



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

SIMO: arkkitehtuuri ja käyttö

Jussi Rasinmäki <jussi.rasinmaki@helsinki.fi>

SIMO-hankkeen loppuseminaari 2.11.2007

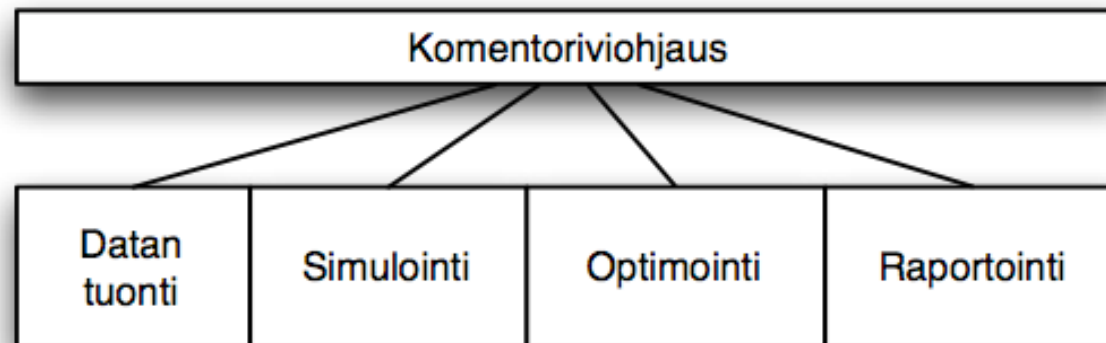
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta



Mikä SIMO on?



- Metsäsuunnitteluohjelmisto metsävaratietojen päivitys- ja suunnittelulaskentaan
- Neljä pääkomponenttia



- Erikoispiirteenä muokattavuus ja laajennettavuus



Muokattavuus ja laajennettavuus

- Käyttäjän muokattavissa ovat:
 - laskennassa käytettävä metsävara-aineisto
 - metsän kasvua kuvaavat mallit
 - metsänkäsittelyohjeet
 - metsän käsittelyä kuvaavat toimenpidemallit
 - hakkuissa käytettävät puutavaralajit ja niiden hinnat
 - metsänhoitotöiden hinnat
 - optimoinnin tavoitteet, optimointimenetelmät ja -parametrit



Miten SIMOa muokataan?

- Muunneltavat osat on toteutettu tekstitiedostoina
- Muuttamalla tekstitiedostojen sisältöä, muuttuu SIMOn käyttäytyminen
- Tekstitiedostot ovat tietyn tyyppisiä: niitä kutsutaan XML-tiedostoiksi



XML?

- XML-lyhenne tulee sanoista eXtensible Markup Language
- Ero tavalliseen tekstitiedostoon on se, että varsinaisen tietosisällön lisäksi tiedosto sisältää kuvauksen sisällön rakenteesta

```
Hei  
  
Mitä kuuluu? Ilmoja on täällä pidellyt. Voi hyvin.  
  
Matti
```

```
<kirje>  
  <tervehdys>Hei</tervehdys>  
  <teksti>Mitä kuuluu? Ilmoja on täällä pidellyt. Voi hyvin.</teksti>  
  <allekirjoitus>Matti</allekirjoitus>  
</kirje>
```



Millainen on SIMOn metsä?

- Metsä koostuu kohteista
 - kohteilla on ominaisuuksia
 - kohteilla voi olla alikohteita

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rootlevel xmlns="http://latitude.mmvar.fi"
  <name>simulation</name>
  <num_vars> [144 lines]
  <cat_vars> [61 lines]
  <sublevel>
    <name>comp_unit</name>
    <num_vars> [274 lines]
    <cat_vars> [2852 lines]
    <sublevel>
      <name>stratum</name>
      <num_vars> [447 lines]
      <cat_vars> [61 lines]
      <sublevel>
        <name>tree</name>
        <num_vars> [381 lines]
        <cat_vars> [77 lines]
      </sublevel>
    </sublevel>
  </sublevel>
</sublevel>
</rootlevel>
```



SIMOn osat 1: datan tuonti

- Dataa voi tuoda erilaisista tekstitiedostoissa
- Tietosisältö sidotaan SIMOn muuttujiin ja koodistoon muunnoskuvauksen avulla: “Kuviorivin 3. muuttuja on kuvion pinta-ala, vie se comp_unit-tason muuttujaksi AREA sellaisenaan”



SIMOn osat 2: simulointi

- Tärkein osa simuloinnissa on malliketju

- Malliketjun idea on seuraavanlainen:

“Kasvata puita kivennäismaalla, eli toisin sanoen, jos ei olla turvemaalla. Jos puu on mänty, kasvata ensin puun pituutta Hynysen ym. männyn pituuskasvumallilla ja sitten pohjapinta-alaa Hynysen ym. männyn pohjapinta-alan kasvumallilla. Jos se on kuusi, tee samoin kuin männylle, mutta käytä Hynysen ja kumppaneiden kuusen kasvumalleja, mutta jos se onkin koivu tai muu lehtipuu, käytä Hynysen ja kumppaneiden koivun malleja.”

- Tällaisen vapaan kerrontatavan sijasta sisältö muotoillaan XML-dokumentiksi



SIMOn osat 3: optimointi

- Tavoite: “maksimoi ensimmäisen viiden vuoden nettotulot”
- Rajoitteet: “maksimointi sillä ehdolla, että vuosien 11-20 nettotulot ovat suuremmat kuin vuosien 1-10 nettotulot. Lisäksi puuston kokonaistilavuuden vuonna 20 pitää olla suurempi kuin vuonna 10”
- Tavoitteet ja rajoitteet muotoillaan jälleen XML dokumentiksi
- Samalla asetetaan käytettävä korkokanta, mikäli optimoinnissa halutaan laskea tulevien tulojen ja menojen nykyarvo.



SIMOn osat 4: raportointi

- Laskennan tuloksista saa muodostettua erilaisia tekstimuotoisia raportteja
 - SMT, tulokset sisään mm. LuotsiGISiin, TForestiin, ForeGISiin
 - CSV, tulokset Exceliin
 - ja muutama muu
- Yhteenveto: tulokset eri tavoilla tiivistettynä, esim. kehitysluokittain, kasvupaikoittain jne.. Voidaan tulostaa joko tekstimuotoisena raporttina tai suoraan kuvina.
- Toimenpiteiden tulokset: kassavirta, hakkuutilavuudet



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

SIMO simulointi

Jouni Kalliovirta

SIMO-hankkeen loppuseminaari 2.11.2007

Faculty of Agriculture and Forestry / Department of Forest Resource
Management / SIMO



Mikä on malliketju?

■ Malliketjun idea oli:

“Kasvata puita kivennäismaalla, eli toisin sanoen, jos ei olla turvemaalla.

Jos puu on mänty, kasvata ensin puun pituutta Hynysen ym. männyn pituuskasvumallilla ja sitten pohjapinta-alaa Hynysen ym. männyn pohjapinta-alan kasvumallilla.

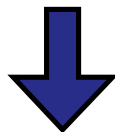
Jos se on kuusi, tee samoin kuin männylle, mutta käytä Hynysen ja kumppaneiden kuusen kasvumalleja.”

■ Mutta miten se muotoillaan muodollisemmaksi XML-dokumentiksi?



Malliketu: XML

```
<task name="Grow tree on mineral soil">
  <condition>
    <expression operator="eq">
      <variable>
        <name>PEAT</name>
        <level>comp_unit</level>
      </variable>
      <value>0</value>
    </expression>
  </condition>
  <task name="Grow pine">
    <condition>
      <expression operator="in">
        <variable>
          <name>SP</name>
          <level>stratum</level>
        </variable>
        <enum>1 8</enum>
      </expression>
    </condition>
    <task name="Grow height">
      <model>
        <name>Height_growth_pine_Hynynenym</name>
        <prediction/>
      </model>
    </task>
  </task>
```



