



# Parempia kompromissiratkaisuja ja päätöksiä monitavoiteoptimoinnin avulla

ROBOCOAST Lyhytkoulutukset

Giovanni Misitano

8.11.2024

# Kuka minä olen?

- Giovanni Misitano, tohtoritutkija (postdoc) Jyväskylän yliopistosta
- Työskentelen tällä hetkellä prof. Kaisa Miettisen johtamassa Monitavoiteoptimoinnin tutkimusryhmässä (eng. *Multiobjective optimization group*)
- Olen erikoistunut kehittämään ja tutkimaan työkaluja päätöksenteon tueksi ongelmiin, joissa on useampi ristiriitainen ja samanaikaisesti optimoitava tavoite



# Tämän lyhytkoulutuksen tarkoitus

- Tavoitteeni on esitellä teille **uutta työkalua**, jonka avulla voidaan **tukea päätöksentekoa haastavissa data-pohjaisissa ongelmissa**.
- Työkalun tarkoitus on tukea **pätöksentekijää**, eli **asiantuntijaa**, eli **ihmistä**.
- Esittämäni työkalun **tarkoitus ei ole korvata päätöksentekijää**, vaan **tukea heitä parhaalla mahdollisella tavalla**, jotta he voivat **löytää parhaan mahdollisen kompromissiratkaisun** erilaisiin haastaviin päätöksenteko-ongelmiin.
- Työkalu, josta tulen tämän videon aikana puhumaan, on **monitavoiteoptimointi**.



**Videon jälkeen teille on syntynyt käsitys siitä,  
mitä monitavoiteoptimointi on, minkälaisiin  
ongelmiin sitä voi soveltaa, miten yrityksesi voi  
hyötyä siitä, ja mistä voit löytää lisätietoja ja  
apua aloittaaksesi monitavoiteoptimoinnin  
soveltamisen**



# Mihin tarvitsemme monitavoiteoptimointia?

- Me kaikki olemme varmasti jossain vaiheessa elämää joutuneet tekemään jos jonkinmoisia kompromisseja.
- Kompromisseja syntyy silloin, kun useampi kriteeri hyvälle päätökselle ovat samanaikaisesti ristiriidassa keskenään.
- Esimerkkejä ristiriitaisista kriteereistä:
  - **Hinta** vastaan **laatu**
  - **Tuotto** vastaan **ympäristövaikutukset** vastaan **valmistusaika**
  - **Inventaarion taso** vastaan **tilausten täyttöaste** vastaan **varastointikustannukset** vastaan **(tuotteen) vanhenemisriski**
- Ainoastaan harvoissa erikoistapauksissa voidaan kaikissa kriteereissä saavuttaa paras mahdollinen arvo samanaikaisesti.



