



**Euroopan unionin
osarahoittama**

SeAMK
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Syväkanavavaraston simulointi ja optimointi

OPLITE-Casebook

Hannu Hakalahti & Toni Luomanmäki

18.12.2024

Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	3
2	Syväkanavarasto	3
2.1	Simulaatiomalli.....	3
2.2	Heuristiikat	4
2.3	Rullien tuotanto	5
2.4	Tilausten käsittely ja ennakointi	5
2.5	KPI-mittarit	6
3	Tulokset.....	6
4	Yhteenveto	8

1 Johdanto

Pilotin kohdeyrityksenä toimi Pesmel Oy, jonka toimialaan kuuluvat materiaalinkäsittelyn automatisointi ja varastojen logistiikkaratkaisut. Pilotin tavoitteena oli tutkia ja simuloida syväkanavavaraston toimintaa eri heuristiikoilla (säännöillä tai menetelmillä ongelman ratkaisemiseksi). Tässä yhteydessä heuristiikalla tarkoitetaan syväkanavavarastossa olevien rullien varastointisääntöä. Vertailtavia heuristiikkoja olivat rullien yksinkertainen varastointisääntö ja monimutkaisempi säännöstö, joka perustuu varastoitavien rullien luokitteluun. Heuristiikkojen vertailussa käytettiin oikeaa tuotanto- ja tilausdataa yhdeltä kuukaudelta.

Uusien menetelmien testaamiseksi ja pilotoimiseksi hyödynnettiin Pesmelin omaa simulointimallia siten, että uudet rullat generoidaan simulaatiomalliin annetun tuotantodatan mukaan ja viedään varastoon valitun heuristiikan mukaisesti, kun taas tilatut rullat siirretään varastosta lähtökuljettimelle annetun tilausdatan perusteella. Mallilla testattiin myös erilaisia ennakkointitoimenpiteitä ja niiden vaikutuksia toimintaan.

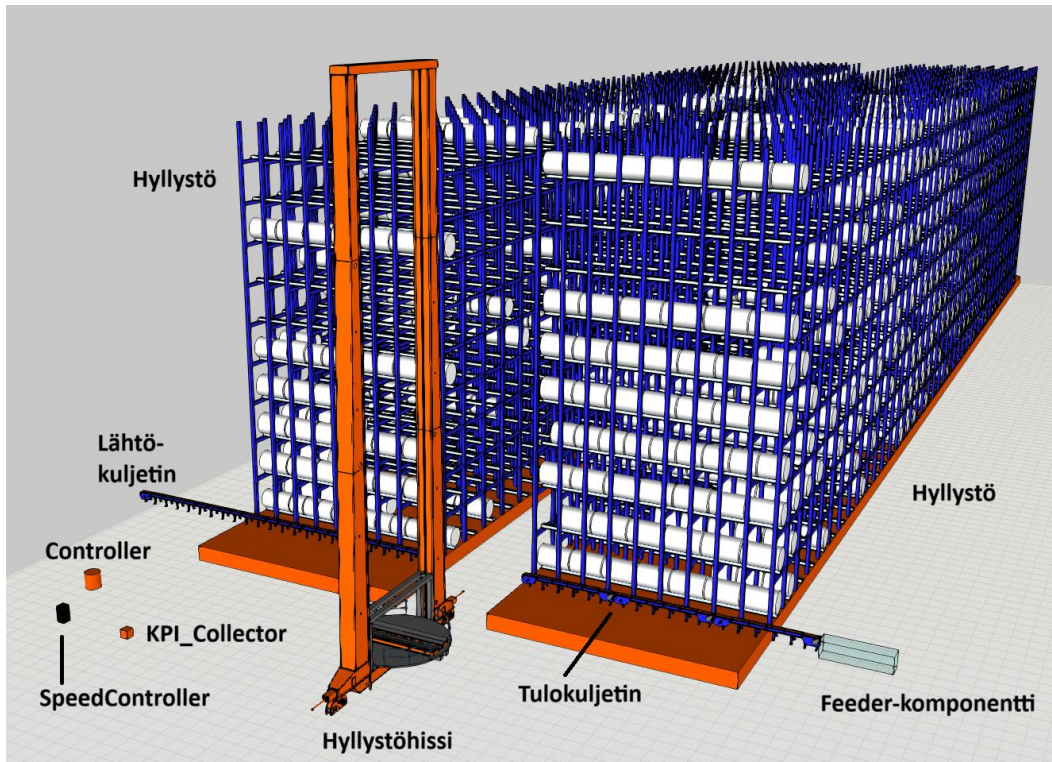
Simulointimalliin rakennettiin KPI-mittarit (Key Performance Indicator) eli tunnusluvut, joita olivat varaston täyttöaste, tilausten kesto, ja rullien odotusaika syväkanavavaraston sisään syötössä. Osa KPI-mittareista tallennettiin ulkoisiin CSV-tiedostoihin myöhempää analyysiä varten.

