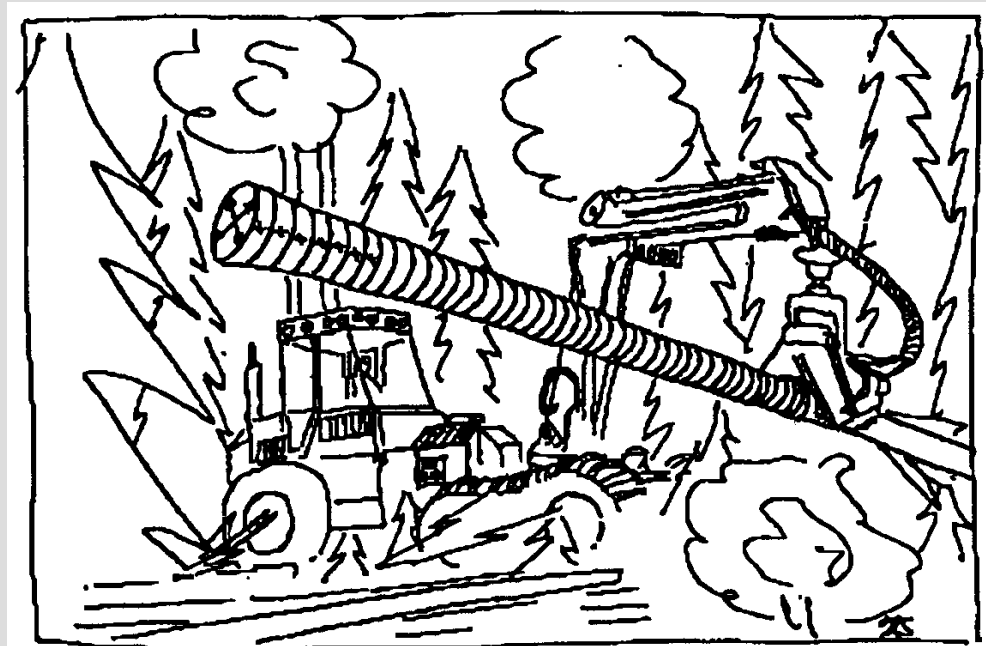


# Voidaanko laatu huomioida männyn katkonnassa?



Jori Uusitalo  
Joensuun yliopisto



# Esityksen sisältö

- Katkonnan ohjauksen perusteet
- Tutkimustuloksia
- Laadun huomioon ottaminen katkonnassa

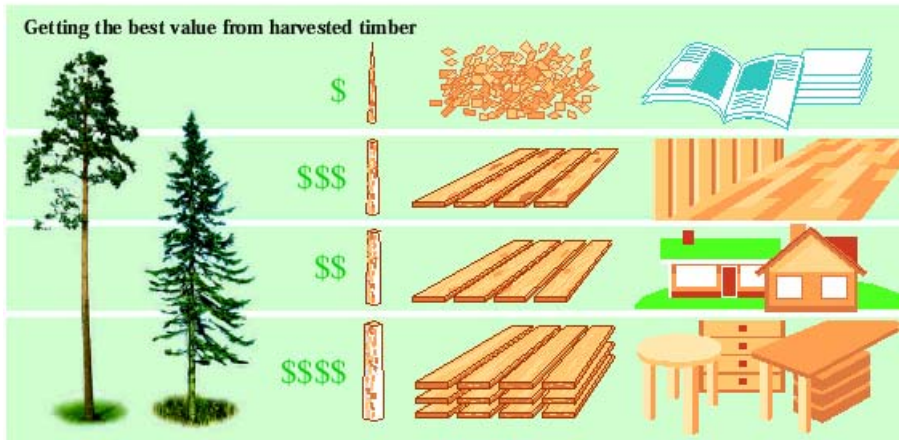
# Katkonnan ohjauksen perusteet

Katkonnan ohjaus voidaan jakaa kahteen pääkysymykseen:

- Mitä puutavaralajeja mistäkin leimikosta hankitaan
- Minkälaisia tukkeja (pituus, läpimitta, laatu) kunkin puutavaralajin kohdalla halutaan

Perinteisesti amerikkalaiset tutkijat ovat enemmän kiinnittäneet huomiota ensimmäiseen kysymykseen kun taas eurooppalaiset tutkijat jälkimmäiseen

# Katkonnan ohjauksen perusteet



Katkonnan optimoinnin perusedellytyksenä on, että puutavaralajien keskinäinen haluttavuus- tai arvosuhteet voidaan muotoilla matemaattisesti

Useimmiten puutavaralajien keskinäiset arvosuhteet sekä eri läpimittapituusyhdistelmien haluttavuus määritetään todellisten tai suhteellisten hintojen tai arvojen avulla