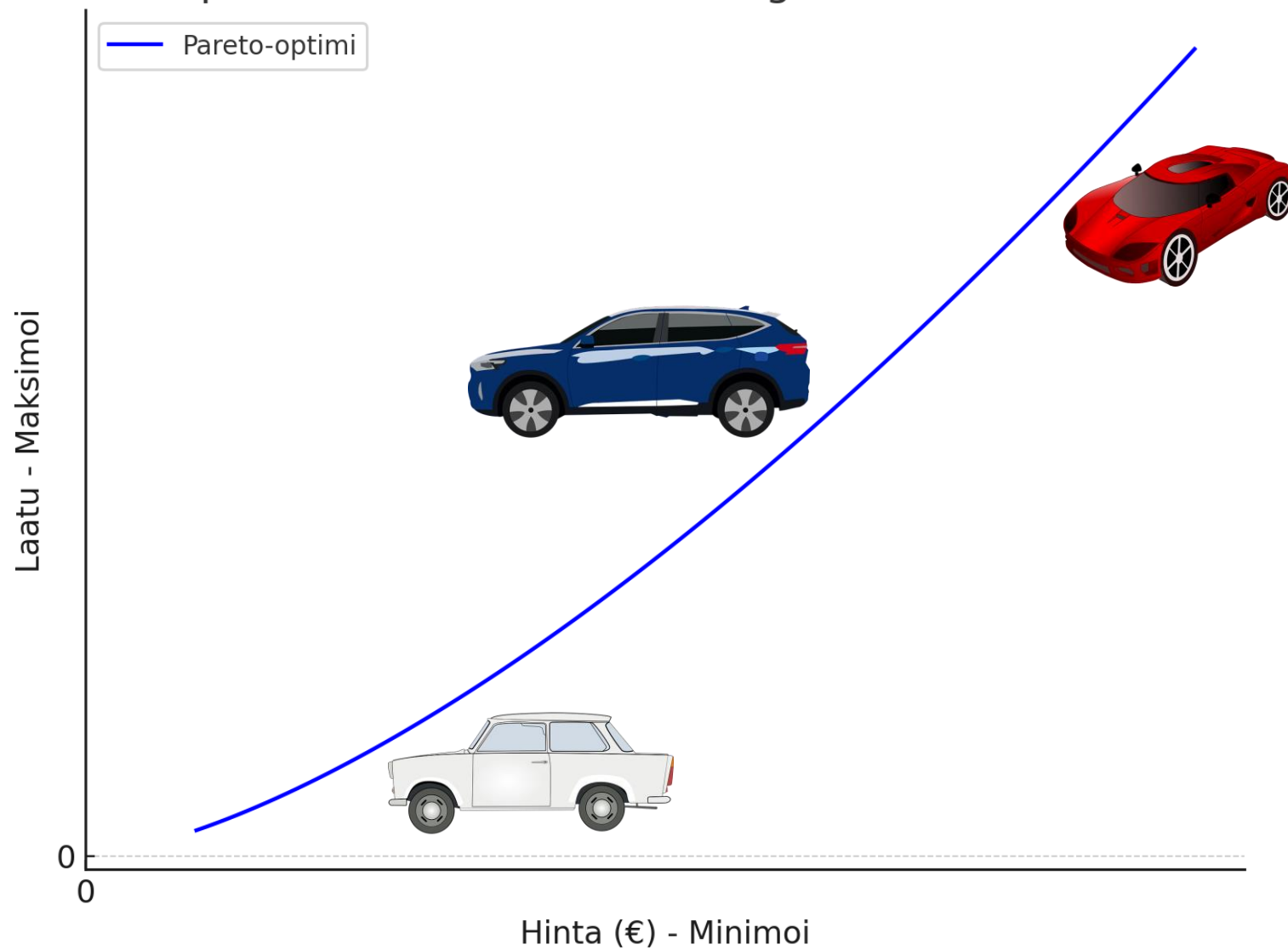


# Monitavoiteoptimointi

- Monitavoiteoptimoinnilla päätöksenteko-ongelmien kriteerejä **mallinnetaan tavoitefunktioina**, joita joko **minimoidaan** tai **maksimoidaan** samanaikaisesti.
- Tavoitefunktioita voidaan mallintaa esimerkiksi **data-pohjaisesti, simulaatioiden ja/tai koneopin avulla, asiantuntijan tietämykseen pohjautuen**, tai **matemaattisten funktioiden avulla**.
- Tavoitefunktiot ja ongelman muut mahdolliset rajoitteen muodostavat yhdessä **monitavoiteoptimointiongelman**.
- Koska tavoitefunktiot ovat keskenään ristiriidassa, **ei monitavoiteoptimointiongelmiin ole yleisesti olemassa yhtä optimaalista (parasta) ratkaisua**.
- Yhden ratkaisun sijaan, ongelmiin onkin olemassa useampi, usein lukematon määrä, niin kutsuttuja **Pareto-optimeja ratkaisuja**.