Kappaleessa 2 on tarkempi kuvaus simulaatiomallin toiminnasta, kun taas kappaleessa 3 käsitellään simulaatiosta saatuja tuloksia.

2 Syväkanavarasto

2.1 Simulaatiomalli

Syväkanavavaraston simulaatiomalli sisältää tulo- ja lähtökuljettimet, kaksi suurta hyllystöä, ja hyllystöjen välissä liikkuvan hyllystöhissin. Tulokuljettimen alkuun liitetty Feeder-komponentti generoi simulaatioon uusia rullia annetun tuotantodatan perusteella. Oranssi sylinteri on Controller-komponentti, jolla hallitaan varaston toimintaa. Musta kuutio on SpeedController-komponentti, jossa voidaan määrittää arvoja eri parametreille. Pieni oranssi kuutio on KPI_Collector-komponentti KPI-mittarien keräämiseen (Kuva 1).



Kuva 1. Syväkanavaraston simulaatiomalli.

Simulaation lähtödatana olivat rullien alkuinventaario ja rullien tuotanto- ja tilausdata yhden kuukauden ajanjaksolta (tammikuu 2024).

Simulaatiomalli on tehty Visual Components -ohjelmistolla hyödyntäen laajasti sen Python API -mahdollisuutta kompleksisten toimintojen toteuttamiseksi.

2.2 Heuristiikat

Aina kun simulaatio käynnistetään, varastoon luodaan rullien alkuinventaario annetun datan perusteella. Controller-komponentilla on UseSimpleHeuristics-niminen boolean-tietotyyppin parametri, jolla voidaan määrittää heuristiikka, jonka perusteella rullat varastoidaan kanaviin. Vaihtoehtoina ovat yksinkertainen varastointisääntö (true) ja monimutkaisempi, rullien luokitteluun perustuva varastointisäännöstö (false).

Yksinkertaisen varastointisäännön mukaan rulla varastoidaan kanavaan, jossa on rullia, joilla on sama SKU (Stock Keeping Unit) kuin varastoitavalla rullalla. Jos varastoitavan rullan SKU:ta ei ole vielä varastossa tai sopivat kanavat ovat täynnä, rulla varastoidaan lähimpänä kuljettimia

olevaan tyhjään kanavaan. Tällä heuristiikalla varastoon ei muodostu sekakanavia eli kanavia, joissa on useaa eri SKU:ta. Kääntöpuolena on kuitenkin se, että käytössä olevien kanavien lukumäärä kasvaa, koska kahta tai useampaa eri SKU:ta ei voida varastoida samaan kanavaan.

Moniulotteisempana toimintalogiikkana testattiin mm. varastointisäännöstöä, joka perustuu rullien luokitteluun siten, että kullakin luokalla on oma varastointisääntönsä. Monimutkaisemman varastointisäännöstön tapauksessa varastoon muodostuu sekakanavia. Tätä kompensoi kuitenkin käytössä olevien kanavien pienempi lukumäärä verrattuna yksinkertaiseen varastointisääntöön.