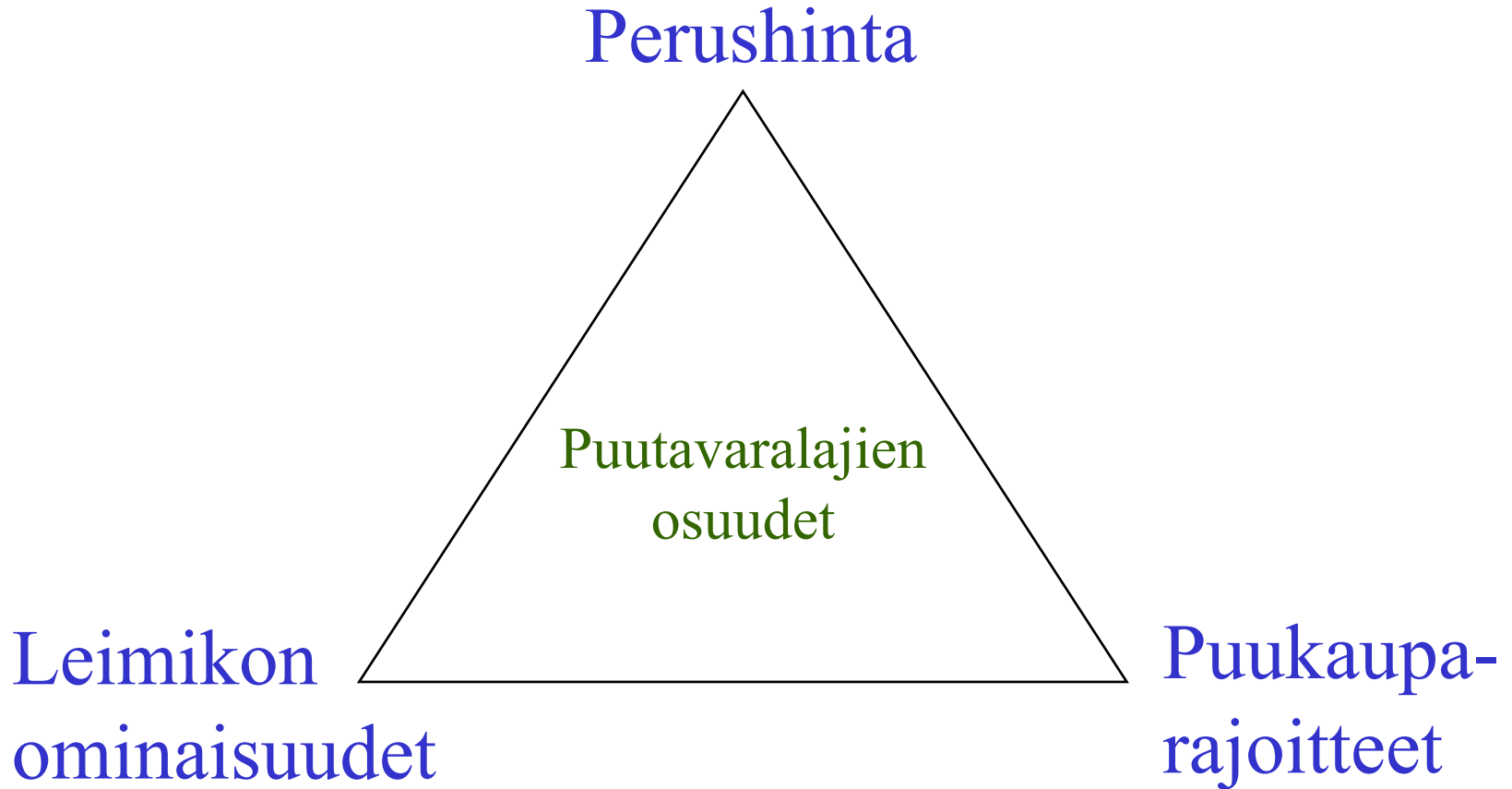
# Katkonnin ohjauksen perusteet

Eri puutavaralajien väliset arvosuhteet ilmaistaan nk. perushintojen avulla. Perushinnat ja niiden väliset suhteet ilmaisevat kunkin puutavaralajin suhteellisen haluttavuuden katkonnin

<b>Erikoistukki -</b>	<b>Sahatukki -</b>	<b>Pikkutukki-</b>	<b>Kuitupuu</b>
<b>400</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

Nämä suhdeluvut pohjimmiltaan ratkaisevat, kuinka suuri on kunkin puutavaralajin osuus. Jos haluamme kasvattaa jonkin puutavaralajin osuutta on sen perushintaa nostettava - ja päinvastoin.

# Katkonnan ohjauksen perusteet



# Minkälaisia tukkeja halutaan?

	370	430	460	490	520	550	580	610		Pituus, cm
D, mm										
155										
160	155	233	235	237	237	237	235	235		
170	150	218	220	222	222	222	220	220		
180	150	218	220	222	222	222	220	220		
200	150	218	220	222	222	222	220	220		
220		218	220	222	222	222	220	220		
240		218	220	222	222	222	220	220		
260		218	220	222	222	222	220	220		
280		218	220	222	222	222	220	220		
300		218	220	222	222	222	220	220		
320		218	220	222	222	222	220	220		
340		218	220	222	222	222	220	220		
360		218	220	222	222	222	220	220		
380		218	220	222	222	222	220	220		
400										

Hintamatriisin avulla määritetään minkälaisia tukkeja kunkin puutavaralajin sisällä halutaan tuottaa