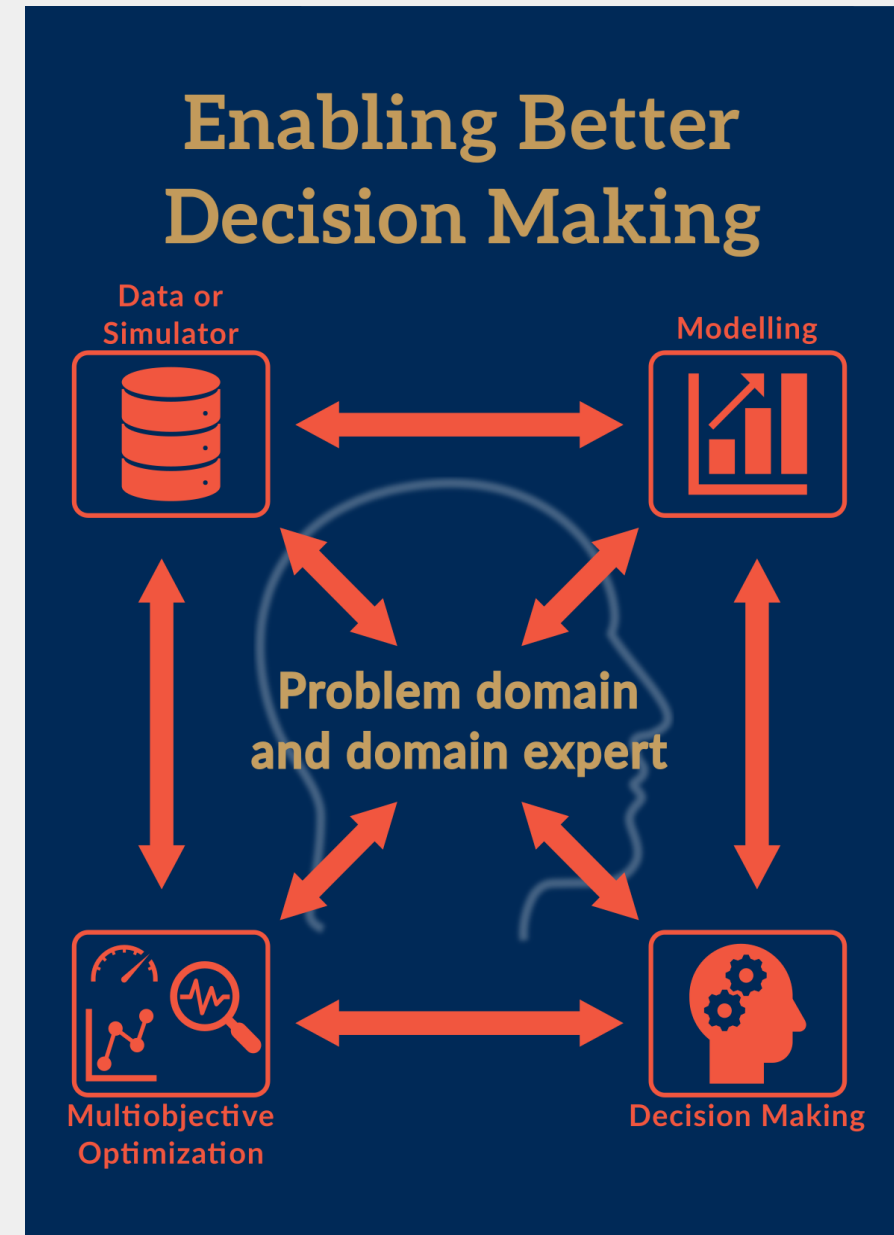
## Pareto-optimi kahden tavoitteen ongelmassa: Hinta vs. Laatu





# Monitavoiteoptimointi

- Paras ratkaisu on **yksilöllinen ja riippuu päätöksentekijän mieltymyksistä** (preferensseistä).
- Miten voimme auttaa päätöksentekijää löytämään **hänelle sopivimman ratkaisun** kaikkien olemassa olevien ratkaisujen joukosta?
- Tutkimusryhmämme **missio** on tutkia ja kehittää **monitavoiteoptimointimenetelmiä**, jotka **tukevat erilaisia päätöksentekijöitä** erilaisten ongelmien ratkaisemisessa **parhaalla mahdollisella tavalla**.
- Suhtaudumme ongelman mallintamiseen, ratkaisemiseen ja päätöksentekijän tukemiseen **kokonaisvaltaisesti**.