```
<task name="Grow basal area">
  <model>
    <name>Basal_area_growth_pine_with_bias_corr_Hynynenym</name>
    <prediction/>
  </model>
</task>
<task name="Grow spruce">
  <condition>
    <expression operator="eq">
      <variable>
        <name>SP</name>
        <level>stratum</level>
      </variable>
      <value>2</value>
    </expression>
  </condition>
  <task name="Grow height">
    <model>
      <name>Height_growth_spruce_Hynynenym</name>
      <prediction/>
    </model>
  </task>
  <task name="Grow basal area">
    <model>
      <name>Basal_area_growth_spruce_with_bias_corr_Hynynenym</name>
      <prediction/>
    </model>
  </task>
</task>
```



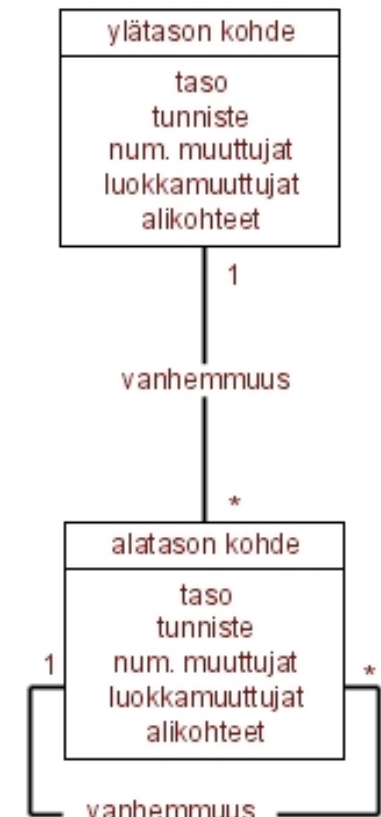
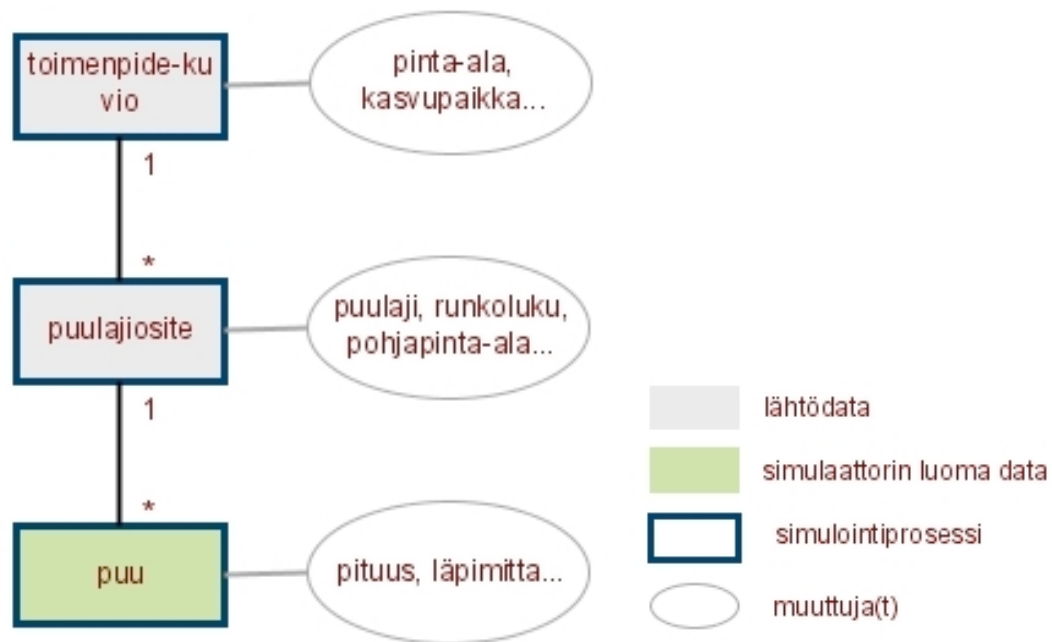
Sanasto – mihin sitä tarvitaan?

- Kuvataan aineiston hierarkia (ei tarvitse muokata aineistoa tietyn datamallin mukaan vaan aineisto määrää datamallin ja hierarkian, jota laskennassa käytetään)
- Määritetään simulaattorin käyttämä sanasto
 - numeeriset ominaisuudet
 - luokkaominaisuudet



Sanasto: hierarkia - millainen on SIMOn metsä?

- Metsä koostuu kohteista
 - kohteilla on ominaisuuksia
 - kohteilla voi olla alikohteita





Sanasto: numeeriset ominaisuudet

- Jokaisella ominaisuudella on
 - nimi, jolla sitä järjestelmässä kutsutaan
 - mittayksikkö
 - minimi- ja maksimiarvo
 - selkokielineen selite

```
<sub_level>
  <name>stratum</name>
  <num_vars>
    <variable>
      <name>Age</name>
      <unit>years</unit>
      <min_value>0</min_value>
      <max_value>350</max_value>
      <description>Mean age</description>
    </variable>
    ...
  
```




Sanasto: luokkaominaisuudet

- Kuten numeeriset ominaisuudet, mutta kaikki sallitut arvot ja niiden selkokiegeliset tulkinnat on lueteltu