Yleensä ei enempää kuin +/-10% poikkeama perushinnan ympärille

Poikkeaman kasvattaminen johtaa helposti siihen että hinnaltaan läheisten puutavaralajien matriisit ovat osittain päällekkäin

# Mitkä puutavaralajit ovat mukana optimoinnissa ?

Katkontajärjestelmään täytyy määrittää mitkä puutavaralajit otetaan mukaan optimoinnissa

Lopullinen optimointimatriisi on siis 3-ulotteinen matriisi, jossa on useita erillisiä hintamatriiseja päällekkäin

		Puutavaralaji					
Laatu		Pylväs	Erikoistukki	Sahatukki	Pikkutukki	Parru	Kuitupuu
Q1		*	*	*	*	*	*
Q2			*	*	*	*	*
Q3						*	*
Q4							

Kuljettaja pääsee näppärästi ohittamaan oletuslaadut laatunäppäimien avulla



# Edellytykset optimoinnille - runkoprofiili

Etäisyys tyveltä cm	Läpimitta mm	Kumulatiivinen tilavuus, l
...		
200	262	124
210	261	129
220	260	134
230	259	140
240	258	145
250	257	150
260	256	156
270	255	160
280	255	166
290	254	171
...		

Optimoinnin edellytys on, että runkoprofiili on määritelyvektorimuodossa koko rungolle tai ainakin suurimmalle osalle runkoa -> Hakkuukonemittaus.

Ennen optimointia epätasainen runkoprofiili filteröidään ja tasoitetaan

Tässä vaiheessa suoritetaan myös tilavuuden laskenta, jota tarvitaan optimointilaskelmissa

# Yksittäisen rungon pölkytys

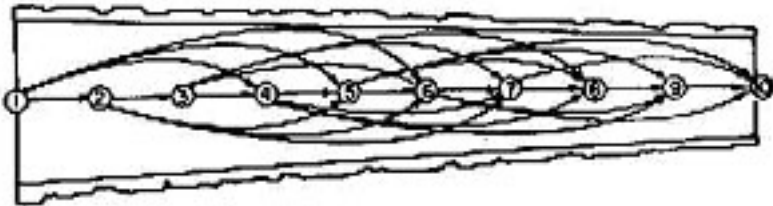
## Pölkytys

- Kaikki mahdolliset katkontavaihtoehdot luetellaan
- Lasketaan kullekin katkontavaihtoehdolle arvo
- Valitaan parhaimman arvon tuottama vaihtoehto

## Eri vaihtoehtoja laskentaan

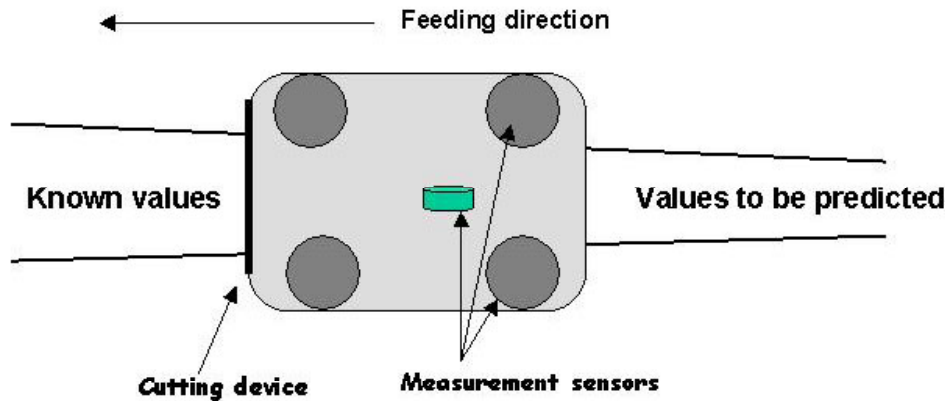
- Kaikkien vaihtoehtojen luettelointi
- LP/IP-mallinnus
- Liukulukutekniikka
- Dynaaminen optimointi

(A) TREE NETWORK



Näsbergin väitöskirjassa (1985) esitetty verkkoteorian ja dynaamisen optimoinnin yhdistelmä on ilmeisesti käytössä (lähes) kaikilla konevalmistajilla. Haetaan pisin (arvokkain) reitti tyvestä latvaan.

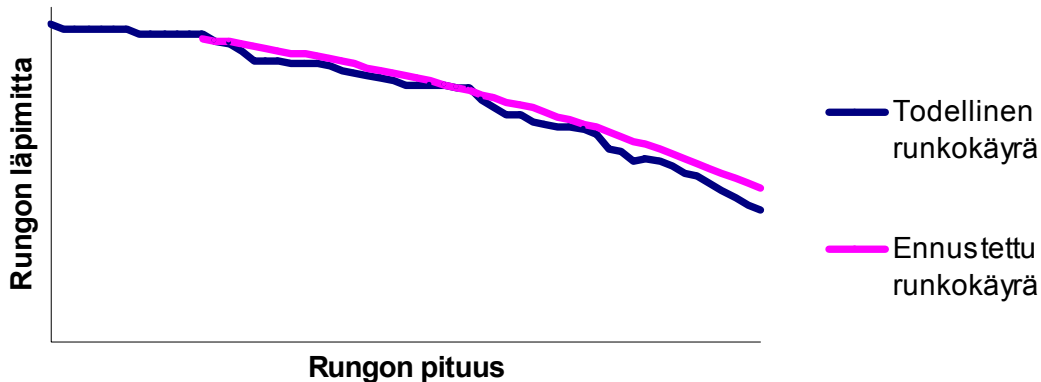
# Optimointi epätäydellisen informaation vallitessa