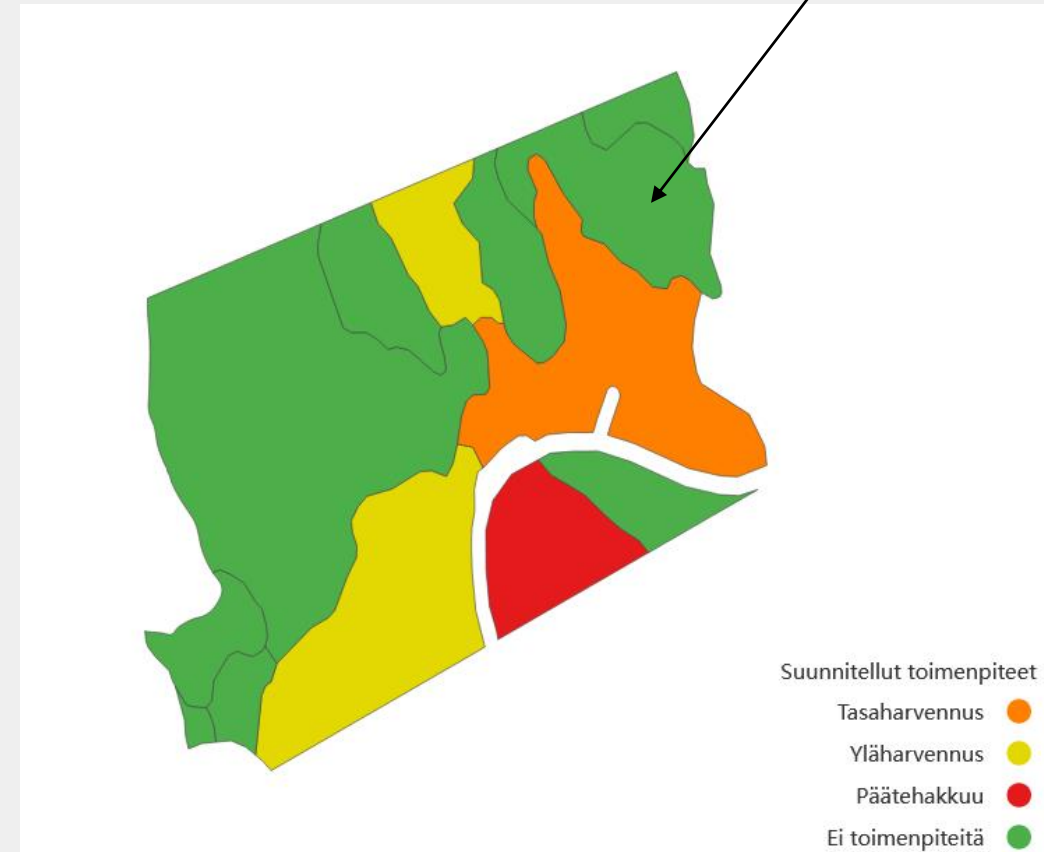




# Esimerkki: metsänhoito-ongelma

- Päätöksentekijä on metsänomistaja, joka haluaa tehdä päätöksiä sen suhteen, miten hänen tulisi hoitaa omistamaansa metsää seuraavan 15 vuoden aikana.
- Jokaisen metsäkuvion kohdalla on tehtävä päätös siitä, miten metsää tulisi hoitaa kolmen eri ajanjakson aikana (joka 5. vuosi).
- Päätöksen laatua koko metsän näkökulmasta kuvaavat seuraavat kolme maksimoitavaa tavoitefunktiota:
  - Metsän nettonykyarvo
  - Puuston tilavuus
  - Hakkuiden tuotto
- Ongelma on mallinnettu simulaation tuottaman datan perusteella.

