



10.10.2023

Julkinen

Kansantalousosasto

## QUEST III R&D - menetelmäkuvaus

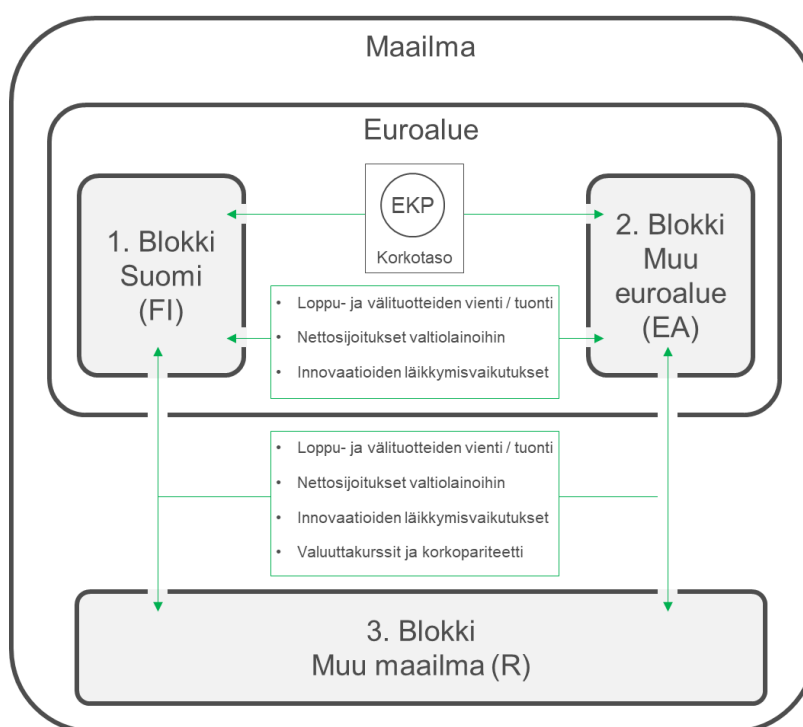
### 1. QUEST III R&D – malli

QUEST III R&D malli on Euroopan komission talouden ja rahoituksen pääosaston (DG-ECFIN) kehittämä laaja dynaamisen yleisen tasapainon malli, joka kuvaa talouden keskeisiä muuttujia ja niiden riippuvuussuhteita (Roeger & Varga, 2008). Malli on kehitetty käytettäväksi EU:n jäsenmaiden talouksien ja niiden muodostaman kokonaisuuden analysointiin sekä talouspolitiikan vaikutusarviointeihin. Ensimmäinen QUEST-malli kehitettiin vuonna 2007 ennen kaikkea raha- ja finanssipoliittisten toimien vuorovaikutussuhteiden ymmärtämiseen ja siitä on sittemmin kehitetty useita laajennuksia. R&D-laajennus on kehitetty kuvaamaan etenkin aineettoman pääoman, kuten koulutuksen ja innovaatioiden kokonaistaloudellisia vaikutuksia. Erityisesti taloudellisiin innovaatioihin tähtäävä tutkimus- ja kehittämistoiminta (T&K) on mallin sisällä määräytyvää eli endogeenistä, ja täten mallin avulla voidaan tarkastella miten erilaiset politiikkatoimet voivat hidastaa tai edesauttaa sitä.

Mallissa talouden eri toimijat – kotitaloudet, yritykset ja julkinen valta – optimoivat toimintaansa kullakin ajanjaksolla, epävarmuuden vallitessa, heille asetettujen rajoitteiden puitteissa. Mallin toimijat optimoivat siten, että ne maksimoivat "tavoitefunktionsa" – kotitaloudet maksimoivat hyödyn kulutuksesta ja vapaa-ajasta, yritykset maksimoivat voittonsa, ja julkinen valta toteuttaa sille annetun mandaatin. Yhdessä nämä optimointikäytökset synnyttävät vaihdantatalouden, jossa tuotantopanokset kanavoituvat tuotantoon kysynnän ja tarjonnan tasapainottavilla hinnoilla. Viime kädessä tuotannosta syntyy kulutushyödykkeitä kotitalouksien käyttöön.

Teknisesti mallin toiminta perustuu parametreihin, muuttujiin, ja muuttujien toimintaa sekä niiden välisiä riippuvuussuhteita kuvaaviin epälineaarisiin yhtälöihin. Muuttujat jakautuvat endogeenisiin muuttujiin, kuten kulutus, inflaatio ja säästämisaste, sekä eksogeenisiin eli mallin ulkopuolelta määrittyviin muuttujiin. Näitä eksogeenisiä muuttujia ovat esimerkiksi veroasteet, koulutusjakauma ja julkistalouden koko suhteessa bruttokansantuotteeseen. Monet muuttujat ovat alttiita stokastisille shokeille, joten malliin sisältyy epävarmuutta. Kukin mallin ajanjakso, tai periodi, kuvaa yhtä kvartaalia.

Kuvio 1 näyttää mallin ylätason rakenteen. Mallissa on kolme talusblokkia – Suomi (FI), muu euroalue (EA), ja muu maailma (R). Muu euroalue-blokki on aggregaatti kaikista Suomen ulkopuolisista euroalueen talouksista ja muu maailma on puolestaan aggregaatti euroalueen ulkopuolisista talouksista. Blokkien perusrakenne on sama ja valtaosin ainoastaan niille kalibroidut parametriarvot eroavat. Merkittävin ero on kuitenkin siinä, että Suomen ja muun euroalueen rahapolitiikan asettaa yhteinen taho, Euroopan keskuspankki (EKP), joka reagoi Suomea ja muuta euroaluetta kuvaavien blokkien aggregoituihin (EURO) muuttujiin. Rahapolitiikan määrittäminen on kuvattu tarkemmin osiossa 2.6. Blokit yhdistyvät toisiinsa loppu- ja välituotekaupan, pääomaliikkeiden ja innovaatioiden läikkymisvaikutusten kautta.



Kuvio 1: mallin talusblokit ja niiden välinen yhteistoiminta

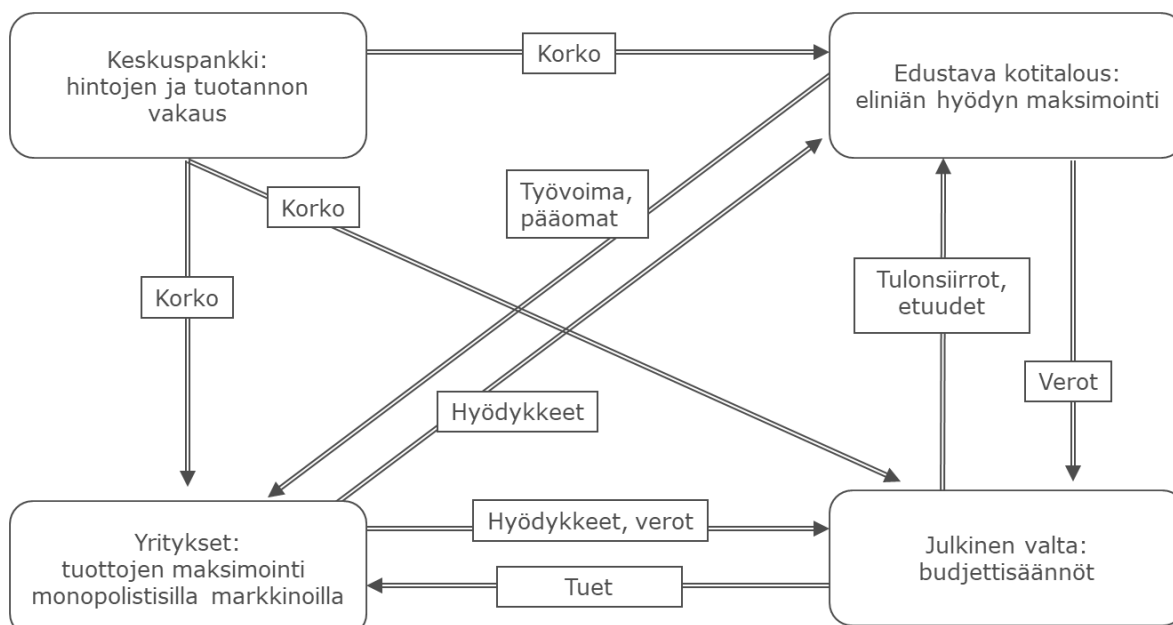
Kuvio 2 esittää kunkin blokin keskeiset toimijat ja niiden väliset taloudelliset riippuvuussuhteet. Eliniän hyötyä maksimoivat kotitaloudet tarjoavat työpanosta ja pääomia voittoa maksimoiville yrityksille, jotka valmistavat hyödykkeitä kotitalouksien ja julkisen vallan käyttöön. Julkinen valta, jonka toiminnan laajuutta määrittävät paljolti eksogeeniset parametrit, kuluttaa hyödykkeitä ja kanavoi tukia ja tulonsiirtoja yrityksille ja kuluttajille, ja rahoittaa toimintansa keräämällä veroja molemmilta sektoreilta. Neljäs merkittävä toimija, keskuspankki, ylläpitää hintojen ja tuotannon vakautta säätämällä korkotasoa, joka määrittää valtiolainojen ja pääomien kustannuksen.

Mallissa on kahdenlaisia kotitalouksia: klassisia ricardolaisia kotitalouksia, jotka omistavat talouden varallisuuden ja jonka turvin he tasaavat elinajan kulutusta, sekä likviditeettirajoitteisia kotitalouksia, jotka kuluttavat kaikki käytössä olevat tulot. Molemmat kotitalousluokat tarjoavat kolmen koulutusluokan (korkea, matala, keskitaso) työvoimaa. Taloudessa on kolme tuotantosektoria: T&K-, välituote- ja lopputuotesektorit. T&K-sektori tuottaa aineetonta pääomaa, eli tässä yhteydessä innovaatioita, yhdistämällä korkean koulutustason työpanosta aiemmin kehitettyyn kotimaiseen ja ulkomaiseen aineettomaan pääomakantaan läikkymisvaikutusten (*spillover effect*) kautta. Välituotesektorilla joukko monopolistisesti kilpailevia yrityksiä vuokraa käyttöönsä aineetonta pääomaa, jonka avulla ne muuntavat kiinteää pääomakantaa välituotteiksi. Välituotteet jalostetaan kotitalouksien tarjoaman työvoiman avulla lopputuotannossa kulutushyödykkeiksi. Näin ollen teknologinen kehitys on mallinnettu kasvavana tuotetarjonnan määränä.

Oikeassa maailmassa yritykset ja kuluttajat reagoivat muutoksiin maltillisemmin kuin puhtaan intertemporaalisen optimoinnin seurauksena. Näitä jäykkyyksiä on sisällytetty malliin eri tavoin, kuten kulutuksen tapattumuksina (*habit formation*), kansainvälisten rahoitusmarkkinoiden kitkakustannuksina, työvoimatason muutoskustannuksina, sekä markkinoille tulon esteinä. Näiden reaalisten jäykkyyksien lisäksi, uuskeynesiläisille DSGE-malleille tyypillisesti, myös hinnanmuodostus muun muassa lopputuote- ja työmarkkinoilla on jäykkää, jonka seurauksena nimellisillä suureilla ja rahapolitiikalla on reaalityökaluollisia vaikutuksia.

Kunkin talousblokin julkisen vallan menot määrittyvät kalibroituja kulutus-, investointi- ja tulonsiirtojen BKT-osuuksien mukaan, ja pääoma- ja ansiotuloveroprosentit vastaavat efektiivisiä veroasteita. Näin ollen mallissa ei ole aktiivista finanssipolitiikkaa, eikä siihen oteta kantaa, vaan suhdannevaihtelujen tasaamisesta vastaa Taylorin sääntöä seuraava keskuspankki. Sen sijaan valtion toiminnan laajuutta kuvaavia parametriarvoja muuttamalla voidaan tehdä erilaisia vaikutusarvioita. Julkisen vallan merkittävät tulo- ja menoerät ovat lisäksi alttiita stokastisille heilahteluille, ja kotitalouksille asetetut könttäsuummaverot tasoittavat pitkällä aikavälillä valtion budjetin. Valtion toiminnan kokonaistaloudellinen vaikutus näkyy kerrannaisvaikutusten lisäksi siinä, että julkinen pääomakanta on tuotannon tekijä lopputuotannossa.

Mallin tasapainon ratkaiseminen ja numeeriset analyysit tehdään MATLAB-ohjelman Dynare-lisäosalla. Valtiovarainministeriön Kansantalousosastolla kehitettyyn Kooma-malliin ja QUEST-mallin aikaisempiin versioihin verrattuna, QUEST III R&D -mallissa on kaksi keskeistä eroa. Ensiksi, työvoima on jaettu kolmeen eri luokkaan tuottavuustason mukaan. Toiseksi, teknologinen kehitys ja täten kokonaistuottavuuden kasvu on endogeenistä.



Kuvio 2: kunkin blokin toimijat ja niiden väliset riippuvuussuhteet

## 2. Blokin perusrakenne

### 2.1. Kotitaloudet

Kotitaloudet saavat hyötyä kuluttamisesta ja vapaa-ajasta. Nämä tavoitteet ovat keskenään ristiriidassa siten, että kuluttamisen mahdollistavat palkkatulot edellyttävät työntekoa, joka on suoraan pois vapaa-ajasta. Eteenpäin katsovat rationaaliset kotitaloudet maksimoivat heidän elinajan odotettua hyötyä tekemällä periodikohtaisen päätöksen työn tarjonnasta ja säästämisasteesta. Eteenpäin katsominen tarkoittaa, että kotitaloudet osaavat ottaa huomioon tulevaisuuden tapahtumat nykyhetken käytöksessä. Epävarmuudelle alttiit stokastiset prosessit huomioidaan odotusarvon periaatteen mukaisesti. Kotitaloudet arvostavat nykyhetken hyötyä enemmän kuin tulevaa, ja siksi tulevaisuuden hyöty diskonttataan aikapreferenssillä. Kulutuksen tapattomuudet on mallinnettu siten, että kullakin periodilla kotitaloudet saavat hyötyä paitsi kulutuksen absoluuttisesta määrästä, mutta myös siitä, että kulutustaso ei merkittävästi eroa edellisperiodin vastaavasta.

Taloudessa on kahdenlaisia kotitalouksia: ricardolaisia, eli yli ajan optimoivia, ja likviditeettirajoitteisia, jotka eivät säästä tai velkaannu. Aggregaattitasolla kutakin luokkaa edustaa yksi ns. 'edustava' kotitalous. Molempien kotitalouksien tarjoama työvoima jakautuu kolmeen koulutusluokkaan: korkea (H), keskitaso (M) ja matala (L). Matala koulutusluokka kuvastaa vain peruskoulun suorittaneita (ICED 0-2). Korkea koulutusluokka vastaa luonnontieteiden ja insinööritieteiden korkeakouluista valmistuneita. Keskitason luokka kuvaa loppuväestöä. Tämä

jaottelu on mallissa eksogeeninen ja vastaa Suomen koulutusrakennetta. Jakauma on yksinkertaisuuden vuoksi sama molemmissa kotitalousluokissa.

