivseid ja administratiivseid toetusmeetmeid. Toetusmeetmete kogumaksumus vesinikupotentsiaali täitumiseks **madala taseme stsenaariumi järgi** aastaks 2030 on avalikus sektoris 2,2 miljardit eurot ning **aastani 2050 5,8 miljardit eurot**. Erasektori toetusvajadus 2030. aastaks on 3,8 miljardit eurot ja **2050. aastaks 16,5 miljardit eurot**. **Ambitsioonika stsenaariumi täitumiseks** on erasektoris aastaks **2030** vajalik toetusmaht **8,1 miljardit eurot** ning **aastani 2050 32,9 miljardit eurot**. Avalikus sektoris oleks toetusvajadus sama stsenaariumi järgi **2030. aastaks 4,3 miljardit eurot** ja **2050. aastaks 11,5 miljardit eurot**.

Olenemata sellest kui ambitsioonikad eesmärgid Eesti riiklikus vesinikustrateegias võetakse võib analüüsi tulemusel pidada **kõige olulisemateks ja esmasteks sammudeks vesinikupotentsiaali kiireks realiseerimiseks** toetuseid tuule- ja päikeseenergia tootmisprojektide edendamiseks läbi taastuvenergiaoksjonite, mis on suunatud vesiniku tootmist toetavatele võimsustele; investeeringutoetusi vesiniku tootmistehnoloogiate edendamiseks, vesinikutanklate rajamiseks, vesiniku kütuseelemendiga busside ja sõiduautode kasutuselevõtuks ning riigihangetega seatud kohustusi vesiniku kütuseelemendil põhinevate sõidukite kasutuselevõtuks ühistranspordis.