Metsäkuvio



Päätöksentekijän tavoitteet

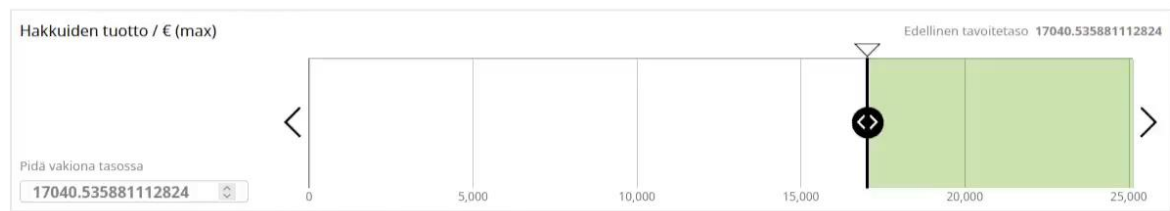
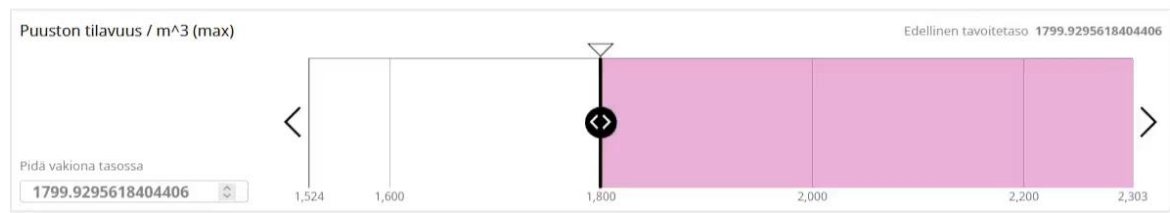
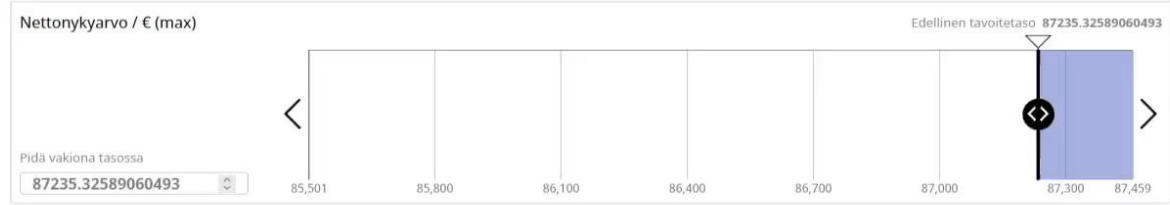
Aseta tavoitteet

Tallenna ratkaisuita

Aseta tavoitteesi joko siirtäen palkkeja tai syöttämällä lukuarvot. Sinun on annettava tavoitetaso jokaiselle tavoitteelle. Menetelmä tuottaa ainoastaan ratkaisuita, joita ei voi parantaa tinkimättä muista tavoitteista, joten jonkun tavoitetason on laskettava, jos haluat nostaa jotain toista. Voit myös valita näytettävien ratkaisuiden lukumäärän. Klikkaa sitten "Etsi uusia ratkaisuita" -nappia.

Kuinka monta ratkaisua NIMBUS tuottaa?

3



Etsi uusia ratkaisuita

Päätä tarkastelu valittuun ratkaisuun

Aseta tavoitetasot ohjeiden mukaan.

Ratkaisut taulukossa

Tavoitteiden arvot taulukossa. Klikkaa riviä valitaksesi tarkasteltava suunnitelma.

Nettonykyarvon ja hakkuiden tuoton laskennassa on käytetty 3% diskonntauskerrointa. Puuston tilavuus kuvaa tilannetta suunnittelujakson lopussa.

