

Korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräysten aluetaloudelliset vaikutukset

Juha Honkatukia

Antti Simola

Miimu Airaksinen

Terttu Vainio

VATT TUTKIMUKSET

182

Korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräysten aluetaloudelliset vaikutukset

Juha Honkatukia *

Antti Simola *

Miimu Airaksinen **

Terttu Vainio **

* Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT

** Teknologian tutkimuskeskus VTT

Rakentamisen teknistaloudellinen arviointimenetelmä

Sopimuksen diaarinumero YM21/612/2014

Projektinumero 7000T-YTJ187

Loppuraportti

ISBN 978-952-274-156-1 (nid.)

ISBN 978-952-274-157-8 (PDF)

ISSN 0788-5008 (nid.)

ISSN 1795-3340 (PDF)

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus
VATT Institute for Economic Research
Arkadiankatu 7, 00100 Helsinki

Helsinki, syyskuu 2015

Korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräysten aluetaloudelliset vaikutukset

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT Tutkimukset 182/2015

Juha Honkatukia – Antti Simola – Miimu Airaksinen – Terttu Vainio

Tiivistelmä

Tutkimme EU:n energiatehokkuusdirektiivin taloudellisia vaikutuksia Suomessa sekä kansallisella että suuraluetasolla. Suomella on ohjeellisena tavoitteena vähentää energian loppukäyttöä 310 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. Keskityimme tutkimuksessamme kiinteistösektoriin, joka on politiikan pääkohde ja kattaa merkittävän osan koko kansantaloudesta.

Tutkimuksemme perustuu kahdella mallilla tehtyihin laskelmiin: kiinteistöalan energiankäyttöä kuvaavaan malliin REMA (VTT) sekä aluetason yleisen tasapainon malliin VERM (VATT). Laskelmamme osoittavat, että politiikka sen nykyisellä tasollaan on kustannustehokas jopa ilman olettamusta ylimääräisestä tuottavuuskehityksestä. Uusien rakennusmääräysten aiheuttamat teknologiarajoitteet heikentävät taloudellista tehokkuutta, mutta investointiaktiivisuuden nousu riittää kompensoimaan tämän menetyksen.

Kiinteistösektorin hiilidioksidipäästöt vähenevät koko tarkastelujakson ajan. Kokonaispäästöt eivät kuitenkaan vähene yhtä paljon, sillä osa kotitalouksien energiankulutuksessa saavutettavissa säästöissä ohjautuu muihin kohteisiin, jotka puolestaan epäsuorasti nostavat päästöjä. Energiatehokkuusparannuksia tulee tarkastella osana muita energia- ja ilmastopolitiikan keinoja. Tutkimuksemme perusteella se onkin kustannustehokas lisä muille keinoille vähentää kasvihuonekaasupäästöjä.

Laskelmiemme mukaan kaikilla suuralueilla saavutetaan arvonlisäyksen kasvua. Työllisyys kasvaa eniten niillä alueilla, joilla tuotetaan investointihyödykkeitä kiinteistösektorille. Tämän vuoksi uudet määräykset jonkin verran vähentävät alueellisia työllisyyseroja.

Koko ns. korjausvajeen kurominen kiinni on laskelmiemme perusteella ongelmallinen ja ylimitoitettu toimi. Se aikaistaa korjausinvestointeja, mikä johtaa epäoptimaaliseen investointiuraan. Investointien taso laskeekin korjausjakson

jälkeen perusuraa alhaisemmalle tasolle. Korjausjakson aikana kerrytetyt resurssit joutuvat sen jälkeen vajaakäyttöön, mikä hidastaa talouskasvua.

Abstract

This study assesses the economic effects of the EU Energy Efficiency Directive (EED) in Finland at national and regional levels. Indicative target is to reduce the final energy consumption to 310 TWh by 2020. Our study concentrates on real estate sector that is the main target of the policy and comprises notable part of national economy.

We base our analysis in two models: a real estate sector model (REMA) and a single country regional CGE model (VERM). We found that even without considering productivity improvements, the EED implementation is cost-effective. Measures that improve energy efficiency impose constraints on technology that decrease economic efficiency. However, the increased investment activity more than compensates the loss.

The real estate sector carbon emissions decrease consistently over the time period. The total emissions decrease less than targeted because of the rebound effect. The EED also contributes to the other pillars of the EU climate policy. As the emission reduction yields modest economic growth with EED, it is a cost-efficient alternative for other climate policies.

The regional value added change is positive at each region. The employment increases more than proportionally in regions that produce materials for construction industry. Thus, the EED slightly decreases regional disparities.

Repayment of renovation debt is problematic because it allocates the renovation investments up front that generates unbalanced growth path. The period of repayment requires massive amount of investment that partially consumes the need for subsequent investments. Consequently during the repayment phase lots of additional capacity is generated. Subsequently that capacity becomes hard to employ and slows down the economic growth.

Esipuhe

Rakennuksiin on sitoutunut huomattavan suuri osuus koko kansantalouden pääomakannasta. Niinpä sen kehityksellä ja ylläpidon kustannuksilla on suuri kansantaloudellinen merkitys sekä rakennuskannan tuottamien asumispalveluiden että yhteiskunnan varallisuuden kehittymisen kannalta. Uuden rakennuskannan rakentamista ja vanhan korjaamista myös säädellään monin tavoin. Suuresta merkityksestään huolimatta rakentamisen vaikutuksia kansantalouteen ja aluetalouteen ei juurikaan ole tutkittu, eikä arviointiin soveltuvia tutkimusmenetelmiä ole kehitetty.

Tätä puutetta paikatakseen ympäristöministeriö toteutti Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen ja Teknologian tutkimuskeskuksen kanssa uudenlaisen, teknistaloudellisen ja kansan- ja aluetaloudellisen lähestymistavan yhdistävän tutkimushankkeen. Hankkeen pääasiallisena tavoitteena oli kehittää uusi teknistaloudellinen menettelytapa rakennuskantaan tehtävien korjausinvestointien kustannustehokkuuden ja kokonaistaloudellisuuden arvioimiseksi.

Menetelmää sovellettiin rakennuskannan energiatehokkuusmääräyksiä ja rakennusten korjausvelan takaisinmaksua koskeviin tarkasteluihin. Menetelmä perustuu VTT:n ja VATT:n aiemmin kehittämiin laskentamalleihin. Se mahdollistaa erilaisten rakentamisen politiikkavaihtoehtojen vertailun ja tukee siten hallitusohjelman tavoitteiden kustannustehokasta toteuttamista. Lisäksi se tukee muun ympäristöpolitiikan – ja talouspolitiikan laajemminkin – vaikutusten arviointia ja suunnittelua tuottamalla nykyistä tarkemman lähtökohdan asumisen tulevaisuuden haasteiden arvioimiseksi maan eri osissa.

Hankkeen keskeiset tulemat ovat, että kehitetyn menetelmän avulla pystytään muodostamaan aiempaa tarkempi ja kokonaisvaltaisempi näkemys rakentamis- ja kiinteistöalaan kohdistuvien politiikkatoimien vaikutuksista. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia rakennettua ympäristöä koskevien politiikkatoimien mitoittamiselle. Menetelmällä voidaan myös linkittää rakennusten energiatehokkuutta koskevat toimet muihin energiankulutukseen vaikuttaviin toimenpiteisiin.

Tutkimus myös syventää tietoa energiansäästön vaikutuksista. Aiemman tutkimuksen perusteella energiansäästön on tiedetty olevan kaupallisesti kannattavaa suhteellisen lyhyilläkin investointien takaisinmaksuajoilla. Koska energiansäästöstä aiheutuu lisäkustannuksia, ei ole itsestään selvää, että energiansäästön kokonaisvaikutus olisi taloudellisessa mielessä positiivinen. Tämän tutkimuksen perusteella rakennusten energiansäästö on kuitenkin kannattavaa myös koko kansantaloudelle, vaikka sen hyödyt ja kustannukset jakautuvatkin alueellisesti epätasaisesti.

Rakennusneuvos Teppo Lehtinen, Ympäristöministeriö

Sisällys

1 Hankkeen tavoitteet ja toteutus	1
2 Aineisto ja menetelmät	3
Aineiston muodostaminen	3
REMA-malli	5
VATT-mallien tietoperusta ja rakenne	6
3 Rakennuskannan energiankulutuksen skenaariot	10
Valtakunnalliset energiaskenaariot	10
REMA-tulosten alueellistaminen	10
4 Aluetalousskenaariot: keskeiset tulokset	13
Perusskenaario: kehitys ilman vuosien 2012 ja 2013 energiatehokkuusmääräyksiä	13
Politiikkaskenaario 1: energiatehokkuusmääräysten toteuttaminen	15
Politiikkaskenaario 2: korjausvajeen kiinnikurominen	22
5 Keskustelu	27
6 Johtopäätökset	29
Lähteet	30
Liite 1. Keskeisiä käsitteitä	31
Liite 2. REMA-mallin tulokset (perusskenaario)	34
Liite 3. REMA-mallin tulokset (politiikkaskenaario 1)	35
Liite 4. REMA-mallin tulokset (politiikkaskenaario 2)	36

1 Hankkeen tavoitteet ja toteutus

Tämä raportti esittelee Rakentamisen teknistaloudellinen menetelmä -hankkeen keskeisimmän sisällön. Hanke toteutettiin Ympäristöministeriön (YM) tilauksesta ja sen toteutti Valtion taloudellinen tutkimuskeskus (VATT) vastuullisena tahona sekä Teknologian tutkimuskeskus VTT alihankkijana. Hankkeen pääasiallisena tavoitteena oli kehittää uusi teknistaloudellinen menetelmä rakennuskantaan tehtävien korjausinvestointien kustannustehokkuuden ja kokonaistaloudellisuuden arvioimiseksi. Testasimme menettelyä arvioimalla rakennuskannan energiatehokkuusmääräyksiä ja rakennusten korjausvajeen kiinnikuromista. Menetelmä perustuu VTT:n ja VATT:n aiemmin kehittämiin laskentamalleihin. Se mahdollistaa erilaisten rakentamisen politiikkavaihtoehtojen vertailun ja tukee siten hallitusohjelman tavoitteiden kustannustehokasta toteuttamista. Sitä voidaan hyödyntää myös muun ympäristöpolitiikan – ja talouspolitiikan laajemminkin – vaikutusten arviointiin ja suunnitteluun, sillä se tuottaa nykyistä tarkemman lähtökohdan asumisen tulevaisuuden haasteiden arvioimiseksi maan eri osissa.

Hankkeessa kehitetyllä menetelmällä pystytään muodostamaan aiempaa tarkempi ja kokonaisvaltaisempi näkemys rakentamis- ja kiinteistöalaaan kohdistuvien politiikkatoimien vaikutuksista. Arviot taloudellisista vaikutuksista muodostuvat menetelmässä kaksiosaisen malliketjun tuloksena. Ketjun ensimmäinen osa eli VTT:n REMA-malli (Airaksinen & Vainio, 2012) kuvaa rakentamis- ja kiinteistösektorin kehittymistä erillään muusta kansantaloudesta. Toinen osa eli VATT:n yleisen tasapainon aluemalli VERM (Honkatukia, 2013) kuvaa rakentamis- ja kiinteistösektorin muutosten välittymisen muuhun kansantalouteen. Mallien ketjuttaminen mahdollistaa REMA:n yksityiskohtaisen rakentamis- ja kiinteistösektorin arvion liittämisen osaksi kokonaistaloudellista näkökulmaa.

Rakennuskannan energiatehokkuuden arvioiminen on ajankohtaista, sillä uudet määräykset koskien uudisrakentamista astuivat voimaan vuonna 2012 ja luvanvaraaisesti toteutettavia korjauksia koskevat määräykset vuonna 2013. Määräyksillä tähdätään energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen sekä energian hinnan noususta koituvien kustannusten vähentämiseen. Uudistuksen odotetaan tuottavan 20 %:n parannuksen uudisrakennusten energiatehokkuudessa. Kokonaistaloudelliset vaikutukset voivat olla merkittävät. Vuonna 2013 kaikkien talorakennusten osuus koko kansantalouden bruttopääomakannasta oli 81 % ja asuinrakennustenkin 43 %¹. Investointien vastaavat luvut ovat 55 % ja 27 %. Samana vuonna asuin- ja palvelurakennusten lämmitys muodosti 25 % koko energian loppukäytöstä². Määräysten kansantaloudellisia vaikutuksia on näin ollen vaikea sivuuttaa. Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen tarvittavi-

¹ Tilastokeskus: Kansantalouden tilinpito, 2010 käyvin hinnoin. <http://www.stat.fi/til/vtp/index.html>

² Tilastokeskus: Energian hankinta ja kulutus. <http://www.stat.fi/til/ehk/index.html>

en investointien kerrannaisvaikutukset kohdistuvat lukuisille toimialoille, ja energiakustannusten pieneneminen heijastuu kotitalouksien kulutusmahdollisuuksiin ja kauppataseeseen.

Tutkimuksemme lähtökohtana on (kuvitteellinen) perusskenaario, jolla kuvaamme tilannetta, jossa vuosien 2012 ja 2013 voimaantulleita energiatehokkuusmääräyksiä ei olisi toteutettu. Perusskenaario perustuu REMA-mallilla tehtyihin laskelmiin energiatehokkuusmääräysten vaikutuksista pitkällä aikavälillä sekä VERM-mallilla tehdyn alue-ennakoinnin ja vähähiilihankkeen skenaarioihin. Perusskenaarion lisäksi laskimme kaksi vaihtoehtoista politiikkaskenaariota. Ensimmäisessä politiikkaskenaariossa kuvaamme energiatehokkuusmääräysten toteuttamista. Siinä laskimme REMA-mallilla vaihtoehtoiset urat rakentamisen volyyymille sekä kiinteistöalan energiankulutukselle, joiden kansantaloudelliset vaikutukset arvioitiin VERM-mallilla. Toisessa politiikkaskenaariossa tarkastelemme korjausrakentamisen yhteiskunnallista tukemista, jolla rakennuskiinteistöjen korjausvaje kurotaan kokonaan keskipitkällä aikavälillä. Tämä on ääriskenaario, sillä korjausvajeen kiihdytetty korjausvajeen kiinnikurominen vaatii perusurasta huomattavasti poikkeavan investointiponnistuksen.

Seuraavassa kappaleessa käsittelemme aineistoa ja menetelmiä. Tämän jälkeen esittelemme keskeiset tulokset: ensin rakentamis- ja kiinteistösektorille (REMA-malli), ja sitten kokonais- ja aluetaloudellisesta näkökulmasta (VERM-malli). Lopuksi tulkitsemme tuloksia laajemmin ja esitämme johtopäätökset.

2 Aineisto ja menetelmät

Aineiston muodostaminen

Tutkimuksen aineisto koostuu useasta lähteestä. Jouduimme luonnollisesti tekemään joitakin oletuksia, jotta saimme eri lähteistä olevat aineistot muodostamaan malliketjuna toimivan kokonaisuuden. Menetelmän jatkokehittelyssä tähänkin osa-alueeseen voi olla aiheellista palata, esimerkiksi yksityiskohtaisempien aineistojen saamiseksi.

REMA-mallista käytimme versiota, jossa rakentamissektorin toiminta on kuvattu suuraluetasolla (NUTS 2), josta Ahvenanmaan maakunta on jätetty pois. Koska tutkitaan Suomen rakennusmääräysten alueellista vaikutusta, ei Ahvenanmaata huomioida. Itsehallinnon takia Ahvenanmaa implementoi direktiivit itsenäisesti.

VERM-mallin aineistopohja perustuu kansantalouden tilinpitoon ja panos-tuotostaulukoihin. Malli on ns. bottom-up laskennallinen yleisen tasapainon malli, jossa jokainen alue toimii omana kokonaisuutenaan ollen kuitenkin yhteydessä muihin alueisiin kauppavirtojen ja julkisen talouden tulonsiirtojen kautta. Koska alueellista panos-tuotosaineistoa ei ole Suomessa tehty vuoden 2002 jälkeen, jaamme kansallisen panos-tuotostaulun alueisiin aluetilinpidon reunatietojen avulla (ks. menetelmäkuvaus lähteessä Horridge ym. (2005)). VERM:n perusversio toimii 19 maakunnan NUTS 3 -tasolla. Aggregoimme tällä tasolla lasketun perusuran REMA:n tuloksia vastaavalle tasolle. Vaikka käyttämämme perusura on NUTS 2 -tasolla, se sisältää tiedot NUTS 3 -tason alueellisesta kehityksestä siten, kuin se on alueellisen ennakkointityön yhteydessä kuvattu (Honkatukia, et al., 2014).