*Luokka i: rajoittamattomat (ns. ricardolaiset) kotitaloudet.*

Ricardolaiset kotitaloudet eivät kohtaa likviditeettirajoitteita, mikä tarkoittaa, että niillä on pääsy kotimaisille ja kansainvälisille pääomamarkkinoille. Mallin sisällä jokaisessa talousblokissa tämä kotitalousluokka on kalibroitu vastaamaan 60% osuutta kotitalouksista. Kotitaloudet voivat kuluttaa velaksi ottamalla lainaa, tai säästää kulutusta myöhemmäksi sijoitusten kautta. Täten kulutus ei ole täysin riippuvainen periodikohtaisista tuloista. Kotitalouksia sitoo kuitenkin intertemporaalinen budjettirajoite, mikä tarkoittaa, että tulevaisuuden tulojen ja menojen nykyarvojen tulee olla yhtä suuria. Säästö- eli sijoituskohteet ovat valtion velkakirjat kotimaassa ja ulkomailla sekä kotimaan kiinteä ja aineeton pääomakanta. Valtion velkakirjat ovat riskittömin sijoituskohteita ja niiden tuotto määräytyy pääosin keskuspankin säätöpolitiikan ohjauksen mukaan. Pääoman tuotto on karkeasti yhtä kuin valtion velkakirjan reaalkoron, odotettujen hintamuutosten, kannan kulumisen ja riskipreemion summa. Näiden sijoituskohteiden lisäksi ricardolaiset kotitaloudet omistavat kaikki loppu- ja välituotesektorin yritykset ja saavat niiden tuottamat voitot. Reaalinen budjettirajoite on täten seuraava:

TULOT	=	MENOT
palkat		kulutus
työttömyyskorvaukset		sijoitukset kotimaan ja ulkomaiden valtiolainoihin
valtiolainojen nimellisarvo ja korko		investoinnit kiinteään ja aineettomaan pääomaan
kiinteän pääoman riskikorjattu nettotuotto		verot (ALV, pääoma- ja tuloverot sekä
aineettoman pääoman riskikorjattu nettotuotto		könttäsummaverot)
pääomainvestointien tuet ja poistojen veroetu		
nettomääräiset valtion tulonsiirrot (+/-)		
lopputuote- ja välituotesektorin voitot		

Palkkatulot ja niihin sidotut työttömyyskorvaukset riippuvat koulutustasosta, sillä korkeamman koulutustason työpanos on rajatuotokseltaan suurempi, ja täten tasapainossa korkeamman koulutustason työvoima ansaitsee korkeampaa palkkaa. Osa kotitalouksista on työvoiman ulkopuolella, ja he eivät saa työttömyysetuuksia. Heidän toimeentulonsa voi mieltää kuuluvan valtion tulonsiirtoihin. Valtio kerää veroja kulutuksesta (ALV), pääoma- ja ansiotuloista, sekä kotitalouksille kohdennetuista könttäsummaveroista.

Talouden kiinteä ja aineeton pääoma kehittyvät siten, että kannan kasvu on yhtä kuin investointien ja pääoman kulumisen erotus. Talouden kiinteät investoinnit määrittyvät kiinteän pääoman reaalisin hinnan mukaan, joka on reaalkorolla diskontattujen tulevaisuuden tuottojen summa. Jos korkotaso nousee, investoinnit vähenevät. Kotitaloudet voivat muuttaa kiinteän pääoman tuottoa säätämällä kapasiteetin käyttöastetta, eli sitä osuutta pääomakannasta, jota hyödynnetään

välituotesektorin tuotannossa. Aineettoman pääoman investoinnit toteuttaa puolestaan T&K-sektori, jonka toimintaa kuvataan myöhemmin.

*Luokka k: likviditeettirajoitett kotitaloudet.*

Likviditeettirajoitteiset kotitaloudet kuluttavat kullakin periodilla, tilanteesta riippumatta, kaikki käytössä olevat tulot. Ne eivät siis säästä, elä velaksi, tai muutoin optimoi kulutustaan periodien välillä. Käytössä olevat tulot koostuvat valtion tulonsiirroista, palkkatuloista ja palkkaan sidotuista työttömyyskorvauksista. Muilta osin likviditeettirajoitetut kotitaloudet ovat samanlaisia kuin ricardolaiset kotitaloudet. Tämä kotitalousluokka maksimoi hyötyään seuraavan budjettirajoitteen vallitessa:

TULOT	=	MENOT
palkat		kulutus
työttömyyskorvaukset		verot (ALV, ja tuloverot sekä
nettomääräiset tulonsiirrot		könttäsommaverot)

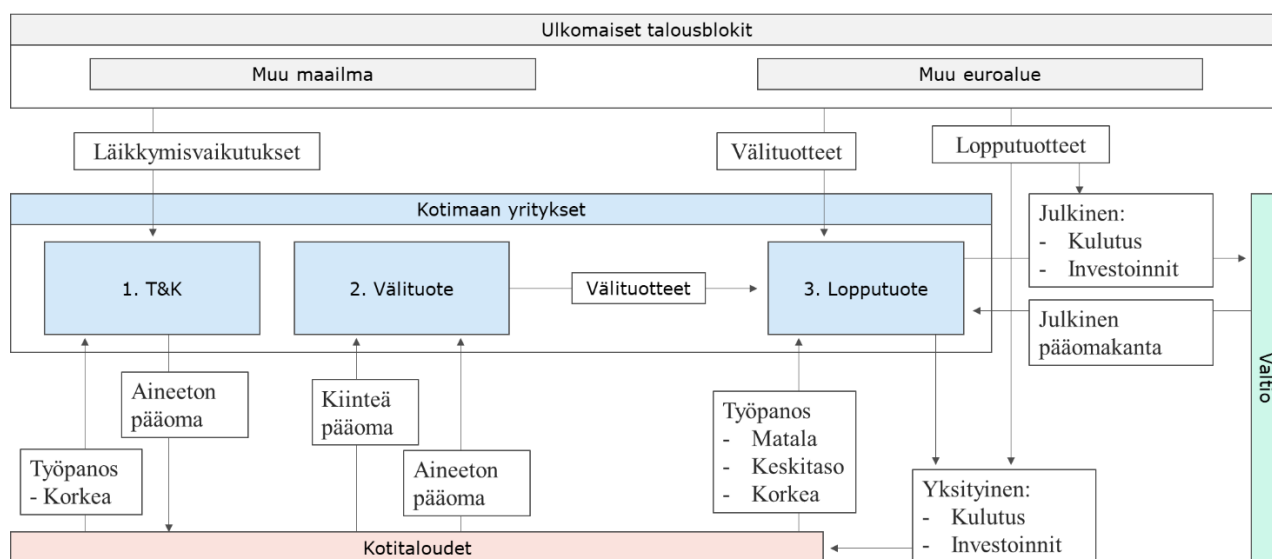
Mallissa kaikki kotitaloudet kohtaavat valinnoissaan useita kitkakustannuksia, joita koituu esimerkiksi pääoman käyttöasteen muutoksista, investoinneista, ja ulkomaisiin velkakirjoihin sijoittamisesta. Palkkatason muuttamiseen liittyy kotitalouksille nimellisiä kustannuksia, jotka osittain jäykistävät palkanmuodostusta ja kysynnän ja tarjonnan asettumista työmarkkinoilla.

Ricardolaisen kotitalousluokan omistama varallisuus toimii tarvittaessa puskurina käytettävissä olevien tulojen heilahteluihin. Näin ollen vain pysyvillä muutoksilla on merkittävä vaikutus periodikohtaiseen kulutukseen ja työn tarjontaan. Likviditeettirajoitetulla kotitalousluokalla tällaista puskuria ei ole, joten ne joutuvat välittömästi uudelleenoptimoimaan shokkeja kohdatessaan. Mitä suurempi osuus kotitalouksista on likviditeettirajoitteisia, sitä voimakkaammat suhdannevaihtelut taloudessa on. Kullakin periodilla kulutuskorin sekä aineettoman ja kiinteän pääoman hinnat tasapainottavat kysynnän vastaamaan tarjontaa. Yksityinen ja julkinen kulutus ja investoinnit ovat CES<sup>1</sup>-agregaatteja kotimaisista lopputuotteista ja ulkomaiden tuonnista. Tuonnin ja viennin aggregointi osaksi kotimaista kysyntää ja tarjontaa kuvataan osiossa 2.6. Makrotasolla  $\varepsilon$  – parametrin määräämä jaottelu pätee kaikkiin kotitalous-kohtaisiin muuttujiin kuten kulutukseen ja kunkin koulutustason työvoiman määrään.

## 2.2. Yritykset ja tuotanto

Kotimainen yksityinen tuotanto koostuu kolmesta osasta – T&K-, välituote-, ja lopputuotesektoreista. Kuvio 3 havainnollistaa tämän tuotantoketjun Suomen kontekstissa.

<sup>1</sup> CES = Constant elasticity of substitution. Monet muut mallin muuttujat aggregoidaan samankaltaisella funktiomuodolla.



Kuvio 3: kotimaan tuotantoketju. Kaikki tuotannontekijät aiheuttavat samanaikaisen kustannuksen (tulon) käyttäjälle (omistajalle), poislukien läikkymisvaikutukset

### Lopputuotesektori

Lopputuotesektorilla yritykset valmistavat kotitalouksille ja valtiolle kulutushyödykkeitä. Kilpailu on monopolistista, jolloin tuotteet ovat epätäydellisiä substituuotteja toisilleen, ja yritykset asettavat hinnat hintamarginaalin (*markup*) verran ylitse rajatuotoksen marginaalikustannuksen. Voittomarginaalit ja täten kotimaan tuottajahinnat määräytyvät jähmeästi yritysten inflaatio-odotusten, lopputuotekysynnän hintajouston ja hinnan sopeutuskustannusten yhdistetystä optimoinnista. Hinnanasettamisen sopeutuskustannukset ovat seurausta nimellisistä jäykkyyksistä, joilla on reaalityökaloudellisia vaikutuksia tuotantoon ja tuotantotekijöiden kysyntään. Koska tasapainossa yritysten tuotanto on symmetristä, kuvataan koko sektoria vastedes ns. edustavan lopputuoteyrityksen näkökulmasta.

Lopputuoteyritys hyödyntää tuotantopanoksina kotitalouksien tarjoamaa työvoimaa, koti- ja ulkomaan välituotteita sekä julkista pääomakantaa. Lopputuotteet valmistetaan Cobb-Douglas-tuotantofunktiolla. Toisin kuin perinteisessä Cobb-Douglas tuotantofunktiossa, on kokonaistuottavuus tässä tapauksessa käytännössä välituoteyritysten määrä. Monopolistisilla markkinoilla tuotetut välituotteet eroavat toisistaan, mutta niiden rajatuotos on laskeva. Näin ollen tuotannon kasvu on suurempi, kun panokseen lisätään yksi kappale uutta tuotelajiketta  $m+1$ , kuin yksi uusi lisäkappale aiempaa välituotetta  $m$ . Toisin sanoen kokonaistuottavuuden kehitys on mallinnettu Dixit ja Stiglitzin (1977) hengessä tuotevalikoiman laajentumisena. Ajan myötä jotkut innovaatiot vanhentuvat, ja tämä kehitys on sisällytetty mallissa aineettoman pääoman poistoasteena.

Tuotannossa käytetty työpanos on CES-aggregaatti eri koulutustasojen työpanoksista. Lopputuotesektori työllistää talouden matalan ja keskitason koulutustason työvoiman sekä sen osan korkean tason työvoimasta, joka ei työskentele T&K-sektorilla. Työn tuottavuus on sitä suurempi, mitä korkeampi koulutustaso, ja koulutustasojen työpanokset ovat epätäydellisiä substituutteja toisilleen. Kaikkea työpanosta ei käytetä tuotantoon, vaan osa kuluu välillisiin kustannuksiin kuten yleishallintoon.

Sektorin tuotot muodostuvat tuottajahinnoin myydystä tuotannosta, kun taas kustannukset koostuvat välituotteiden ostoista sekä työpanoksen henkilöstökuluista. Henkilöstökulut sisältävät paitsi palkkamenot, mutta myös niihin sidotut työnantajan sosiaaliturvamaksut. Varsinaisten henkilöstökustannusten lisäksi sektorille syntyy työvoiman muutoksista aiheutuvia kuluja. Näitä ovat esimerkiksi irtisanomisesta ja uusien työntekijöiden perehdyttämisestä aiheutuvat kulut. Tämä johtaa siihen, että yritys pyrkii välttämään suuria työvoiman muutoksia, eikä siksi reagoi yhtä herkästi kertaluonteisiin työn tuottavuushokkeihin. Lisäksi yritystoiminta maksaa tuotannosta riippumattoman kiinteän kustannuksen.

Lopputuotesektorin voitot määräytyvät liikevaihdon ja kustannusten välisenä erotuksena. Lopputuoteyritys maksimoivat voittoja valitsemalla tuotantopanokset ensimmäisen kertaluvun ehdon mukaisesti, jolloin rajatuotos vastaa rajakulua. Tämä maksimointiehto tuottaa käänteiset kysyntäkäyrät välituotteille ja työvoimalle, mikä tarkoittaa, että kysytty hinta on laskeva määrän suhteen.

### *Välituotesektori*

Välituoteyritykset ovat mallin sisällä mielletty startup-yrityksiksi, jotka kaupallistavat T&K-sektorin perustutkimuksen tuottaman aineettoman pääomakannan lopputuoteyritysten käyttöön. Välituotesektori ei käytä työpanosta. Perustelu tälle yksinkertaistukselle on se, että startup-yritykset eivät ole suuria työllistäjiä. Sen sijaan niiden korvaamaton merkitys taloudelle on kanavoida uusia innovaatioita lopputuotantoon. Kukin välituoteyritys tarvitsee toimiakseen yhden yksikön aineetonta pääomakantaa, jonka se lisensoi kotitalouksilta. Toiminnassa oleva välituoteyritys muuntaa kunkin käytössä olevan kiinteän pääoman yksikön välituotteeksi. Aggregaattitasolla käytössä oleva kiinteä pääoma jaettuna pääomakannalla on yhtä kuin kotitalouksien valitsema kapasiteetin käyttöaste. Kukin yksikkö kiinteää ja aineetonta pääomaa kustantaa periodikohtaisen korvauksen. Lisäksi kullakin periodilla yritykset maksavat markkinoille tulon kustannuksen. Kilpailu välituotesektorilla on monopolistista, joten jokaisella yrityksellä on hiukan markkinavoimaa. Välituoteyritykset kohtaavat lopputuotesektorin kysyntäkäyrän ja valitsevat optimaalisen tuotannon määrän maksimoidakseen voittojaan. Ensimmäisen kertaluvun ehto tästä maksimointiongelmasta johtaa siihen, että kukin yritys veloittaa bruttomarginaalin

verran ylitse kiinteään pääoman kustannuksen. Koska tuotannon suhteen hinnat laskevat ja kustannukset nousevat, asettuu tasapainossa välituoteyritysten määrä siten, että kiinteään pääoman jälkeiset voitot ovat yhtä kuin lisensointi- ja markkinoille tulon kustannukset.

### *T&K - sektori*

Kotimainen T&K-sektori tuottaa aineetonta pääomakantaa tuotantofunktiolla, joka yhdistää T&K sektorilla työskentelevää korkean koulutustason työvoimaa edellisperiodin kannan läikkymisvaikutuksiin. Läikkymisvaikutukset tulevat paitsi kotimaan-, mutta myös ulkomaiden aiemmasta T&K-tuotannosta: euroalueelta ja muusta maailmasta. Euroalueen ja muun maailman läikkymisvaikutukset riippuvat niiden tuontiosuuksista sekä talusblokkien koosta.

Kannan bruttolisäyksen T&K sektori myy kotitalouksille, ja sektorin periodikohtainen voitto on myyntituottojen ja palkkakustannusten erotus. Lopputuotesektorin tavoin T&K-sektori ottaa työpanoksen valitessaan huomioon mahdollisista tulevista työvoiman muutoksista syntyvät sopeutuskustannukset, joka vähentää vaihtelua henkilöstön määrässä. T&K-yritykset valitsevat työvoiman ensimmäisen kertaluvun ehdon mukaisesti, eli työn rajatuotos vastaa rajakulua. Läikkymisvaikutukset ovat ulkoisvaikutuksia, joten niistä ei koidu T&K – sektorille kustannuksia.