--

Valitse näytettävät ratkaisut

Tämänhetkiset ratkaisut

Tallennetut ratkaisut

Kaikki ratkaisut

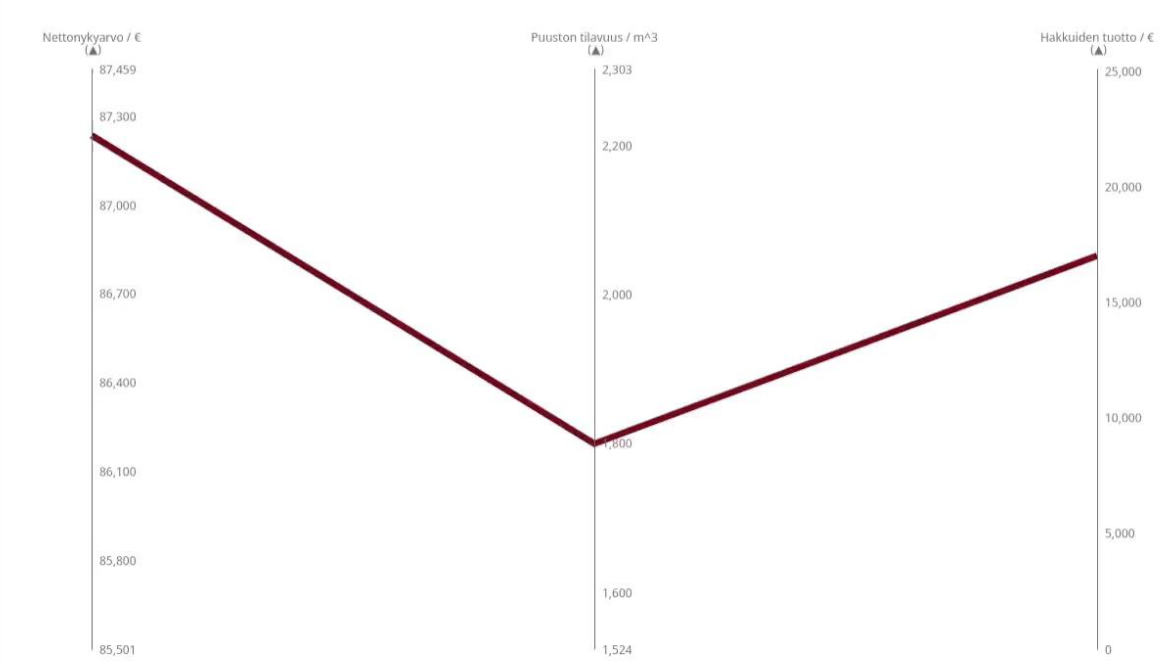
Näytä NIMBUS-menetelmän ratkaisut viimeisimmältä laskentakerralta.

Ratkaisujen tarkastelu

Arvopolku

Pylväsdiagrammi

Kaikki



Metsänhoitosuunnitelma kartalla

Tuotto hakkuiden ensimmäisellä ajanjaksolla on 3024€.