REMA:n aikajänne on 10 vuotta ja se tuottaa tulokset vuosille 2010, 2020, 2030 ja 2050. VERM:n aikajänne on puolestaan yksi vuosi. Laskimme REMA:n tuloksista yksinkertaiset vuosittaiset muutokset geometrisina keskiarvoina. Laskimme VERM:n perusuran vuoteen 2040 asti, sillä sen perustana oleva Tilastokeskuksen alueellinen väestöennuste ei ulotu tätä pidemmälle. Tämän vuoksi emme pystyneet hyödyntämään vuoden 2050 REMA-tuloksia.

REMA:ssa rakentaminen on jaettu ylemmällä tasolla uudis- ja korjausrakentamiseen ja edelleen rakennuskannan mukaan asuinrakennuksiin ja palvelusektorin rakennuksiin. VERM:ssä rakentaminen on kansantalouden tilinpidon mukaisesti omana toimialanaan (TOL2008 luokat 412 ja 432_439). REMA:n tulosten perusteella korjaus- ja uudisrakentaminen kehittyvät kuitenkin eri tahtiin, minkä vuoksi jaoin VERM:n rakentamistoimialan korjaus- ja uudisrakentamiseen. Käytimme jakoperusteena toimialan tuottamien päähyödykkeiden suhteita, jotka saimme panos-tuotostaulusta. Rakentamisen toimiala tuottaa kuutta päähyödykettä (CPA2008 luokitus):

- 41211 - Asuinrakennukset, uudisrakentaminen
- 41212 - Asuinrakennukset, peruskorjaus
- 41213 - Asuinrakennukset, vuosikorjaus
- 41214 - Muut talorakennukset, uudisrakentaminen
- 41215 - Muut talorakennukset, peruskorjaus
- 41216 - Muut talorakennukset, vuosikorjaus

Valitettavasti meillä ei ollut käytössämme yhdenmukaista tietoa uudis- ja korjausrakentamisen kustannusrakenteellisista eikä alueellisista eroista, vaan olemme olettaneet ne aluetilinpidon rakentamistoimialan (TOL 412 ja 432_9) mukaisiksi. Tämä on karkea oletus, joka jouduttiin paremman tiedon puutteessa tekemään. Tiedämme kuitenkin, että eroavuuksia on: esimerkiksi uudisrakentaminen käyttää korjausrakentamista enemmän betonia tuotantopanoksena, ja betonin tuotannolla on merkittävät ilmastovaikutukset. Korjausrakentamisen uudisrakentamista suurempi kasvu aiheuttaakin todennäköisesti pienemmän energiankulutuksen nousun kuin mitä laskelmamme osoittavat. Muiden vaikutusten arvioiminen onkin jo vaikeampaa. Vaikka muutokset kansantalouden tasolla ovatkin todennäköisesti pieniä, niin työkalun mahdollisen jatkokehityksen yhteydessä tähän puutteeseen on syytä palata.

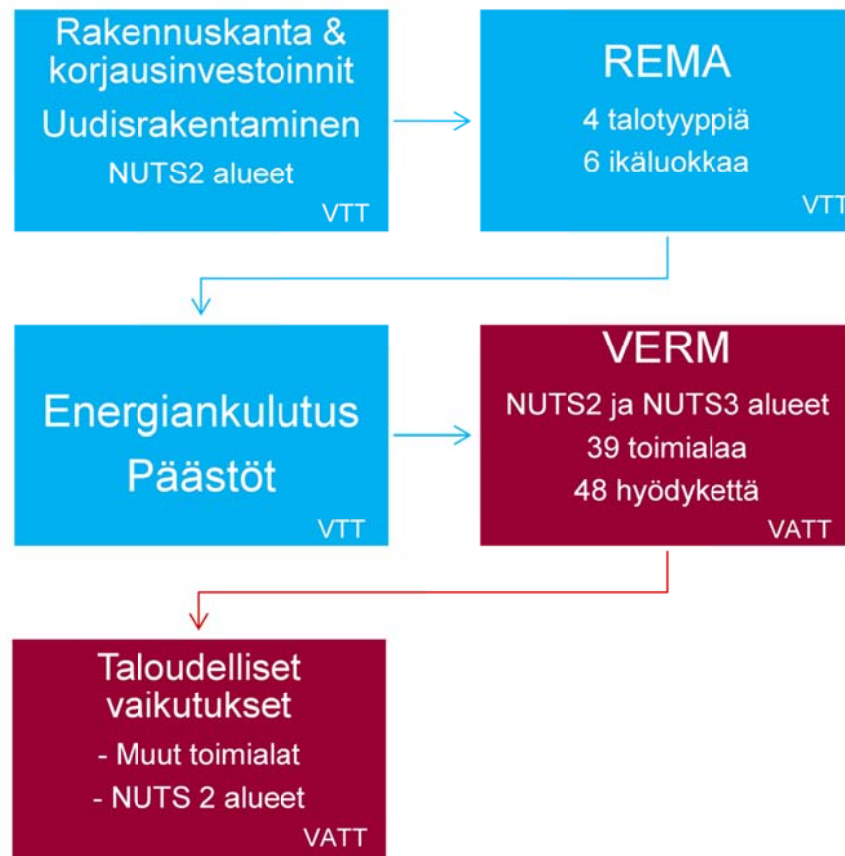
REMA tuottaa kolme päätulosta: rakentamisen volyymin, rakennuskannan energiankäytön sekä hiilidioksidipäästöt. Nämä kaikki jakautuvat puolestaan uudis- ja korjausrakentamiseen sekä asuin- ja palvelurakennuksiin. Tulkitsemme VERM:ssä rakentamisen volyymin muutokset rakentamishyödykkeiden investointikysynnän muutoksiksi kiinteistöalan toiminta -toimialalla (TOL 68). Hyödykkeet, joihin muutokset kohdistuvat ovat asuinrakennusten ja muiden rakennusten uudisrakentaminen ja peruskorjaus. REMA:lla laskemamme asuin- ja palvelurakennusten energian kokonaiskulutuksen muutokset tulkitsemme puolestaan saman toimialan energiahyödykkeiden välituotekysynnän muutoksiksi.³

REMA:n ja VERM:n laskelmat perustuvat näin ollen erilaisiin aineistoihin ja suureisiin. REMA:n tulokset on viety VERM:iin prosenttimuutoksina. Esimerkiksi energian kokonaiskulutuksen lasku kuvataan REMA:ssa GWh:na, joiden muutokset tulkitaan VERM:issä rakennusten energiankulutuksen volyymin muutoksena.

REMA:ssa energiankulutus on jaettu energiamuotoihin kaukolämpö, öljy, puu, aurinkovoima ja sähkö. Pystyimme VERM:ssä huomioimaan nämä energiamuodot aurinkovoimaa lukuun ottamatta, sillä käytetyssä hyödykeluokituksessa aurinkovoimaa ei ole omana hyödykkeenään eroteltu. REMA-laskelmissa aurinkovoimaa tulee kiinteistösektorin käyttöön vasta aivan tarkastelujakson

³ Välituotteilla tarkoitetaan tuotannossa primaarituotannontekijöiden, kuten pääoma, työvoima ja maa lisäksi käytettäviä tuotantopanoksia, kuten esimerkiksi materiaalit ja erilaiset palvelut. Rakennusteollisuuden välituotteita ovat mm. rakennus- ja talotekniikkatuotteet, rakennuskoneiden vuokrauspalvelut ja energia.

loppupuolella ja silloinkin hyvin vähäisiä määriä, joten sen jättäminen pois laskelmista ei vaikuta tuloksiin. Kuva esittää mallien väliset yhteydet havainnollisesti.



Kuva 1. Malliketjun kuvaus

REMA-malli

Tässä tutkimuksessa rakennuskannan energiankulutuksen arvioimiseen käytettiin VTT:llä kehitettyä REMA-mallia. Malli jakaa rakennukset seuraaviin luokkiin:

- omakotitalot
- rivi- ja kerrostalot
- liike- ja palvelurakennukset sekä
- kesämökit.

Liike- ja palvelurakennusten alaluokkia ovat liike-, toimisto-, liikenteen, hoitoalan, opetus- ja kokoontumisrakennukset. Kesämökit edustavat erittäin pientä osaa Suomen rakennuskannan energiankulutuksesta. Ne ovat mukana mallissa siksi, että ympärivuoden asuttavien kesämökkien määrä on lisääntymässä. Tuo-

tantorakennukset on jätetty pois mallista, koska niihin kytkeytyvää energiankulutusta ei pystytä erottamaan teollisuuden kokonaisenergiankulutuksesta.

Rakennukset on edelleen jaettu eri vuosikymmeninä rakennettuihin. Ikäluokkia määritettäessä on otettu huomioon Suomen energiatehokkuusvaatimusten kehitys:

- ennen vuotta 1959 rakennetut
- 1960–1979 rakennetut
- 1980–2009 rakennetut
- 2010–2019 ennakoitu rakentaminen
- 2020–2029 ennakoitu rakentaminen ja
- 2030–2050 ennakoitu rakentaminen.

Jokaisesta rakennusluokasta on mallinnettu tilojen lämmitykseen kuluva energia eriteltynä ilmanvaihdosta ja vaipasta (U-arvo ja tiiveys) johtuviin lämpöhäviöihin. Lämmityksen lisäksi on huomioitu lämpimän veden tuottamisen energiatarve sekä kiinteistösähkö ja käyttäjien kuluttama muu sähkö.

Olemassa olevan rakennuskannan energiankulutus on laskettu siten, että Tilastokeskuksen energiatilastossa esitetty energiatase toteutuu. Uudet rakennukset rakennetaan kansallisen ja EU:n säädösten mukaisina. Tätä tutkimusta tehtäessä voimassa olivat uudisrakentamista koskevat vuoden 2012 ja luvanvaraisen korjausrakentamista koskevat vuoden 2013 syksyllä tulleet vaatimukset. Seuraava säädösmuutos on vuonna 2017, jolloin uudisrakentamisen vaatimustaso kiristyy lähes nollaenergiatasolle (NZEB-tasolle). Kehityssuunnusteissa on huomioitu myös tavoite kasvattaa energiatuotannon uusiutuvan ja ydinenergian osuutta.

Malli on toteutettu MS Excelillä. Malliin on rakennettu kaavat keskeisten tunnuslukujen laskemiseen ja tulosten visualisointiin suoraan syöttötiedoista. Se sisältää myös yksinkertaistetun energiajärjestelmän mallin, joka mahdollistaa primäärienergia- ja kasvihuonekaasupäästöjen tarkastelun.

VATT-mallien tietoperusta ja rakenne

Tässä kappaleessa esittelemme VATT-mallien (VATTAGE ja VERM) yleisiä periaatteita. VATTAGE on VATT:ssa kehitetty yleisen tasapainon (YTP) malli, joka kuvaa Suomen taloutta yhtenä kokonaisuutena. Tässä hankkeessa käytettävä VERM on VATTAGE:n ja australialaisen TERM-mallin pohjalta kehitetty alue-malli, jossa Suomi on jaettu alueellisesti pienempiin yksiköihin.

Tasapainomallien rakenne

Tutkimuksessa käytetään laskennallista yleisen tasapainon aluemallia, joka perustuu tuotannon, kulutuksen ja julkisen sektorin yksityiskohtaisiin kuvauksiin. Mallissa oletetaan, että niin kuluttajat kuin yrityksetkin toimivat rationaalisesti.

Mallissa kuluttajien ja yritysten valintoja kuvataan optimointiongelmoina, joiden ratkaisuna saadaan erilaisten tuotteiden kulutuskysyntä tai vaikkapa työvoiman ja investointien kysyntä. Mallissa kaikki markkinat (hyödyke- ja panosmarkkinat) ovat tasapainossa (kysyntä on yhtä suuri kuin tarjonta), ja tasapaino saavutetaan suhteellisten hintojen muutoksilla.

VATTAGE-malli ja siihen perustuva VERM-aluemalli ovat dynaamisia yleisen tasapainon malleja. VATTAGE-mallia on sovellettu ennen kaikkea veropolitiikan ja energia- ja ympäristöpolitiikan vaikutusten arviointiin sekä pitkän aikavälin talousskenaarioiden laadintaan. VERM-malli puolestaan on aito aluemalli, jossa kukin maakunta on kuvattu omalla alueellisella mallillaan maakuntien linkittyessä toisiinsa tavaroiden ja tuotannontekijöiden välisin kauppaverroin.

Malleilla voidaan tuottaa rahamääräisiä arvioita talouden reagoinnista erilaisiin politiikan tai ympäröivän maailman muutoksiin. VERM-mallin lähestymistapa mahdollistaa myös sellaisen aluepolitiikan analyysin, jossa vaikutukset kumpuavat aidosti aluetasolta. Skenaariokäytössä mallilla voidaan tarkastella erilaisten rakenteellisten tekijöiden yli ajan tapahtuvan muutoksen aikaansaamaa kasvua ja tuotanto- ja kulusrakenteen muutosta. Varsinaisista ennustemalleista tasapainomallissa ei ole kysymys, pikemminkin mallit mahdollistavat erilaisia rakenteellisia tekijöitä koskevien ennusteiden ja näkemysten yhdistämisen konsistenteiksi, kokonaistaloudelliseksi skenaarioiksi. Tässä tutkimuksessa julkisten sektorien kulutuksen kehitystä arvioidaan ennakointityötä varten muodostetun ennusteen avulla, kun taas talouden muiden sektorien kehitysarvio perustuu pääasiassa valtiovarainministeriön ennusteeseen.

Talouden kuvauksen perustana malleissa on tietokanta, joka kuvaa talouden toimijoiden välisiä taloustoimia ja kunkin toimijan joko välituotteisiin tai lopputuotteisiin kohdistuvaa kysyntää. Perustaltaan malli on suuri joukko kuluttajan ja yrityksen teoriasta johdettuja käyttäytymissääntöjä, kysyntä- ja tarjontafunktioita, jotka kattavat kaikki markkinat, niin tuotteet kuin tuotannontekijätkin, sekä kysynnän ja tarjonnan ja tulojen ja menojen kohdentumista koskevia tasapainoehtoja.

Mallin tietokanta rakentuu koko maan tasolla hyvin yksityiskohtaisten tarjontaja käyttötaulukkojen pohjalle, joita on täydennetty kattavalla julkisten sektorien ja muun muassa vaihtotaseen kuvauksilla. Mallin tietoaineistot ovat Tilastokeskuksen tuottamia. Yleisen tasapainon malleissa otetaan huomioon kaikki taloudessa tapahtuva taloudellinen aktiviteetti, joka vaikuttaa talouden eri toimijoiden väliseen vuorovaikutukseen. Vastaavasti kansantalouden tilinpito on tilinpitokehikko, jossa pyritään kuvaamaan koko kansantalous käsitteellisesti yhtenäisenä kokonaisuutena (Eurostat, 2013). Kansantalouden tilinpito on myös eräänlainen malli, jossa yleisesti määriteltujen periaatteiden mukaan erilaiset taloudelliset tapahtumat, transaktiot, määritellään ja luokitellaan yhtenäisellä tavalla (Bos, 2006, p. 51). Koska kansantalouden tilinpidolla ja numeerisilla yleisen tasapainon

malleilla on selvästi yhtäläisyyksiä, kansatalouden tilinpito on käytännöllinen aineistokehikko ja luonnollinen lähtökohta yleisen tasapainon malleilla tehtäville tarkasteluille.

Malli muodostuu teoreettisista yhtälöistä, jotka kuvaavat talouden toimijoiden käyttäytymistä. Toisen osan muodostavat tasapainoehdot, minkä lisäksi malli sisältää suurehkon määrän erilaisia simulointitulosten analyysiä helpottavia raportointimuuttujia.

Kuluttaja kuvataan mallissa hyödynmaksimoijana, jonka hyvinvoinnin muutoksia mitataan kulutuksella. Mallissa oletetaan kulutuksen seuraavan lineaarista menojärjestelmää, jonka joustoparametrit on estimoitu aikasarja-aineiston perusteella. Menojärjestelmän budjettiosuudet määräytyvät suoraan Tilastokeskuksen tarjonta- ja käyttötaulukujen perusteella. Kuluttajan valintaa rajoittavat tuotannon tekijätulot ja julkiselle sektorille maksetut verot sekä julkiselta sektorilta saadut tulonsiirrot. Kuluttajan säästöt kohdentuvat sekä kotimaisiin että ulkomaisiin vaateisiin, joiden toteutuneen historian tietokanta kattaa useiden vuosien ajalta.