### *Aineeton pääoma ja sen tulkinta*

Tuotantoketjun havainnollistamiseksi voidaan ajatella, että kukin yksikkö aineetonta pääomakantaa on idea, keksintö, innovaatio, tai valmistusohje siitä, miten kiinteä pääoma voidaan muuntaa välituotteeksi ja lopputuotesektorilla työvoiman avulla jonkinlaiseksi palvelukokonaisuudeksi. Mallin aineettomalla pääomalla on muutamia ominaispiirteitä: ensiksi, malliteknisesti kanta on homogeeninen, eli kukin keksintö on samanarvoinen vallitsevalla hintatasolla. Tästä seuraa se, että T&K-sektorilla vallitsee täydellinen kilpailu. Toiseksi, ideoilla on tarkkaan määritellyt omistusoikeudet: kotitaloudet omistavat kannan, ja sitä hyödyntävät välituoteyritykset joutuvat maksamaan periodikohtaisen korvauksen kannan nimellisarvosta. Tämä korvaus voidaan mieltää esimerkiksi patentin lisenssikustannuksena, ulkoistetun konsultoinnin palkkiona, tai T&K-tuotoksen arvonlisäyksenä. Kannan ainoa ulkoisvaikutus kohdistuu T&K-sektoriin, joka hyötyy omasta ja ulkomaiden aiemmasta tuotannosta. Viimeiseksi, koska kukin välituoteyritys tarvitsee toimiakseen yhden yksikön aineetonta pääomakantaa, voidaan mieltää myös toiminnassa olevien välituoteyritysten määräksi.

### 2.3. Työmarkkinat

Työmarkkinoilla työn kysyntä ja tarjonta määrittävät vallitsevan työllisyys- ja palkkatason. T&K- ja lopputuotesektorin voiton maksimoinnista johdetut ensimmäisen kertaluvun ehdot määrittävät työn kysynnän, jossa palkkataso laskee työvoiman määrän suhteen.

Kotitaloudet tekevät valinnan työn tarjonnasta siten, että vapaa-ajan ja kulutuksen rajahyötyjen suhde vastaa niiden rajakustannuksia, eli menetettyä nimellistä nettopalkkaa ja kulutusyksikön markkinahintaa. Reservaatiopalkka kuvaa alinta palkkatasoa, jolla kotitalous on valmis tarjoamaan yhden yksikön työvoimaa lisää. Koska vapaa-ajan rajahyöty nousee tehtyjen työtuntien mukana, on reservaatiopalkka nouseva työvoiman määrän suhteen.

Työn kysynnän ja tarjonnan välikäsinä toimivat kutakin koulutustasoa edustavat ammattiliitot, jotka neuvottelevat työntekijöille palkan, joka ylittää reservaatiopalkan marginaalin (*wage markup*) verran. Marginaali riippuu nimellisen palkkatason sopeutuskustannuksista, lopputuotannon työvoiman rajasubstituutiosta, sekä toteutuneesta ja odotetusta palkkainflaatiosta. Tasapainopalkka asettuu siten, että työn rajatulo vastaa ammattiliiton neuvottelemaa palkkaa. Koska työn tuottavuus kasvaa koulutusasteen mukaan, eroaa palkkataso koulutusluokittain. Korkean koulutustason työvoiman vapaan liikkuvuuden myötä palkat ovat yhtä suuret loppu- ja T&K-sektoreilla.

Ammattiliiton neuvotelema palkkamarginaali aiheuttaa loven reservaatiopalkan ja työn tuottaman rajatulon välille, ja tämän takia taloudessa esiintyy tasapainotilassa työttömyyttä: toisin sanoen vallitsevalla palkkatasolla kaikki työtä tarjoavat eivät työllisty. Siinä missä kulutuksesta saatava rajahyöty on sama kaikilla kotitalouksilla, eroaa vapaa-ajan rajahyöty, tai kääntäen työn teon rajahaitta, koulutusluokittain. Tätä heterogeenisyyttä perustellaan sillä, että se mahdollistaa koulutusluokkien väliset työttömyyserot. Alhaisen koulutustason suhteellisen suuri työn rajahaitta ilmenee työn tuottavuuteen nähden korkeana reservaatiopalkkana, jolloin tämän koulutusluokan empiirinen korkea työttömyysaste ilmenee mallissa. Shokkien aiheuttamat suhdannevaihtelut johtavat työttömyysasteen heilahduksiin, sillä työvoiman muutosten kitkakustannukset estävät täydellisen periodikohtaisen sopeutumisen.

### 2.4. Valtio

Kussakin blokissa on oma julkinen valta, jonka toiminnan laajuutta määrittävät eksogeeniset muuttujat ja parametrit. Tämä tarkoittaa, että mallissa ei pyritä etsimään parasta mahdollista kotitalouksien hyödyn maksimoivaa politiikkaa. Valtion periodikohtainen budjettirajoite on seuraava:

TULOT	=	MENOT
verotulot		kulutus
uusi velka		investoinnit
		tulonsiirrot
		työttömyyskorvaukset
		maksetut tuet
		vanha velka korkojen kera

Valtion käytettävissä olevat tulot koostuvat liikkeelle lasketusta velasta ja verotuloista. Valtion lainat ovat yksiperiodisia, ja niihin sijoittavat kotitaloudet kotimaassa ja ulkomailla. Velkakustannukset riippuvat keskuspankin ohjauskorosta sekä valtion maksukyvyyn ja valuuttakurssimuutosten riskipreemioista.

Valtio perii palkka- ja pääomatuloveroja kotitalouksien tuloista. Palkkaveroasteet vastaavat kunkin koulutusluokan palkkaveroasteita. Koska palkkatulot ovat suuremmat korkeammilla koulutusasteilla, on palkkaveroaste mallissa progressiivinen. Kiinteää ja aineetonta pääomaa verotetaan pääomatuloverolla, kun taas valtionlainojen korkotulot ja yritysten voitot ovat verottomia. Lisäksi kotitaloudet maksavat arvonnlisäveroa (ALV) lopputuotteiden kuluttamisesta. Tasapainossa verotulot kattavat valtion menot, eikä velkasuhde muutu. Jos tasapainosta poiketaan, valtio perii kotitalouksilta könttäsommaveroja, joiden kokoluokka reagoi viiveellä muutoksiin valtion velkasuhteessa.

Valtion menot koostuvat julkisesta kulutuksesta, investoinneista, maksetuista tulonsiirroista, työttömyyskorvauksista, ja talouden toimijoiden toimintaa ohjaavista tuista. Palkkasidonnaisia työttömyystukia maksetaan tasasuhteessa sille osalle väestöstä, joka eivät ole töissä tai kuulu työvoiman ulkopuolelle. Valtio tukee aineettoman pääoman investointeja tukien, poistojen verohelpotusten ja suorien T&K-sektorin palkkatukien muodossa. Valtion kulutus ja investoinnit määräytyvät Suomen julkistalouden koon mukaan. Julkinen pääomakanta kehittyä investointien ja kannan kulumisen (poistojen) nettomuutoksena. Julkiset investoinnit vaikuttavat sekä positiivisesti että negatiivisesti tuotantoon. Ensiksi, julkiset investoinnit kasvattavat kokonaiskysyntää ja täten tuotantoa. Toiseksi, niiden tuottama julkisen pääomakannan kasvu tehostaa lopputuoteyritysten tuotantoa. Toisaalta julkiset investoinnit osittain syrjäyttävät kotitalouksien investointeja ja kulutusta. Nettovaikutukset kokonaistuotantoon riippuvat rakenteellisista parametreista ja julkisen pääomakannan lähtötasosta.

## 2.5. Ulkomaankauppa ja pääomavirrat

Mallin sisällä blokit – Suomi, muu euroalue ja muu maailma – käyvät kauppaa keskenään väli- ja lopputuotesektorin tuottamista hyödykkeistä. Ulkomaankauppa blokkien välillä on mallissa kysyntäveetoista ja määräytyy tuonnin mukaan. Sekä yksityiset kuluttajat että julkinen valta sisällyttävät kulutuskoriinsa ja

investointeihinsa ulkomaan tuotantoa liukuvana keskiarvona nyky- ja edellishetken optimaalisesta tuontisuhteesta. Tuontisuhte määräytyy eksogeenisen talouden avoimuuden sekä endogeenisen tuontihintaindeksin mukaan. Tuontihintaindeksi on viivästetty CES-aggregaatti euroalueen ja muun maailman vientihinnoista. Kunkin maan kohdalla vienti vastaa muiden blokkien tuontien summaa. Sekä vientiin suuntautuvien tuontiyritysten voittomarginaalit että vientihinnat ovat alttiita eksogeenisille shokeille. Blokit ovat yhteydessä toisiinsa myös kansainvälisten velkakirjamarkkinoiden kautta. Kotitaloudet voivat nimittäin sijoittaa paitsi kotimaan valtion velkajoihin, mutta myös ulkomaan vastaaviin vallitsevalla valuuttakurssilla. Korkopariteetti sitoo kotimaan ja ulkomaan korot odotuksiin valuuttakurssimuutoksissa. Toisaalta tämä yhtäläisyys ei päde täysin, sillä ulkomaan velkajoihin sijoittaminen sisältää epätäydellisten rahoitusmarkkinoiden takia kitkakustannuksia, joiden koko on kääntäen verrannollinen ulkomaan velkaportfolion kokoon. Nämä kitkakustannukset aiheuttavat loven korkopariteettiin.

## 2.6. Keskuspankki ja ohjaukorko

Keskuspankki asettaa ohjaukorkon Taylor-säännön mukaan, eli se pyrkii pitämään kuluttajahintainflaation lähellä inflaatiotavoitetta ja tuotantokuilun lähellä nollaa. Tuotantokuilu – ero potentiaalisen ja toteutuneen tuotannon välillä – mittaa työllisyysasteen ja kiinteän pääoman käyttöasteen poikkeamia pitkän aikavälin trendistä. Mallissa Euroalueen keskuspankki EKP reagoi koko euroalueen muuttujiin. Toisin sanoen, mallin sisällä EKP seuraa BKT:lla painotettua keskiarvoa Suomen ja muun Euroalueen tuotantokuiluista ja inflaatiolukemista. Koska Suomen BKT on suhteellisen pieni muuhun euroalueeseen nähden, ei rahapolitiikka juuri reagoi heilahduksiin Suomen taloudessa. EKP:n lisäksi muun maailman nimelliskoron asettaa oma keskuspankkinsa samankaltaisen logiikan mukaan.

## 2.7. Tasapaino (*steady state*) ja suhdannevaihtelut

Tasapainossa mallin lainalaisuuksia kuvaavat yhtälöt ovat sopusoinnussa; toisin sanoen, yritykset maksimoivat voittoja, kotitaloudet maksimoivat hyötyä, julkinen valta toteuttaa mandaattinsa, ja talouden suureet kuten pääomakanta, kulutus ja työllisyys asettuvat vakaalle tasolle. Tässä tilassa hinnat tasapainottavat kysynnän ja tarjonnan Arrow & Debreu (1954) hengessä, ja talous on tässä mielessä ”tehokas”. Samalla eri pääomaluokkien tuotot määrittävät siten, että kotitalouksien saama tuotto vastaa kutakuinkin pääomayksikön tuottavuutta reaalityaloudessa. Koska tasapainossa muuttujien arvot ovat vakioita, ei taloudessa ilmene kitkakustannuksia.

Perustilassa kalibroidussa mallissa kunkin blokin periodikohtainen lopputuotanto on normalisoitu arvoksi yksi jokaisella periodilla. Malli ei toisin sanoen selitä

pitkän aikavälin kasvun dynamiikkaa. Tällä ei toisaalta ole merkitystä: mallin tasapainon voi mieltää stationaariseksi HP-filtteröidyksi aikasarjaksi josta on poistettu trendikasvu. Ainoat eksogeeniset kasvuluvut ovat nettomääräinen aineettoman pääomakannan kasvu, joka on Pessoa (2005) estimoima patenttituotannon kasvu (vakio 1.5%) kaikille blokeille, sekä koko maailman väestön (0.05%), pohjainflaation (0.5%) ja kokonaistuottavuuden (3.75%) kasvu (Stehrer & Sabouniha, 2023). Nämä kasvuluvut kanavoituvat mm. tasapainoa ylläpitäviin investointeihin ja valtion velkakustannuksiin, mutta eivät muualle. Mallin parametrejä muuttamalla tehdyt vaikutusarviot ja ennusteet voidaan tulkita siten, että poikkeamat tasapainosta kuvaavat prosenttimuutoksia vertailukohtaisesta (*baseline*) kehityksestä. Lisäksi mallin tuottamat oivallukset liittyvät siihen, miten eri tekijät voivat heilauttaa tätä tasapainoa ja miten tasapainotilaan palataan.

Poikkeamat tasapainotilasta – toisin sanoen, suhdannevaihtelut – aiheutuvat erilaisten shokkien seurauksena. Mallissa useat endogeeniset muuttujat, kuten esimerkiksi yksityinen ja julkinen kulutus, rahapolitiikka, työn tarjonta ja tuontihinnat, ovat alttiita ennakoimattomille eksogeenisille shokeille. Tämä tarkoittaa, että muuttujien arvoa kuvaavia yhtälöitä täydennetään stokastisilla shokkimuuttujilla. Perusmallissa shokkimuuttujat ovat kertaluonteisia, eivätkä siis AR-prosesseja. Toisaalta stokastisen muuttujan voi helposti muokata tällaiseksi persistentiksi shokiksi. Käytännössä jokaiseen mallin muuttujaan voidaan luoda shokki, ja eksogeenisiä muuttujia voidaan endogenisoida muutamalla koodirivillä. Stokastisten prosessien ollessa läsnä mallin toimijat mieltävät tulevaisuuden muuttujat niiden odotusarvon mukaisesti. Kitkakustannusten takia palautuminen tasapainoon on hidasta, vaikka shokkimuuttujat häviäisivät. Tämä shokkeihin reagoiva hidaskäyttäytymisen dynamiikka selittää suhdannevaihteluita DSGE-teoriassa ja QUEST III – mallin puitteissa.

Esimerkiksi COVID 19-pandemian hillitsemiseksi toteutettujen sulkutoimien taloudelliset vaikutukset voidaan mallintaa negatiivisena kysyntäshokkina, kun kotitalouksien palveluiden kulutusmahdollisuuksia rajoitetaan. Mallin sisällä tällä on välittömiä vaikutuksia lopputuotantoon, mikä puolestaan vaatii jokaisen mallin toimijan uudelleenoptimoimaan mm. palkatun työvoiman, kiinteän pääoman käyttöasteen ja ulkomaankaupan suhteen. Jos sulkutoimien kesto on mallin sisällä epävarmuutta, toimijat käyttäytyvät odotusarvon mukaisesti, jossa tulevaisuuden maailma on todennäköisyyksillä painotettu keskiarvo kaikista mahdollisista skenaarioista. Näin päädytään uuteen nykytiedon valossa tehokkaaseen tasapainotilaan. Toisaalta ylläkuvausten reaalisten ja nimellisten kitkakustannusten takia optimointi on jähmeää, ja siksi talouden asettuminen uuteen tasapainoon vie aikaa. Ennen uuteen tasapainoon palaamista mallitalouden resurssiallokaatio on tavalla tai toisella tehoton. Muita esimerkkejä shokeista voivat olla esimerkiksi vihreän siirtymän tuottama positiivinen investointishokki, tai keskuspankin virhearvion tuottama rahapoliittinen shokki.