2.3 Rullien tuotanto

Tulokuljettimen alkuun liitetty Feeder-komponentti generoi simulaatioon uusia rullia annetun tuotantodatan perusteella. Kun rulla saapuu tulokuljettimen loppupäähän, tulokuljetin ilmoittaa Controller-komponentille, että rulla on valmis poimittavaksi ja siirrettäväksi varastoon.

Controller-komponentin Python-skriptin tehtävänä on etsiä uudelle rullalle sopiva kohdekanava valitun heuristiikan avulla. Kun kohdekanava on selvillä, Controller käskyttää hyllystöhissiä, joka poimii rullan tulokuljettimelta ja siirtää sen kohdekanavaan oikeaan syvyYTEEN.

2.4 Tilausten käsittely ja ennakointi

Lähtökuljettimen Python-skripti lukee tilausdatan simulaation alussa. Kullakin tilauksella on datassa määritetty aloitusaika. Kun simulaatiossa kulunut aika saavuttaa kyseisen ajanhetken, lähtökuljetin ilmoittaa Controller-komponentille, että uusi tilaus on valmis aloitettavaksi.

Controller-komponentin Python-skripti etsii varastosta kanavat, joissa on tilatun rullan SKU:ta. Seuraavaksi Controller komentaa hyllystöhissiä poimimaan varastosta tilattuja rullia ja siirtämään ne lähtökuljettimelle. Lähtökanavan hakua ja rullien siirto varastosta lähtökuljettimelle toistetaan niin kauan, kunnes kaikki käynnissä olevan tilauksen rullat on toimitettu tai varastosta ei enää löydy tilattua SKU:ta.

Jos käy niin, että tilattu rulla on blokattu eli rullan edessä on rullia, joilla on eri SKU kuin tilatulla rullalla, niin nämä blokkaavat rullat siirretään toisiin kanaviin varastossa.

Tilausten ennakkoinnissa tarkastellaan seuraavan 24 tunnin aikana alkavia tilauksia. Kunkin tilauksen kohdalla tilatun SKU:n (rullan) tiellä mahdollisesti olevat eri SKU:n omaavat rullat siirretään varastossa toisiin kanaviin. Tilausten ennakointi suoritetaan ennen kuin tilaus on datan mukaan merkattu alkavaksi silloin, kun hyllystöhissillä ei ole muita työtehtäviä. Tilausten ennakkoinnilla pyritään sujuvoittamaan tilausten käsittelyä.

2.5 KPI-mittarit

KPI 1 -tunnusluku mittaa varaston täyttöastetta, joka määritellään seuraavasti:

$$\text{täyttöaste} = \frac{\text{koko varaston rullien varaama tila}}{\text{koko varaston kanavien kapasiteetti}}$$