Yritykset kuvataan voitonmaksimoijina, jotka toimivat vakioskaalatuottojen ja täydellisen kilpailun mukaisesti. Tuotantofunktiot noudattavat YTP-malleissa yleisesti käytössä olevaa useampitasoista rakennetta, jossa välituotekäyttö muodostaa oman, lineaarisen osansa, jossa suhteelliset hinnat eivät vaikuta eri hyödykkeiden kysyntään, mutta jossa primaarituotannon tekijöiden välinen substitutio on mahdollista. Mallissa oletetaan lisäksi, että energiahyödykkeet ja primaarituotannon tekijät ovat substituotavissa keskenään. Pääoman ja työpanoksen väliseksi substituutiojoustoksi on mallissa oletettu kirjallisuuden perusteella 0,5 (Jalava, et al., 2005). Energiapanosten ja primaarituotannon tekijöiden välinen substituutiojousto noudattaa kansainvälisellä aineistolla tehtyä arviota (Badri & Walmsley, 2008).

Investoinnit määräytyvät pääoman tuottoasteen mukaisesti. Investoinnit ohjautuvat niille toimialoille, joilla pääoman tuoton odotetaan olevan kasvussa. Pitkällä aikavälillä investointien tuoton odotetaan kuitenkin noudattavan historiallista trendiä, mikä tarkoittaa sitä, että (efektiivisen) työpanoksen ja pääoman suhde on pitkällä tähtäimellä vakio. Investointihyödykkeet on mallissa kuvattu toimialoitain kansantalouden tilinpidosta saatavien investointi- ja hyödyketietojen perusteella.

Julkinen sektori on VATTAGE-mallissa kuvattu varsin kattavasti. Julkista kysyntää on mahdollista tarkastella valtion, kuntasektorin ja sosiaaliturvarahastojen osalta erikseen, minkä lisäksi jokaisen sektorin keräämät verot ja maksut sekä verotuksen kautta maksetut tuet on mallinnettu erikseen. Malli kattaa myös tulonsiirrot julkisen ja yksityisen sektorin välillä sekä kuntasektorin, rahastojen ja valtion välillä. Tästä syystä erilaisten julkisen sektorin tilaa kuvaavien alijäämäkäsitteiden käyttö on mahdollista. Julkisen sektorin mallinnus perustuu kansanta-

louden tilinpitoon ja osittain sen lähdeaineistoihin. Julkisen sektorin menokehitystä voidaan kuvata eri tavoin, mutta pääpiirteissään menot riippuvat julkispalvelujen kysyntään vaikuttavien eri väestöryhmien kasvusta, koska malli arvioi kustannuskehitystä julkispalveluja tuottavilla toimialoilla. Sen sijaan siirtomenot voidaan indeksoida esimerkiksi hinta- ja palkkakehitykseen tai niitä voidaan kohdella päätösmuuttujina.

Sekä VATTAGE- että VERM-mallien keskeinen piirre on julkisten rahavirtojen kiertokulun yksityiskohtainen kuvaus. VATTAGE-mallissa julkisen sektorin tuloja ja menoja sekä niiden välisen eron vaikutuksia valtion velkaan on tarkasteltu erikseen kolmella eri julkisella alasektorilla; keskushallinto, paikallishallinto ja sosiaaliturvarahastot. VERM-mallia varten vastaavat tiedot on laskettu erikseen koskien jokaista maakuntaa niin, että sektoreiden ja alueiden väliset transaktiot tulee huomioida.

Koska tuotantoa kuitenkin tarkastellaan yksityiskohtaisen toimialarakenteen avulla, ja koska julkisten tuotteiden tuotanto keskittyy pääasiassa muutamille toimialoille (esimerkiksi terveydenhuoltopalvelut, sosiaaliturvapalvelut, jne.), on suurin osa julkisten palvelujen tuotannosta helposti identifioitavissa tarkastelemalla panos-tuotostaulujen toimialarakennetta.

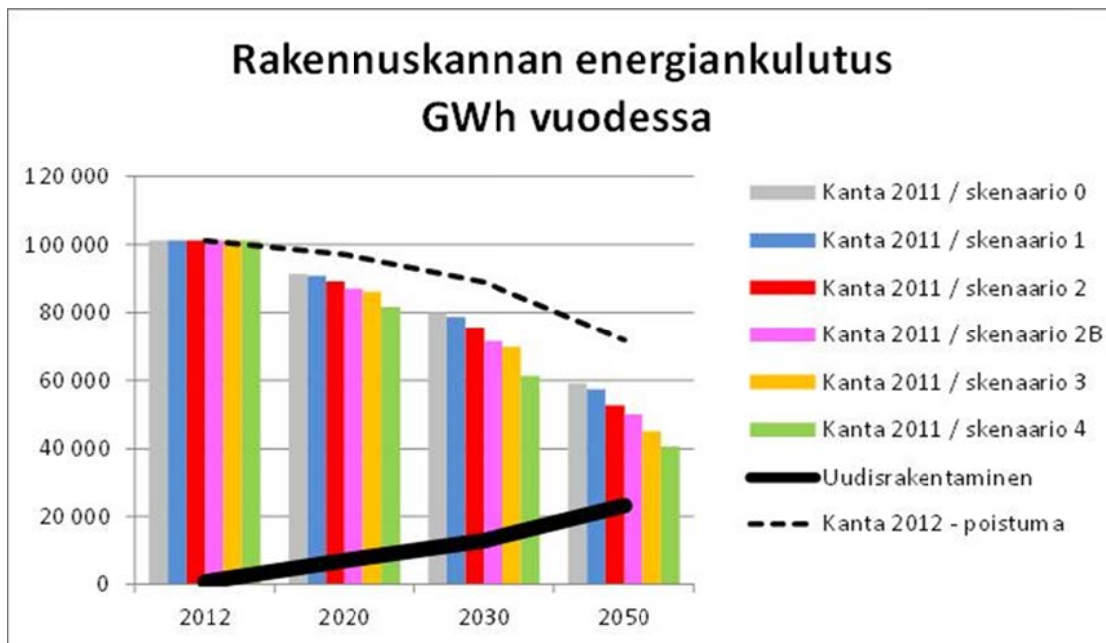
Muun maailman osalta VATTAGE-malli rajoittuu tarkastelemaan vientiä ja tuontia EU-maihin ja EU:n ulkopuoliseen maailmaan. Ulkomaankaupan lisäksi tietokanta käsittää maksutaseen. Sekä kotitalouksien että julkisen sektorin vaateet ja vastuut ulkomaille on mallinnettu eksplisiittisesti, samoin ulkomaisten omistukset Suomessa. Finanssi-investoinnit eivät ole mallin kannalta keskeinen kiinnostuksen kohde, mutta niillä on merkitystä hyvinvointivaikutusten arvioinnissa, jos esimerkiksi osa suomalaisyrityksiä koskevista vaikutuksista valuu ulkomaille.

Mallien dynamiikkaan liittyy kaksi keskeistä piirrettä. Ensimmäinen koskee investointeja fyysiseen pääomaan ja arvopapereihin, toinen palkkojen määräytymistä. Investoinnit jakautuvat toimialojen välillä pääoman odotetun tuoton muutosten mukaisesti. Odotuksien sopeutumisen voidaan joko olettaa olevan hidasta tai sitten malli voidaan ratkaista rationaalisin odotuksin. Rahoitusvaateilla on siinä mielessä tärkeä osa mallin dynamiikassa, että ne kuvaavat talouden eri sektorien ja koko kansantalouden varallisuuden kehitystä. Palkkojen osalta malli mahdollistaa useita eri lähestymistapoja, joista yksi olettaa reaali-palkkajäykkyyden yli ajan. Reaalipalkkojen sopeutumisvauhti onkin yksi keskeisiä talouden sopeutumiseen vaikuttavia tekijöitä. VATTAGE-malli ja sen taustalla oleva teoria on kuvattu tarkemmin julkaisussa Honkatukia (2009) ja VERM-malli julkaisussa Honkatukia (2013).

3 Rakennuskannan energiankulutuksen skenaariot

Valtakunnalliset energiaskenaariot

VTT on laatinut REMA-mallilla ympäristöministeriön toimeksiannosta rakennuskannan energiankulutuksen skenaarioita (Airaksinen & Vainio, 2012). Skenaariot vaihtelevat sen mukaan, kuinka suuri osa rakennuskannasta on korjaustoiminnan kohteena ja miten lähelle uudisrakentamisen vaatimustasoa rakennukset korjataan (Kuva). Energiankulutuksen lisäksi arvioitiin korjausten vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin ja vaikutusta korjauskustannuksiin. Tässä tutkimuksessa on alueellistettu skenaariot 0, 2 ja 3. Skenaario 0 kuvaa verrokkitilannetta, jossa ei tehdä energiatehokkuutta parantavia korjausinvestointeja. Skenaario 2 toimenpiteet vastaavat nykyistä vaatimustasoa. Skenaario 3 vastaa kustannustehokkaasti EU:n vaatimukseen ja vähentää rakennuskantaan kertyneen korjausvajeen 10 vuodessa.



Kuva 2. Poistuman ja korjausten yhteydessä tehtyjen toimenpiteiden yhteisvaikutus ennen vuotta 2012 rakennettujen rakennusten energiankulutukseen (tolpat) ja uudisrakentamisen energiankulutus (viiva)

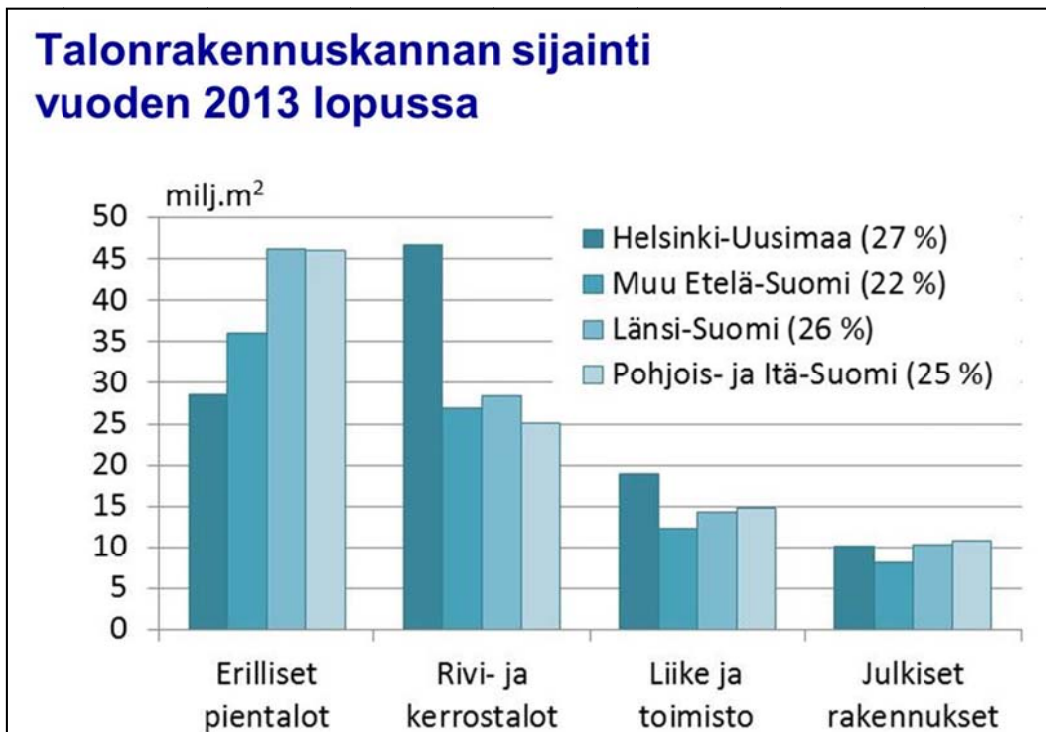
REMA-tulosten alueellistaminen

REMA-tulokset on alueellistettu Tilastokeskuksen vuoden 2014 suuraluejaolle (NUTS 2). Manner-Suomi jaetaan siinä neljään alueeseen:

- Helsinki ja Uudenmaan maakunta

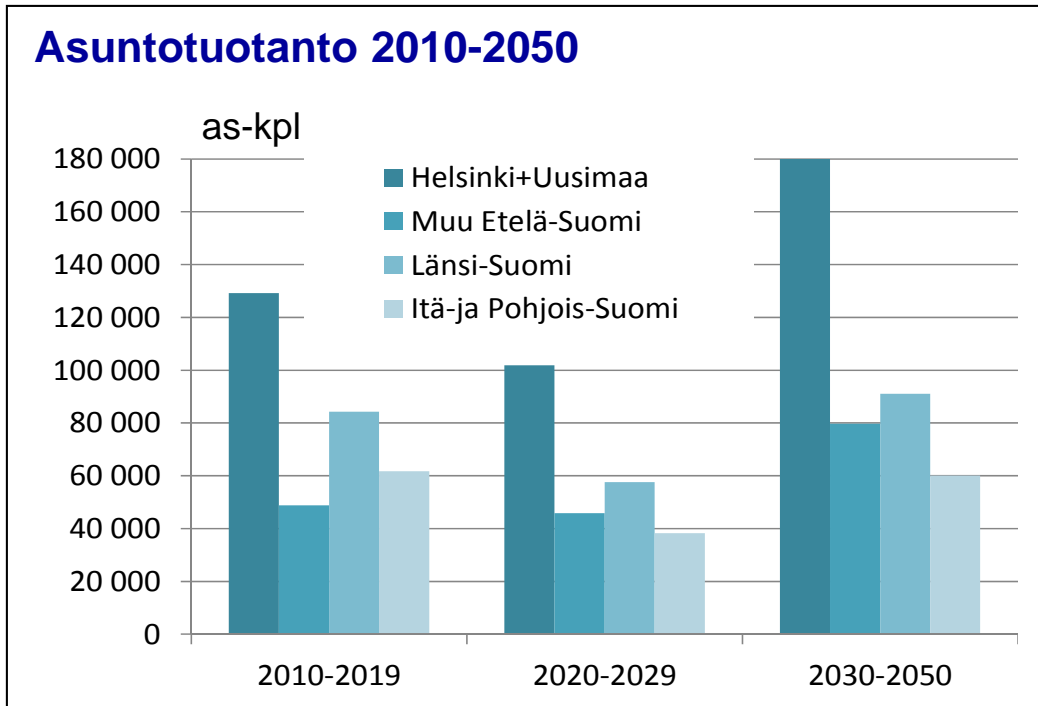
- Muu Etelä-Suomi (Varsinais-Suomi, Kanta-Häme, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Etelä-Karjala)
- Länsi-Suomi (Satakunta, Pirkanmaa, Keski-Suomi, Etelä-Pohjanmaa, Pohjanmaa)
- Itä- ja Pohjois-Suomi (Etelä-Savo, Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala, Keski-Pohjanmaa, Pohjois-Pohjanmaa, Kainuu, Lappi).

Suomen talonrakennuskanta sijoittuu melko tasan näille neljälle suuralueelle (Kuva). Merkittävin ero alueiden välillä on se, että erillisistä pientaloista huomattavan suuri osuus sijoittuu Länsi-, Itä- ja Pohjois-Suomeen ja rivi- ja kerrostaloista Helsinkiin, Uusimaalle ja Etelä-Suomeen. Asuinrakennusten energiankulutus, kasvihuonekaasupäästöt ja kustannusvaikutus on alueellistettu VTT:n asuntotuotantomallin (Vainio, et al., 2012) tulosten perusteella. Asuntotuotanto perustuu Tilastokeskuksen vuoden 2012 väestöennusteeseen.



Kuva 3. Talonrakennuskannan kerrosala jaettuna Manner-Suomen suuralueille

Väestö on pitkään jatkuneen muuttoliikkeen takia keskittynyt Etelä-Suomen suuriin kaupunkeihin. Nuorten muutto kaupunkeihin ja maahanmuutto vahvistavat muuttoliikkeen aloittamaa aluerakenteen muutosta. Tulevina vuosikymmeninä väestö ja sitä myötä uudisasuntotuotanto (Vainio, et al., 2012) keskittyy eteläiseen Suomeen (Kuva). Palvelurakentaminen on sidottu asuntorakentamisen alueelliseen kehitykseen viime vuosien kehityksen mukaisilla kertoimilla.