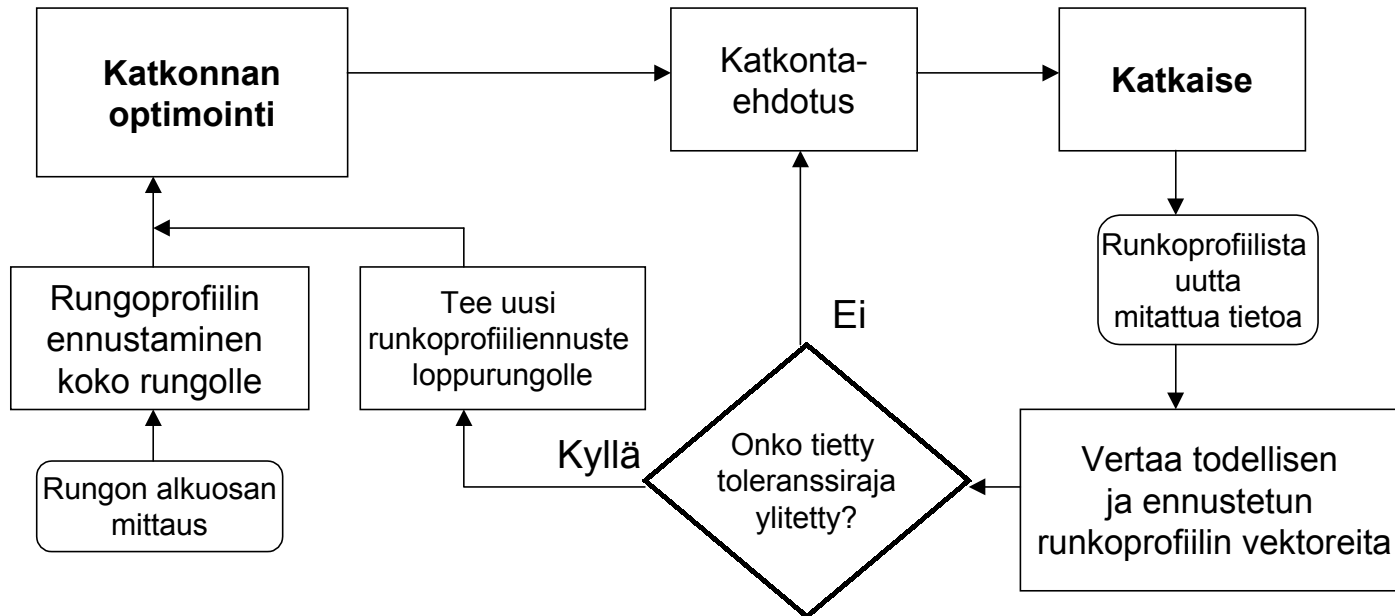
Tavaralajimenetelmässä optimointi on suoritettava epätäydellisen runkoinformaation vallitessa

Ensimmäinen runkoprofiiliennuste tehdään 3-4 m tyveltä.

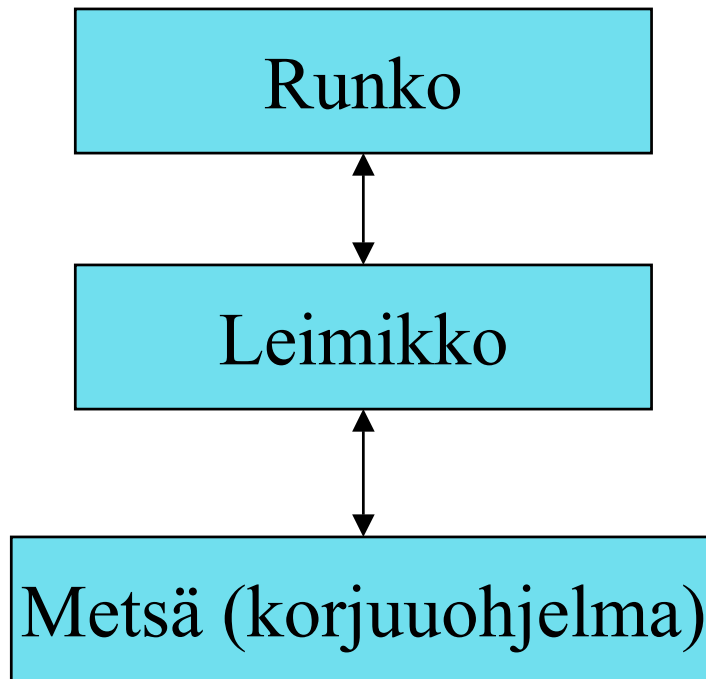
Ennuste loppurungolle tehdään jo mitattujen mitta-  
arvojen avulla käyttäen hyväksi myös edellisistä puista saatua informaatiota