```
<sub_level>
  <name>stratum</name>
  <cat_vars>
    <variable>
      <name>SP</name>
      <min_value>1</min_value>
      <max_value>9</max_value>
      <description>Tree species</description>
      <values>
        <enum>
          <value>1</value>
          <description>Pinus sylvestris</description>
        </enum>
        <enum>
          <value>2</value>
          <description>Picea abies</description>
        </enum>
        ...
      </values>
    </variable>
    ...
  </cat_vars>
</sub_level>
```



Simuloinnin ohjaus

- Ohjelman suoritukseen liittyvät asiat ini-tiedostossa
- Laskentaan liittyvät asiat simuloinnin XML-tiedostossa
- INI-tiedostossa määritetään:
 - mistä data tulee, minne se menee
 - mitä osioita ohjelmasta suoritetaan: datan tuonti, simulointi, optimointi, raportointi
 - miten virheitä käsitellään
 - lokien kirjoittaminen (loki=tapahtumahistoria eli mitä kaikkea laskennan aikana tapahtui)
- Simulointimäärittelyssä asetetaan:
 - laskennan aika-askel
 - laskennan lopettamislogiikka
 - laskennassa käytettävät malliketjut
 - joukko parametriarvoja
 - muuttujat, jotka laitetaan laskennasta talteen



Simulointilaskenta: Malliketjut

Puutason kasvumallit

■ Lähtötietojen laskenta

- Chain_complete_data.xml
- Chain_create_missing_variables.xml
- Chain_generate_trees.xml
- Chain_generate_tree_attributes.xml

■ Simulointi

- Chain_calculate_attributes.xml
- Chain_calculate_ingrowth.xml
- Chain_calculate_tree_survival.xml
- Chain_grow_tree.xml
- Chain_adjust_number_of_trees_and_update.xml

■ Toimenpiteet

- Chain_operations.xml

Metsikkötason kasvumallit

■ Lähtötietojen laskenta

- Chain_complete_data.xml
- Chain_create_missing_variables.xml