Kuva 4. Manner-Suomen suuralueiden uudisasuntotuotanto vuosina 2010-2050

Liitteissä Liite 2., Liite 3. ja Liite 4. on esitetty yksityiskohtaisesti REMA-mallin keskeiset tulokset kolmelle alueellistetuille skenaariolle. Tuloksissa on mukana energiankulutus, kasvihuonekaasupäästöt ja rakentamisen volyymi (kiintein vuoden 2010 hinnoin, alv 0 %) alueellistettuna vuosille 2010, 2020, 2030 ja 2050. Uudisrakentamisen volyymi on jaettu kahtia: hintoihin ennen vuotta 2010 ja vuoden 2010 määräysten kustannuslisään. Vastaava jako korjausrakentamisessa sisältää vain peruskorjaukset ja määräysten aiheuttaman kustannuslisän.

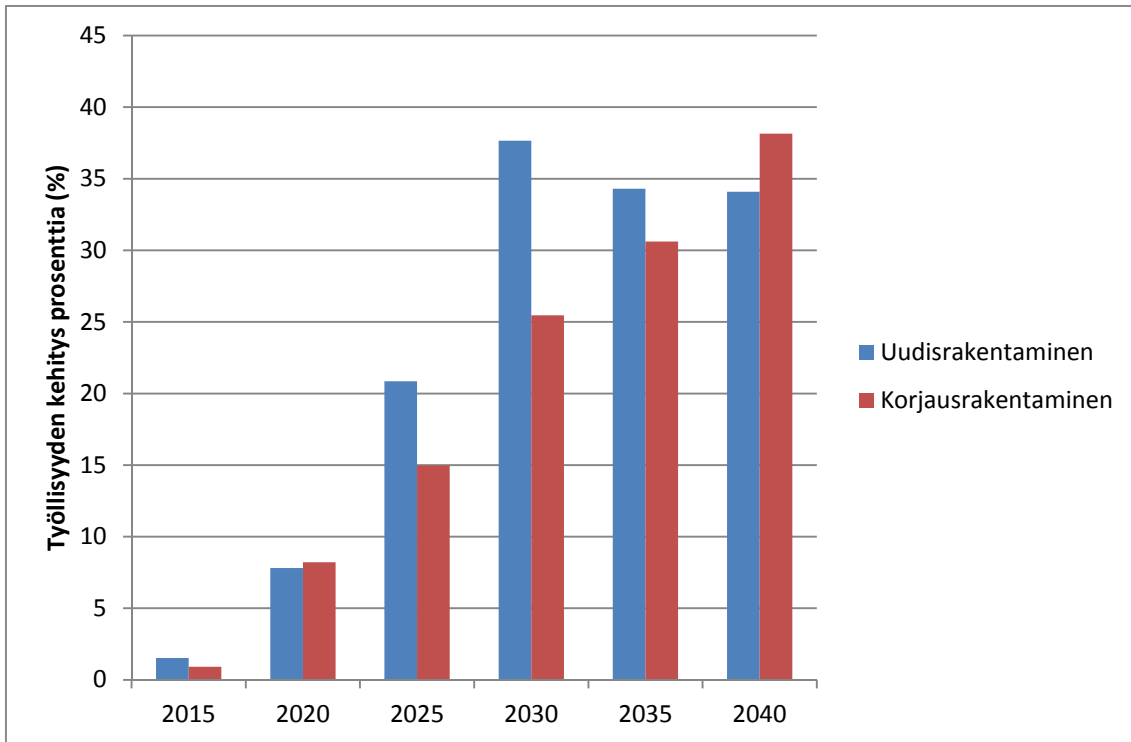
4 Aluetalousskenaariot: keskeiset tulokset

Perusskenaario: kehitys ilman vuosien 2012 ja 2013 energiatehokkuusmääräyksiä

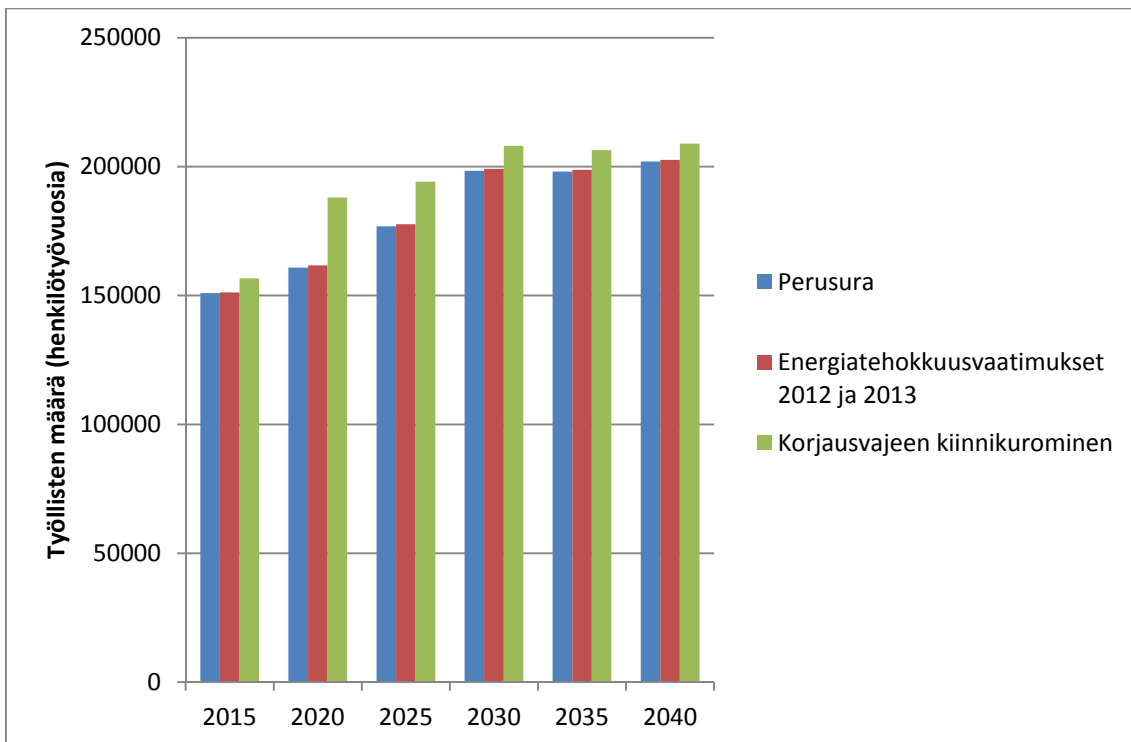
Perusskenaariossa VERM:n perusura laaditaan siten, että kiinteistötoimialan investoinnit ja energiankäyttö toistavat REMA-mallin perusuran tulokset. Kiinteistötoimialan investoinnit määrittelevät talonrakentamisen kysynnän. VERM:n perusura perustuu Tilastokeskuksen väestöennusteeseen ja toipuvan talouskasvun oletukseen. Väestöennusteesta huomioimme erikseen työikäisen ja vanhusväestön kehityksen. Toipuvalla talouskasvulla tarkoitetaan sitä, että kansantalous toipuu nykyisestä taantumasta, minkä jälkeen se hakeutuu pitkän aikavälin kasvurallalle. Tämä vastaa vajaan kahden prosentin vuosittaista kansantuotteen kasvua. Oletamme julkisen sektorin pysyvän kestäväällä uralla eli julkinen talous pyrkii tasapainottumaan. Reaalipalkat ovat jäykkiä ja työllisyys sopeutuu viiveellä.

VERM:n tulokset sisältävät ennusteen myös niille muuttujille, jotka puuttuvat REMA:n laskelmista. Rakennusteollisuuden työllisyyden kehitys on kuvattu kuvassa 5. Kuvan perusvuotena on vuosi 2013, sillä viimeisimmät kansantalouden tilinpidon toimialakohtaiset tiedot ovat kyseiselle vuodelle. Toimialojen kehitykset ovat hyvin samansuuntaisia, joskaan eivät täysin yhteneväisiä. Vuonna 2008 alkaneen laman seurauksena työllisyys rakentamisessa laskee vuoteen 2014 asti, jolloin se on uudisrakentamisessa 12 % lähtötilannetta alhaisemmalla tasolla. Korjausrakentamisen työllisyys laskee vähemmän, 9 %. Tämän jälkeen työllisyys lähtee nousuun ja 2020-luvun alussa saavutetaan lamaa edeltänyt taso.

Kuva 6 esittää työllisyyden kehittymistä talonrakennuksessa työntekijöiden määrän prosentuaalisella muutoksella mitattuna eri skenaarioissa. Energiatehokkuusmääräysten kiristämällä on pieni rakentamistoimialojen työllisyyttä lisäävä vaikutus, kun taas korjausvajeen kiinnikurominen nostaa sitä jo huomattavasti. Nousu on kuitenkin väliaikainen ja tarkastelujakson lopulla lähestytään perusuran tasoa.

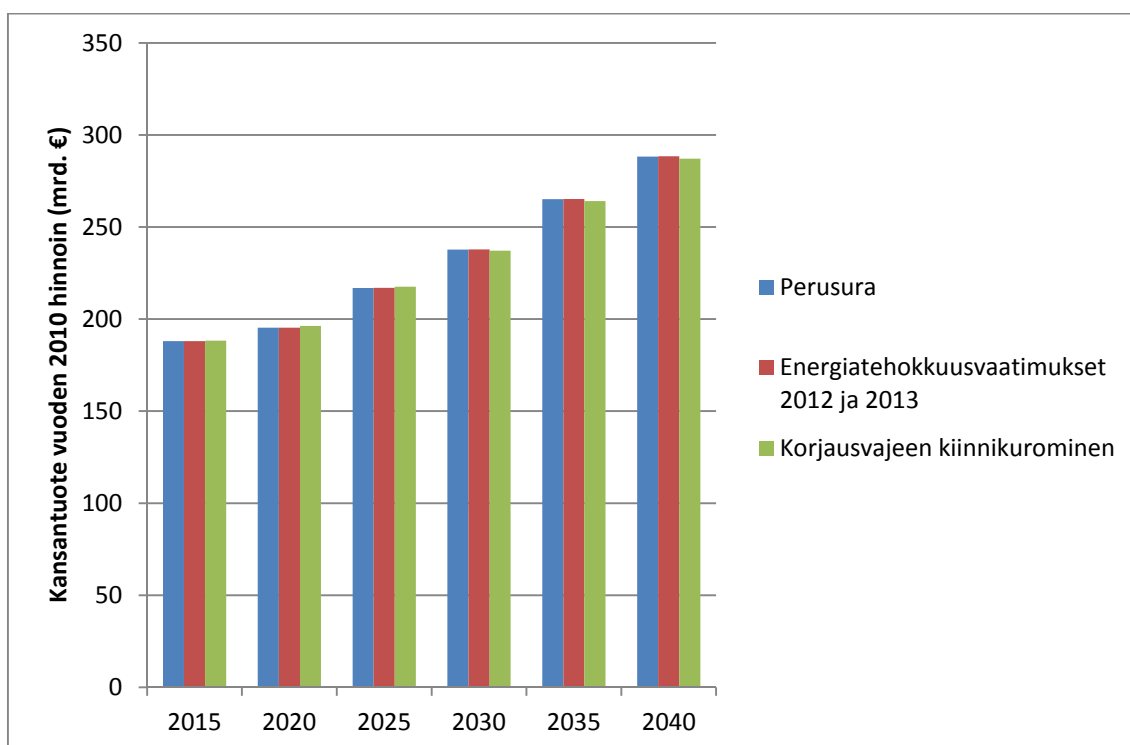


Kuva 5. Työllisyyden kehitys rakentamisen toimialalla perusuralla (tasomuutos verrattuna perusvuoteen 2013, prosenttia)



Kuva 6. Työllisyyden kehitys rakentamissektorilla kaikissa skenaarioissa (henkilötöyvuosia)

Kuva 7 esittää reaalian kansantuotteen tason kaikissa skenaarioissa. Kuvasta käy ilmi, että tutkituissa skenaariossa rakentamisen tuottamat muutokset koko kansantalouden kansantuotteeseen ovat pieniä. Niinpä skenaarioiden vertailussa on mielekkäintä tarkastella politiikan tuomaa muutosta perusuraan verrattuna. Tällöin tarkastelemme tasomuutosta, jolloin hyvinkin pienet vuosittaiset muutokset suhteessa perusuraan tulevat esille. Vaikka vaikutukset ovat joissain tapauksessa pieniä, niiden esittäminen on hyödyllistä tulosten validioinnin kannalta sekä mallilla kuvatun sopeutumismekanismien havainnollistamiseksi.



Kuva 7. Reaalinen kansantuote kaikissa skenaarioissa (miljardia euroa vuoden 2010 hinnoin)

Politiikkaskenaario 1: energiatehokkuusmääräysten toteuttaminen

Ensimmäinen politiikkaskenaario kuvaa vuosien 2012 ja 2013 energiatehokkuusmääräysten vaikutusta kansantalouteen. Vertailukohtana on perusskenaario, jossa nämä vaatimukset eivät olisi tulleet voimaan. Talusteorian näkökulmasta energiatehokkuusmääräykset tulkitaan teknologiarajoitteiksi, jotka nostavat pääomakustannuksia. Energiatehokkuuden paraneminen kompensoi kustannusten nousua, mutta a priori ei ole selvää, kumpi vaikutus on kansantalouden tasolla määräävämpi. Tämän vuoksi simulaatiotarkastelu on tarpeen. Energian käytön kannalta tavoitetasoa heikommät teknologiat ovat käytössä, sillä ne ovat taloudellisesti edullisempia. Energiatehokkuuden korottaminen nykyistä tasapainoti-

lannetta korkeammalle tasolle nostaa kustannuksia. Tämä johtuu siitä, että vaikka käytössä oleva teknologia on energiatehokkuudeltaan tavoitetasoa alempi, käytännössä se on ollut taloudellisesti edullisempaa. Poliitiikalla on tällöin taloudellinen kustannus, jota tulee verrata siitä saataviin hyötyihin. Hyötyjä ovat investointikysynnän kasvu, tavoiteltu päästövähennys ja mahdolliset kokonaistuottavuuden parannukset. Investointien ja päästövähennysten arvioiminen on suoraviivaista, sillä molemmat mallimme tuottavat arvion investointivolyymien ja polttoaineiden käytön muutoksista. Kokonaistuottavuuden parannukset ovat vaikeammin arvioitavissa. Lisäksi investointien pitkäikäisyys rajoittaa tuottavuusvaikutuksen realisoitumista.

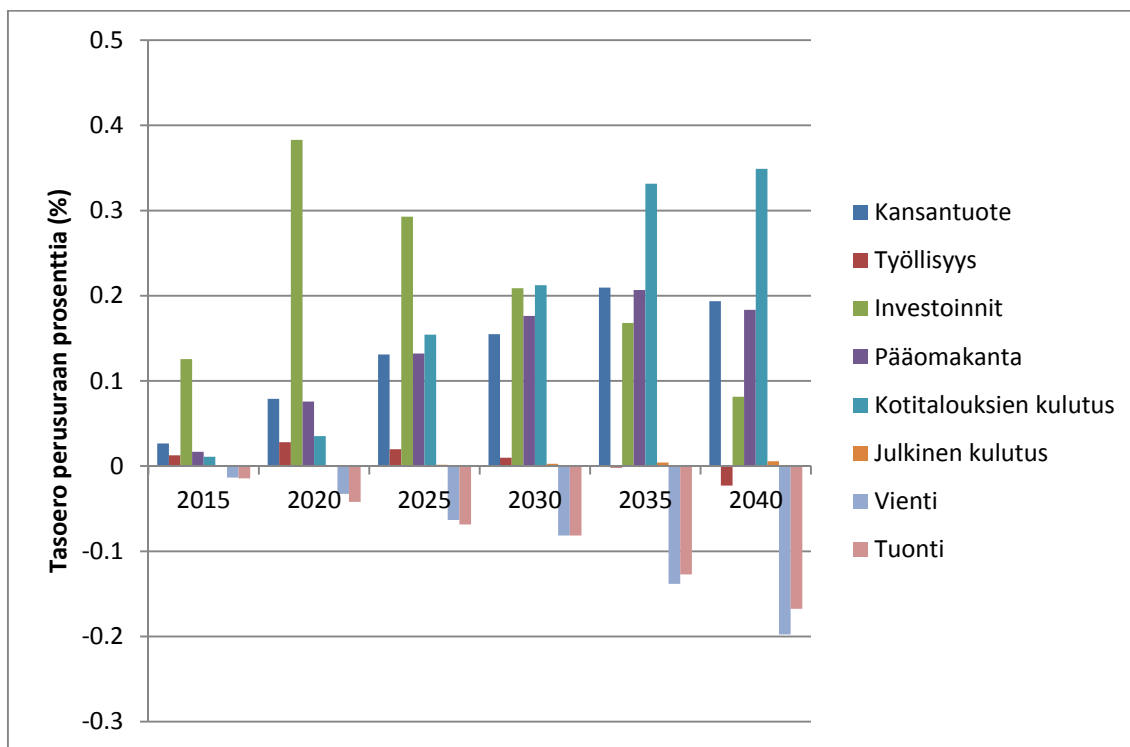
Kuva 8 kuvaa taloudellisten muuttujien kehitystä koko maan tasolla määräysten toteuttamisen jälkeen verrattuna perusuraan. Investointien tason oletetaan kasvavan voimakkaasti korjausrakentamisen kasvun myötä, mikä samanaikaisesti kasvattaa pääomakantaa. Investointien taso kuitenkin tasaantuu suurimman korjausrakentamispansoksen jälkeen ja vuoden 2020 jälkeen investointien vuositaso on perusuraa alhaisempi. Kotitalouksien kulutus kasvaa tarkasteluajanjakson loppuun asti. Tuonti laskee polttoaineiden kysynnän laskiessa. Kansantuote päättyy 0,2 % perusuraa korkeammalle tasolle vuonna 2040. Vuositasolla kasvua perusuraan verrattuna on siis 0,01 %.