# Rungon pölkytys epätäydellisen runkoinformaation tapauksessa



# Katkonnan ohjauksen dilemma



Runkokohtainen optimointi johtaa epätoivottuun leimikko-optimiin

Leimikko-optimi ei johda optimaaliseen tavoitejakaumaan korjuuohjelman tasolla

On siis jossain määrin luovuttava runkokohtaisesta optimista, jotta leimikkokohtainen optimi voitaisiin saavuttaa  
-> Tavoite 1. jakauma-apteeraus

# Katkonnan ohjauksen dilemma

	370	430	460	490	520	550	580	610		Pituus, cm
D, mm										
155										
160	4	10	11	25	10	20	10	10		
170	4	10	11	25	10	20	10	10		
180	4	10	11	25	10	20	10	10		
200		13	13	25	13	25	5	6		
220		10	12	18	20	25	5	10		
240		10	10	15	20	25	5	10		
260		10	10	15	20	25	5	10		
280		10	10	15	20	25	5	10		
300		10	10	15	20	25	5	10		
320		12	12	14	20	20	12	10		
340		10	20	25	25	10	5	5		
360		10	20	25	25	10	5	5		
380		10	20	25	25	10	5	5		
400										

Tarvitaan toinen jakauma  
- **tavoitejakauma**, jota  
käytetään optimoinnin  
apuna

Tavoiteapteenauksen  
avulla säädetään  
optimointia on-line  
periaatteella kohti  
leimikko-optimia

On siis jossain määrin luovuttava runkokohtaisesta optimista,  
jotta leimikkokohtainen optimi voitaisiin saavuttaa  
-> Tavoite 1. jakauma-apteenaus

# Tavoiteapteeraus

**Tavoitematriisi, T**

	330	410	490	530	L, cm
D, mm					
300	20	10	50	20	
320	20	10	40	30	
340	30	30	30	10	
360	20	30	40	10	

**Tuotosmatriisi, O**

	330	410	490	530	L, cm
D, mm					
300	12	5	55	20	
320	9	1	48	45	
340	22	30	24	23	
360	19	7	29	3	

**Hintamatriisi, P**

	330	410	490	530	L, cm
D, mm					
300	400	400	400	400	
320	400	400	400	400	
340	400	400	400	400	
360	400	400	400	400	

**Erotusmatriisi, P**

	330	410	490	530	L, cm
D, mm					
300	-8	-5	5	0	
320	-11	-9	8	15	
340	-8	0	-6	13	
360	-1	-23	-11	-7	

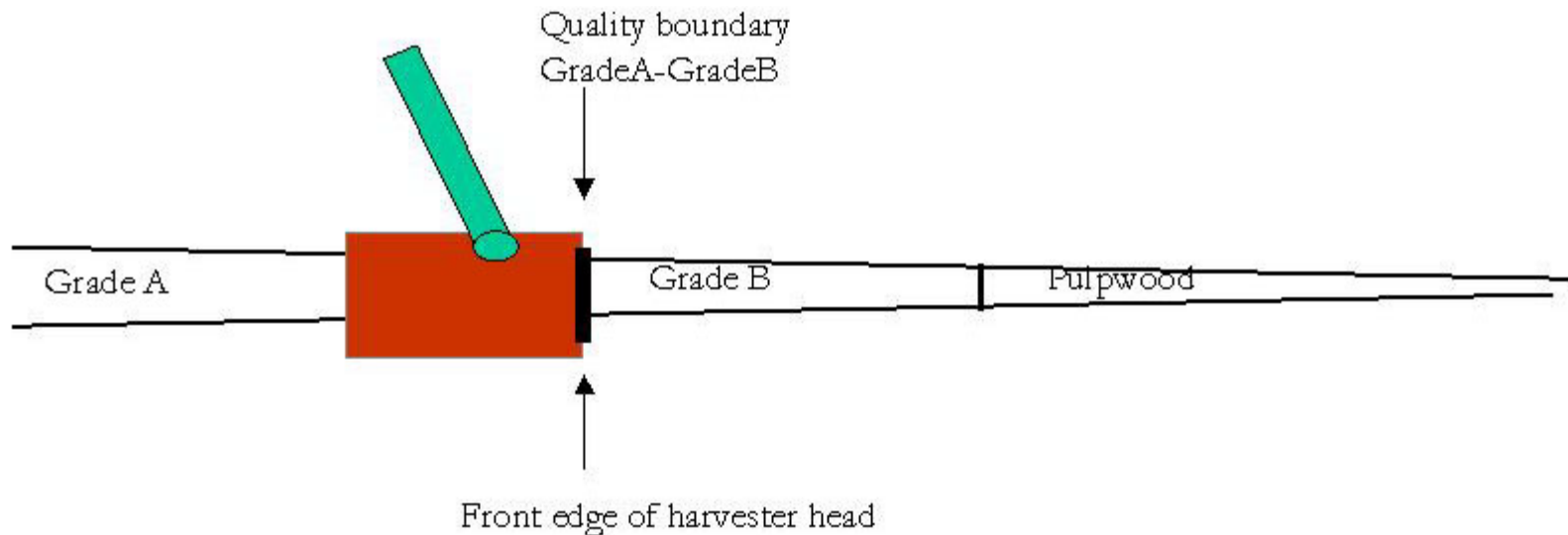
**Uusi hintamatriisi, P'**

	330	410	490	530	L, cm
D, mm					
300	420	410	380	380	
320	420	420	380	380	
340	420	380	410	380	
360	410	420	420	410	