■ Simulointi

- Chain_generate_trees.xml
- Chain_generate_tree_attributes.xml
- Chain_grow_stratum.xml

■ Toimenpiteet

- Chain_operations.xml



Puutason kasvumallit

- Chain_complete_data.xml
- Chain_create_missing_variables.xml
- Chain_generate_trees.xml
- Chain_generate_tree_attributes.xml

Metsikkötason kasvumallit

- Chain_complete_data.xml
- Chain_create_missing_variables.xml

Lähtötiedot -malliketjujen sisältö

Lasketaan vain kerran simuloinnin aluksi:

Puu- ja metsikkötason kasvumallit

■ Aineiston täydentäminen [19 mallia]

- koordinaatit, korkeus merenpinnasta, lämpösumma, ...

■ Uusien muuttujien laskenta [91 mallia]

- ikäluokka, valtapituus, ... sekä erilaisia ositteen ja kuvion tilaa kuvaavia tunnuksia

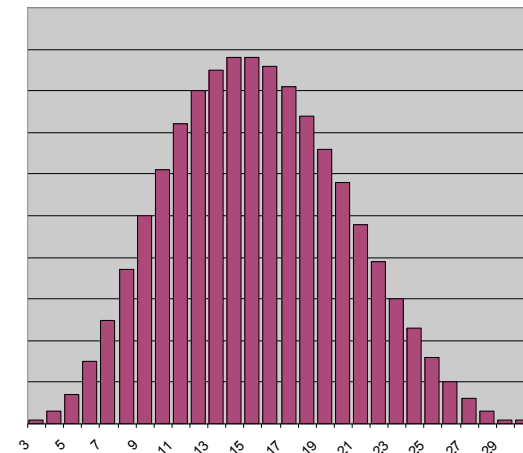
Puutason kasvumallit

■ Jakaumien muodostaminen [30 mallia]

- läpimitta- tai pituusjakauma

■ Uusien muuttujien laskenta muodostetuille kuvauspuille [43 mallia]

- pituus, ikä, tilavuus, ...





Puu- ja metsikkötason kasvumalliketjujen sisältö

Puutason kasvumallit

- Chain_calculate_attributes.xml
- Chain_calculate_ingrowth.xml
- Chain_calculate_tree_survival.xml
- Chain_grow_tree.xml
- Chain_adjust_number_of_trees_and_update.xml

Metsikkötason kasvumallit

- Chain_generate_trees.xml
- Chain_generate_tree_attributes.xml
- Chain_grow_stratum.xml

Puutason kasvumallit

- Puutason kasvumallien tarvitsemien muuttujien laskenta [192 mallia]
- Luontainen uudistuminen [36 mallia]
- Puiden kuolemistodennäköisyys [6 mallia]
- Puiden kasvatus läpimitan ja pituuden kasvumalleilla [247 mallia]
- Puiden toteutunut kuolleisuus ja tietojen päivitys kasvatuksen jälkeen [101 mallia]