Oletuksemme ovat hyvin konservatiivisia esimerkiksi ylimääräisen tuottavuuden kasvun suhteen ja voimme varsin turvallisesti todeta, että energiatehokkuusmääräykset eivät ainakaan heikennä talouskasvua. Koko kansantaloudessa investointikysynnän kasvu ja energiatehokkuuden paraneminen kompensoivat energiatehokkuuden parantamisesta koituvat lisäkustannukset. Tämä tarkoittaa sitä, että tarkastellulla energiatehokkuuden parantamisen tasolla energiatehokkuuden parantaminen on kansantalouden tasolla kannattavaa.

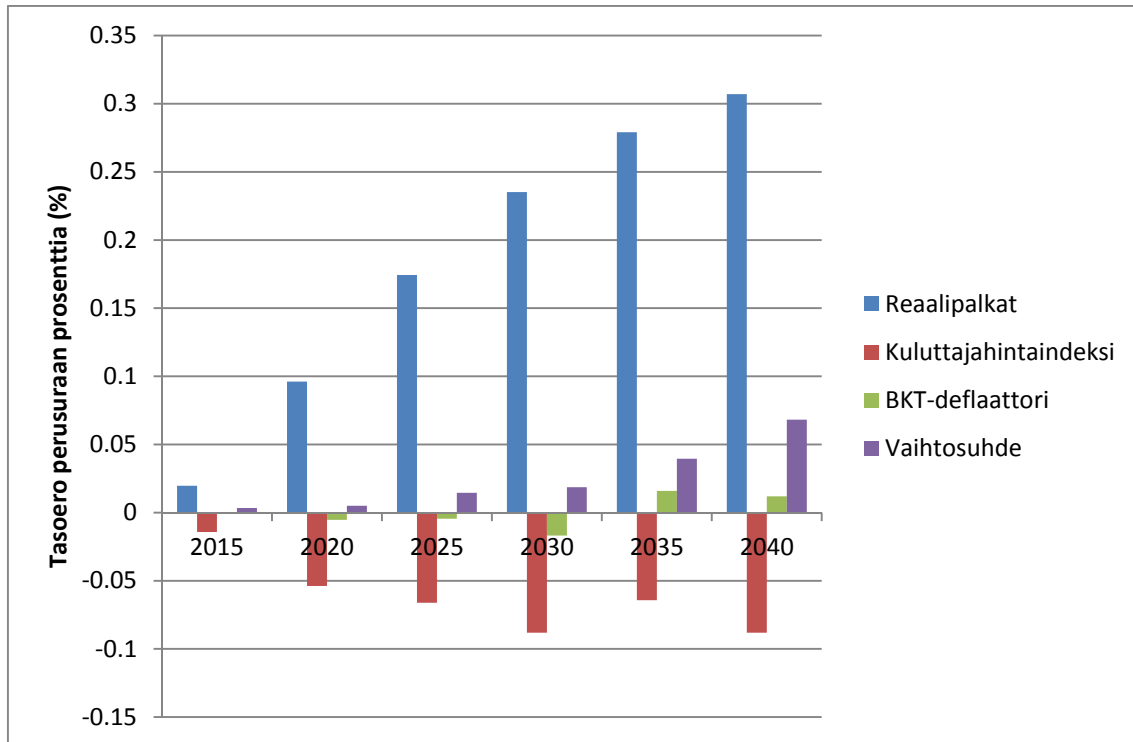
Työllisyys muuttuu energiatehokkuusmääräysten myötä koko kansantalouden tasolla vain vähän, joskin pientä kasvua on vilkkaimman investoimisajanjakson aikana. Korjaukset painottuvat Etelä-Suomeen, mutta työllisyysvaikutukset heijastuvat muuallekin Suomeen, missä rakennustuoteteollisuus pääasiassa sijaitsee. Täytyy huomata, että vaikka työllisyys kasvaa rakentamisessa, niin se pienenee hieman joillakin muilla toimialoilla. Myöhemmin alueellisten tulosten yhteydessä näemme, että toimialojen alueellisen sijoittumisen vuoksi energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävällä poliitiikalla on kuitenkin lievä alueellisia eroja tasaava vaikutus.

Sekä vienti että tuonti laskevat. Tuonnin lasku johtuu lähinnä polttoaineiden vähäisemmästä kysynnästä. Vienti laskee, koska kotimaisen investointikysynnän kasvulla on vientituotteiden tuotantoa syrjäyttävä vaikutus.

Kuva 9 esittää hintatasojen muutoksia. Energiatehokkuuden lisääminen parantaa ostovoimaa. Kuluttajahinnat laskevat pienempien energiakustannusten seurauksena. Kasvanut ostovoima näkyy kotitalouksien kulutuksen lisääntymisenä.

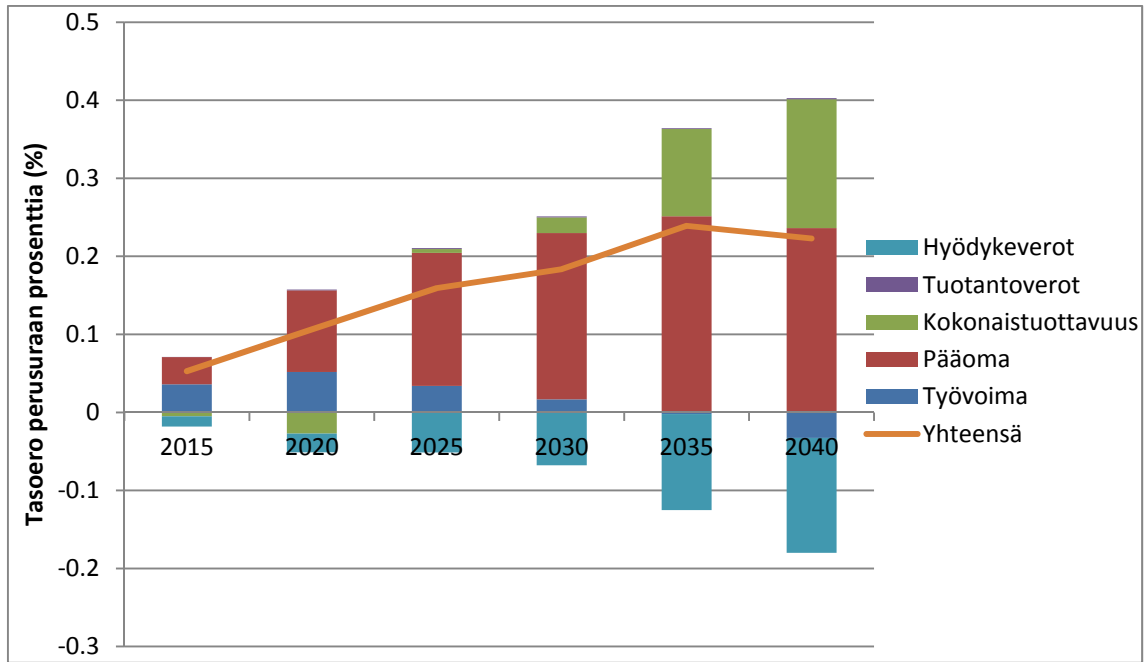


Kuva 8. *Energiatehokkuusmääriäysten toteuttamisen vaikutuksia kansantalouden tasolla (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)*

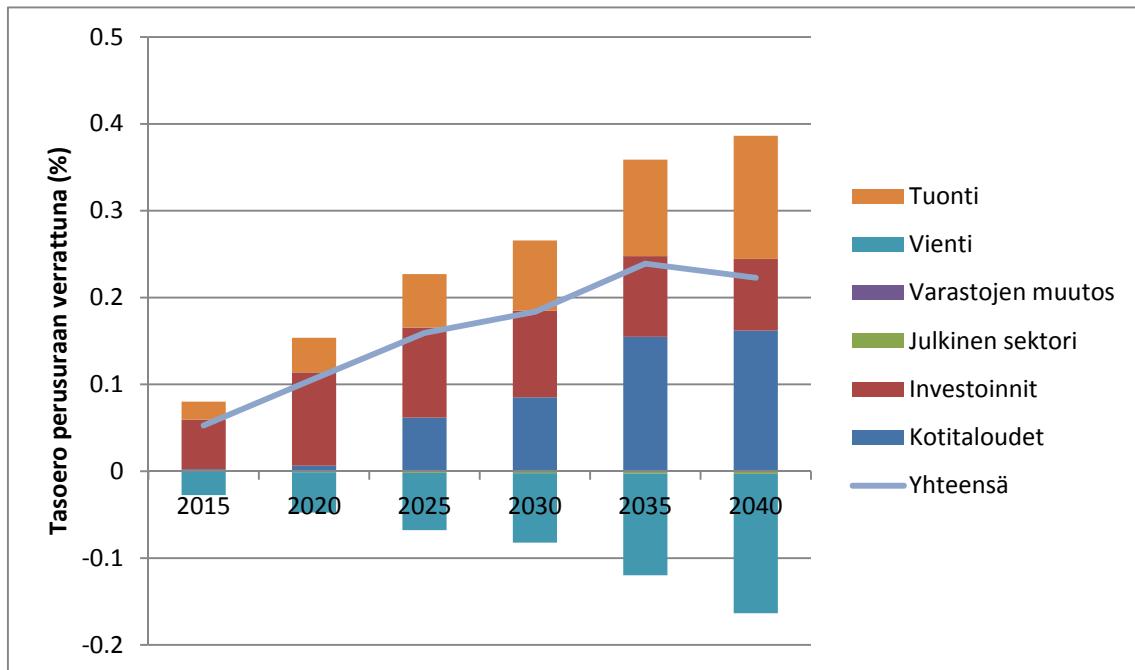


Kuva 9. *Energiatehokkuusmääräysten toteuttamisen vaikutuksia hintoihin kansantalouden tasolla (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)*

Kuva 10 ja Kuva 11 esittävät kansantuotteen tulo- ja menupuolen hajotelmat. Ne kuvaavat sitä, kuinka kansantuotteen kokonaismuutos koostuu eri tekijöistä. Palkit esittävät erien vaikutuksia ja viiva kansantuotteen kokonaismuutosta, joka on palkkien summa. Viivat ovat molemmissa kuvissa yhtenevät, sillä ne kuvaavat samaa asiaa. Kuvasta 10 näemme, kuinka pääomakannan kasvu lisää kansantuotetta. Myös kokonaistuottavuus nousee erityisesti tarkastelujakson loppupuolella. Toisaalta energian kysynnän lasku vähentää myös energian kulutuksesta kertyviä verotuloja, mikä laskee kansantuotetta. Menopuolelta havaitaan, että aluksi investointien kysynnän kasvu kasvattaa taloutta, mutta voimakkaimman investoimisvaiheen jälkeen kotitalouksien kulutus kasvattaa kansantuotetta eniten. Tuonnin lasku lisää kansantuotetta, kun taas viennin lasku supistaa sitä.



Kuva 10. Kansantuotteen tulopuolen hajotelma; energiatehokkuusmääräysten toteuttaminen (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)

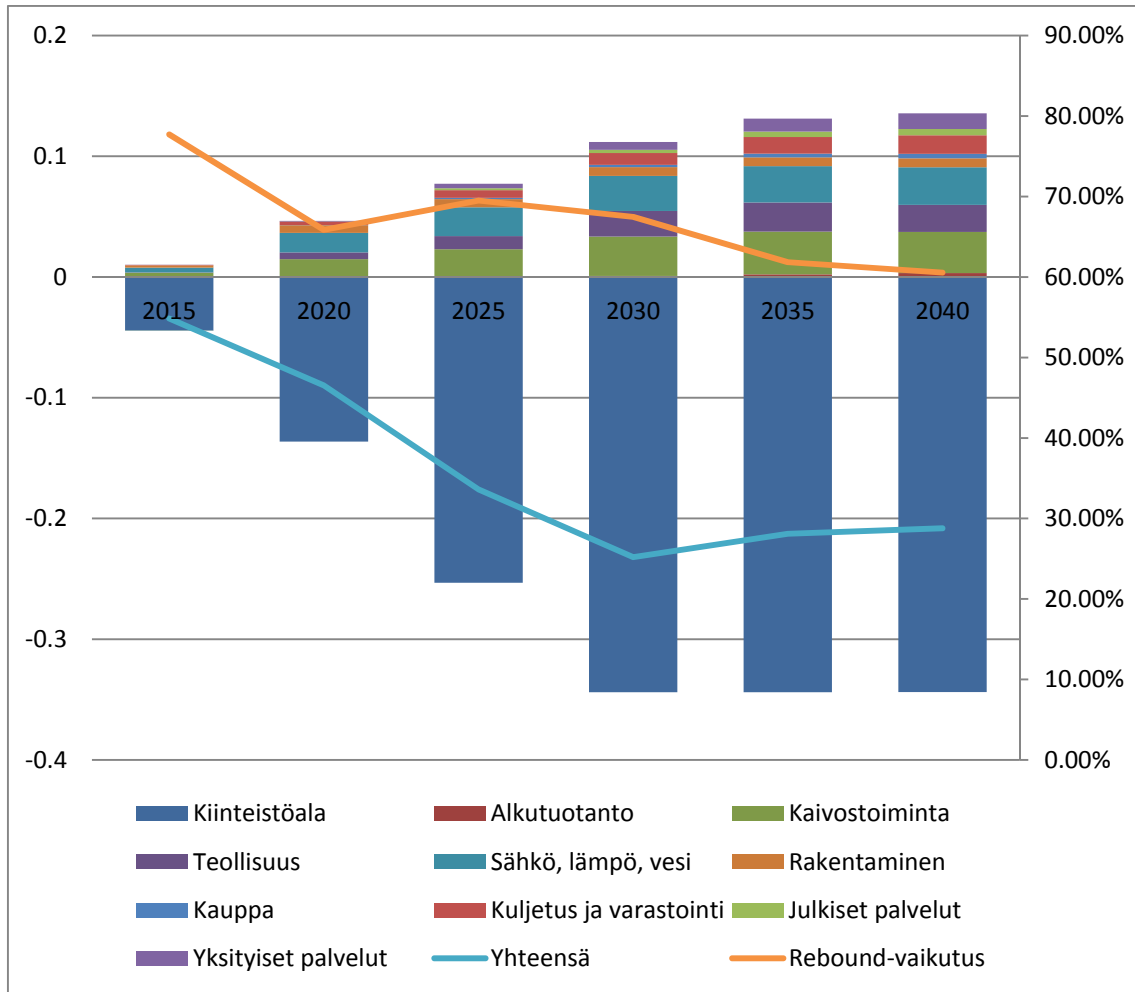


Kuva 11. Kansantuotteen menopuolen hajotelma; energiatehokkuusmääräysten toteuttaminen (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)

Kuva 12 esittää energiankysynnän kehitystä kymmenellä päätoimialalla. Palkit kuvaavat toimialojen hajotelmat energiankulutuksen muutokseen ja sininen viiva kokonaisuutena. Energian kulutus laskee kiinteistötoimialalla johdonmukaisesti kiristyneiden määräysten perusteella. Tämän seurauksena myös energian kokonaiskulutus laskee. Toisaalta kiihtyvä korjausrakentaminen kasvattaa energian kysyntää tarkasteluajanjakson alussa. Tarkasteluajanjakson loppua kohden energian kysyntä kääntyy hiveneroivempaan laskuun. Tällöin energiatehokkuuskorjauksien vaikutus on jäänyt taakse ja kiinteistöalan tehokkaampi energiankäyttö on vakiinnuttanut energian kokonaiskysynnän uudelle, alhaisemmalle tasolle. Niinpä koko kansantaloudessa energian kysynnän lasku jää alhaisemmaksi kuin kiinteistöalalla. Tuloksemme siis tukevat ns. rebound-hypoteesia⁴, jonka mukaan energian vähäisempi tarve yhdellä toimialalla laskee energian hintaa, mikä puolestaan lisää kysyntää koko kansantalouden tasolla⁵. Erityisesti kaivostoiminta ja teollisuus lisäävät energiankysyntää. Kuvion oranssi viiva kuvaa rebound-vaikutusta. Tarkasteluajanjakson lopussa kokonaisenergiankulutuksen lasku on 60 % kiinteistöalan energiankulutuksen laskusta.