# Laaturajat on mahdollista rekisteröidä

Koneen kuljettaja pysäyttää hakkuupään etureunan laaturajan kohdalle ja painaa laatuäppäintä ( esim. Q2)

Toinen vaihtoehto tallentaa laaturaja koneen ohjaimien avulla

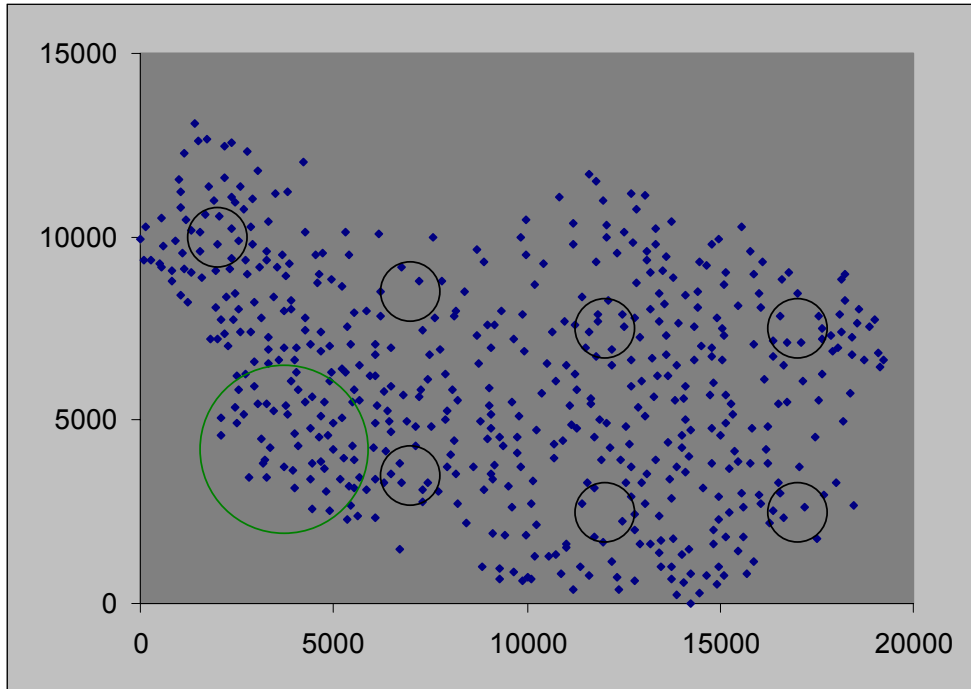


Kun laaturaja on tallennettu, katkenta voidaan optimoida annettujen laaturajojen puitteissa



**Tutkimustuloksia...**

# Bayesian estimation of diameter distribution during harvesting



Leimikon ominaisuuksien  
ennustaminen  
katkonnan yhteydessä

1) voidaanko ensimmäisten  
runkojen avulla ennustaa  
loppuleimikon ominaisuuksia

2) voidaanko ennakkodataa ja  
ensimmäisistä rungoista saatua  
tietoa yhdistää

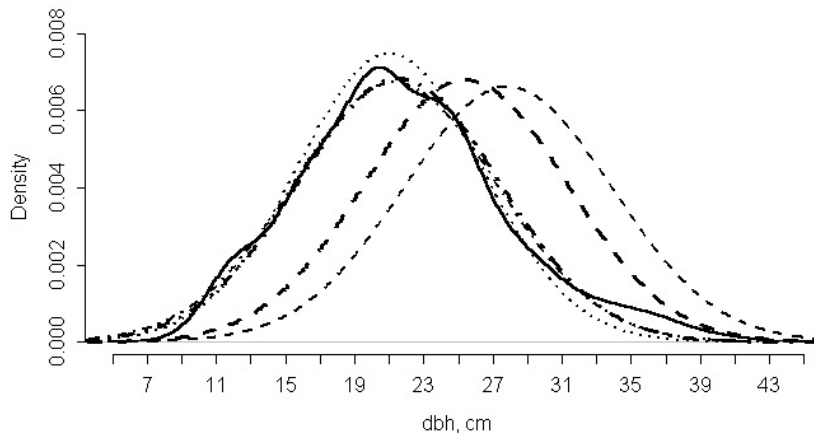
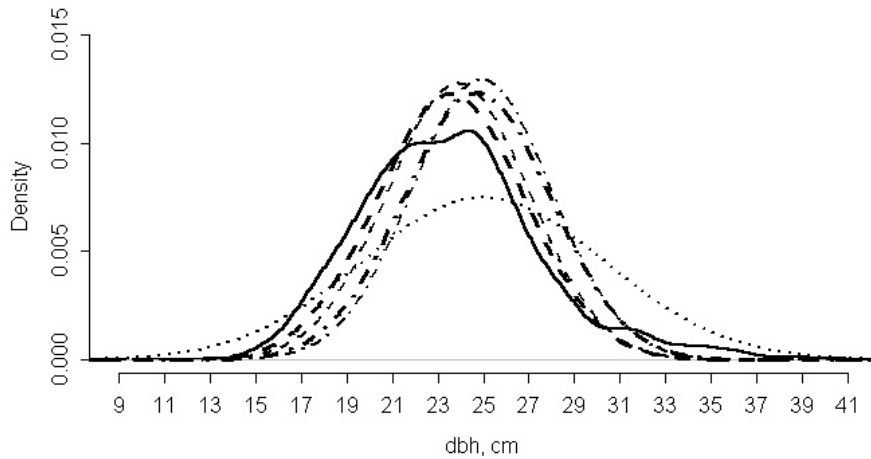
# Bayesian estimation of diameter distribution during harvesting