Metsikkötason kasvumallit

- Jakaumien muodostaminen [30 mallia]
- Uusien muuttujien laskenta muodostetuille kuvauspuille [43 mallia]
- Puulajiositteiden kasvatus pohjapinta-alan ja valtapituuden kasvumalleilla [50 mallia]



Toimenpidemalliketjujen sisältö

Puu- ja metsikkötason kasvumallit

- Metsänhoitotoimenpiteet [312 mallia]
 - Päätehakkuu (avohakkuu, kaistalehakkuu, siemenpuuhakkuu ja siemenpuiden poisto)
 - Harvennushakkuu (ensiharvennus, muu harvennus)
 - Uudistaminen (istutus, luontainen uudistaminen)
 - Uudistusalueen valmistus (maanmuokkaus, bioenergia)
 - Taimikonhoito
 - Harvennusta tai uudistushakkuuta edeltävä raivaus
- Metsänhoito-ohjeisto TAPIO:n uusien suositusten mukainen



Ajantasaistyslaskenta

- Kasvatetaan kaikkien kuvioiden tiedot nykyhetkeen huomioiden toteutuneet toimenpiteet (puu- tai metsikkötason kasvumallit)
- Esimerkki ajantasaistuksesta:

Inventointipäivä kuvioaineistosta:

46 1 46 24. 0 4 165 06.09.2002 1.663 0 0 0 0 1 1 2 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1
189 1 11600 69. 1 4 165 02.09.2005 1.303 0 0 0 0 1 2 3 0 5 1 0 0 0 0 0 2000 0 0 0 0 0 -1 -1

Simulation unit: 46

period	year	SC	MAIN_SP	Age	BA	N	D_gM	H_gM	V
1	2003	2.0	2.0	76.0	38.8	627.4	30.8	23.4	414.9
2	2004	2.0	2.0	77.0	39.7	627.4	31.1	23.6	427.0
3	2005	2.0	2.0	78.0	40.5	627.4	31.4	23.8	439.2
4	2006	2.0	2.0	79.0	41.4	627.4	31.7	24.0	451.6
5	2007	2.0	2.0	80.0	42.2	627.4	32.0	24.3	464.0
6	2008	2.0	2.0	81.0	43.2	627.4	32.4	24.5	477.1

Simulation unit: 189

period	year	SC	MAIN_SP	Age	BA	N	D_gM	H_gM	V
1	2006	3.0	2.0	17.0	1.2	1238.3	4.4	3.4	3.1
2	2007	3.0	2.0	18.0	1.4	1238.3	4.7	3.6	3.8
3	2008	3.0	2.0	19.0	1.6	1238.3	4.9	3.8	4.5