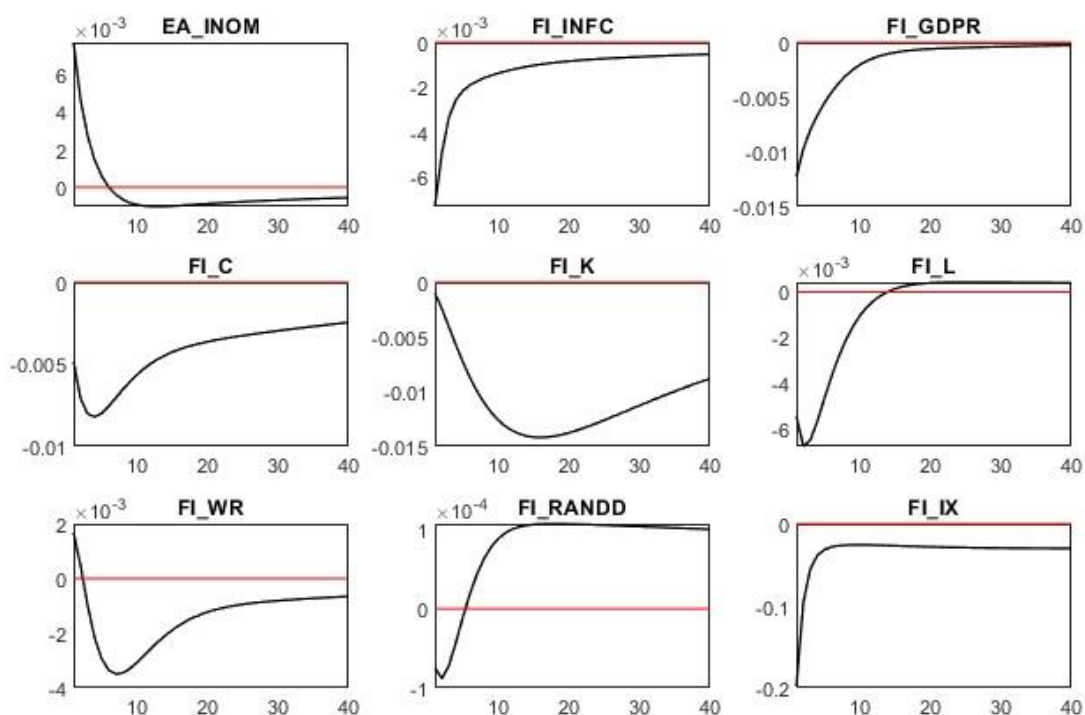
## 2.8. Suhdannevaihteluiden havainnollistaminen - impulssivasteet

Talouden sokkien vaikutuskanavat ovat moninaiset eikä niitä ole mahdollista kaikkia kirjoittaa auki. Käytännössä jokainen talouden muuttuja reagoi vähintäänkin viiveellä suorasti tai epäsuorasti toisen muuttujan muutokseen, ja shokkien kokoluokka, kesto ja samanaikaisuus vaikuttavat muutosuraan.

Impulssivasteet ovat käyriä, jotka näyttävät, miten muuttujien poikkeamat tasapainon tilasta kehittyvät, kun systeemiin tuodaan ulkopuolinen shokki. Teknisesti ne ovat ensimmäisen kertaluvun Taylor-approksimaatioita muuttujien kehityksestä. Muuttamalla shokin etumerkin negatiiviseksi syntyy peilikuva positiivisesta impulssivasteesta. Y-akselin kuvaamat poikkeamat voidaan tulkita desimaalimuutoksiksi tasapainosta. Alla kuvataan mallin ennustamia merkittävien muuttujien impulssivasteita kertaluonteiseen rahapolitiikan shokkiin.

### *Rahapolitiikan sokki euroalueella*

Kuvio 4 näyttää Suomen talouden suureiden muutokset 1% kasvuun EKP:n ohjauskorossa. Ohjauskoron nosto ylitse tasapainotason laskee inflaatiota ja nostaa reaalikorkoa, jolloin pääoman tuoton nykyarvo laskee, investoinnit vähenevät ja pääomakanta supistuu. Tästä seurauksena kiinteä pääomakanta laskee. Hintojen laskiessa optimaalinen kulutus nykyperiodilla laskee, jonka myötä lopputuotanto sekä siitä johdettu välituotteiden ja työpanoksen kysyntä laskevat myös. Toisin sanoen Suomen talous ajautuu taantumaan, joka on kokoluokaltaan hieman yli 1% tasapaino-BKT:sta. EKP reagoi Taylorin säännön mukaan, ja nimelliskorot laskevat siinä määrin että reaalikorko palaa pian tasapainotasolleen. Talouden kohentumista edesauttaa aineettoman pääomakannan kasvu: alentuneen reaalisen korkean koulutusasteen palkkatason myötä T&K-sektori palkkaa lisää työvoimaa, mikä lopulta johtaa kasvaneen välituotekirjon myötä tuotannon palautumiseen ennalleen. Talous palaa tasapainouralleen suunnilleen 10 – 20 kvartaalin kuluessa, jonka lopulla kulutus ja reaali-palkat sekä välituoteyritysten tuotanto ja kiinteä pääomakanta ovat merkittävästi lähtötasoa alempana.



Kuvio 4: 1% kasvu euroalueen nimelliskorossa. EA-etuliite on muu euroalue, ja FI on Suomi. INOM on keskuspankin ohjauskorko, INFC on kuluttajahintainflaatio. GDPR on reaalin BKT, C on kulutus, K on kiinteä pääomakanta, L on työllisyysaste, WR on reaali-palkka, RANDD on reaalin aineettoman pääomakannan lisäys ja IX on väli tuote yrityskohtainen tuotanto.

### 3. Mallin kalibroinnin arviointi

QUEST 3 kaltaisten DSGE-mallien tuottamat oivallukset ovat relevantteja vain siinä tapauksessa, että mallin dynamiikka kuvaa reaali maailmaa. Toisaalta makrotaloustieteessä ei voi tehdä empiirisiä kokeita ja ainoa käytössä oleva vertailukohde on tilastoissa ilmenevä taloushistoria.

Kuten todettu, talouden suhdannevaihtelut voidaan mieltää reaktioiksi ja korjausliikkeiksi talouden ulkoisissa tekijöissä tapahtuviin muutoksiin eli eksogeenisiin shokkeihin. Jos mallin kuvaamat muuttujat kuten tuotanto, työllisyys ja inflaatio reagoivat toteutuneisiin shokkeihin samalla tavoin kuin nämä muuttujat ovat historiallisesti käyttäytyneet, niin voidaan ajatella, että malli sisäistää talouden dynamiikan. Tällöin sen povaamat vaikutusarviot ovat perusteltuja approksimaatioita siitä, mitä reaali maailmassa voisi tapahtua.

Mallin toiminta riippuu paitsi lainalaisuuksia kuvaavista yhtälöistä, mutta myös siitä, mitä eksogeenisiä muuttuja- ja parametriarvoja käytetään. Valtaosa eksogeenisistä muuttujista ovat tyypillisiä tilastoissa ilmeneviä suureita, kuten väestön koulutusjakauma, valtionlainan riskipreemio, markkinoille tulon

kustannus ja veroaste. QUEST III R&D-malliin on sisällytetty viimeisimmät lähimenneisyyden arvot Suomelle, muulle euroalueelle ja muulle maailmalle.

Toisaalta riippuvuussuhteiden dynamiikkaa määrittävät parametriarvot eivät ole tilastoissa havaittavia. Näitä keskeisiä parametriarvoja ovat esimerkiksi kysynnän hintajoustot, kotitalouksien aikapreferenssi, innovaatioiden läikkymisalttius ja vapaa-ajan rajahyöty. Nämä parametrit arvioidaan kalibroimalla eli selvittämällä, mikä eri arvojen yhdistelmä parhaiten selittää tilastodataa. QUEST III R&D -mallin parametrit perustuvat aiempiin tutkimusestimaatteihin, perinteiseen kalibrointiin, sekä Bayesilaisiin estimointimenetelmiin. QUEST III R&D -malli perustuu QUEST III -malliin, joka on estimoitu euroalueen ja USA:n makrodatalla (Ratto et al., 2009), joten suurelle osalle mallin keskeisistä parametreista on empiirinen arvio.

Tässä osiossa arvioidaan QUEST III R&D-mallin (lyhennettynä QUEST) kalibrointia vertaamalla sen tuottamia impulssivasteita Valtiovarainministeriön KOOMA-mallin vastaaviin sekä empiiriseen merkkirajoitettuun SVAR-mallin. Nämä vertailukohtat ovat peräisin Snellmanin (2019) keskustelualoitteesta. Empiirinen merkkirajoitettu SVAR-malli kuvaa Suomen tilastodatan muuttujien reagointia ennalta määriteltyihin rakenteellisiin shokkeihin. Sikäli kun impulssivasteita ei voida yksiselitteisesti tilastollisesti mitata, ovat SVAR-mallin tulokset perusteltu likimääräinen vastine reaali maailman prosesseille. Toisaalta SVAR-mallit ja niiden tulokset riippuvat aina estimoijan rakennevalinnoista, eivätkä siten ole absoluuttisia totuuksia. SVAR-malli ei myöskään ole täysin riippumaton talousteoriasta, koska mallin identifiointia varten on asetettava rajoitteita impulssivasteiden etumerkeille, jotka on lueteltu taulukossa 1. Valitut rajoitteet on asetettu perustuen aiempaan tutkimustiedon konsensusukseen.

	Tuotanto	Tehdyt työtunnit	Hinnat	Palkat	Vienti
Teknologiashokki	+	-	-		
Työn tarjontashokki	+	+	-		
Kotimaan kysyntäshokki	+		+		-
Vientikysynnän shokki	+		+		+

Taulukko 1: empiirisenä vertailukohtana käytetyn SVAR-mallin merkkirajoitteet (Snellman, 2019)

SVAR-malli on estimoitu aikavälillä 1999 Q1 – 2017 Q4. Snellman toteaa paperissaan, että KOOMA:n teoreettiset ennusteet ovat etumerkiltään yleisesti samoja kuin datassa, mutta vasteiden suuruuksissa ja kestoissa on eroja. Snellman tutkii seuraavien shokkien käyttäytymistä:

- Teknologia / kokonaistuottavuus (TFP)
- Työn tarjonta
- Kotimaan kysyntä
- Vientikysyntä

Ensimmäiset kaksi ovat tarjontapuolen- ja kaksi viimeistä kysyntäpuolen shokkeja. Shokit ovat autokorreloituneita ja ajan myötä hiipuvat taloudesta pois. Impulssivasteet lasketaan aikasarjoille tuotanto, tehdyt työtunnit, inflaatio, reaali-palkat ja vienti. Tilastokeskuksen mukaan tehdyt työtunnit ovat ”palkansaajien tilikauden aikana tehtyjen työtuntien summa”, jonka vastine QUEST-mallissa on täten periodikohtainen kokonaistyöpanos. Kuviot 5 - 8 vertaavat QUEST-mallin impulssivasteita KOOMA:n ja vuonna 2019 estimoituun SVAR malliin vastaaviin. Vaaka-akseli on aikaperiodi vuosissa, ja pystyakseli kuvaa prosenttimuutosta tasapainourasta.

Alkuperäisen shokin absoluuttinen koko ei ole vertailukelpoinen mallien välillä niiden rakenne-erojen vuoksi. Esimerkiksi kokonaistuottavuus on mallinnettu KOOMA- ja QUEST-malleissa eri kohtiin tuotantoketjussa. Vertailukelpoisuuden nimissä shokit ovat skaalattu siten, että kunkin kiintopisteeksi valitun muuttujan välitön reaktio on samaa mittaluokkaa. Erot mallien välillä ilmenevät kiintopistemuuttujan reaktion persistenttiydestä ja muiden muuttujien suhteellisista muutoksista.

### 3.1.1. Teknologiashokki

Kansantalouden tilinpidossa teknologinen kehitys tai kokonaistuottavuus (total factor productivity, TFP) tarkoittaa sitä osaa arvonlisän kasvusta, jota ei selitä pääomakannan tai työpanoksen kasvu. Monissa DSGE-malleissa, jotka eivät pyri selittämään pitkän aikavälin kasvua, kokonaistuottavuus on mallinnettu stokastisena ja stationaarisena AR(1)-prosessina yritysten tuotantofunktioissa. Esimerkiksi KOOMA-mallissa kokonaistuottavuus esiintyy tällaisena eksogeenisena prosessina välituotesektorin Cobb-Douglas-tuotantofunktiossa.

QUEST-mallissa kokonaistuottavuuden shokki on määritelty kertoimeksi suoraan lopputuotantoon, eikä siis T&K-sektorin tuottamaan aineettomaan pääomakantaan. Näin siksi, että kokonaistuottavuudella ei ole alenevaa rajatuottoa kuten mallin aineettomalla pääomalla. Käytännössä kokonaistuottavuuden shokissa on kyse siitä, että samalla työ- ja pääomapanoksella saadaan eri tuotantomäärä tasapainotilaan nähden. Kokonaistuottavuuden shokki hiipuu taloudesta pois kvartaalikohtaisella viivästyskertoimella 0.9.

Kuvio 5 näyttää impulssivasteet 1% tuotannon kasvua vastaavaan teknologiashokkiin. Sekä QUEST että KOOMA reagoivat shokkiin hyvin samalla tavalla: shokin vaikutus tuotantoon on persistentti ja osittain pysyvä 10 vuoden ajalla. QUEST:in kohdalla tämä pitkäaikaisuus johtuu ennen kaikkea innovaatiotoiminnan läikkymisvaikutuksista, jotka myötävaikuttavat talouteen shokin hälvettyä. Tämä on toisaalta ristiriidassa SVAR-mallin kanssa, jossa shokin tuotantovaikutus häviää viimeistään 3 vuoden jälkeen. Koska kysyntään nähden optimaalinen tuotanto nousee vähemmän kuin työn tuottavuus, työn

kysyntä lopputuotannossa laskee. Johdonmukaisesti jokaisessa mallissa tehtyjen työtuntien impulssireaktio on negatiivinen. KOOMAssa tämä negatiivinen vaikutus on suuri (-1.5%), siinä missä QUEST malli reagoi yhtä hillitysti kuin merkkirajoitettu SVAR (noin -0.5%).

Tuotannon kasvu laskee talouden hintatasoa, ja näin ollen shokilla on QUEST-mallissa deflatorinen vaikutus (-0.5%), jonka suuruusluokka muistuttaa SVAR-mallin havaintoa (-0.2%). Hintojen laskulla on käänteinen vaikutus reaaliseseen palkkatasoon, joka QUEST-mallissa reagoi aluksi samoin kuin SVAR, noin 0.5% nousulla. Toisaalta, tuotannon tavoin, vaikutus on liian persistentti. KOOMA-mallissa puolestaan impulssireaktio reaali-palkkoihin on merkittävästi negatiivinen.

Teorian mukaan kokonaistuottavuuden shokin vaikutus vientiin on positiivinen, sillä kasvanut tarjonta kanavoituu osittain ulkomaankauppaan. Toisaalta empiirinen SVAR näyttää monitulkintaista heiluriliikettä viennissä vastauksena shokkiin, jossa kumulatiivinen vaikutus on aavistuksen verran positiivinen. QUEST-malli seuraa SVAR-mallia tässä suhteessa KOOMAA paremmin siinä, että kumulatiivinen positiivinen vaikutus on pienempi ja vähemmän persistentti.