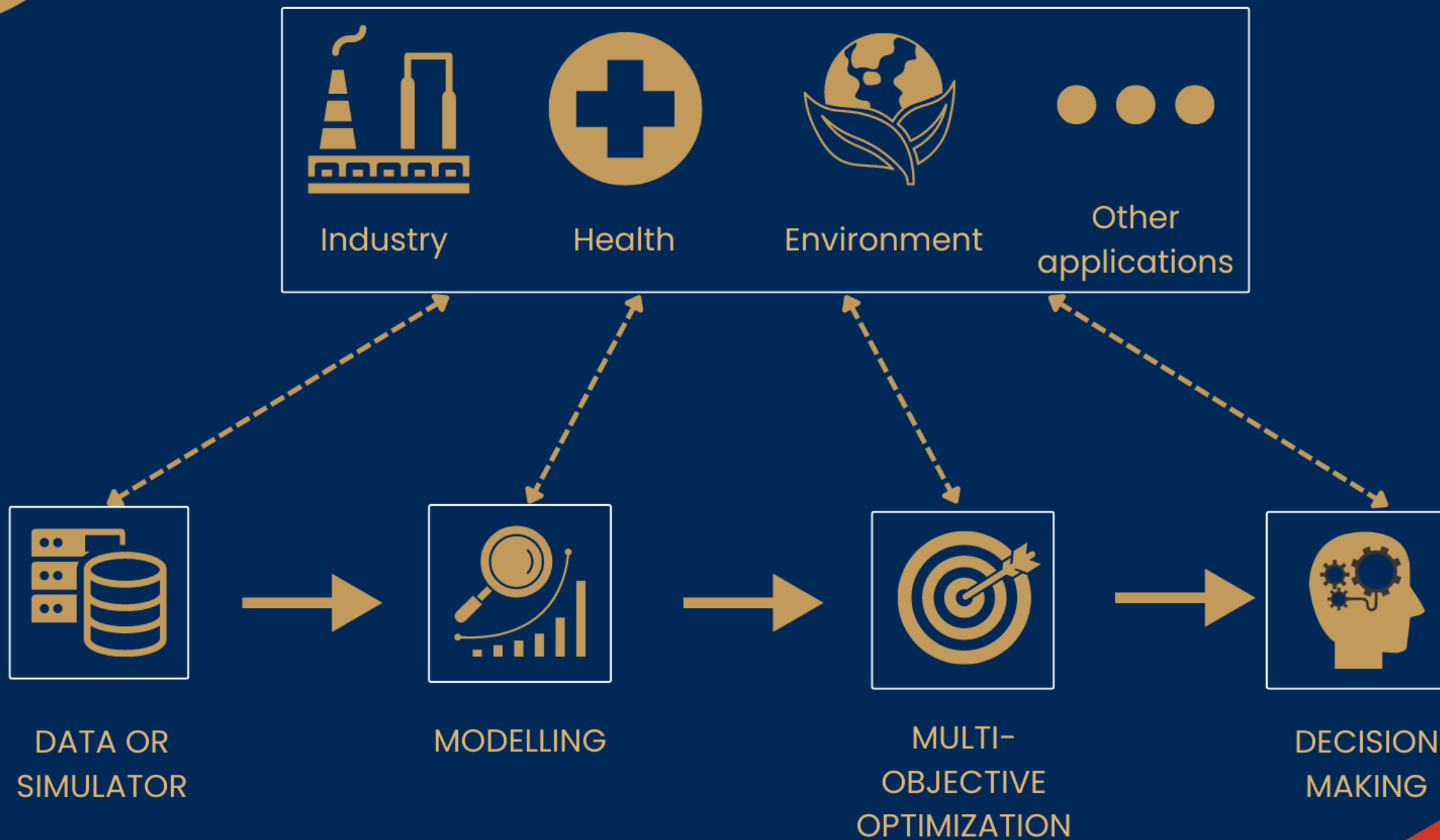
Tuotto hakkuiden toisella ajanjaksolla on 3934€.

Tuotto hakkuiden kolmannella ajanjaksolla on 16637€.



# Muita esimerkkejä sovellusalueista

- **Terveydenhuolto:**
  - **Hoidon suunnittelua polven nivelrikkoon** (maksimoidaan kivunlievennystä, minimoidaan hoidon kuluja sekä kestoja)
  - **Säteilyhoidon suunnittelua** (maksimoidaan kasvaimeen kohdistettu säteilyannos, minimoidaan terveeseen kudokseen sekä herkkiin elimiin kohdistettua annosta)
- **Logistiikka:**
  - **Inventaarion hallinta** (minimoidaan kustannuksia, maksimoidaan täyttöaste sekä kiertonopeus)
  - **Reititys ja toimitus** (minimoidaan kuljetuskustannuksia sekä päästöjä, maksimoidaan palvelutasoa)
- **Teollisuus:**
  - **Liikekiinteistökokonaisuuden energiatehokkuus** (minimoidaan sijoitus- ja vuosikustannuksia sekä hiilidioksidipäästöjä, maksimoidaan resilienssiä)
  - **Jäteveden käsittely** (minimoidaan energiatarvetta, typen määrää vedessä, sekä metanoliannosta; maksimoidaan biokaasun tuotantoa)