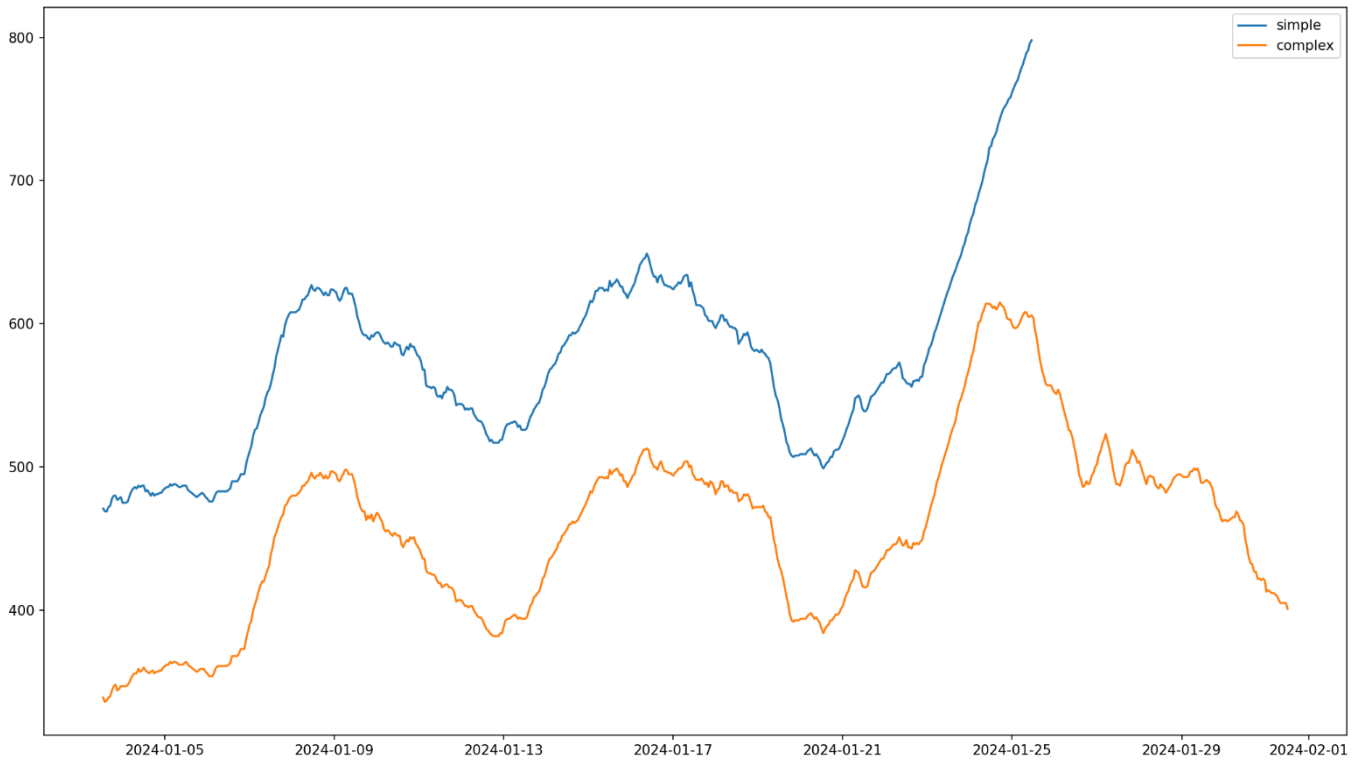
Controller-komponentti laskee varaston täyttöasteen aina, kun varastoon siirretään uusi rulla, tai kun rulla siirretään varastosta ulos. Varaston täyttöaste ja varastossa olevien rullien lukumäärä tallennetaan muuttujiin, joiden arvot KPI_Collector-komponentti käy lukemassa kerran tunnissa ja tallentaa ne ulkoiseen CSV-tiedostoon.

KPI 2 -tunnusluku mittaa tilauksen kestoa siitä, kun tilaus on merkattu alkavaksi datassa siihen, kun tilauksen viimeinen rulla on toimitettu. Tilauksen kesto ja muut tiedot tallennetaan niin ikään ulkoiseen CSV-tiedostoon tilauksen valmistuttua.