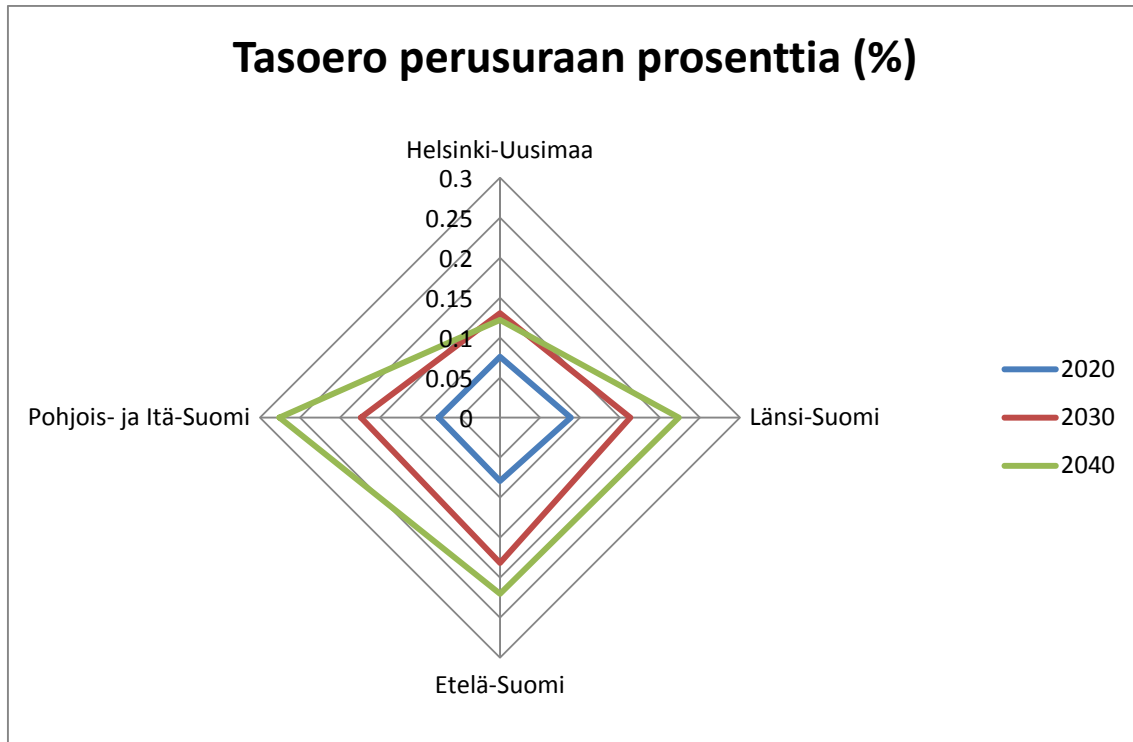
⁴ Rebound-vaikutuksella tarkoitetaan yleensä yksittäisten kotitalouksien kulutuskäyttäytymisen muutosta energiatehokkuusparannusten yhteydessä; kun tuloja tarvitsee käyttää vähemmän asuntojen lämmitykseen, niin säästyneistä tuloista ainakin osa ohjautuu muuhun energiankulutukseen. Tarkoitamme rebound-vaikutuksella kuitenkin nimenomaisesti koko kansantalouden tasolla tapahtuvaa vaikutusta. Tällöin energiankulutus nousee muilla toimialoilla niiden tuottamien hyödykkeiden kulutus- ja investointikysynnän kasvaessa. Kotitaloudet voivat käyttää energiankulutuksen pienenemisen seurauksena säästyneet tulonsa muuhun kulutukseen, joka nostaa tai ei nosta kiinteistöalan energiankulutusta. Kotitalouksien kulutus, joka ei nosta kiinteistöalan energiankulutusta voi kuitenkin nostaa energiankulutusta muualla taloudessa. Tämän vuoksi käyttämämme kokonaistaloudellinen lähestymistapa on kiinteistöalalla käytössä olevaa lähestymistapaa kattavampi.

⁵ Katso UK Energy Research Center (2007), jossa kattava esitys rebound-vaikutuksesta.



Kuva 12. Muutokset energiankysynnässä; energiatehokkuusmäärien toteuttaminen (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia). Energiankysynnän volyymin tasomuutos vasemmalla akselilla ja rebound-vaikutus prosentteina oikealla akselilla

Kuva 13 kuvaa kansantuotteen kehitystä alueittain. Kansantuote kasvaa kaikilla alueilla politiikkaskenaarioissamme. Eniten se kasvaa Pohjois- ja Itä-Suomessa ja vähiten Helsinki-Uudellamaalla. Alueellisiin tuloksiin vaikuttavat erityisesti alueelliset erot tuotantorakenteissa. Helsinki-Uudellamaalla on suhteessa vähiten ja Pohjois- ja Itä-Suomessa eniten rakennusmateriaaliteollisuutta, jonka tuotteiden kysyntä kasvaa kaikkein eniten.



Kuva 13. Alueellinen kansantuote; energiatehokkuusmääräysten toteuttaminen (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)

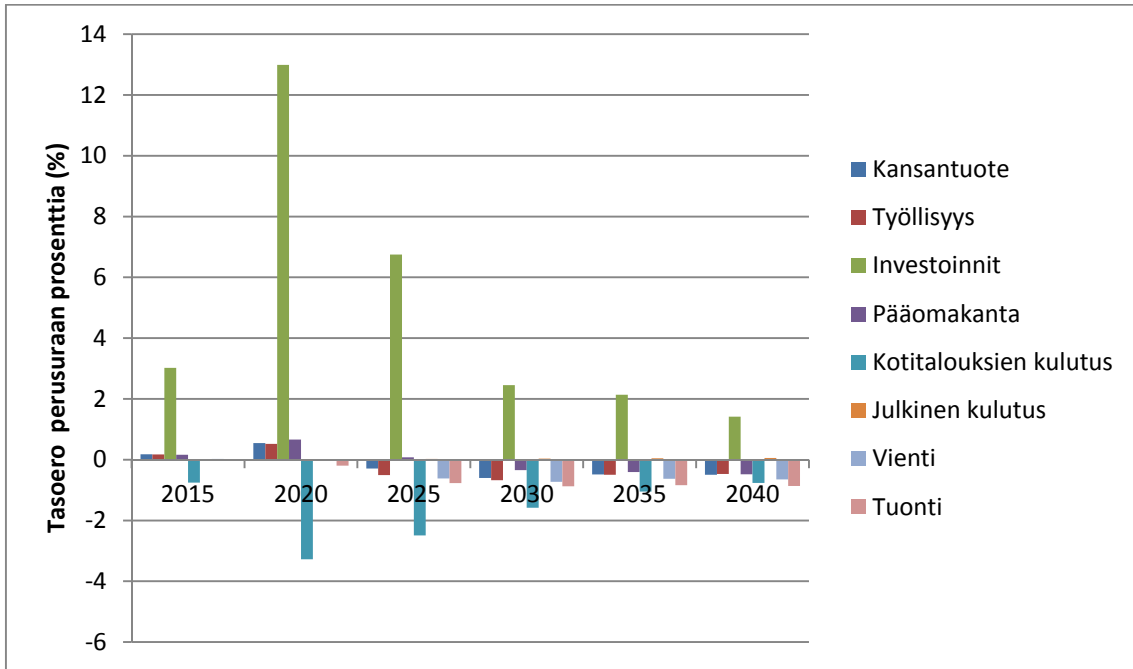
Politiikkaskenaario 2: korjausvajeen kiinnikurominen

Tässä skenaariossa korjausvaje kurotaan kiinni vuosina 2010–2020, mikä edellyttää huomattavaa korjausrakentamisen kasvua kyseisellä ajanjaksolla. Investointeja kasvatetaan etupainotteisesti ja kiihdytetyn korjausrakentamisjakson jälkeen investointeja tehdäänkin vähemmän kuin samalla ajanjaksolla perusuralla. Korjausrakentamiseen kohdennettuja resursseja voi olla tarpeeseen nähden liikaa kiihdytetyn korjausrakentamisen jälkeen, mikä laskee niiden kysyntää.

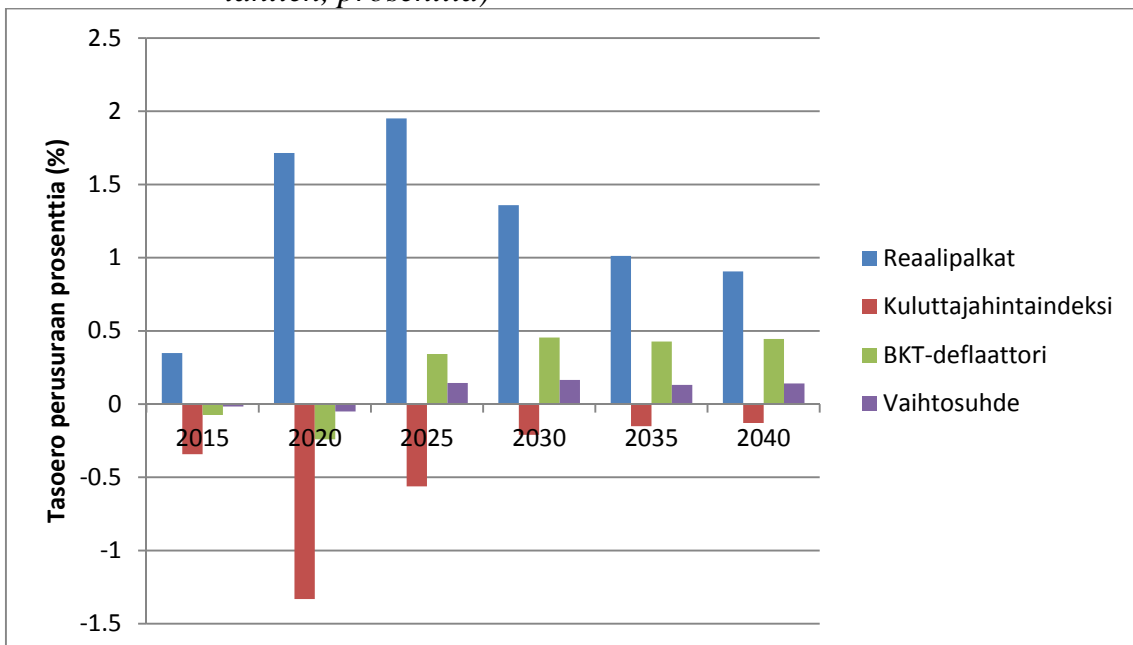
Kuva 14 esittää keskeisten taloudellisten muuttujien kehityksen koko kansantaloudessa korjausvajeen kiinni kuromisen seurauksena. Investointien lisäys on korkeimmillaan vuonna 2020, jolloin se on 13 % korkeammalla tasolla kuin perusuralla. Tämän jälkeen investoinnit kääntyvät laskuun, mutta kumulatiivinen vaikutus säilyy perusuraa korkeammalla tasolla tarkastelujakson loppuun asti. Kansantuote on 0,5 % perusuraa alhaisemmalla tasolla vuonna 2040. Eniten laskee kotitalouksien kulutus, joka käy jopa 3 % perusuraa alhaisemmalla tasolla.

Kuvaan 15on koottu hintatasojen muutoksia, jotka ovat samansuuntaisia kuin politiikkaskenaariossa 1 (Kuva 9), mutta suurempia. Kiihdytetyn korjausrakentamisen aikana reaali-palkat nousevat selvästi pääoman kasvun myötä. Verrattuna edelliseen skenaarioon, investoinnit kasvattavat pääomakantaa ja taloudellista

aktiivisuutta suhteessa enemmän kuin lisäkustannukset sitä laskevat. Kun korjausvaje on kurottu kiinni, investointien vuositaso laskee kuitenkin jopa aiempaa alhaisemmaksi. Tällä on talouskasvua hidastava vaikutus.

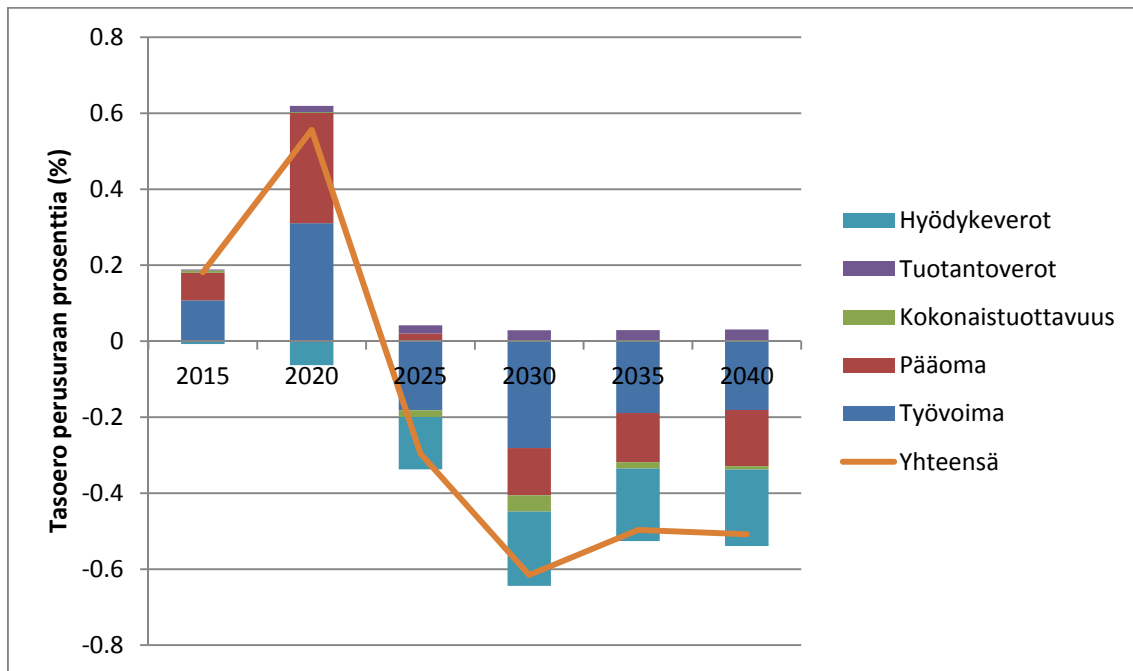


Kuva 14. Korjausvajeen kiinnikuromisen vaikutuksia kansantalouden tasolla (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)

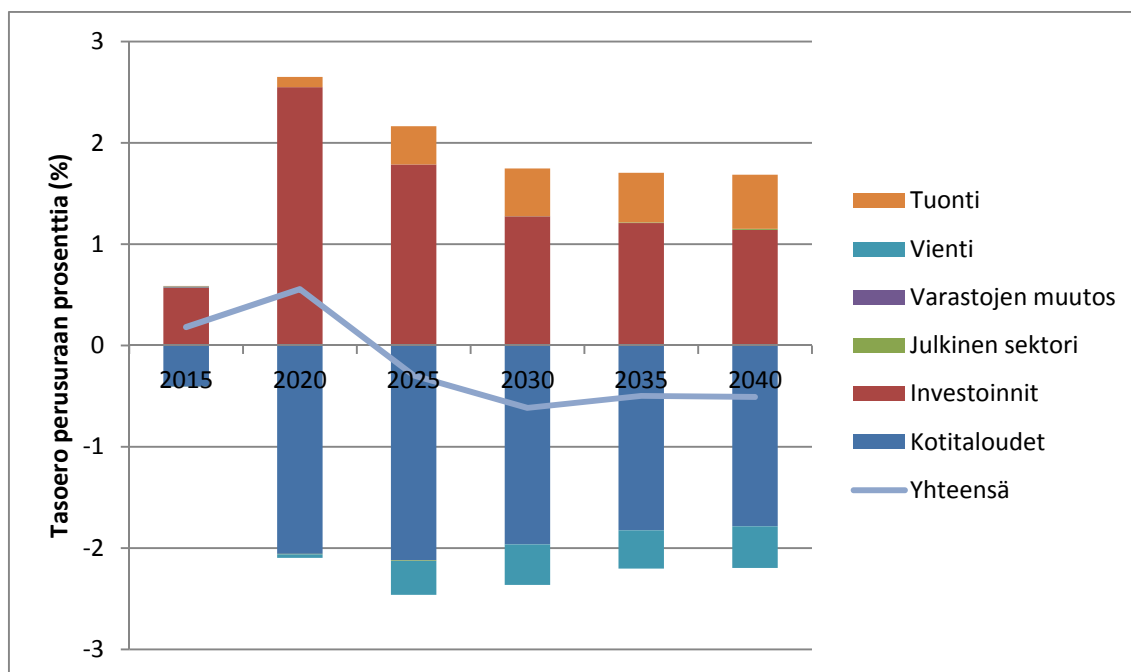


Kuva 15. Korjausvajeen kiinnikuromisen vaikutuksia hintoihin kansantalouden tasolla (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)

Kuvasta 16 ja Kuvasta 17 näemme kansantuotteen tulo- ja menupuolen hajotelmat. Niistä näkyy selvästi investointien etupainotteisuuden vaikutus. Taloudellista toimeliaisuutta syntyy kasvaneen korjausrakentamisen seurauksena tarkasteluajanjakson alussa. Samalla syntyy ylimääräistä kapasiteettia, jolle ei ole enää yhtä paljon tarvetta takaisinmaksun jälkeen – korjausvajeen kiinnikurominen ohjaa investointeja osittain sellaisiin kohteisiin, joihin markkinatalouden mekanismit eivät niitä ohjaisi. Tulopuolella näemme, että työllisyys laskee heti takaisinmaksun jälkeen. Sen jälkeen myös pääomanmuodostus heikkenee, eikä perusuran tasolle päästä enää edes tarkasteluajanjakson lopussa.