### 3.1.2. Työn tarjontashokki

Työn tarjontashokki lisää kotitalouksien halua tarjota työtä jokaisella palkkatasolla. QUEST-mallissa tämä shokki on määritelty kertoimeksi kunkin kotitalousluokan kunkin koulutustason vapaa-ajan rajahyödyn funktiossa. Koska shokki on negatiivinen, tämä termi on pienempi kuin yksi, joka kasvattaa työnteon suhteellista nettohyötyä suhteessa vapaa-aikaan. Kehitystä kuvaa AR(1) prosessi, jossa viivästysmuuttuja on 0.37. Shokin suuruusluokka on skaalattu siten, että maksimireaktio työpanoksessa on sama kussakin mallissa, eli noin 1% tasapainouraan nähden. Kuvio 6 näyttää impulssivasteet.

QUEST-mallissa on erikoinen välitön reaktio työn tarjonnan kasvuun. Korkeampi työpanos kasvattaa tuotantoa välittömästi, mutta nimellispalkat joustavat reilusti alaspäin, minkä takia työvoiman kasvusta huolimatta kotitalouksien palkkatulot laskevat. Tästä syntyy palkkasumman sopeutuskustannuksia, jotka syövät valtaosan tuotannosta. Toinen merkittävä osuus tuotannosta käytetään tasasuhteessa julkisen puolen investointeihin ja kulutukseen. Nämä erät ovat niin merkittäviä, että ne kohottavat hintatasoa ja täten syrjäyttävät yksityistä kysyntää ja vientiä. Kun ulkomaan tuotteet ovat suhteellisesti halvempia, tuonti kasvaa.

Seuraavalla periodilla sopeutuskustannuksia ei enää ole, ja tuotanto kasvaa vain vähän. Talouteen syntyy deflaatiota, jonka ansiosta vienti, investoinnit ja yksityinen kulutus kasvavat. Näin ollen, shokin alhaisesta persistenttiydestä huolimatta, työn tarjonta pysyy tulovaikutuksen ansiosta reilusti tasapainon yläpuolella. Tämä vaikutus yhdessä korkean aineettoman ja kiinteän

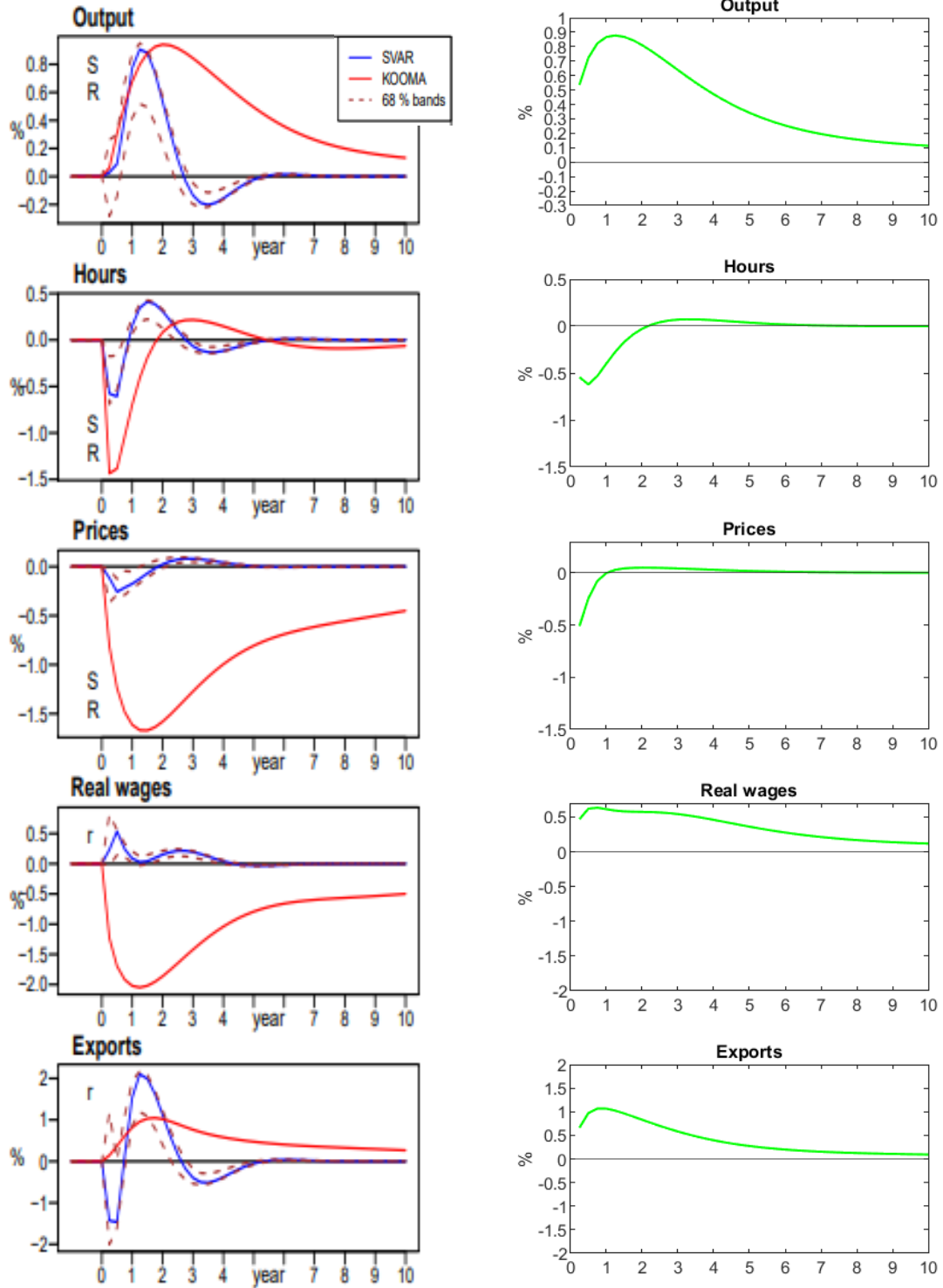
pääomakannan kanssa jouduttivat tuotantoa, ja talous kokee vielä merkittävän (+0.4% BKT) noususuhdanteen.

Melkein kaikkien muuttujien suhteen QUEST-mallin reaktiot eroavat huomattavasti KOOMA- ja SVAR-mallien tuloksista. Voimakkaasti joustavien nimellispalkkojen takia välitön tuotantovaikutus on todella suuri, ja reaali-palkat laskevat merkittävästi enemmän kuin verrokkimalleissa. Lisäksi ensimmäisen periodin hinnanmuutos eroaa etumerkiltään, joskin seuraavilla periodeilla, sopeutuskustannusten hälvettyä, inflaatiodynamiikka ovat samanlaista. QUEST-mallissa kumulatiivinen vaikutus vientiin on verrokkimalleja pienempi, ennen kaikkea ensimmäisen periodin viennin laskun takia.

Kokonaistuottavuus (TFP) – shokki

KOOMA ja SVAR (2019)

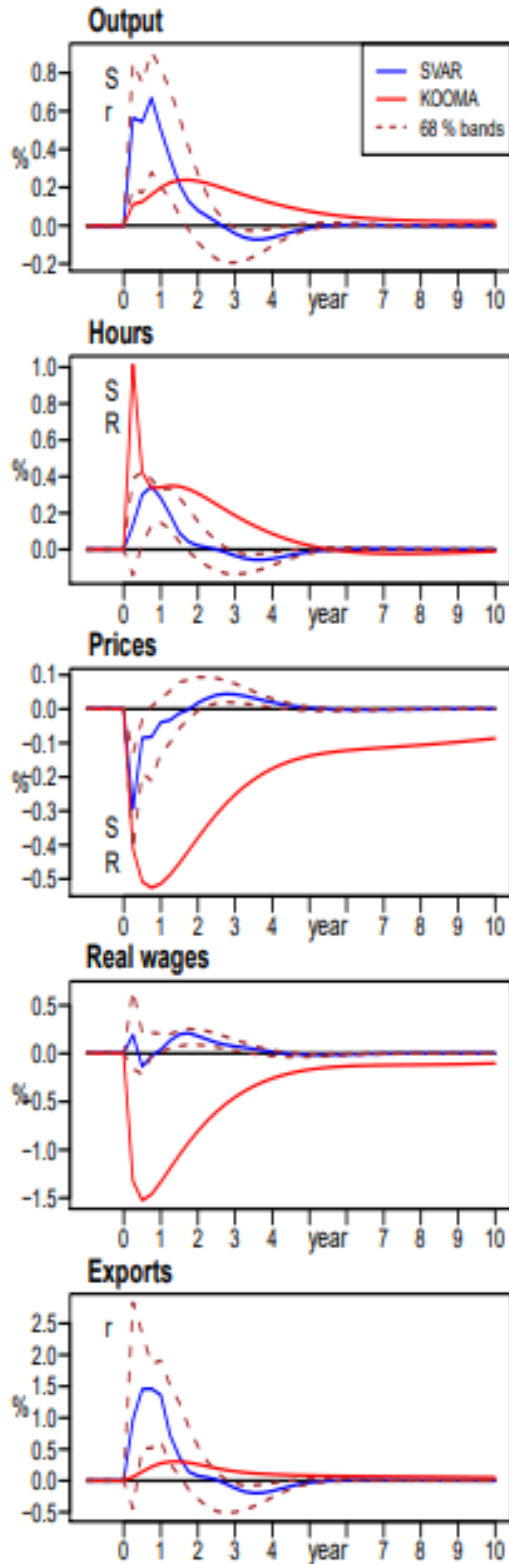
QUEST III R&D (2021)



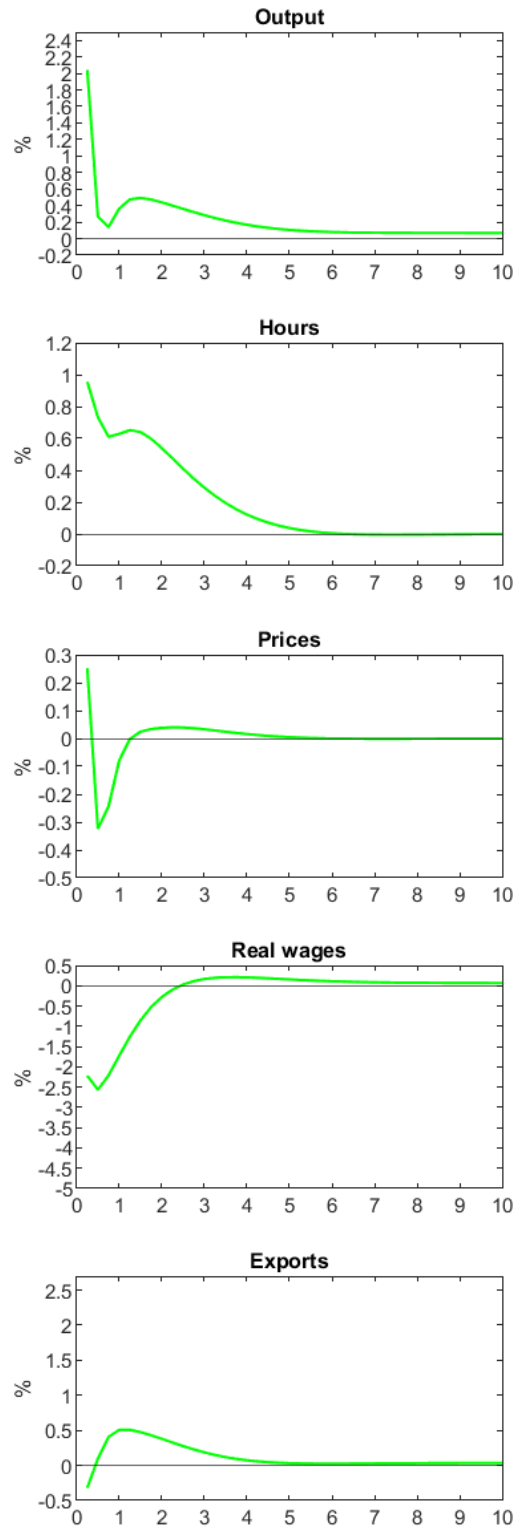
Kuvio 5: talouden muuttujien impulssivasteet kokonaistuottavuuden shokkiin

Työn tarjontashokki

KOOMA ja SVAR (2019)



QUEST III R&D (2021)



Kuvio 6: talouden muuttujien impulssivasteet työn tarjontashokkiin

### 3.1.3. Kotimaan kysyntäshokki

Kotimaan yksityinen kysyntäshokki lisää kotitalouksien kulutuksen rajahyötyä, mikä lisää työntekoa ja vähentää periodikohtaista säästämisastetta. QUEST-mallissa tämä shokki on määritelty kertoimeksi kunkin kotitalousluokan kulutuksen rajahyödyn funktioon, jonka kehitystä kuvaa AR(1) prosessi viivästysmuuttujalla 0.8. Snellmanin paperissa shokin suuruusluokka on skaalattu kotimaan tuotannon kasvun mukaan. Vertailukelpoisuuden vuoksi niin on myös tehty tässäkin simuloinnissa. Kuvio 7 näyttää impulssivasteet.

Kysyntäshokin impulssivasteet ovat QUESTissa, inflaatiota lukuun ottamatta, samanlaisia kuin KOOMAssa. Shokilla on välitön positiivinen kysyntävetoinen vaikutus tuotantoon. Toisaalta kulutus tapahtuu osittain investointien kustannuksella, minkä aiheuttama pääomakannan supistuminen johtaa lopulta tuotannon lievään laskuun noin kolmen vuoden jälkeen. SVAR-mallissa tämä heilahdus tapahtuu aiemmin, jo vuoden kuluttua shokista. Kussakin mallissa tehdyt työtunnit kehittyvät tuotannon mukaan.

Kasvanut tuotanto ei kuitenkaan kykene vastaamaan kokonaiskysyntään, jonka seurauksena hintataso nousee. Shokin välitön inflatorinen vaikutus on QUEST-mallissa kuitenkin huomattavasti hillitympi kuin SVAR- ja KOOMA-malleissa, sekä selvästi vähemmän persistentti. Teorian mukaan tuottajahintojen kasvu vähentää viennin kilpailukykyä. QUEST-mallissa viennin hintajousto on suhteellisen voimakas, minkä takia vienti laskee enemmän kuin KOOMAssa. SVAR-mallissa vienti reagoi heiluriliikkeellä, joskin kumulatiivinen vaikutus muistuttaa enemmän QUEST-mallia kuin KOOMAA. QUEST-mallissa reaali-palkkojen kasvu vastauksena kysyntäshokkiin on hyvin maltillista, mikä on sopusoinnussa SVAR-mallin tulosten kanssa.

### 3.1.4. Viennin kysyntäshokki

Viennin kysyntäshokki on QUEST-mallissa mallinnettu hetkellisenä viennin kasvuna. Vientikysynnän oletetaan tulevan neutraalisti mallin ulkopuolelta, eli sillä ei ole samanaikaista vaikutusta euroalueen ja muun maailman talouksien dynamiikkaan. Shokin kehitystä kuvaa AR(1) prosessi, jossa viivästysmuuttujan arvo on 0.73. Shokin suuruusluokka on kalibroitu Snellman (2019) tavoin tuotannon kasvun mukaan. Kuvio 8 näyttää impulssivasteet.