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

SIMO:n käyttökokemuksia:

Hierarkisen aineiston simulointi

Anu Hankala

SIMO-hankkeen loppuseminaari 2.11.2007

Faculty of Agriculture and Forestry / Department of Forest Resource
Management / SIMO



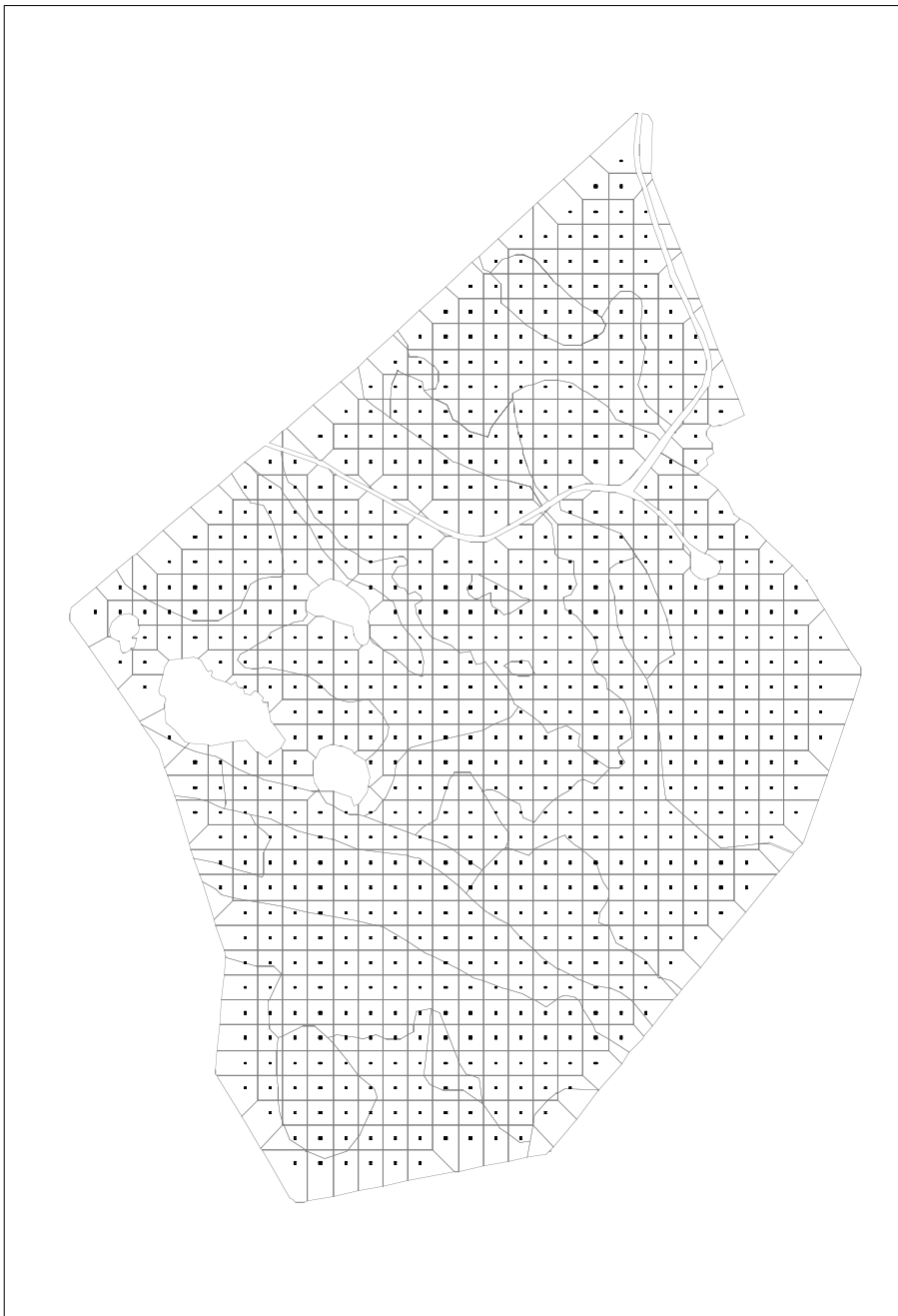
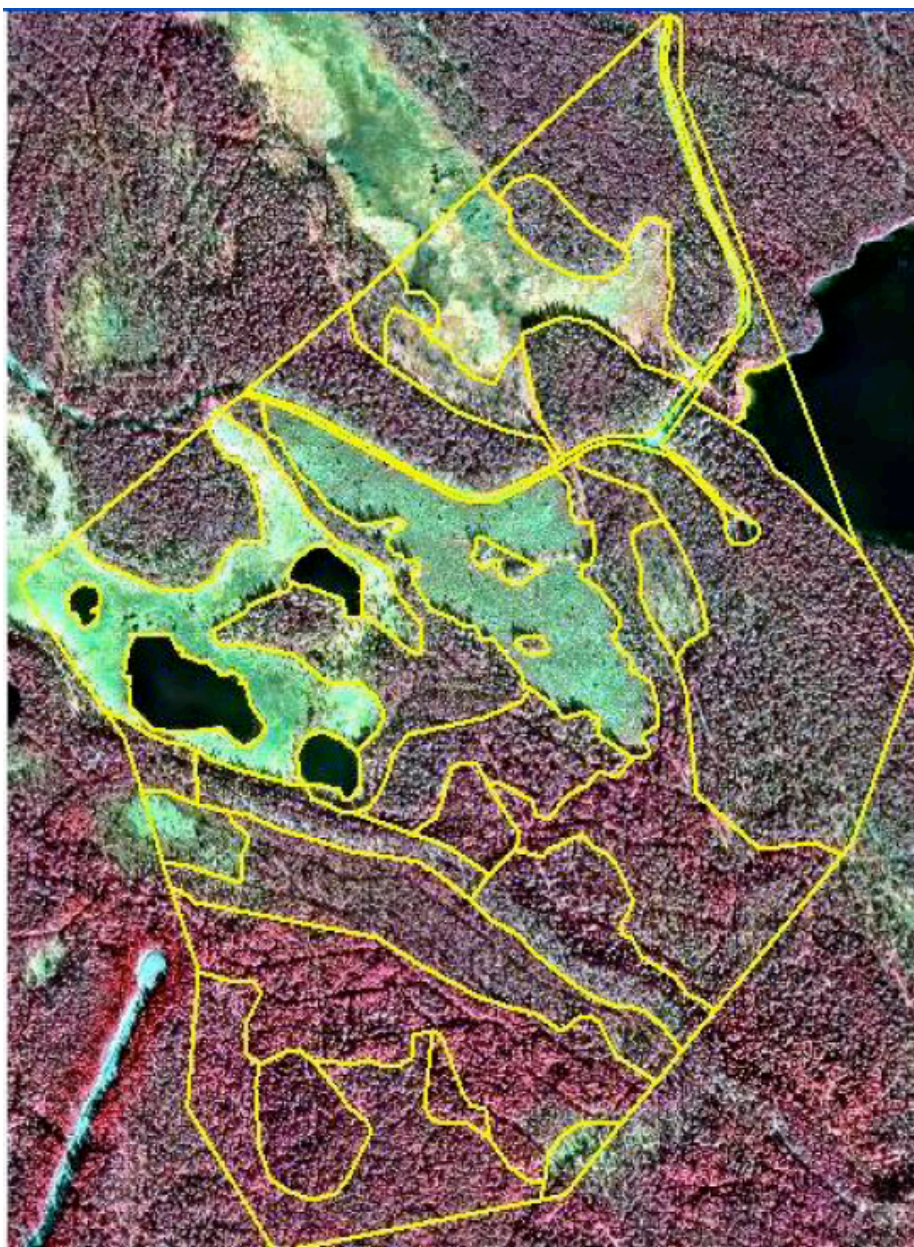
Tutkimusongelma

- Pienalueinventoinnin hyödyntämisen vaikutus metsänomistajan nettotuloihin verrattuna perinteiseen kuvioittaiseen suunnitteluun
- Mikä vaikutus simuloitavan kuvion koolla ja homogeenisyydellä on simuloinnin tulokseen?



Aineisto

- Systemaattinen koeala-aineisto (682 kpl) noin 71 ha alueelta Juukasta
 - Kuviotunnukset
 - Puuston keskitunnukset puulajiositteittain
- Metsäsuunnittelukuviot rajattu kartalle





Neljä eri lähestymistapaa

 Metsikkökuviot (0,2 – 8 ha) simuloinnin ja toimenpiteiden yksikköinä

 Koealat (30 m x 30 m) simuloinnin ja toimenpiteiden yksikköinä (ei rajoitteita käsittelykuvion koolle)

 Simulointi ja toimenpiteet koealoittain, mutta toimenpidepäätökset kuvion keskiarvon mukaan

 Kuin simulaatio 3, mutta toimenpiteet ja niiden ajoitus simulaatio 1:n mukaan



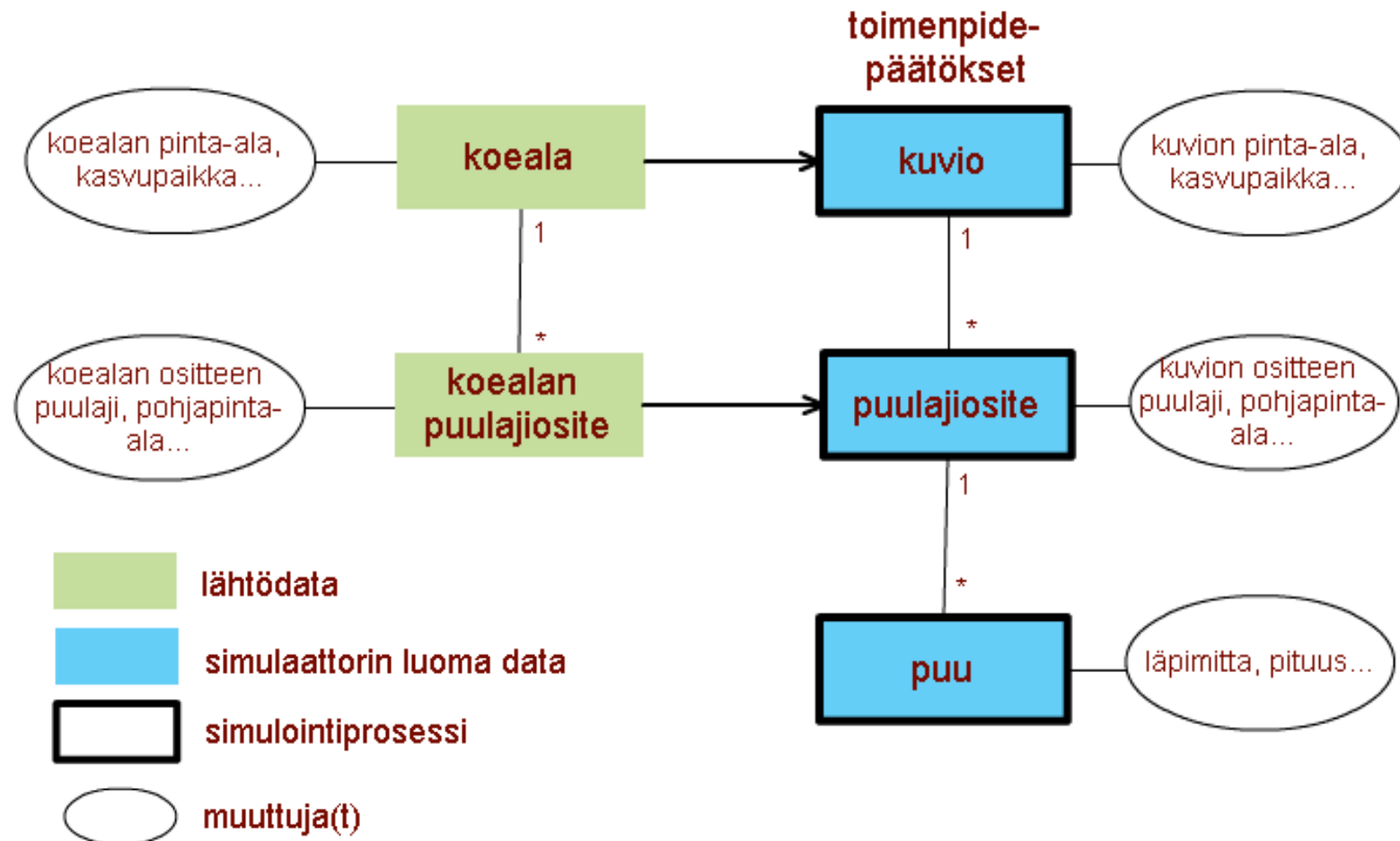
Simulointi

- Simulointijakso 20 vuotta
- Aika-askel 1 vuosi
- Tapion Hyvän metsänhoidon suositukset
- Tulosten tarkastelu kaikissa simulaatioissa kuviotasolla



Simulaatio 1

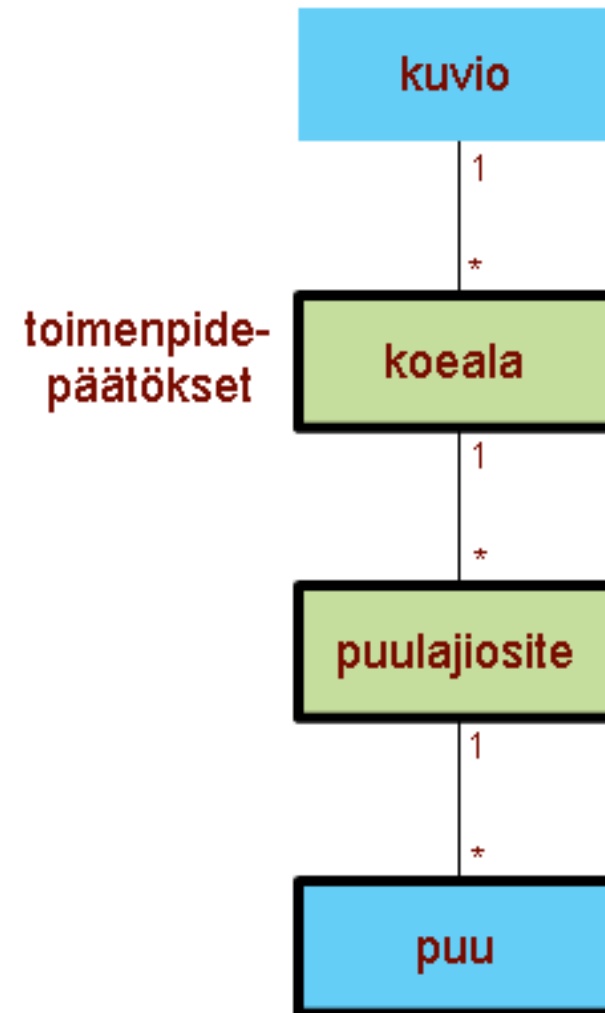
■ Metsikkökuviot simulointi- ja toimenpideyksikköinä





Simulaatio 2

- Koealat (30 m x 30 m)
simulointi- ja toimenpide-
yksikköinä



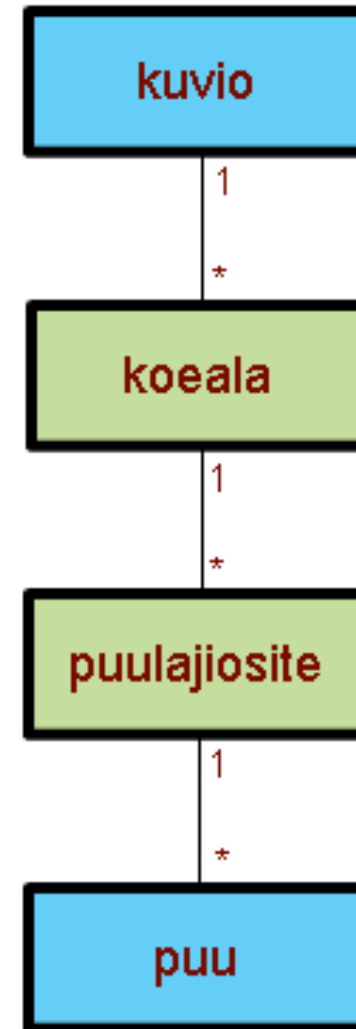


Simulaatio 3

- Simulointi
koealoittain, mutta
toimenpide-
päätökset kuvion
keskiarvon
mukaan