Data voi kompensoitua kumpaankin suuntaan

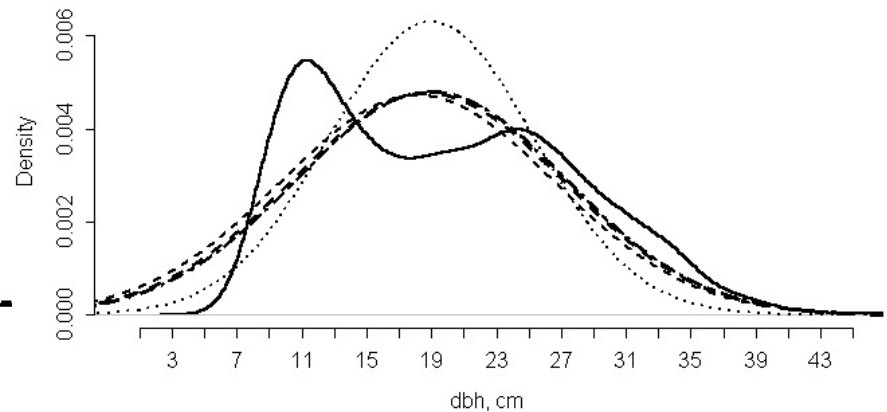
Ennakoinformaation tärkeys - keskiläpimitta!

Reunaotanta antaa usein harhaisen estimaatin

Ennakoinformaatio harhainen  
Reunaotanta antaa hyvän estimaatin



Ennakoinformaatio tarkka  
Reunaotanta harhainen



Kaksihuippuinen jakauma  
keskiarvosta ja hajonnasta hyvä estimaatti

# Eri vaihtoehdot laadun huomioon ottamiseen

Ei merkittäviä laatueroja rungon pituussuunnassa

Kuljettaja rekisteröi laaturajan muuttumiskohdan karsinnan jälkeen. Järjestelmä tekee katkontaehdotuksen laatu huomioon ottaen.

Katkontaa ei optimoida - kuljettaja käyttää joitakin pituuden esivalintanäppäimiä. Katkaisukohdat päätetään laadun perusteella.

Automaattinen katkonta  
( automatic bucking)

- optimointiehdotuksen ratkaisusta poiketaan silloin tällöin

Automaattinen  
laatukatkonta  
(automatic quality bucking)

Laatukatkonta  
(quality bucking)

# Tutkimuksen tavoitteet

Pituuden merkitys katkonnan ohjauksessa on kasvanut

Haluttujen pituuksien määrä on vähentynyt

Automaattisen katkonnan on uskottu alentavan laatua

Onko ulkolaadun ja sisälaadun välinen yhteys selvä?

Katkontapituuksien ero automaattisen katkonnan ja laatukatkonnan välillä

Kuinka sahatavaran laatu muuttuu siirryttäessä laatukatkonasta automaattiseen katkontaan

# Koemateriaalia

100 sahauskoepuuta  
6 mäntytukkileimikosta eteläisestä  
Suomesta

Sahauskoepuut mitattiin ennen kaatoa ja  
numeroitiin

Rungot katkottiin Ponssen hakkuukoneella  
laatukatkontaperiaatteella

Tehdyt tukit luetteloitiin ja merkittiin  
niiden alkuperä



# Koesahaus



Rungokäyrä mitattiin ristimittauksella 50 cm: n välein



Sahaus normaalilla nelisahausperiaatteella sirkkelisahalla

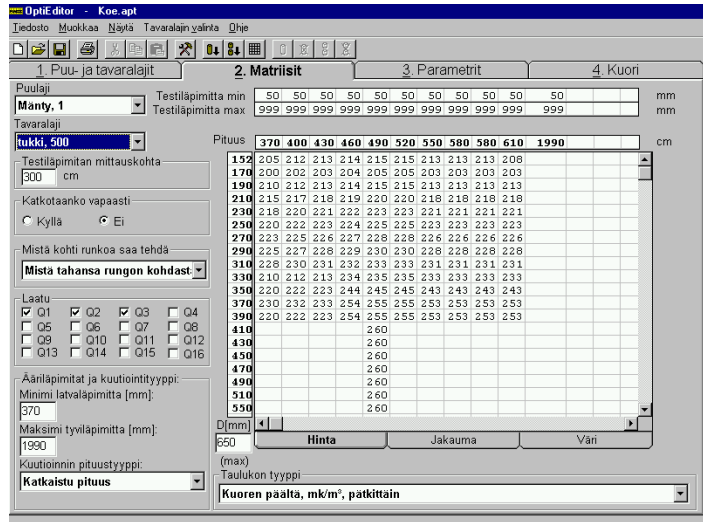
Jokainen sahe jaettiin 10 cm pätkiin ja koodattiin jokaisen pätkän osalta seuraavat