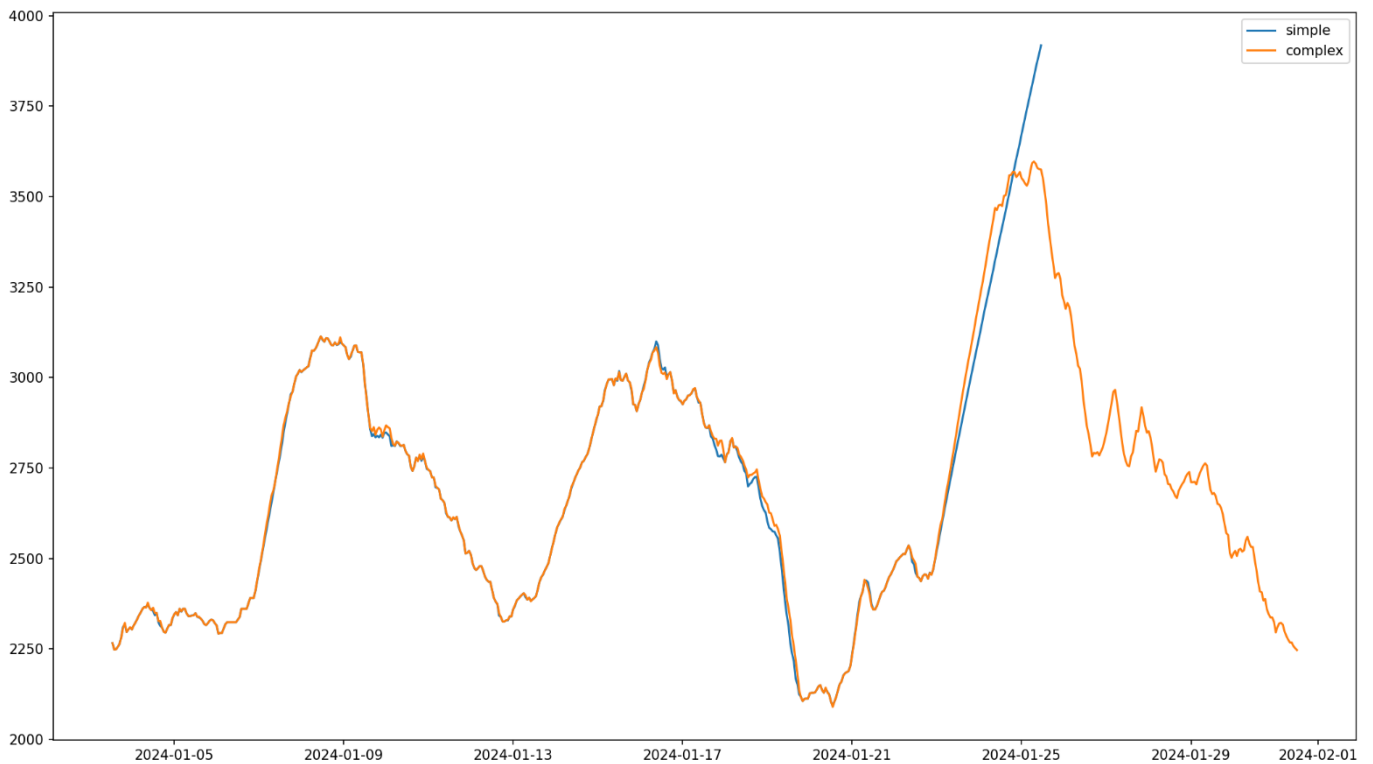
KPI 3 -tunnusluku mittaa rullien odotusaikaa sisään syötössä. Käytännössä tämä tarkoittaa aikaa, joka kuluu siitä, kun rulla on datan mukaan generoitu tulokuljettimelle siihen, kun hissi poimii rullan tulokuljettimelta. Rullan odotusaika tallennetaan rullan parametreihin.