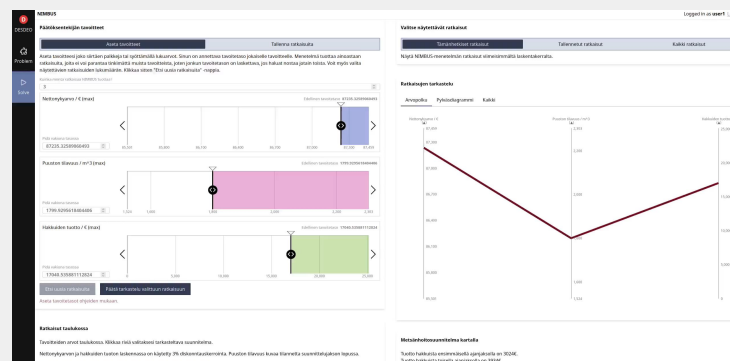


# DESDEO



- DESDEO on tutkimusryhmämme kehittämä avoimen lähdekoodin ohjelmistokehikko.
- DESDEOlla voidaan monipuolisesti mallintaa sekä ratkaista monitavoiteoptimointiongelmia.
- DESDEOssa painopiste on päätöksentekijän tukemisessa.
- Kehitämme DESDEOta tällä hetkellä aktiivisesti, joten jos olet kiinnostunut sen soveltamisesta, on suositeltavaa, että olet ensin yhteydessä tutkimusryhmäämme!

DESDEOn hedelmiä!





# Yhteenveto

- Monitavoiteoptimointia on suositeltavaa soveltaa silloin, kun yritykselläsi on (data-pohjaisia) päätöksentekoongelmia, joissa on useampi samanaikaisesti optimoitava ristiriitainen tavoite, sekä tarve vankalle päätöksenteon tuelle.
- Monitavoiteoptimointi mahdollistaa esimerkiksi kustannuksien, tehokkuuden sekä ympäristövaikutusten samanaikaisen huomioinnin.
  - Useamman tavoitteen samanaikainen optimointi voi tuoda esille uusia näkökulmia ja **johtaa myös innovaatioihin!**
  - Monitavoiteoptimointi voi toimia myös **puuttuvana linkkinä tekoälysovelluksen ja päätöksenteon välillä.**
- Tutkimusryhmämme tutkii ja kehittää erilaisia monitavoiteoptimointimenetelmiä, joissa keskiössä on päätöksentekijä ja tämän tukeminen.
- Tutkimusryhmämme kehittää avoimen lähdekoodin monitavoiteoptimointityökaluja.
- Tutkimusryhmämme on alansa huippua maailmanlaajuisesti!



# Ollaan yhteydessä!

- Yhteistietomme ja lisätietoja löydät tutkimusryhmästämme ja tutkimuksestamme ryhmämme kotisivuilta:
  - <https://optgroup.it.jyu.fi>
- Meihin voi olla yhteydessä esimerkiksi sähköpostitse:
  - [optim@jyu.fi](mailto:optim@jyu.fi)
- Minuun voit olla yhteydessä myös sähköpostitse:
  - [giovanni.a.misitano@jyu.fi](mailto:giovanni.a.misitano@jyu.fi)
- Ryhmämme uutisia ja kuulumisia voi seurata myös LinkedIn-alustalla:
  - <https://www.linkedin.com/company/multiobjective>

**Jos yhtään epäilet, että yrityksesi voisi hyötyä monitavoiteoptimoinnista, ole rohkeasti yhteydessä! Mietitään yhdessä, miten yrityksesi voi hyötyä kehittämistä menetelmistämme ja osaamisestamme!**