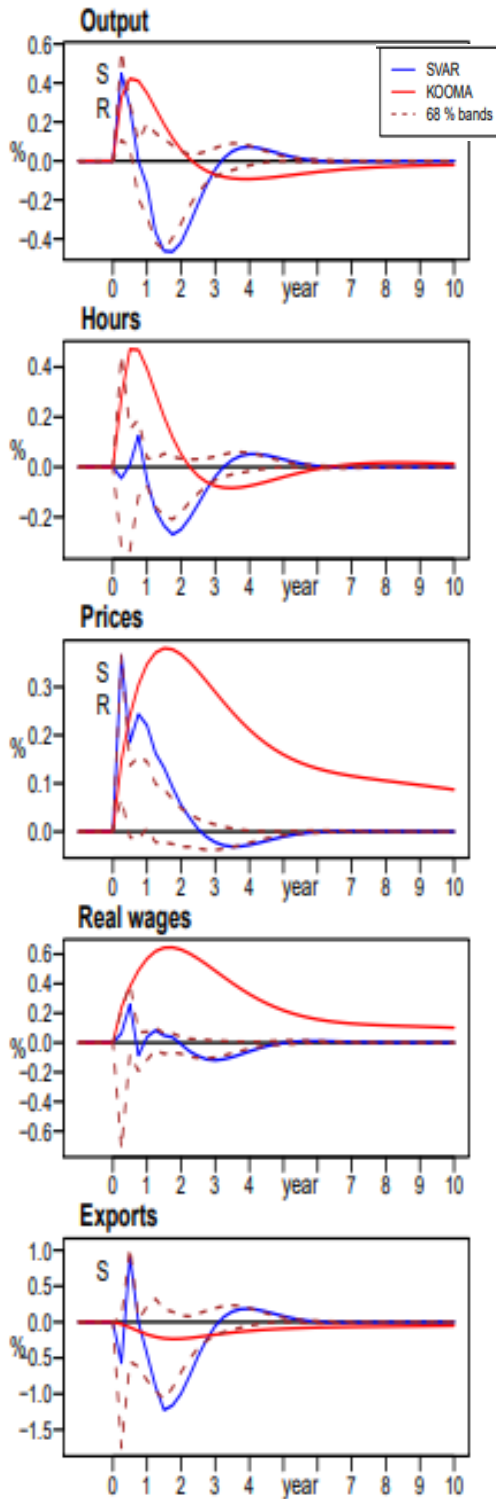
Tuotannon jousto viennin suhteen on noin 0.4, eli 2.5% kasvu viennissä johtaa prosentin kasvuun tuotannossa. Jousto on hyvin lähellä SVAR-mallia, ja suurempi kuin KOOMAssa.

Vaikutus inflaatioon on kokonaisuudessaan samaa mittaluokkaa kuin SVAR-mallissa, joskin QUEST yliarvioi välittömän inflaatioreaktion ja aliarvioi sen persistenssin. Nimellispalkat nousevat hieman, mutta selkeästi vähemmän kuin

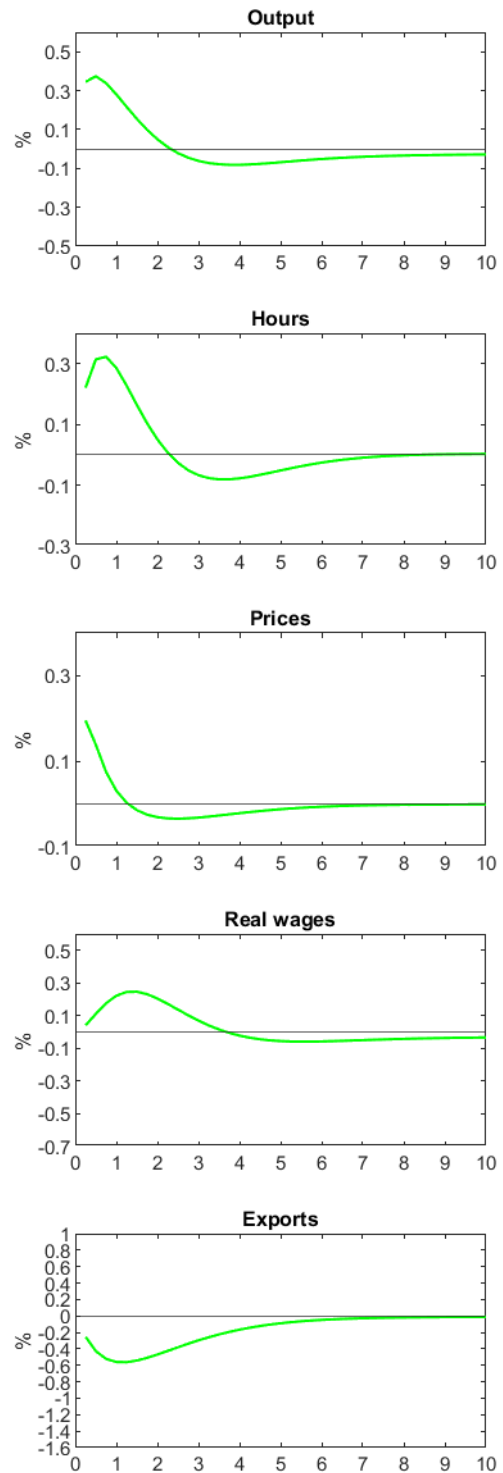
yleinen hintataso, ja siksi reaalitypalkat laskevat SVAR-mallin tavoin. Hintatason nousun takia vienti syrjäyttää osittain kotimaista kulutusta, ja lähtötasoon nähden suhteellisesti halvempi tuonti kasvaa. Tuotannon kasvun myötä QUESTissa tehdyt työtunnit kasvavat SVAR-mallin kanssa samassa suhteessa.

Kokonaisuudessa vaikuttaa siltä, että QUEST on kalibroitu hyvin Suomen talouteen. Tätä voi perustella sillä, että impulssivasteet muistuttavat empiiristä SVAR-mallia etumerkiltään, kokoluokaltaan, ja osittain kestoaltaan. Kalibroinnissa on vikaa kahdessa suhteessa. Ensinnäkin, työn tarjontashokki, joka kanavoituu kotitalouksien palkan sopeutuskustannuksiin, ei ole looginen ja eroaa suuresti verrokkimalleista. Toiseksi, nimellispalkat ovat liian joustavia kautta laidan, varsinkin alaspäin.

Kotimainen yksityisen kysynnän shokki  
KOOMA ja SVAR (2019)

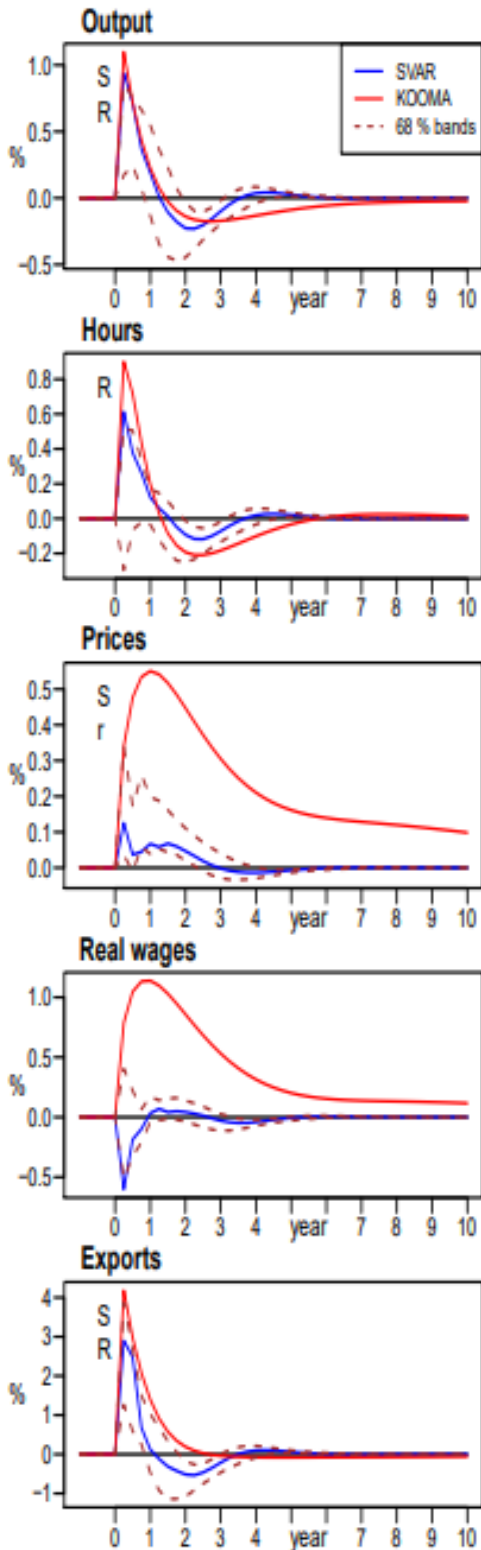


QUEST III R&D (2021)

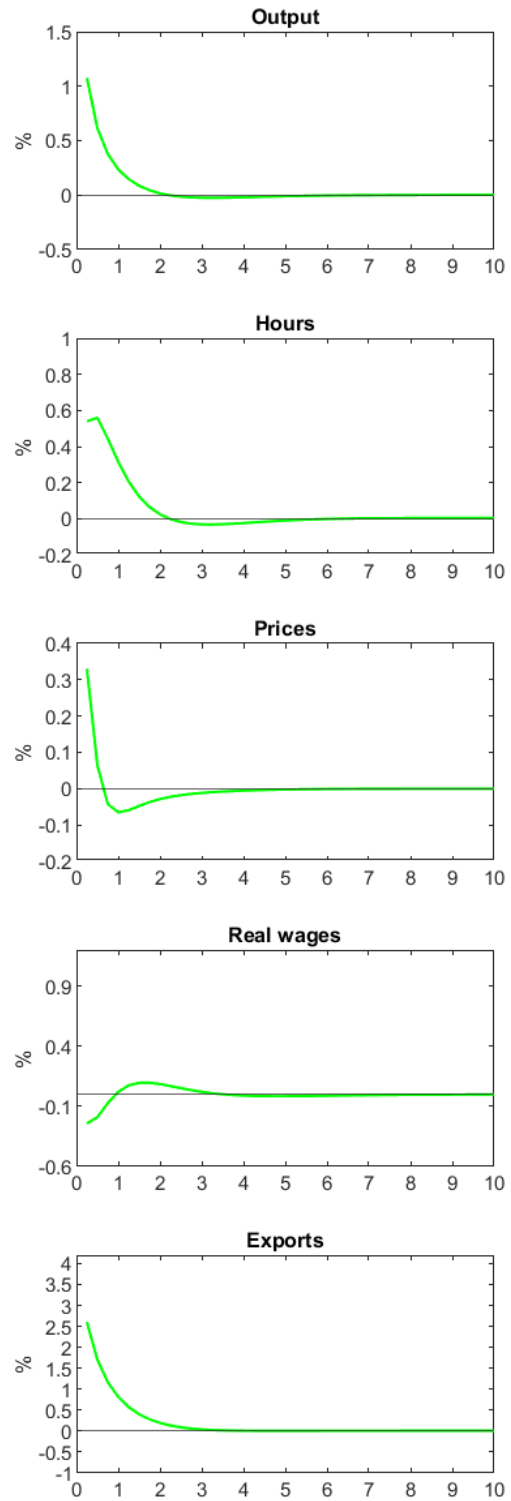


Kuvio 7: talouden muuttujien impulssivasteet kotimaan yksityiseen kysyntäshokkiin

Viennin kysyntäshokki  
 KOOMA ja SVAR (2019)



QUEST III R&D (2021)



Kuvio 8: talouden muuttujien impulssivasteet vientikysynnän shokkiin

#### 4. Innovaatioiden mallintaminen ja julkisen vallan vaikutusmahdollisuudet

Kuten todettu, QUEST-mallin sisällä innovaatiot, jotka mitataan aineettoman pääomakannan muutosten perusteella, ovat endogeenisiä eli mallin sisällä määräytyviä. Näin ollen talouden toiminnalla on vaikutuksia teknologiseen kehitykseen ja toisinpäin. Julkinen valta voi alaluvussa 2.4. mainittujen tukien avulla edesauttaa teknologian kehitystä aineettoman pääoman kysyntä- ja tarjontatekijöiden kautta. Kokonaistaloudelliset vaikutukset riippuvat talouden toimijoiden joustoista.

##### *Kysyntätekijät*

Mallissa aineettoman pääoman kysyntä tulee välituoteyrityksiltä, jotka tarvitsevat sitä kukin yhden yksikön verran. Välituoteyritysten määrä, ja täten aineettoman pääoman kysyntä, asettuu siten, että myyntituotot ovat yhtä kuin kiinteän pääoman kustannus, aineettoman pääoman lisensointikustannuksen, ja periodikohtaisesti jaksotettu kertaluontoinen markkinoille tulon kustannus. Välitön tapa kasvattaa tasapainomäärää on laskea eksogeenisiä markkinoille tulon kustannuksia rakenteellisten uudistusten kautta. Toinen keino on alentaa aineettoman pääoman lisensointikustannuksia. Aineettoman pääoman lisenssikustannus johdetaan kotitalouksien rajoitetusta optimointiyhtälöstä, ja se on karkeasti yhtä kuin kiintopisteenä käytetyn nimelliskoron, kannan kulumisen ja riskipreemion summa. Mallin puitteissa valtio voi suorasti vaikuttaa tähän tuottotasoon laskemalla aineettoman pääomatulon veroa tai korottamalla aineettoman pääoman investointien tukia. Toisaalta nämä toimet vaikuttavat puolestaan negatiivisesti valtion budjettiin, jonka tasapainottamiseksi valtion tulee pitkällä aikavälillä kiristää finanssipolitiikkaa könttäsummaverotuksen kautta. Näin ollen tällaisten toimien kokonaistaloudelliset vaikutukset pitkällä aikavälillä riippuvat talouden rakenteellisista parametreista.

Periaatteessa vielä yksi keino vaikuttaa aineettoman pääoman kustannukseen on pienentää kotitalouksien vaatimaa aineettoman pääoman riskipreemiota, joka on mallin puitteissa eksogeeninen parametri joka reflektoi mm. investointiympäristön ennustettavuutta. Tämän riskipreemion arvot on kalibroitu siten, että Suomen arvo on noin 0.7%, muun euroalueen 0.3%, ja muun maailman lähes 4%.

##### *Tarjontatekijät*

Loppupeleissä kysyntätekijöiden vaikutus innovaatiotoimintaan on kuitenkin rajallinen ja ne voivat pikemminkin ylikuumentaa taloutta. Mallin puitteissa suurimmat innovaatiotoiminnan kasvun lähteet ovat tarjontapuolella. Ottaen ulkomaan innovaatiokehityksen annettuna, ensisijainen keino innovaatiotarjonnan kasvattamiseksi on lisätä tuotannossa käytettyä työvoimaa. Yksi keino tähän on pyrkiä kasvattamaan korkean koulutustason (mallin puitteissa luonnontieteiden

osaajien) väestöosuutta. Toinen keino on antaa suoria palkkatukia T&K-sektorille. Tämä toisaalta kasvattaa T&K-sektorin tuotantoa osittain lopputuotesektorin kustannuksella, joka palkkatason noustessa vähentää työvoimaa. Viimeinen keino innovaatioiden lisäämiseksi on pyrkiä kiihdyttämään innovaatioiden läikkymisvaikutuksia, joskin keinot näiden rakenteellisten parametrien muuttamiseksi ovat jopa teoriassa epäselviä.