3 Tulokset

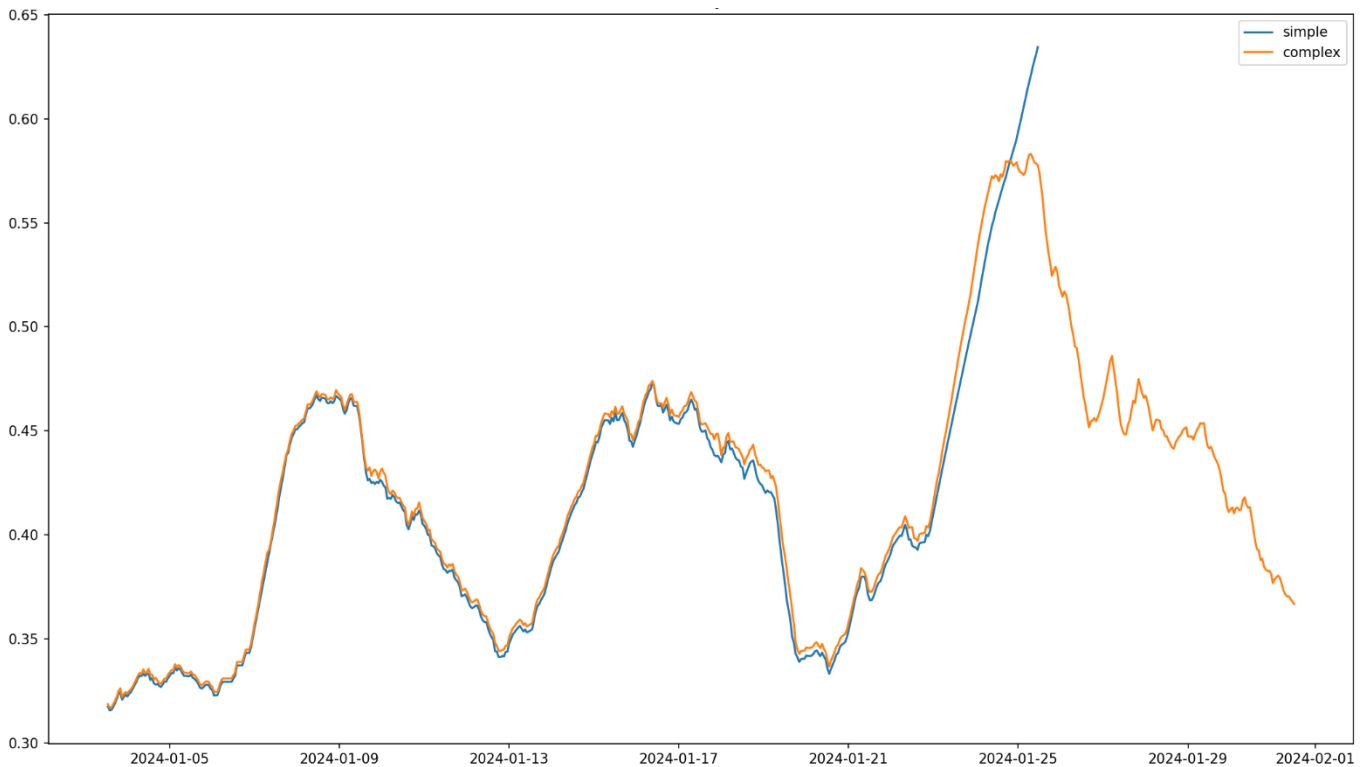
Kun simulaatiossa käytettiin yksinkertaista heuristiikkaa, syväkanavavaraston tyhjät kanavat loppuivat kesken ennen kuin koko tammikuun tuotanto saatiin simuloitua, mikä käy selvästi ilmi käytettyjen kanavien lukumäärän kuvassa (Kuva 2). Varaston ennenaikainen täytyminen näkyy myös kuvissa Kuva 3 ja Kuva 4.



Kuva 2. Käytettyjen kanavien lukumäärä eri heuristiikoilla.



Kuva 3. Rullien lukumäärä varastossa eri heuristiikoilla.



Kuva 4. Varaston täyttöaste eri heuristiikoilla.

Varaston ennakainen täytyminen yksinkertaisen varastointisäännön kohdalla johtuu siitä, että tammikuun lopun suuren tuotantopiikin aikana varastoon siirretään monta rullaa, joilla on eri SKU. Koska yhteen kanavaan voidaan laittaa vain yhtä SKU:ta, tyhjät kanavat loppuvat ennen pitkää kesken.