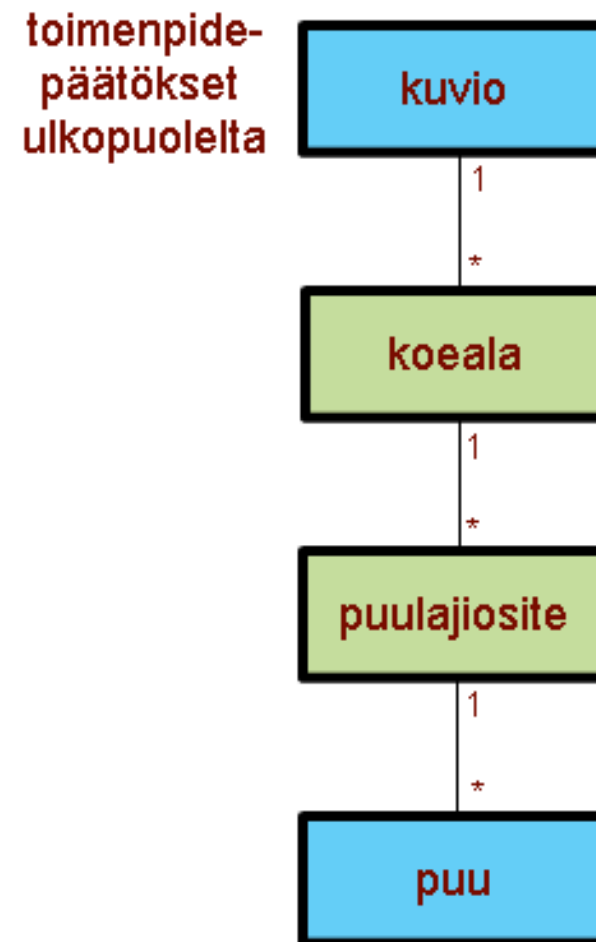
toimenpide-
päätökset





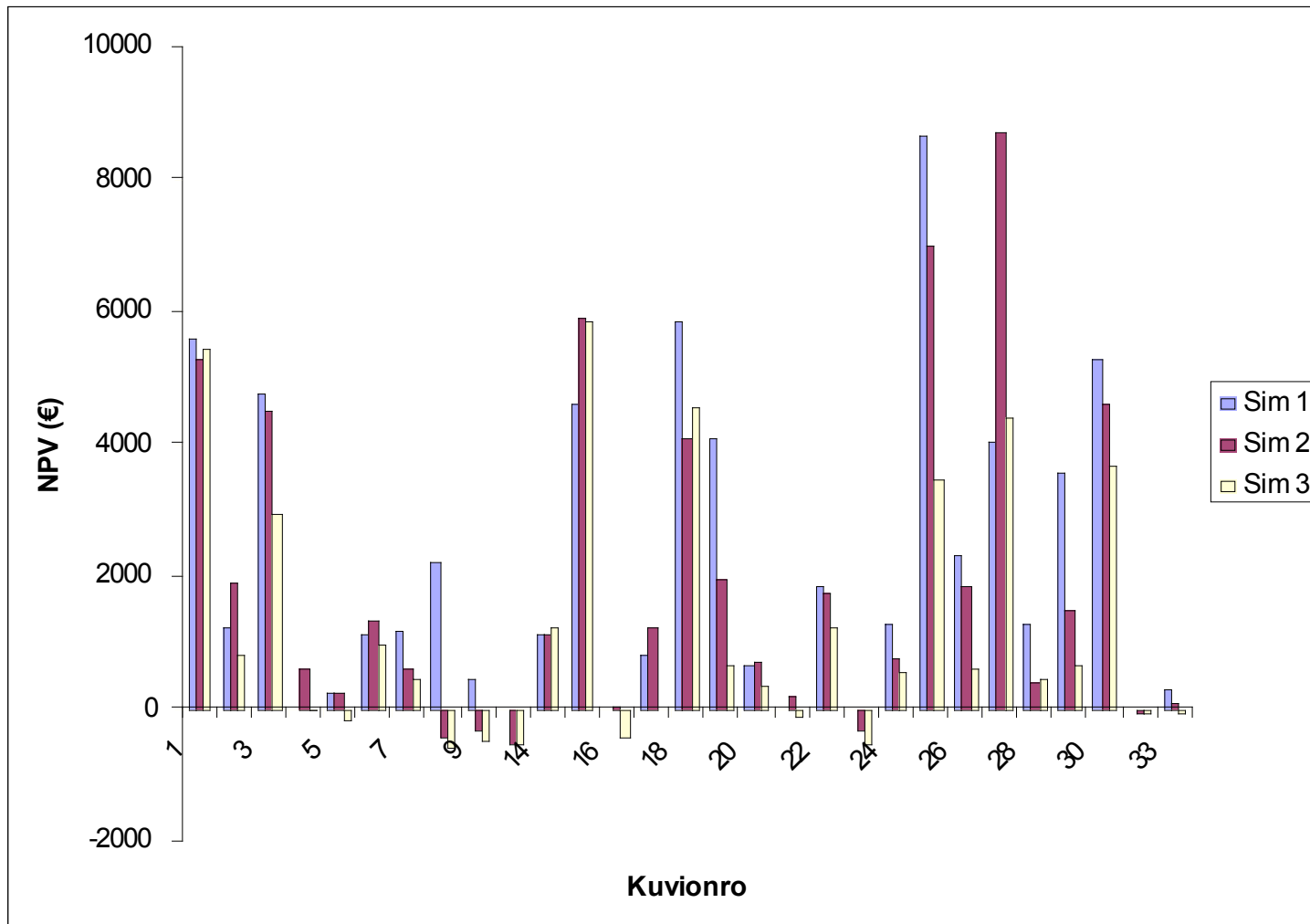
Simulaatio 4

- Simulointi
koealoittain, mutta
toimenpiteet
samanaikaisesti
kuvion 1
toimenpiteiden
kanssa



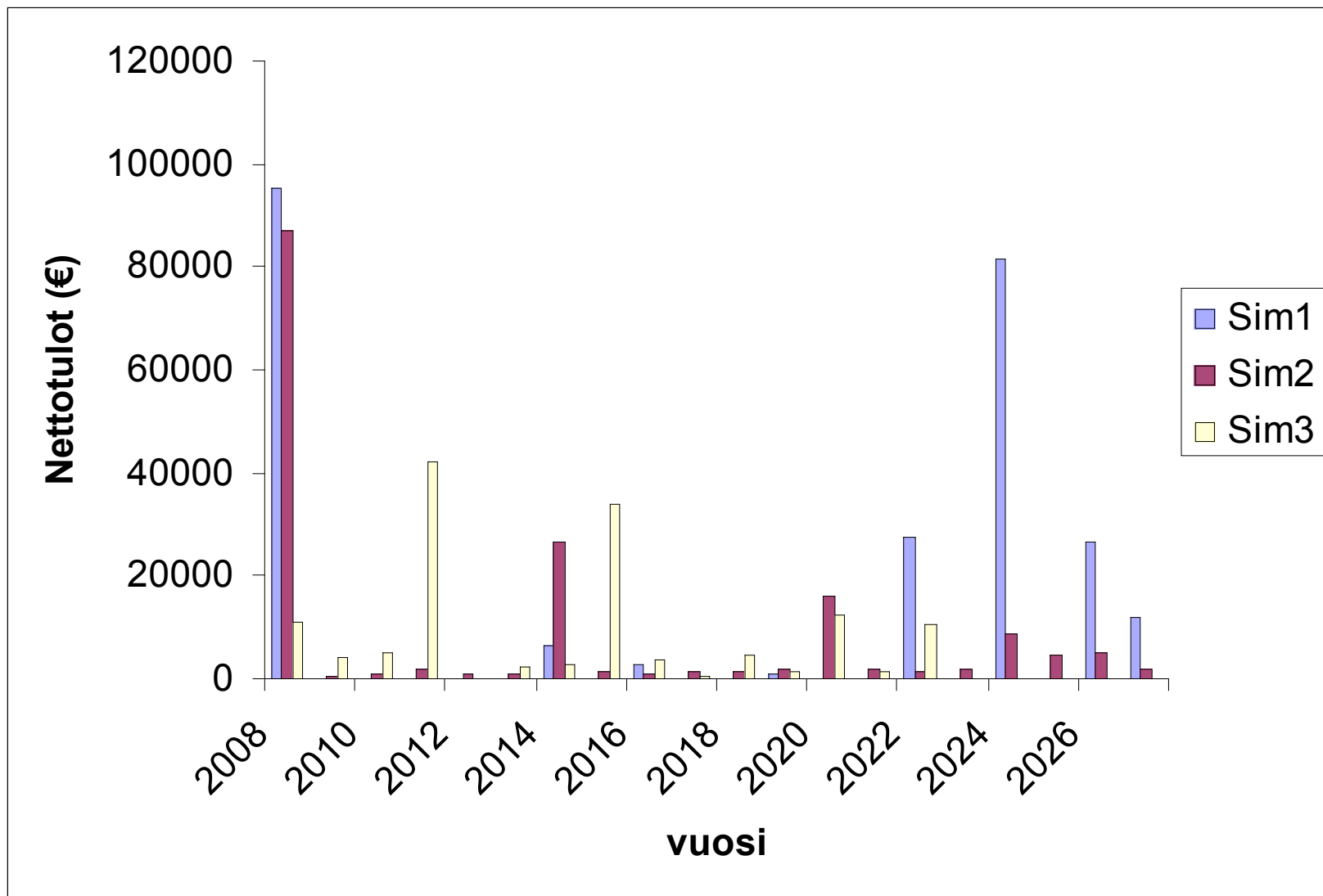


Alustavia tuloksia: diskontatut nettotulot kuvioittain (korko 4 %, aika 20 vuotta)



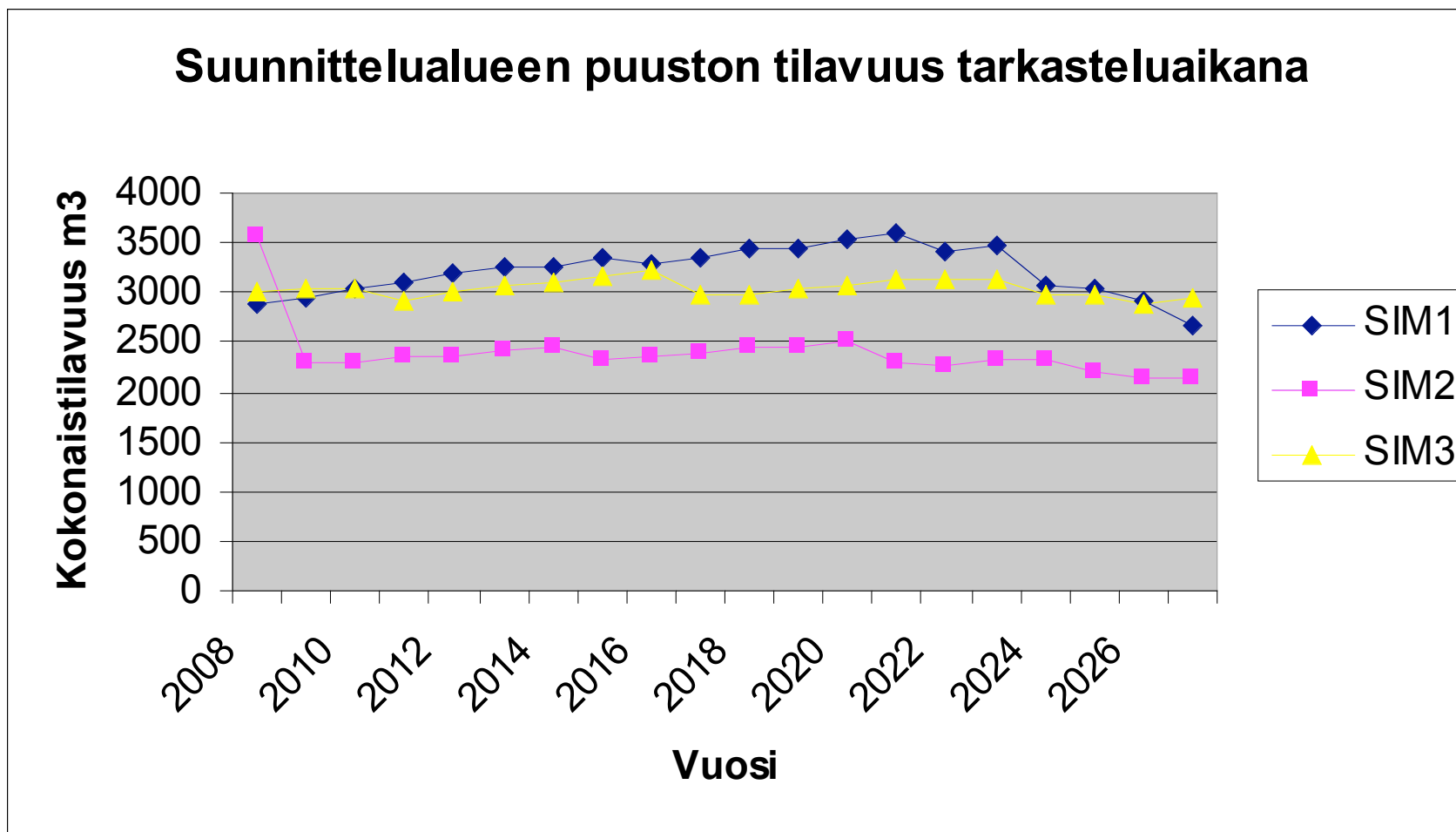


Alustavia tuloksia: Vuosittaiset nettotulot yhteensä





Alustavia tuloksia: Puuston tilavuuden vaihtelu





Lisähaasteita

- Tulojen riippuvuus hakkuualueen koosta
- Minkä kokoinen kuvio on sopivan kokoinen?
- Puutason lähtötiedon hyödyntäminen simuloinnissa



SIMO GIS-komponentti

SIMO loppuseminaari, 2.11.2007

Timo Pekkonen

Jouni Kalliovirta

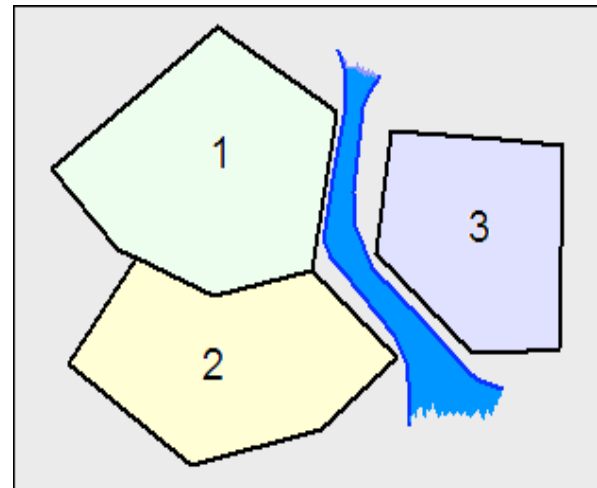


SIMO GIS-komponentti

- Paikkatieto suunnittelussa
- GIS-komponentti
- Menetelmä ja tekninen toteutus
- Esimerkkejä
- Jatkokehittäminen

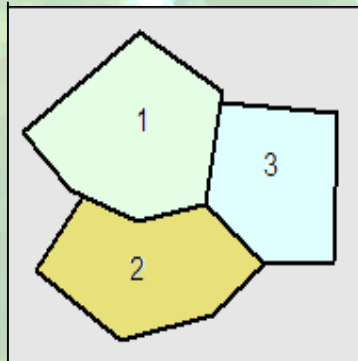
Paikkatieto suunnittelussa

- Naapuruussuhteet
 - Toimenpiteiden keskittäminen
 - Esteiden havaitseminen



- Sijainnin ja maaston
huomioinnotto
toimenpiteiden kustannuksissa

GIS-komponentti



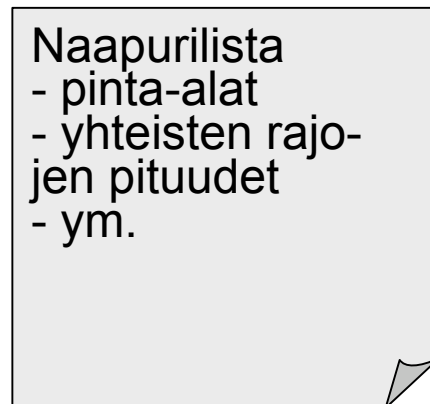
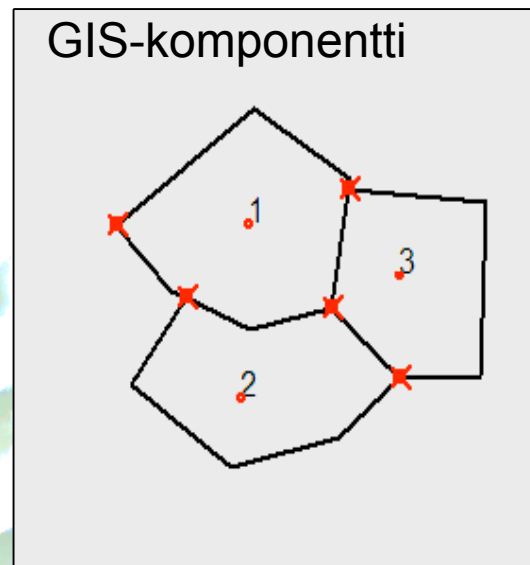
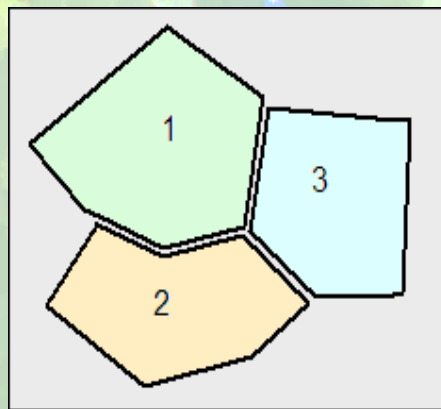
GIS-komponentti

OPERAATIO
Esimerkiksi kuvion
naapureiden mää-
räminen

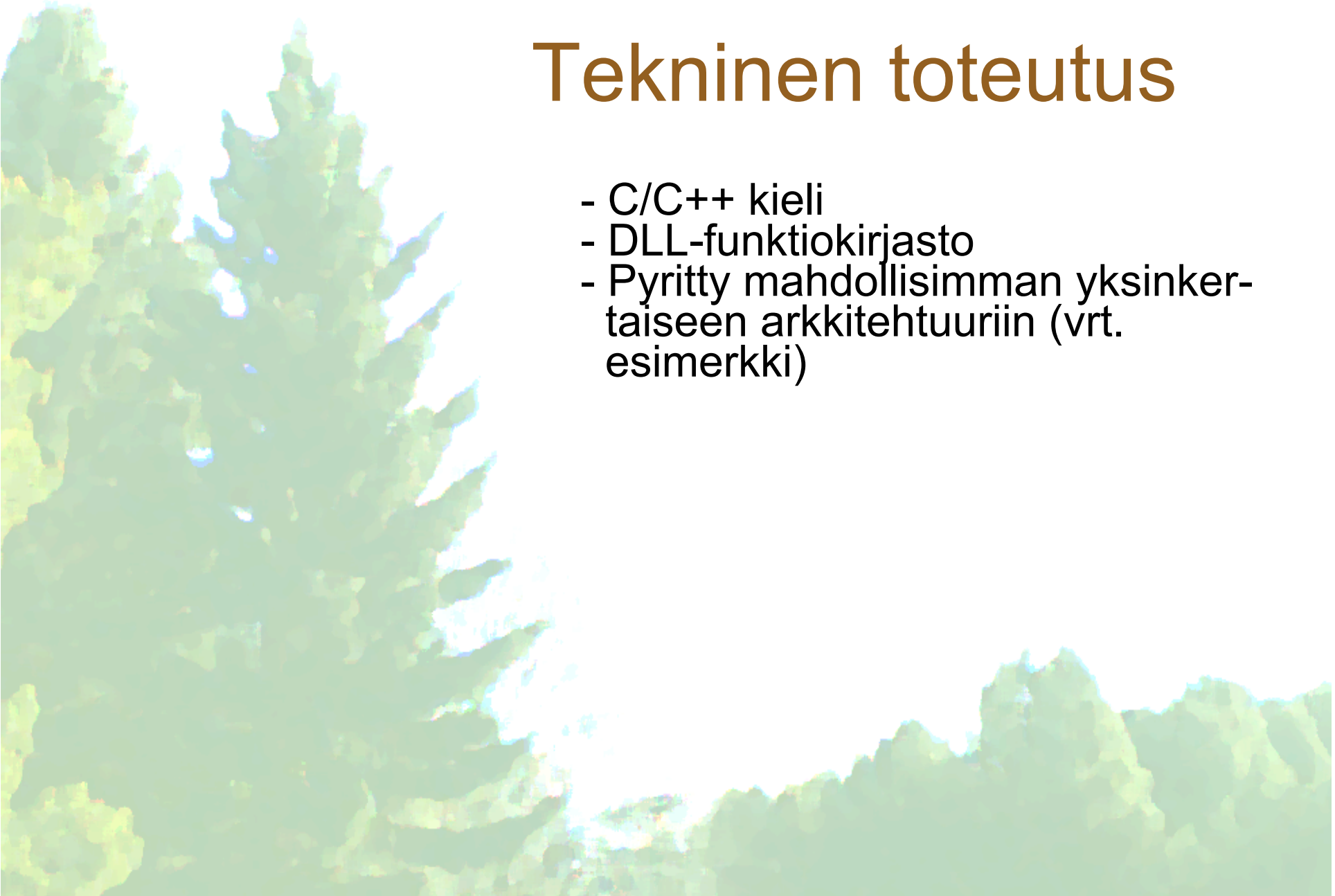
Naapurilista:
Kuvio
Naapuri

1	2
1	3
2	1
....	

Menetelmä



Monikulmioista luodaan tilapäisesti topologinen malli, jossa operaatiot/laskenta suoritetaan



Tekninen toteutus

- C/C++ kieli
- DLL-funktiokirjasto
- Pyritty mahdollisimman yksinkertaiseen arkkitehtuuriin (vrt. esimerkki)