### *Vaikutusarviot*

Tässä osioissa tarkastellaan, miten innovaatioiden määrän kasvuun vaikuttavat politiikkatoimet heijastuvat Suomen talouteen. Kaikki muutokset tehdään mallissa vain Suomen blokille, kun taas muu euroalue ja muu maailma pidetään ennallaan. Kaikissa toimissa on merkillepantavaa, että läikkymisvaikutusten takia kertaluonteiset innovaatioiden kasvupyrähdykset synnyttävät kerrannaisvaikutuksia seuraaville periodeille siten, että tuottavuus jää pysyvästi korkeammalle tasolle. Esimerkiksi merkittävä euroalueen kysyntäshokki lisää tuotantoa euroalueella ja vientimaa Suomessa, mikä johtaa aineettoman pääoman tuotantoon, mikä puolestaan myötävaikuttaa läikkymisvaikutusten kautta vielä tulevaisuuden aineettoman pääoman tuotannossa shokin hälvennettyä. Tämän kaltaiset positiiviset ulkoisvaikutukset ovat argumentti innovointitoiminnan kannustamiseen pyrkivien politiikkatoimien puolesta.

#### **4.1. Skenaario 1: T&K rahoitustavoitteen taloudelliset vaikutukset**

Tässä analyysissä on käytetty pohjana Valtionneuvoston parlamentaarisen TKI-työryhmän 2022 loppuraporttia, jossa esitetään T&K-rahoituksen kasvattamista ennakoitua 2,4 miljardista eurosta vuonna 2023 4,3 miljardiin euroon vuoteen 2030 mennessä (Valtionneuvosto, 2023). Tämän mallinnetaan QUEST III -mallin sisällä julkisena tukiprosenttina kokonaiskustannuksista eli bruttopalkoista.

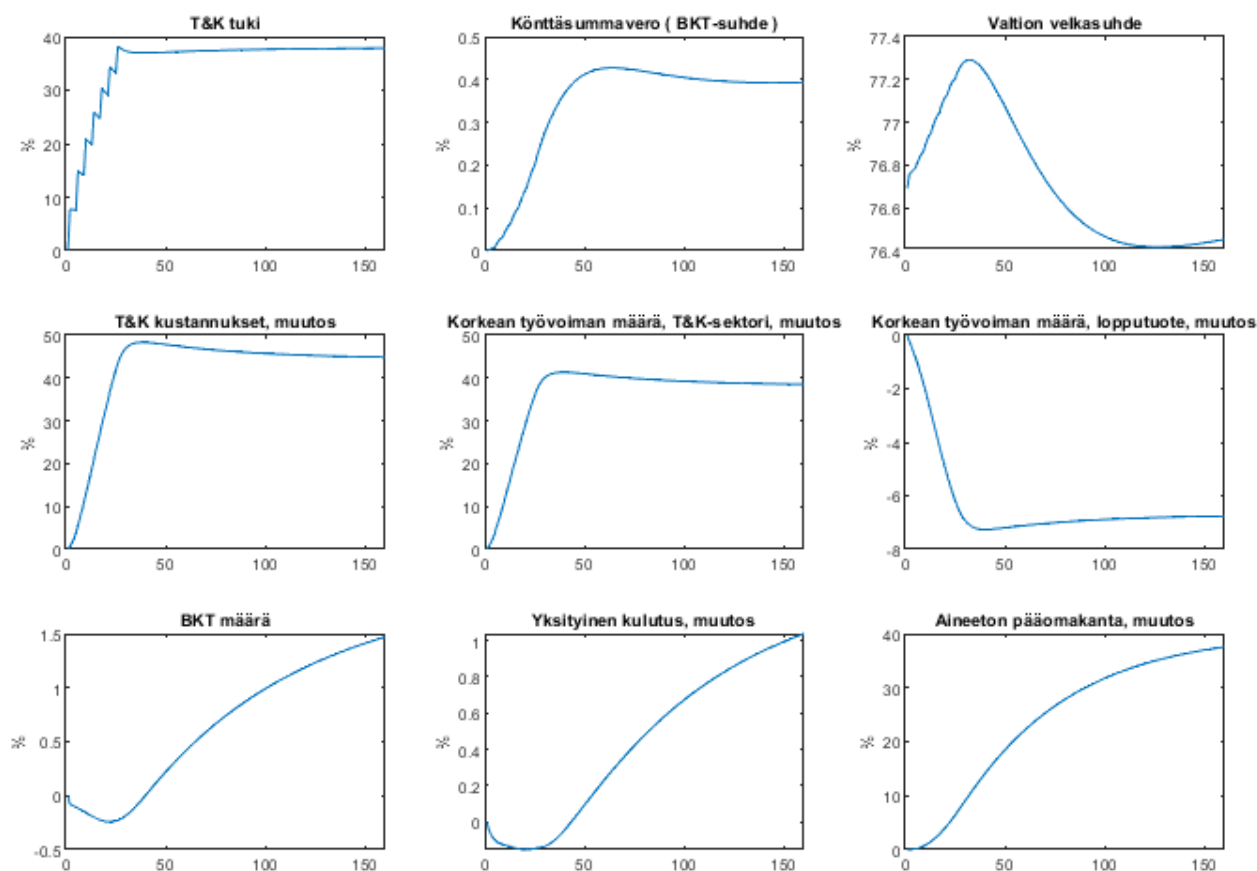
Valtaosa Suomen nykyisestä T&K-rahoituksesta menee yliopistoille, ammattikorkeakouluille ja julkisen sektorin tutkimuslaitoksille, ja lisäksi noin kymmenys menee yksityisille yrityksille mm. Business Finlandin tukina. Malli on kalibroitu vuoden 2021 tilastoilla siten, että tämä rahoitus on osana julkista kulutusta ja pääomakantaa, kun taas T&K-sektorin suora kustannustuki on 0. Näin ollen vain kaavailtu rahoituksen kasvu (1.9 miljardia euroa) tuodaan malliin eksogeenisena julkisen vallan tukena. Könttösomma konvertoidaan palkkatukiprosentiksi seuraavalla kaavalla<sup>2</sup>:

$$\text{palkkatuki } \% = \frac{\text{vuosittaisen T\&K - rahoituksen kasvu}}{\text{T\&K - sektorin palkat}},$$

<sup>2</sup> Todellisuudessa osa palkkatuesta menisi työnantajan osuuksiin T&K-henkilöstön sosiaaliturvamaksuista. Täten kaavassa nimittäjä olisi todellisuudessa suurempi. Euroopan komissio on kuitenkin QUEST-malliin tehnyt mallitekniikan valinnan, missä palkkatuki menee kokonaisuudessaan työnantajille, ja johdonmukaisuuden vuoksi niin on toimittava tässäkin tapauksessa

jossa nimittäjä on T&K-sektorin kustannukset eli bruttopalkat ja niihin sidotut työnantajan maksamat sosiaaliturvamaksut. Oletus on, että rahoitus kasvaa vuosittain nykytasosta tavoitetasoon lineaarisesti 7 vuoden aikana, kun taas kunkin kvartaalin T&K-tuki on sama. Koska mallin numeeriset arvot ovat normalisoitu siten että lopputuotanto on 1, on tuki skaalattu BKT-osuudeksi. Kuvio 9 näyttää tuen vaikutukset 40 vuoden (160 kvartaalin) aikana suhteessa tasapainouraan.

Vuoteen 2030 mennessä 1,9 mrd. EUR T&K-rahoituslisä vastaa lähes 40 % tukea veronalaisista T&K-palkkakustannuksista. Palkkatuen myötä työllisten määrä T&K sektorilla kasvaa noin samassa suhteessa. Toisaalta tämä johtaa korkean koulutustason palkkojen nousuun, mikä puolestaan johtaa lopputuotesektorin irtisanomisiin. Korkean koulutustason korkean työllisyysasteen lähtötason vuoksi muutos koko talouden työllisyysasteessa on marginaalinen, ja politiikkamuutos johtaa oikeastaan vain työvoiman siirtymiseen lopputuotannosta T&K-toimintaan. Ensi tilassa tämä näkyy lopputuotannon laskuna. Kansantalouden näkökulmasta tämä on kuitenkin tehokasta siinä mielessä, että korkean tason työvoima lopputuotannossa voidaan korvata muulla työvoimalla ja laajemmalla tuotantopanoskirjolla, kun taas T&K-sektorin tuotannolle korkean koulutustason työvoimalle ei ole substituuttia. Aineeton pääomakanta ja välituoteyritysten määrä kasvavat noin kolmanneksen, jotka kanavoituvat lopputuotannon kasvuun yli lähtötason. Toisaalta välituoteyritysten määrän kasvaessa kilpailu kiristyy, ja täten yrityskohtainen tuotanto laskee lähes samassa suhteessa. Näin ollen vaikutus kokonaistuotannossa on maltillinen, ja kumulatiivinen BKT kasvaa vain noin 1.5% perusuraan nähden. Palkkatuen rahoittaakseen julkinen valta ottaa velkaa ja aloittaa könttäsommaverotuksen, mikä hieman vähentää kotitalouksien käytettävissä olevia tuloja ja kulutusta. Ajan myötä kasvavat verotulot rahoittavat valtion velkasuhteen palauttamisen ennalleen.



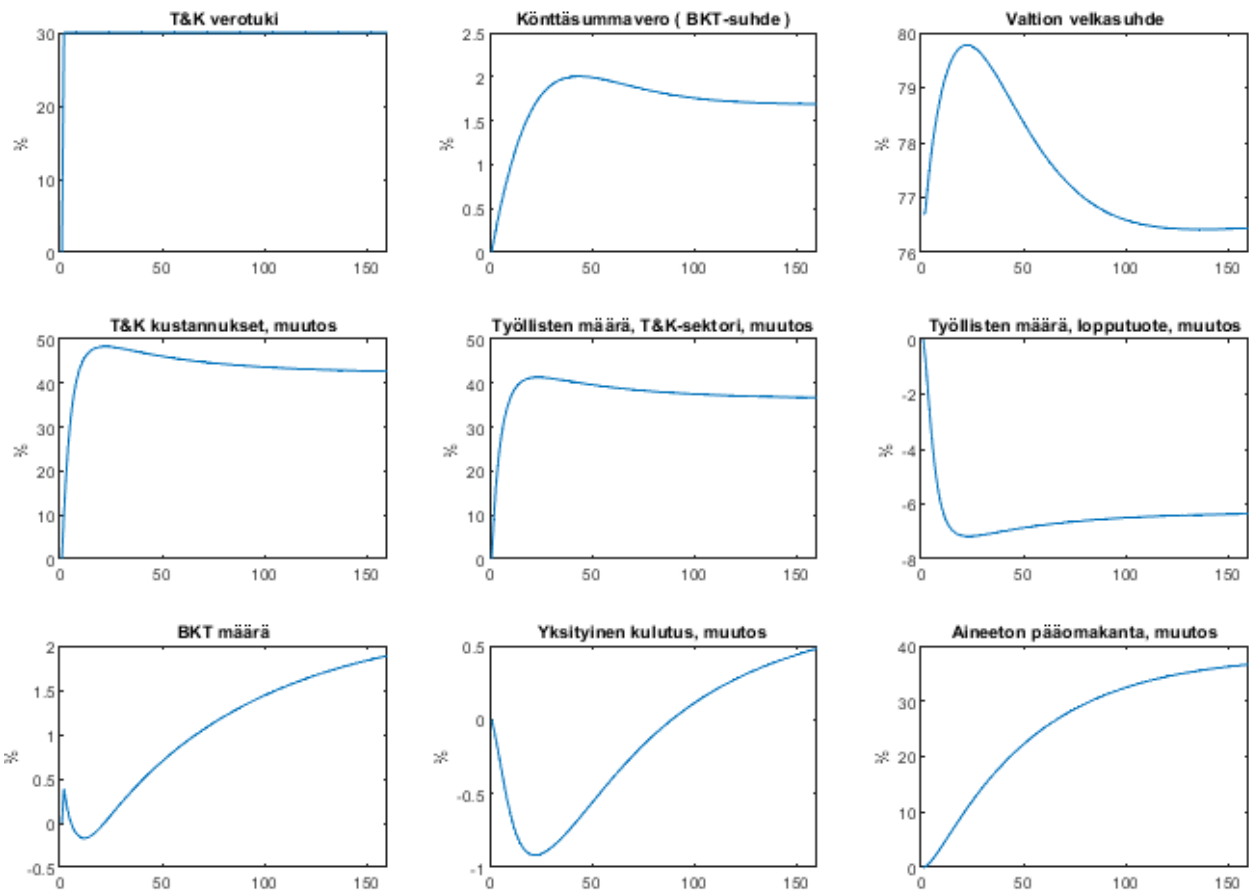
Kuvio 9: 1.9mrd T&K-rahoituslisäyksen talousvaikutukset suhteessa tasapainouraan

#### 4.2. Skenaario 2: T&K-verotuen käyttöönotto

Ranskassa yritysten T&K-kustannukset saavat 30 % verotuen 100 milj. asti, jonka ylittävät summat saavat 5 % verotuen (*tax credit*) (OECD, 2021). Suomella tällaista suoraa verotukea ei ole. Tämä verotuki on mallinnettu suoraksi pysyväksi aineettoman pääomakannan investointeihin sidotuksi tulonsiirroksi kotitalouksille, mikä heijastuu laskevaan aineettoman pääoman nettotuottoon. Toisin sanoen tuki vähentää kotitalouksien tuottovaadetta aineettomalle pääomalle, mikä vähentää välituotesektorin lisensointikustannuksia. Kustannusten laskun myötä välituotesektorille tulee lisää yrityksiä, jotka kasvattavat samassa suhteessa aineettoman pääoman kysyntää. Kuvio 10 kuvaa 40 vuoden (160 kvartaalin) aikaisen muutoksen.

Verotuen absoluuttinen määrä suhteessa reaaliiseen BKT:hen on noin 1,3 %. Koska tuki kohdentuu aineettoman pääoman arvoon eikä sen tuottamisen kustannuksiin, on se paljon kalliimpi kuin kustannustuki. Tämä näkyy siinä, että kotitalouksilta perittävä könttäsummavero ja valtion velkasuhde ovat merkittävästi korkeammat kuin aiemmassa skenaariossa. Verrattuna T&K-palkkatukeen, tässä skenaariossa valtaosa kustannuksista kanavoituu palkkojen kasvuun korkean koulutustason työvoimalle. Uudistuksen kokonaistuotantoa kasvattavat

vaikutukset ovat hieman suurempia kuin palkkatuen skenaariossa, joskin tässäkin tapauksessa 40 vuoden ajan tuotanto kasvaa yhteensä vain noin 2 % perusuraan nähden. BKT:n kasvu on enemmän investointi- kuin kulutusvetoista, ja yksityisen kulutuksen kasvu on huomattavasti maltillisempaa kuin suoran palkkatuen skenaariossa. Sama työmarkkinadynamiikka kuin suoran palkkatuen skenaariossa toteutuu tässäkin tapauksessa, eli kokonaistyöllisyys ei juuri kohene.