4 Yhteenveto

Nykyaikaisessa liiketoiminnassa datan rooli on keskeinen. Yrityksilläkin on yhä enemmän käytössään tietoa esimerkiksi kysynnästä, varastotasojen muutoksista, toimitusajoista ja asiakkaiden ostokäyttäytymisestä. Tämä data toimii pohjana tehokkaiden varastoinnin ja logistiikan menetelmien kehittämiseksi. Ilman kattavaa ja laadukasta dataa varastoinnin ja toimitusketjun prosessien optimointi jää helposti arvailujen varaan, mikä voi johtaa resurssien tehottomaan käyttöön ja kasvaneisiin kustannuksiin.

Simulointimallipohjaiset testaus- ja kehitysmenetelmät hyödyntävät yrityksen olemassa olevaa dataa mallintaakseen operatiivista ympäristöä ja testatakseen erilaisia päätöksentekostrategioita. Näiden menetelmien avulla voidaan tunnistaa tehokkaimmat toimintatavat ilman, että niitä tarvitsee kokeilla kalliisti ja aikaa vievästi käytännössä, mikä tekee simuloinnista erityisen arvokkaan työkalun erityisesti yrityksille, joilla on rajalliset resurssit. Simulointimallipohjaisen lähestymistavan tehokkuus perustuu sen kykyyn mallintaa monimutkaisia järjestelmiä tarkasti ja tuottaa dataan perustuvia huomioita päätöksenteon tueksi.

Heurestiikat ovat yksinkertaistettuja päätöksentekosääntöjä tai menetelmiä, jotka tarjoavat nopeita ja käytännöllisiä ratkaisuja monimutkaisiin ongelmiin. Ne eivät pyri täydelliseen optimointiin, vaan tuottavat riittävän hyviä ratkaisuja huomattavasti pienemmällä laskentateholla ja ajallisella resurssilla. Heurestiikat perustuvat usein kokemukseen, yksinkertaisiin sääntöihin ja keskeisiin avaintekijöihin, joiden avulla voidaan tehdä tehokkaita päätöksiä nopeasti.

Simuloinnin ja heurestiikkojen yhdistäminen mahdollistaa joustavien ja mukautuvien ratkaisujen kehittämisen, jotka toimivat hyvin erilaisissa olosuhteissa, kuten kysynnän vaihteluissa tai toimitusketjun häiriöissä. Tämä vähentää epävarmuuksia ja tukee riskienhallintaa, sillä simuloinnilla voidaan arvioida strategioiden vaikutuksia erilaisissa skenaarioissa. Menetelmä yhdistää laajempien järjestelmien optimoinnin ja resurssien tehokkaan käytön, mikä auttaa esimerkiksi minimoimaan varastointikustannuksia ja lyhentämään toimitusaikoja. Yritykset, jotka hyödyntävät tätä yhdistelmää, voivat paitsi tehostaa toimintaansa myös saavuttaa kilpailuetua, sillä ne pystyvät vastaamaan asiakkaiden odotuksiin nopeammin ja tarkemmin, samalla kun ne parantavat operatiivista tehokkuuttaan.

Pilotti on lisännyt osaamista monimutkaisten järjestelmien mallintamisesta ja datalähtöisten työkalujen soveltamisesta reaali maailman ongelmiin. Tämä osaaminen vahvistaa toteuttajan asemaa asiantuntijana ja luo alueellisesti pohjaa tuleville kehityshankkeille. Samalla yrityksille avautuu mahdollisuus hyödyntää kehittyneitä menetelmiä omassa toiminnassaan, mikä tukee niiden sopeutumista nopeasti muuttuviin markkinoihin, parantaa resurssitehokkuutta ja mahdollistaa kilpailukykyyn kasvattamisen. Näin pilotti toimii sekä osaamisen kasvualustana että konkreettisena keinona edistää liiketoimintamahdollisuuksia alueellisella tasolla.