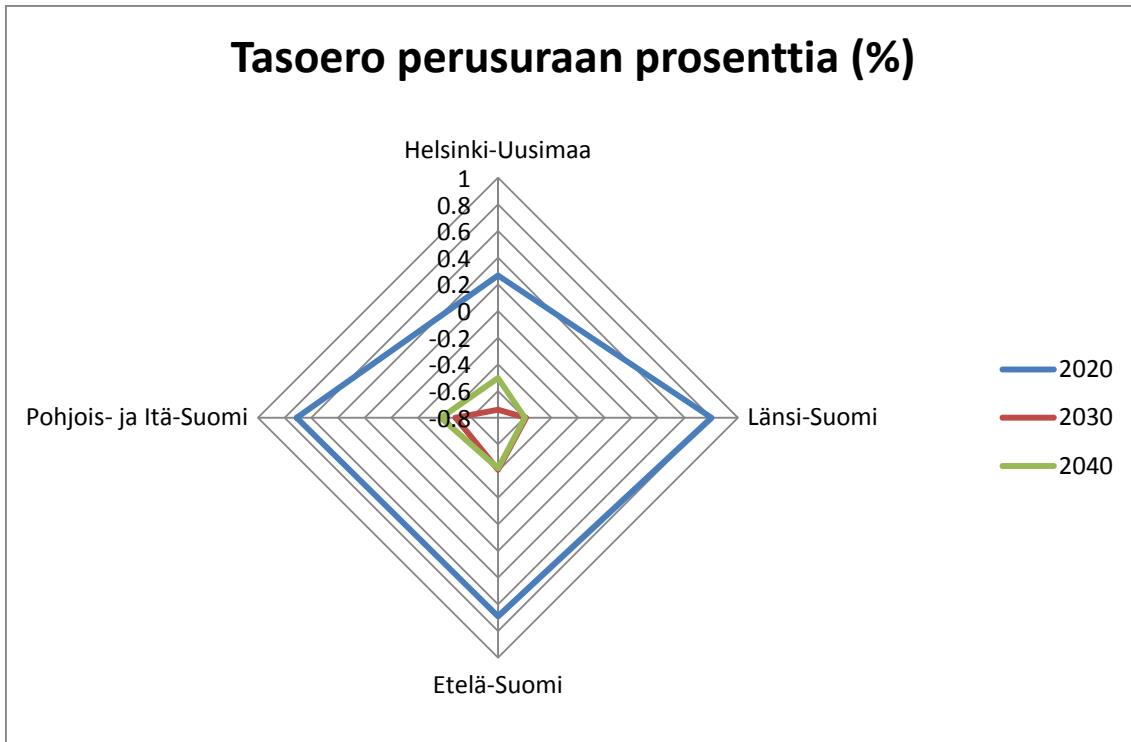


Kuva 16. *Kansantuotteen tulopuolen hajotelma; korjausvajeen kiinnikurominen (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)*

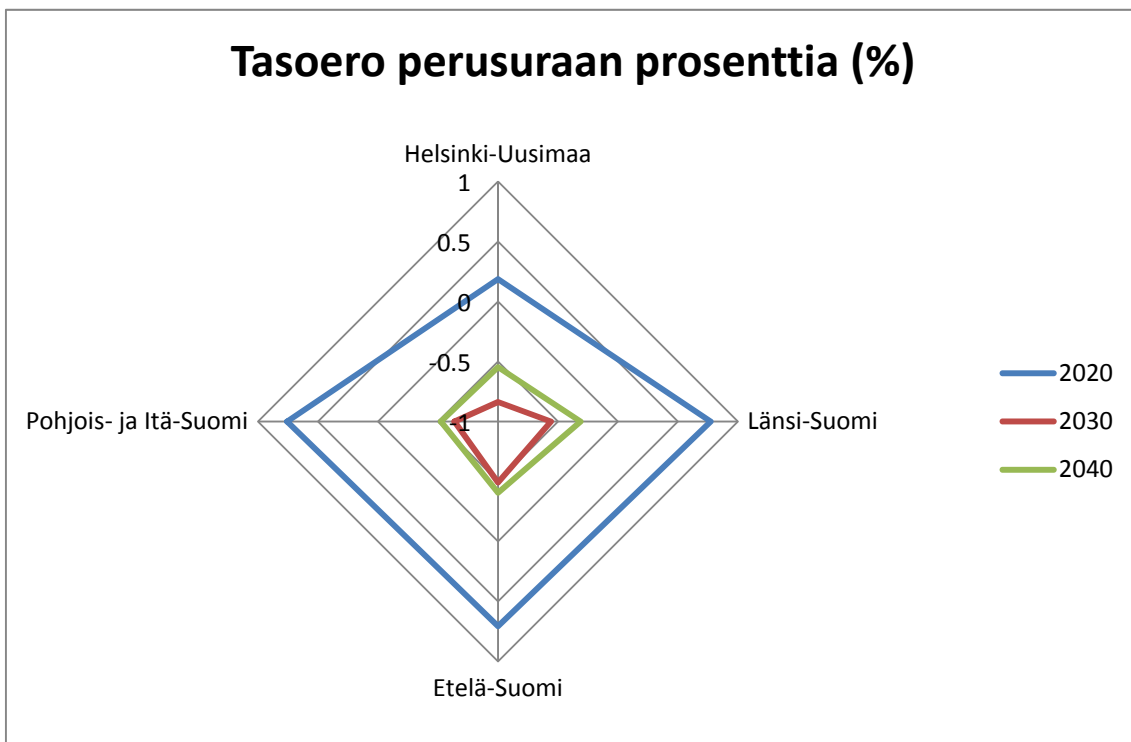


Kuva 17. *Kansantuotteen menopuolen hajotelma; korjausvajeen kiinnikurominen (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)*

Kuva 18 ja Kuva 19 esittävät kansantuotteen ja työllisyyden alueellisia muutoksia. Helsinki-Uusimaa kasvaa kiihdytetyn korjausrakentamisen aikana vähemmän kuin muut alueet, mikä kuvaa rakentamisteollisuuden raaka-aineita tuottavan teollisuuden keskittymistä muualle maahan. Sen jälkeen kansantuote ja työllisyys laskevat kaikilla alueilla, ja kaikkein voimakkaimmin juuri Helsinki-Uudellamaalla. Tämän jälkeen alueelliset erot tasoittuvat jonkun verran vuoteen 2040 tultaessa.



Kuva 18. Alueellinen kansantuote; korjausvajeen kiinnikurominen (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)



Kuva 19. Alueellinen työllisyys; korjausvajeen kiinnikurominen (tasomuutos perusuraan verrattuna perusvuodesta 2013 lähtien, prosenttia)

5 Keskustelu

Olemme tutkineet kahdesta erillisestä mallista koostetun työkalun avulla rakentamissektorin tulevaisuutta ja vaikutuksia koko kansantalouden kehitykseen. Työkalu on ensimmäinen kehitysversio, jonka lähtöarvoja ja -tietoja on jatkossa tarkennettava. Tarkastelussa ei ole voitu ottaa huomioon mahdollisia rakenteellisia muutoksia esimerkiksi energiantuotannossa. Tuloksia voidaan kuitenkin pitää suuntaa antavina.

Kehitetyllä työkalulla tarkastelimme esimerkinomaisesti kahta politiikkatoimea, joista toinen on jo toteutettu ja toinen täysin hypoteettinen. Ensimmäisessä arvioimme vuosien 2012 ja 2013 energiatehokkuusmääräysten taloudellisia vaikutuksia ja toisessa kertyneen korjausvajeen takaisinmaksua hyvinkin lyhyellä aikataululla.

Tulostemme perusteella kansantalouden rakennusten energiatehokkuusparannuksilla ei ole merkittävää vaikutusta talouskasvuun. Investointikysynnän kasvu ja energiatehokkuuden paraneminen kompensoivat energiatehokkuuden parantamisesta koituvat lisäkustannukset koko kansantalouden tasolla. Tämä tarkoittaa sitä, että tarkastelluilla energiatehokkuuden parantamisen tasoilla energiatehokkuuden parantaminen on kansantalouden tasolla kannattavaa.

Tulosten perusteella voimme kohtuullisen varmasti todeta, että energiatehokkuusinvestoinnit maksavat itsensä takaisin. Toisaalta on hyvä huomata, että energiansäästön resurssi- ja kustannustehokkuutta tulisikin vertailla muihin energia- ja ilmastopolitiikan keinoihin. Lisäksi tulisi selvittää, mihin mittaan asti energiatehokkuuden lisääminen on kansantaloudellisesti kustannusneutraalia. Tämän tutkimuksen perusteella havaitsimme, että energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävät toimet ovat kansantalouden tasolla kustannustehokkaita, sillä niiden nettomääräinen vaikutus kansantuotteeseen on positiivinen. Lisäksi havaitsimme, että energiansäästötavoitetta ei saavuteta rebound-vaikutuksen vuoksi. On siis mahdollista, että energiankäyttöä voisi tehostaa nyky määräksi enemmän ilman kansantaloudelle koituvia kustannuksia, jolloin päästäisiin myös lähemmäs alkuperäistä tavoitetasoa. On myös hyvä huomata, että rakennuskantaa on joka tapauksessa ylläpidettävä ja korjattava, ja jo nykyisin suuriin korjaustoimenpiteisiin yhdistetään aina energiatehokkuuden parantaminen.

Havaitsimme myös, että energiatehokkuusparannuksilla on hienoinen alueellisia eroja tasaava vaikutus. Ne alueet, jotka tuottavat raaka-aineita rakennusmateriaaliteollisuudelle, hyötyvät muihin alueisiin verrattuna.

Korjausvajeen kiinnikurominen ripeällä aikataululla sen sijaan näyttää laskelmiemme perusteella ongelmalliselta. Skenaariossamme tarvittavat korjausinvestoinnit toteutetaan etupainotteisesti, mikä synnyttää talouteen resursseja kiihdy-

tetyn korjausrakentamisjakson aikana. Kiinnikuromisen jälkeen korjausrakentamiseen ohjatut resurssit päätyvät kuitenkin vajaakäyttöön, mikä lopulta hidastaa talouskasvua. Vaikka ensimmäisen kymmenen vuoden aikana voimakas korjausrakentaminen vaikuttaa positiivisesti talouteen, ovat sen pitkän aikavälin vaikutukset ongelmallisia. Maltillisemmän aikataulun (esimerkiksi 20 vuotta) kiihdytetyn korjausrakentamisen käyttäminen voisi olla järkevää vertailun vuoksi. Eri aikataulujen vertailu on hyvin toteutettavissa muodostamamme työkalun avulla. Vaihtoehtoisesti voidaan laskea kansantalouden kannalta optimaalinen aikataulu korjausvajeen kiinnikuromiselle. On myös huomioitava, että osa rakenteista on jo nyt niin vaurioituneita, että ainoa vaihtoehto niiden korjaamiselle on purkaminen. Lisäksi alueellinen kehitys määrittää osan korjaustarpeen jakaantumisista, sillä muuttotappioseuduilla kynnys taloudellisesti järkevälle purkutoimelle on matalampi.

6 Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa olemme hahmotelleet ja testanneet menetelmää, jolla voidaan arvioida rakentamisen teknis-taloudellisia vaikutuksia. Menetelmämme on tuottanut uusia näkökulmia rakentamisalan tulevaisuuden arviointiin liittyviin keskeisiin kysymyksiin. Olemme ensimmäistä kertaa pystyneet arvioimaan muutosten suuruusluokan kansantalouden tasolla sekä niiden jakautumisen alueittain. On kuitenkin huomattava, että menetelmä on vasta kehitysasteella.

Näin ollen tutkimuksemme osoittaa, että REMA- ja VERM-mallien yhdistelmä pystyy tukemaan rakentamisen teknis-taloudellisen arvioinnin tarpeita. REMA-mallilla tuotetun rakentamis- ja kiinteistöalan ennusteen sisällyttäminen VERM-mallin laskelmiin tuottaa uutta, muilla menetelmillä vaikeasti hahmotettavaa tietoa näitä sektoreita koskettavien politiikkojen kansantaloudellisista, alueellisista sekä energia- ja ilmastopoliittisista vaikutuksista. Menetelmän jatkokehitys vaikuttaa meistä näin ollen mielekkäältä. Aineistoa voidaan edelleen tarkentaa esimerkiksi uudis- ja korjausrakentamisen kustannusrakenteen tarkemmalla erittelyllä. Uuden CPA 2015 -hyödykeluokituksen avulla rakennustyypikohtaista tarkastelua on mahdollista tarkentaa.

Lähteet

- Airaksinen, M. – Vainio, T. (2012): Rakennuskannan korjaamisen ja kunnossapidon energiatehokkuustoimenpiteiden vaikuttavuuden arviointi energiansäästön, CO₂ ekv päästöjen, kustannuksien ja kannattavuuden näkökulmista., s.l.: VTT.
- Badri, N. G. – Walmsley, T. L. (2008): Global trade, assistance, and production: the GTAP 7 data base, s.l.: Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Bos, F. (2006): The national accounts as a tool for analysis and policy; past, present and future. MPRA Paper, Issue 1235.
- Eurostat (2013): European system of accounts - ESA 2010, s.l.: s.n.
- Honkatukia, J. (2009): VATTAGE - a dynamic, applied general equilibrium model of the Finnish economy. VATT Research Reports 150. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus.
- Honkatukia, J. (2013): The VATTAGE regional model VERM - a dynamic, regional, applied general equilibrium model of the Finnish economy. VATT Research Reports 171. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus.
- Honkatukia, J. – Ahokas, J. – Simola, A. (2014): Kriisien jälkeen – Suomen talouden rakenteellinen kehitys vuosina 2013–2030. VATT Tutkimukset 176. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus.
- Honkatukia, J. – Tamminen, S. – Niemi, J. (2014): Kansantalouden kehitys vähähiiliskenaarioissa. VATT Tutkimukset 178. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus.
- Horridge, M. – Madden, J. – Wittver, G. (2005): Using a highly disaggregated multi-regional single-country model to analyse the impacts of the 2002–03 drought on Australia. *Journal of Policy Modeling*, 27(2), pp. 285–308.
- Jalava, J. – Pohjola, M. – Ripatti, A. – Vilmunen, J. (2005): Biased technical change and capital-labour substitution in Finland, 1902–2003. Discussion Papers, Issue 56.
- UK Energy Research Center (2007): The rebound effect: an assessment of the evidence of economy-wide energy savings from improved energy efficiency, s.l.: s.n.
- Vainio, T. – Belloni, K. – Jaakkonen, L. (2012): Asuntotuotanto 2030 – asuntotuotantotarpeeseen vaikuttavia tekijöitä. VTT Technology, Issue 2.