```
// Esimerkki naapurikuvioden laskennasta

// Ia: Lue ja talleta monikulmiot
while (MyRead (nrings, npoints, xy))
    tmf->storeObject (data, POLYGON, nrings, npoints,
xy);
// Ib: Luo topologinen malli
topologicalmodel = tmf->createTopology (data);

// II: Määrittele naapurit
tmf->calculateNeighbours (topologicalmodel);

// III: Listaa naapurit
while (tmf->getNextPolygon (topologicalmodel, polygonId,
...))
{
    ...
    while (tmf->getNextNeighbour (topologicalmodel,
        polygonId, neighbourId, ...))
    {
        MyListFunction (polygonId, neighbourId, ...);
    }
}
```

Käyttöesimerkki: kaistalehakkuu

Toteutettu GIS-komponentti laskee

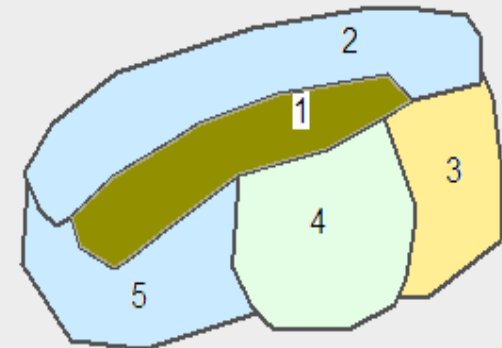
- kuvioiden pinta-alan
- reunaviivan pituuden
- kuvion naapurit
- yhteisen rajaviivan pituuden

→ Kuvion muoto

Kuviotietokannasta haetaan
- kuviotiedot

→ Luontaisen
uudistamisen
edellytykset

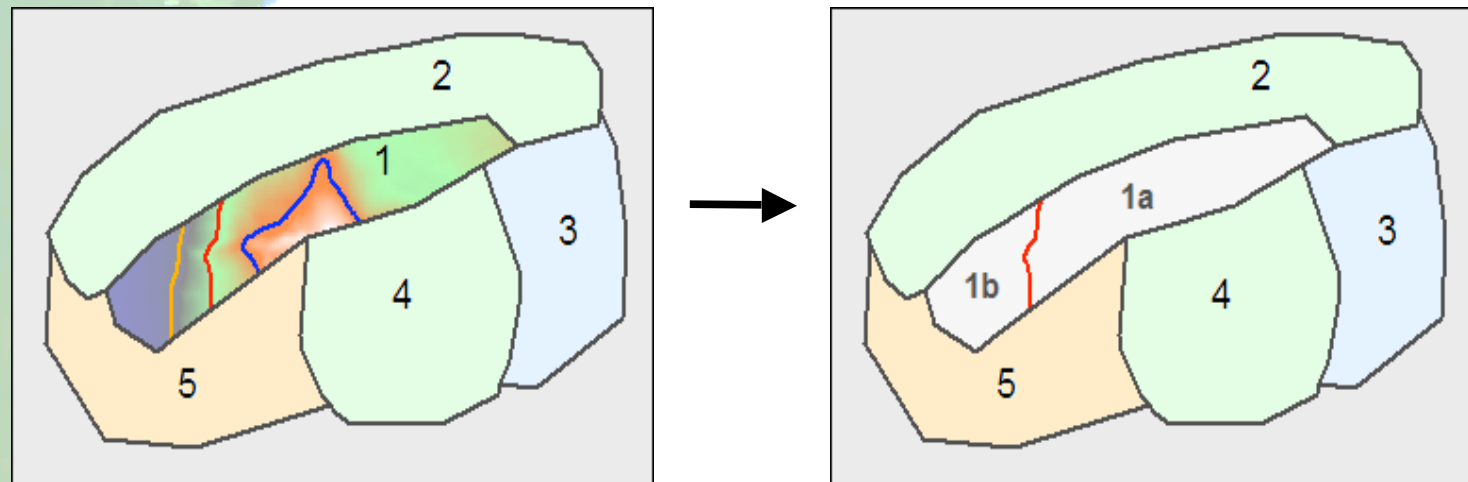
Voidaan määrittää kaistalehakkuun
soveltuvuus kohdekuviolle (1)



Jatkokehittäminen

- Rasterikarttojen yhdistäminen
- Viivojen lisääminen topologiaan

Esim. Pinnan estimointi, jonkin muuttujan/mittausten mukaisesti ja kuvion jakaminen tasa-arvokäyrien avulla





HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

SIMO optimointi

Antti Mäkinen

SIMO-hankkeen loppuseminaari 2.11.2007

Faculty of Agriculture and Forestry / Department of Forest Resource
Management / SIMO



Tavoitteet

- Mahdollisuus käyttää vaihtoehtoisia optimointitekniikoita
 - lineaarinen optimointi
 - heuristiset menetelmät
- Valmiudet uusien optimointitekniikoiden / algoritmien integrointiin
- *Joustavuus, muokattavuus & laajennettavuus*



Toteutus

- Toteutettuna joukko SIMO:n omia heuristisia algoritmeja
- Lineaariseen optimointiin rajapinta J-ohjelmistoon
(<http://www.metla.fi/products/J/>)
- SIMO:n sisäinen yleinen optimointitehtävän määrittely – saman tehtävän ratkaisemiseen voidaan käyttää eri tekniikoita



Heuristiset optimointimenetelmät

- Numeerisia menetelmiä joilla voidaan saavuttaa **hyvä** ratkaisu **kohtuullisella** laskentakapasiteetilla
- Joustavia ja algoritmit yksinkertaisia toteuttaa, perustuvat ns. ”älykkäisiin arvauksiin”
- Mahdollisuus ratkaista epälineaarisia ongelmia, usein esim. spatiaaliset optimointitehtävät (SimoGIS)
- SIMO:ssa käytössä **hero** ja **tabu search**, tekeillä **simulated annealing** ja **threshold accepting**, toteutus Python -ohjelmointikielellä



Lineaarinen optimointi

- SIMO:n optimointimoduuliin toteutettuna rajapinta J-ohjelmistoon – tehokas menetelmä lineaaristen optimointitehtävien ratkaisemiseen
- Optimointitehtävän määrittely ja optimoinnin lähtödatan muodostus SIMO:ssa – tehtävän ratkaisu J:llä
- Optimointitehtävän määrittely sama kuin heuristisille menetelmille tietyin rajoituksin

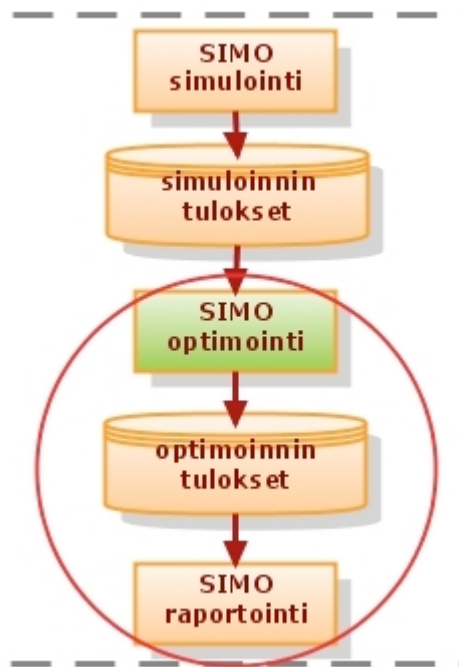


Optimointitehtävän määrittely

- Tavoitteet – mitä optimoidaan
- Rajoitteet – millä ehdoilla optimoidaan
- Tavoitefunktion tyyppi, korkokanta + joukko muita parametreja riippuen optimointitehtävästä/-menetelmästä
- Optimointitehtävän määrittelyyn oma XML syntaksi
 - selkokieelisyyys
 - XML:n automaattisen prosessoinnin edut



Optimointiprosessi

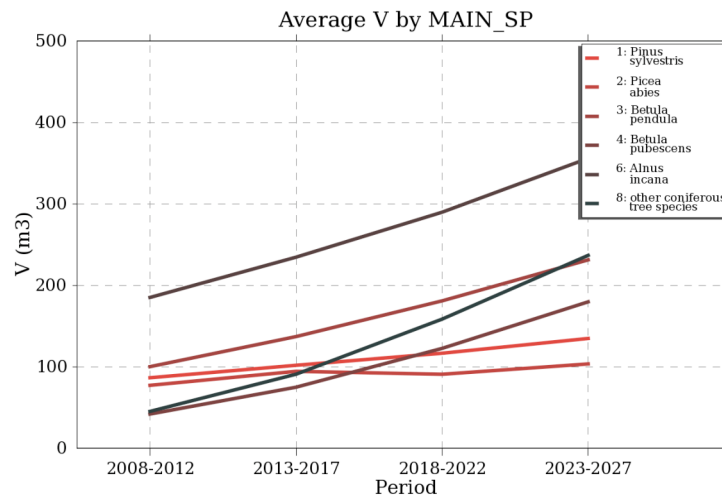


- Lähtötietona simulaattorin generoima aineisto
- Iteratiivinen prosessi – muokataan optimointitehtävää ja toistetaan optimointi, kunnes päästään tyydyttävään ratkaisuun
- Raportointimoduulin avulla tulosten tarkastelu
- Lopputuloksena optimoitu tulostietokanta – tulosten raportointi eri formaateissa



Raportointi

- Työkalut tulosten esittämiseen eri formaateissa
 - Tekstimuotoiset tulosteet kuviokohtaisesti tai aggregoituina tunnuslukuina
 - Tulosten siirtotiedostot eri järjestelmiin
 - Graafiset tulosteet



Simulation unit: 17										
period	year	SC	MAIN_SP	Age	BA	V	N	D_gM	H_gM	H_dorm
0	2008	2	2	66	25	214.1	813.7	22.9	18.1	20.6
1	2009	2	2	67	25.9	224.4	813.7	23.3	18.3	20.8
2	2010	2	2	68	26.9	234.9	813.7	23.6	18.5	21.1
3	2011	2	2	69	27.8	245.6	813.7	24	18.7	21.3
4	2012	2	2	70	28.8	256.5	813.7	24.4	19	21.6
5	2013	2	2	71	29.9	268.6	813.7	24.8	19.2	21.8
6	2014	2	2	72	31	281	813.7	25.2	19.4	22
7	2015	2	2	73	32.1	293.5	813.7	25.6	19.6	22.2
8	2016	2	2	74	33.3	306.2	813.7	26	19.8	22.4
9	2017	2	2	75	34.4	319.1	813.7	26.4	20	22.7
10	2018	2	2	76	35.5	332.1	813.7	26.8	20.2	22.9



Optimoinnin jatkokehitys

- Uusien heurististen menetelmien toteutukset
- Rajapinnat valmiisiin optimointiohjelmistoihin, esim. OpenOpt (<http://scipy.org/scipy/scikits/wiki/OpenOpt>), sisältää lukuisia menetelmiä mm. epälineaaristen optimointitehtävien ratkaisemiseen