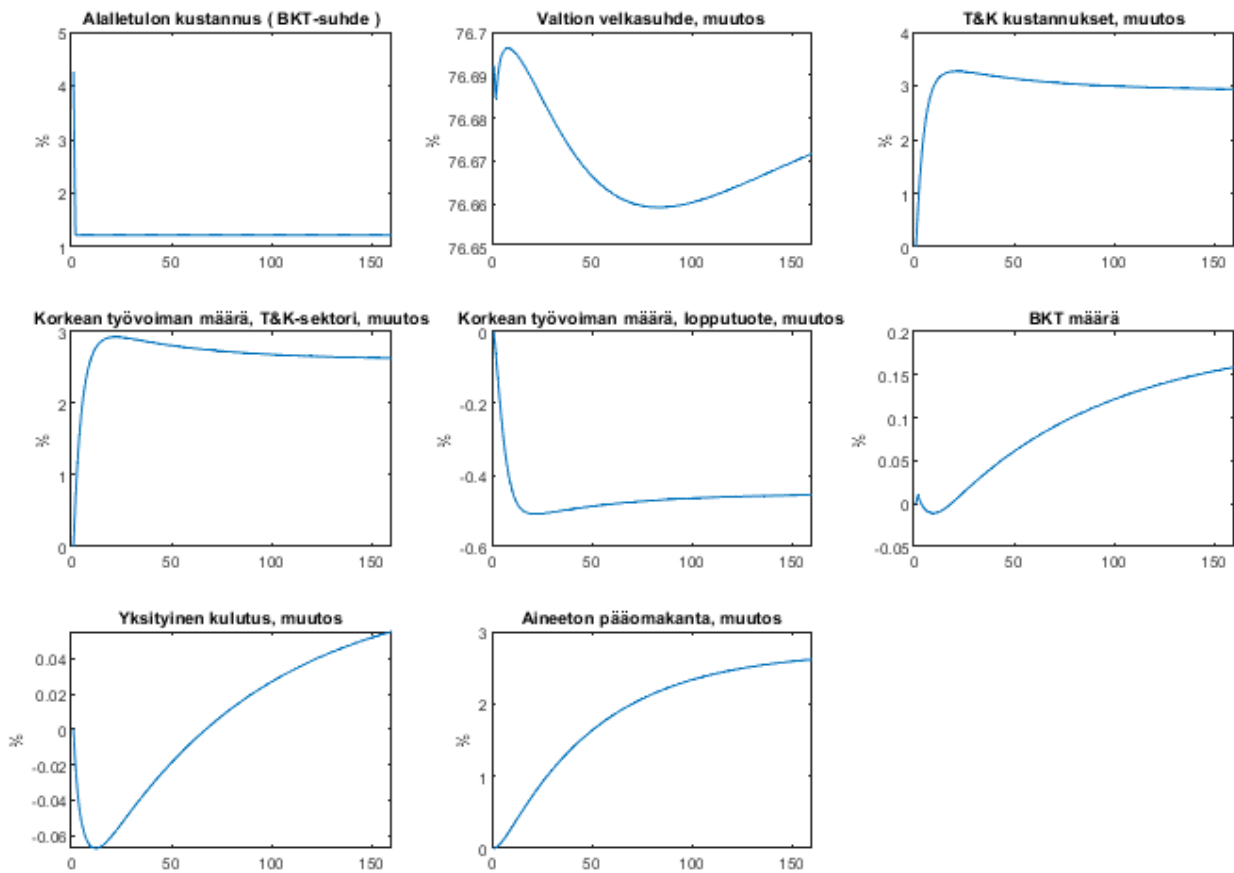


Kuvio 10: 30% T&K-verotuen talousvaikutukset suhteessa tasapainouraan

### 4.3. Skenaario 3: pysyvä markkinoille tulon kustannusten alentaminen

Tässä skenaariossa tarkastellaan, kuinka Suomen välituoteyritysten markkinoille tulon kustannusten alentaminen myötävaikuttaisi aineettoman pääoman tuotantoon ja yritysten määrään taloudessa. Maailmanpankin mukaan tämä kustannus (% BKT per capita) on Suomessa 0.7% ja parhaiten tässä suhteessa pärjäävässä pohjoismaassa, Tanskassa, 0.2% (World Bank, 2023). Tämän mittakaavan parannus tarkoittaisi noin 71% laskua alalletulon kustannuksissa. Kuvio 11 näyttää muutoksen vaikutukset 40 vuoden ajalta.

Markkinoille tulon kustannusten aleneminen johtaa uusien välituoteyritysten markkinoille tulon ja aineettoman pääomakannan kysyntävetoiseen kasvuun. Kuten aiemmissa skenaarioissa, tämä välituotekirjon laajentuminen kanavoituu lopulta tuotannon kasvuun. Kokonaistuotanto kasvaa kuitenkin vain 0,15% lähtötasoon nähden, koska markkinoille tulon kustannukset ovat jo valmiiksi hyvin alhaiset verrattuna pääomakustannuksiin. Aineeton pääoma kasvaa noin 2,5% verran, mikä vastaa suunnilleen saman suuruista kasvua T&K-sektorin työllisyydessä. Muut talouden muutokset ovat häviävän pieniä.



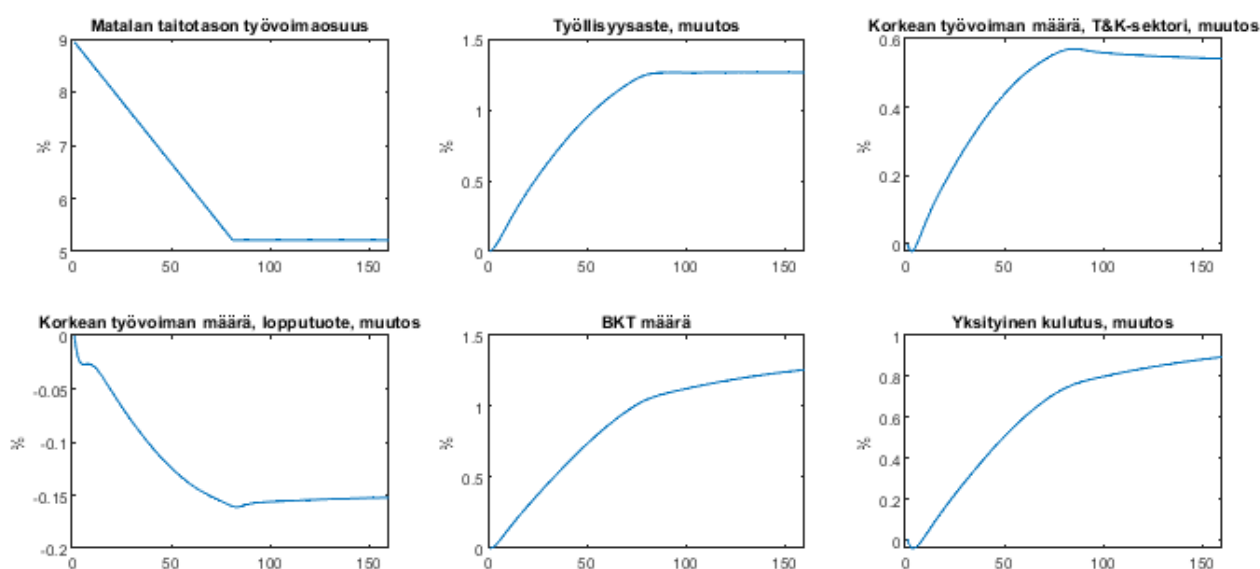
Kuvio 11: Markkinoille tulon kustannusten laskemisen talousvaikutukset suhteessa tasapainouraan

#### 4.4. Skenaario 4: alhaisen koulutustason työvoimaosuus pienenee

Muihin EU-maihin verrattuna Suomella on erinomainen koulutusjakauma, ja varsinkin korkean koulutustason työvoiman osuus on kärkiluokkaa. Vaikka alhaisen koulutustason osuus työvoimasta on matala, joissain verrokkimaissa se on vielä alhaisempi. Siinä missä Euroopan komission mukaan tämä osuus Suomella on noin 8,9% työvoimasta, on se Liettuassa 5,2% (DG-ECFIN, 2020). Seuraavassa analyysissä tarkastellaan, mitkä vaikutukset koulutusasteen parantamisella tässä suhteessa Liettuan tasolle olisi. Skenaariossa alhaisen koulutustason työvoima muuntuu keskitason työvoimaksi siten, että matalan

koulutustason osuus työvoimasta laskee lineaarisesti Liettuan tasolle 20 vuoden aikana.

Kuvio 12 näyttää tulokset. Suurin muutos on työllisyysasteessa. Näin siksi, että matalan koulutustason tasapainotyöllisyysaste on alhainen (noin 54%), kun taas keskitasolla se on verrattain korkea (79%). Kun matalan taidon väestönosuus laskee, kotitalouksien työllisyys ja täten käytettävissä olevat tulot kasvavat. Tämä johtaa yksityisen kulutuksen vetämään tuotannon kasvuun. Aiempaa runsaampi keskitason työvoima työllistyy lopputuotesektorille, mikä mahdollistaa sen, että osa korkeasta työvoimasta siirtyy T&K-sektorille vastaamaan välituotesektorin aineettoman pääoman kysyntään. Kokonaisuudessa BKT kasvaa 40 vuoden aikana noin 1,25% perusuraan nähden.



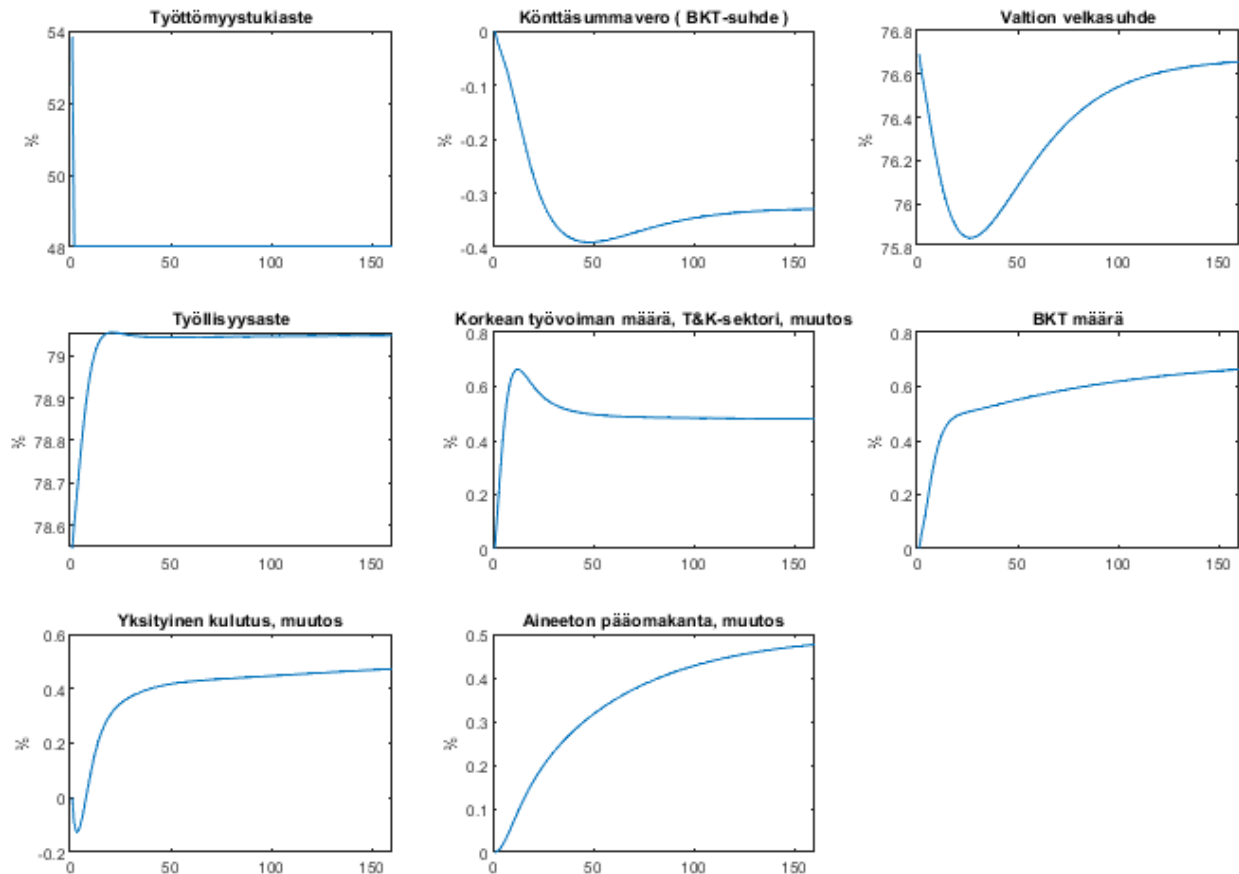
Kuvio 12: Koulutustason parantamisen talousvaikutukset suhteessa tasapainouraan

#### 4.5. Skenaario 5: työttömyysturvan alentaminen

Mallissa työttömät eli ne, jotka eivät ole töissä tai työvoiman ulkopuolella, saavat valtiolta työttömyystukea tasasuhteessa b työllisten palkkaan nähden (*net replacement rate*). b:n suuruusluokka on arvioitu kullekin blokille tilastojen mukaan. Suomessa on verrattain korkea työttömyysturva: parametriarvo on 54% siinä missä muulla euroalueella se on keskimäärin 48%. Tässä simulaatiossa tarkastellaan, mitä työttömyysturvan leikkaaminen muun euroalueen tasolle tarkoittaisi Suomen taloudelle (kuvio 13).

Uudistuksen myötä kokonaistyöllisyys kasvaa noin prosenttiin, joka heijastuu muutaman vuoden sisällä 0.4% kasvuun yksityisessä kulutuksessa ja tuotannossa tasapainouraan nähden. Ajan myötä kokonaismuutos tuotannossa tasapainouraan nähden konvergoituu noin 0.7% kasvun tuntumaan.

Valtaosa uusista työllisistä tulee alhaisesta koulutusluokasta, joka mahdollistaa korkean työpanoksen siirtymisen lopputuotannosta T&K-sektorille. Vastaavasti aineeton ja kiinteä pääomakanta kasvavat hieman. Kun valtion menot vähenevät mutta velkasuhdetta ei aktiivisesti pyritä vähentämään, palauttaa valtio ylimääräiset rahat takaisin kotitalouksille negatiivisen könttäsommaverotuksen muodossa.



Kuvio 13: Työttömyystuen alentamisen talousvaikutukset suhteessa tasapainouraan

## Lähteet

- Arrow, K. J., & Debreu, G. (1954). Existence of an equilibrium for a competitive economy. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 265-290.
- Dixit, A. K. and J. E. Stiglitz (1977). "Monopolistic competition and optimum product diversity." *American Economic Review* 67 (3), pp. 297-308.
- Euroopan Komissio, DG-ECFIN (2020): "QUEST III R&D Model, calibration and application", LIME QUEST User group meeting Brussels
- OECD (2021). "R&D Tax Incentives: France, 2021", [www.oecd.org/sti/rd-tax-stats-france.pdf](http://www.oecd.org/sti/rd-tax-stats-france.pdf), Directorate for Science, Technology and Innovation, December 2021.
- Pessoa, A. (2005). "Ideas" driven growth: the OECD evidence. *Portuguese Economic Journal*, 4, 46-67.
- Ratto, M., Roeger, W., & in't Veld, J. (2009). QUEST III: An estimated open-economy DSGE model of the euro area with fiscal and monetary policy. *economic Modelling*, 26(1), 222-233.
- Roeger, W., & Varga, J. (2008). Structural reforms in the EU: A simulation-based analysis using the QUEST model with endogenous growth (No. 351). Directorate General Economic and Financial Affairs (DG ECFIN), European Commission.
- Snellman, O. (2019). Evaluation of DSGE model KOOMA with a sign restricted Structural VAR model. Discussion Papers of the Ministry of Finance of Finland.
- Stehrer, R., & Sabouniha, A. (2023). *wiiw Growth and Productivity Database*. The Vienna Institute for International Economic Studies (wiiw)
- Valtioneuvosto. 2023. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoituksen käyttöä koskeva monivuotinen suunnitelma. Parlamentaarisen TKI-työryhmän 2022 loppuraportti 1.3.2023. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:13. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-978-6>
- World Bank. *Doing Business*. Accessed 20.6.2023. <https://archive.doingbusiness.org/en/data/exploretopics/starting-a-business>