Liite 1. Keskeisiä käsitteitä

arvonlisäys – Arvonlisäys tarkoittaa kansantalouden koko tuotoksen arvoa, josta on vähennetty tuotannossa käytetyt välituotteet, kuten materiaalit ja palvelut. Läheinen käsite arvonlisäykselle on kansantuote, joka saadaan arvonlisäyksestä lisäämällä tuoteverot ja vähentämällä tuotetukipalkkiot.

bottom-up – Alueelliset yleisen tasapainon mallit voidaan jakaa niiden rakenteen perusteella bottom-up ja top-down malleihin. Top-down mallit ovat käytännössä yhden alueen malleja, joiden tulokset jaetaan alueille aluetilinpidon jakaumien perusteella. Ne eivät kuitenkaan ota huomioon alueiden välisiä rakenteellisia eroja toisin kuin bottom-up mallit, joissa jokainen alue on mallissa kuvattu itsenäisenä yksikkönään.

hajotelma – Hajotelma on havainnollinen tapa esittää tietyn muutoksen jakautuminen eri tekijöiden kontribuutioihin. Työssä esitetyt kansantuotteen hajotelmat ovat tästä mainio esimerkki. Esimerkiksi tulopuolen hajotelmasta näemme, miten eri tekijöistä koostuva kansantuotteen muutos koostuu eri tekijöiden vaikutuksista.

kansantalouden tilinpito – Tietojärjestelmä, joka kuvaa kansantaloutta kokonaisvaltaisesti, järjestelmällisesti ja yksityiskohtaisesti. Kansantalouden tilinpito noudattaa maailmanlaajuisesti YK:n laatimia SNA2008 suosituksia. Suomessa se perustuu Euroopan kansantalouden tilinpitojärjestelmään EKT2010. Sen tuottaa Suomessa Tilastokeskus ja se kuuluu Suomen viralliseen tilastoon (SVT).

kokonaistuottavuus – Tuottavuudella tarkoitetaan tuotoksen määrän suhdetta tuotannossa käytettäviin panoksiin. Tuottavuuden muutos on tärkeä kansantaloudellinen indikaattori. Kokonaistuottavuudessa tuotos lasketaan suhteessa kaikkien tuotantopanosten summaan. Tämän lisäksi tuottavuutta voidaan tarkastella tuotantopanokohtaisesti, esimerkiksi työvoiman tuottavuuden osalta.

NUTS-alueluokitus – EU:n virallinen alueluokitus, joka tulee lyhenteenä sanoista Nomenclature of Territorial Units for Statistics. NUTS 2 -taso käsittää Suomessa suuralueet ja NUTS 3 -taso maakunnat.

perusura – Dynaamiset yleisen tasapainon mallit lasketaan aikauralle, joka yleisimmin ratkaistaan vuositasolla. Mallilla lasketaan ensin perusura, johon sisältyy peruskäsitys talouden keskipitkän tai pitkän aikavälin kehittämisestä. Tämä käsitys voi perustua ennusteisiin tai asiantuntija-arvioihin tai sekä ennusteisiin ja asiantuntija-arvioihin. Mallilla suoritettava politiikka-analyysi perustuu vaihtoehtoisen uran ja perusuran vertailuun. Tällaisen analyysin tulokset on luontevinta ilmaista kumulatiivisina prosenttimuutoksina suhteessa perusuraan eli perusuran ja vaihtoehtoisen uran tasoeroina.

rakentamissektori – Tarkastelumme keskittyi rakentamissektoriin, joka kansantalouden tilinpidon toimialaluokituksessa sisältyy luokkaan TOL 41. Keskityimme mallinnustyössämme talonrakentamiseen emmekä huomioineet maa- ja vesirakentamista (TOL 42).

reaalinen vs. nimellinen hinta – Kansantaloudellisia arvokäsitteitä voidaan mitata reaalisin tai nimellisin hinnoin. Nimellisin hinnoin laskettu arvo on määritetty kyseisen vuoden hintatasolla, kun taas reaalisella hintatasolla lasketusta arvosta on poistettu hintatason vaihtelu. Reaalinen arvo ilmaistaan jonkun tietyn vuoden hinnoissa. Esimerkiksi Kuvassa 7 olemme kuvanneet bruttomääräisen kansantuotteen kehittymisen vuoden 2010 hinnoilla.

rebound-vaikutus – Teknologiseen kehitykseen liittyvä ilmiö, jossa hyödykkeen käytön tehostumisen myötä kyseisen hyödykkeen kulutusaste kasvaa. Tämän epäintuitiivisen havainnon teki jo vuonna 1865 taloustieteilijä William Stanley Jevons ja sitä kutsutaan myös Jevonsin paradoksiksi. Rebound-vaikutuksen vuoksi energiatehokkuuden kasvattaminen ei vähennä energiankulutusta samassa suhteessa kuin energiatehokkuus kasvaa vaan vähemmän.

REMA – VTT:ssä kehitetty Suomen rakennuskannan energiakulutuksen laskentamalli. REMA toimii MS Excel-ohjelmassa.

talousluokitukset – Kansantalouden tilinpidon aineisto käyttää useaa luokitusta, joista työmme kannalta tärkeimmät ovat toimiala- ja hyödykeluokitukset. Toimialaluokituksista sovelsimme uusinta TOL 2008 luokitusta, johon myös hyödykeluokitus CPA 2008 perustuu. Hyödykeluokitus on päivitetty vuonna 2015 (CPA 2015) ja se sisältää muun muassa entistä yksityiskohtaisemman rakentamispalveluiden jaottelun. Tässä työssä emme kuitenkaan voineet sitä vielä hyödyntää.

VATTAGE – VATT:ssa kehitetty Suomen kansantaloutta kuvaava rekursiivisesti dynaaminen yleisen tasapainon malli, jossa Suomi on yhtenä alueena. VATTAGE kuuluu australialaiseen Monash-yliopistossa kehitettyyn malliperheeseen, jossa sen läheisin esikuva on MONASH-malli. Tämän malliperheen malleille on ominaista prosenttimuutoksin linearisoitu yhtälörakenne, mikä mahdollistaa hyvinkin laajojen mallien ratkaisemisen tehokkaasti.

VERM – VATT:ssa kehitetty Suomen kansantaloutta kuvaava yleisen tasapainon malli, joka on jaettu alueisiin NUTS 3 -alueluokituksen mukaisesti. Myös VERM kuuluu australialaiseen malliperheeseen, jossa sen esikuvana on toiminut TERM-malli. VERM on saanut dynamiikkaansa myös vaikutteita VATTAGE:sta.

yleisen tasapainon mallit – Laskennallisia talousmalleja, joissa erotuksena osittaisen tasapainon malleihin kansantalous kuvataan yhtenä kokonaisuutena tietyn

toimialan tai sektorin sijaan. VATTAGE ja VERM ovat toteutettu yleisen tasapainon mallinnukseen kehitetyllä GEMPACK-ohjelmistolla.

Liite 2. REMA-mallin tulokset (perusskenaario)

Rakennuskannan energian kulutus ja päästöt

Uudisrakentaminen v. 2010 taso käyvin hinnoin & energiatehokkuusvaatimusten vaikutus volyyymiin

Vain peruskorjaukset (VTT skenaario 0)

Energian kokonaiskulutus 2010, 2020, 2030, 2050		GWh/a															
	Helsinki ja Uusimaa				Muu Etelä-Suomi				Länsi-Suomi				Itä- ja Pohjois-Suomi				
	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	
Uudet rakennukset - asuin	0	1305	2458	4396	0	562	1125	2053	0	950	1657	2699	0	717	1197	1897	
Uudet rakennukset - palvelu	0	857	1586	2951	0	737	1363	2536	0	831	1536	2858	0	807	1493	2778	
Rakennuskanta - asuin	15579	13925	12334	9376	13865	12223	10659	7808	16125	14200	12369	9042	15036	13287	11622	8594	
Rakennuskanta - palvelu	11880	10411	9001	6371	8281	7223	6208	4318	9945	8669	7445	5167	10338	9062	7837	5552	

Hiilidioksidipäästöt 2010, 2020, 2030, 2050		1000 TCO ₂ /a															
	Helsinki ja Uusimaa				Muu Etelä-Suomi				Länsi-Suomi				Itä- ja Pohjois-Suomi				
	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	
Uudet rakennukset - asuin	0	300	518	756	0	130	237	342	0	220	349	452	0	166	252	316	
Uudet rakennukset - palvelu	0	194	334	515	0	167	287	442	0	188	323	499	0	183	314	485	
Rakennuskanta - asuin	3525	2956	2434	1547	3002	2467	1980	1170	3463	2836	2266	1324	3235	2654	2126	1252	
Rakennuskanta - palvelu	2981	2451	1971	1171	2083	1705	1364	796	2502	2047	1636	952	2601	2139	1721	1023	

Uudisrakentaminen: koko volyyymi		Korjausrakentaminen: vain peruskorjaukset								milj.€ per vuosi 2010 hinnoin							
	Helsinki ja Uusimaa				Muu Etelä-Suomi				Länsi-Suomi				Itä- ja Pohjois-Suomi				
	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	
Uudet rakennukset - asuin	2030	1834	2243	2022	1126	757	1114	1008	1594	1287	1380	1128	1300	962	937	765	
+ energiatehokkuus		170	300	270		68	146	132		116	182	148		87	123	100	
Uudet rakennukset - palvelu	735	887	1094	1078	669	335	492	475	667	578	619	542	709	424	411	358	
+ energiatehokkuus		75	133	131		28	60	58		49	75	66		36	50	43	
Peruskorjaukset - asuin	1332	1242	1151	970	849	789	730	610	902	839	775	648	716	665	614	512	
Peruskorjaukset - palvelu	366	329	292	217	227	203	180	134	267	240	213	158	240	215	191	142	

Liite 3. REMA-mallin tulokset (politiikkaskenaario 1)

Rakennuskannan energian kulutus ja päästöt

Uudisrakentaminen v. 2010 taso käyvin hinnoin & energiatehokkuusvaatimusten vaikutus volyyymiin

Vain peruskorjaukset & energiatehokkuusvaatimusten vaikutus volyyymiin (VTT skenaario 1)

	Energian kokonaiskulutus 2010, 2020, 2030, 2050															
	Helsinki ja Uusimaa				Muu Etelä-Suomi				Länsi-Suomi				Itä- ja Pohjois-Suomi			
	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050
Uudet rakennukset - asuin	0	1305	2458	4396	0	562	1125	2053	0	950	1657	2699	0	717	1197	1897
Uudet rakennukset - palvelu	0	857	1586	2951	0	737	1363	2536	0	831	1536	2858	0	807	1493	2778
Rakennuskanta - asuin	15579	13566	11640	8447	13865	11934	10108	7085	16125	13880	11764	8257	15036	12996	11071	7880
Rakennuskanta - palvelu	11880	10171	8564	5871	8281	7047	5889	3957	9945	8457	7060	4732	10338	8848	7446	5101

	Hiilidioksidipäästöt 2010, 2020, 2030, 2050															
	Helsinki ja Uusimaa				Muu Etelä-Suomi				Länsi-Suomi				Itä- ja Pohjois-Suomi			
	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050
Uudet rakennukset - asuin	0	300	518	756	0	130	237	342	0	220	349	452	0	166	252	316
Uudet rakennukset - palvelu	0	194	334	515	0	167	287	442	0	188	323	499	0	183	314	485
Rakennuskanta - asuin	3525	2881	2296	1385	3002	2410	1878	1059	3463	2775	2158	1209	3235	2598	2028	1149
Rakennuskanta - palvelu	2981	2395	1873	1072	2083	1664	1292	724	2502	1997	1550	866	2601	2089	1633	933

	Uudisrakentaminen: koko volyyymi															
	Korjausrakentaminen: vain peruskorjaukset								milj.€ per vuosi 2010 hinnoin							
	Helsinki ja Uusimaa				Muu Etelä-Suomi				Länsi-Suomi				Itä- ja Pohjois-Suomi			
	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050
Uudet rakennukset - asuin	2030	1834	2243	2022	1126	757	1114	1008	1594	1287	1380	1128	1300	962	937	765
+ energiatehokkuus		170	300	270		68	146	132		116	182	148		87	123	100
Uudet rakennukset - palvelu	735	887	1094	1078	669	335	492	475	667	578	619	542	709	424	411	358
+ energiatehokkuus		75	133	131		28	60	58		49	75	66		36	50	43
Peruskorjaukset - asuin	1332	1242	1151	970	849	789	730	610	902	839	775	648	716	665	614	512
+ energiatehokkuus		75	69	58		47	44	37		50	46	39		40	37	31
Peruskorjaukset - palvelu	366	329	292	217	227	203	180	134	267	240	213	158	240	215	191	142
+ energiatehokkuus		20	17	13		12	11	8		14	13	9		13	11	8

Liite 4. REMA-mallin tulokset (politiikkaskenaario 2)

Rakennuskannan energian kulutus ja päästöt

Uudisrakentaminen v. 2010 taso käyvin hinnoin & energiatehokkuusvaatimusten vaikutus volyyymiin

Vain peruskorjaukset & energiatehokkuusvaatimusten vaikutus volyyymiin ja korjausvelan poisto 10 vuodessa (2010-2020) (VTT skenaario 3)

Energian kokonaiskulutus 2010, 2020, 2030, 2050	GWh/a															
	Helsinki ja Uusimaa				Muu Etelä-Suomi				Länsi-Suomi				Itä- ja Pohjois-Suomi			
	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050
Uudet rakennukset - asuin	0	1305	2458	4396	0	562	1125	2053	0	950	1657	2699	0	717	1197	1897
Uudet rakennukset - palvelu	0	857	1586	2951	0	737	1363	2536	0	831	1536	2858	0	807	1493	2778
Rakennuskanta - asuin	15579	12971	11428	8234	13865	11452	9928	6905	16125	13343	11564	8057	15036	12499	10883	7693
Rakennuskanta - palvelu	11880	9691	8394	5702	8281	6696	5767	3836	9945	8033	6914	4586	10338	8420	7297	4952

Hiilidioksidipäästöt 2010, 2020, 2030, 2050	1000 TCO2/a															
	Helsinki ja Uusimaa				Muu Etelä-Suomi				Länsi-Suomi				Itä- ja Pohjois-Suomi			
	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050
Uudet rakennukset - asuin	0	300	518	756	0	130	237	342	0	220	349	452	0	166	252	316
Uudet rakennukset - palvelu	0	194	334	515	0	167	287	442	0	188	323	499	0	183	314	485
Rakennuskanta - asuin	3525	2756	2254	1343	3002	2316	1845	1026	3463	2672	2121	1172	3235	2504	1994	1115
Rakennuskanta - palvelu	2981	2283	1836	1035	2083	1582	1265	697	2502	1898	1517	834	2601	1989	1600	900

Uudisrakentaminen: koko volyyymi	Korjausrakentaminen: vain peruskorjaukset															
	Helsinki ja Uusimaa				Muu Etelä-Suomi				Länsi-Suomi				Itä- ja Pohjois-Suomi			
	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050	2010	2020	2030	2050
Uudet rakennukset - asuin	2030	1834	2243	2022	1126	757	1114	1008	1594	1287	1380	1128	1300	962	937	765
+ energiatehokkuus		170	300	270		68	146	132		116	182	148		87	123	100
Uudet rakennukset - palvelu	735	887	1094	1078	669	335	492	475	667	578	619	542	709	424	411	358
+ energiatehokkuus		75	133	131		28	60	58		49	75	66		36	50	43
Peruskorjaukset - asuin	1332	2943	2302	1940	849	2039	1459	1220	902	2217	1550	1295	716	1871	1228	1024
+ energiatehokkuuslisä		177	138	116		122	88	73		133	93	78		112	74	61
Peruskorjaukset - palvelu	366	928	583	433	227	617	361	268	267	730	426	316	240	700	381	283
+ energiatehokkuuslisä		56	35	26		37	22	16		44	26	19		42	23	17