laatutunnukset:

- tuoreiden, kuolleiden ja lahojen oksien lkm
- suurimman tuoreen, kuolleen ja lahon oksan läpimitta
- vajaasärmäisyys

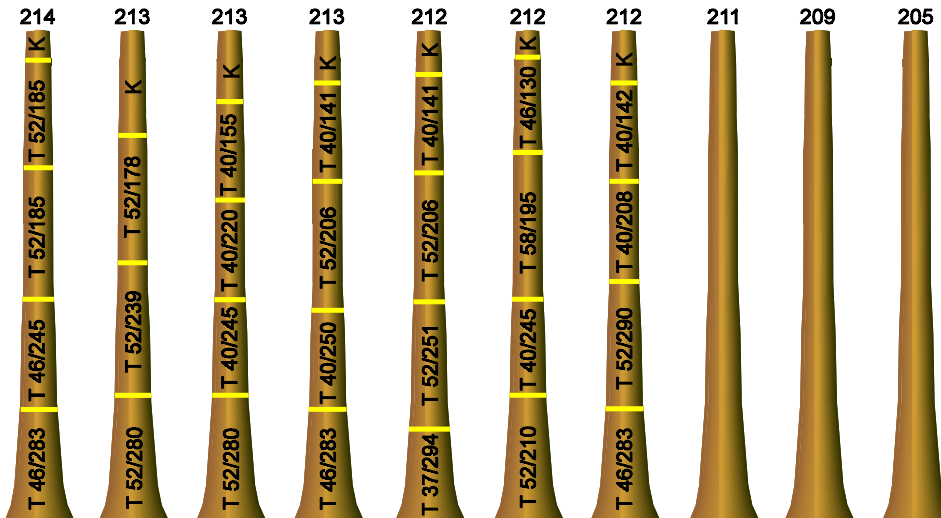


# Automaattisen katkonnän simulointi



PonsseOpti 3.0 simulaattorilla

Hintalistan optimaaliset arvot optimoitiin Kivisen GA-algoritmin avulla



Ponssen simulaattori tuottaa "jäljitys"-tiedoston joka kertoo jokaisen katkotun pölkyn alku- ja loppukorkeuden sekä läpimitan tällä korkeudella



# Sahatavaran laadutus

Laatudata jokaisesta 10 cm pätkästä  
tallennettiin

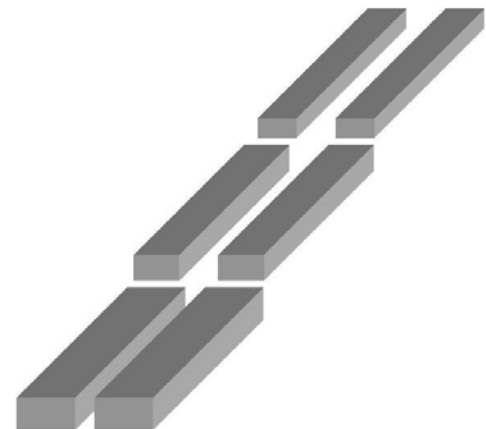
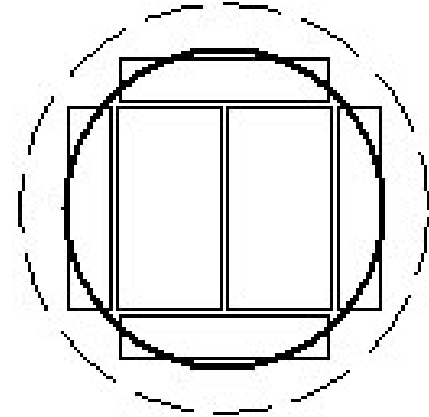
Vain keskitavarakappaleet otettiin mukaan  
tässä laskelmassa

(2 exlog 50x100, 2 exlog 50x125, 2 exlog 50x150, 2  
exlog 50x175 or 2 exlog 50x200)

Sahatavarakappaleet järjestettiin  
luonnolliseen järjestykseen niin, että voitiin  
luoda yhtenäiset sahatavarakappalejonot  
tyvestä latvaan

Laadittiin kaavat, jolla mitatut oksatiedot  
konvertoitiin laatuluokituskriteereiksi (Sininen  
kirja)

Laskettiin laatuluokka alkuperäiselle  
laatukatkontasahatavarakappaleille sekä simuloitulle  
automaattikatkontasahatavarakappaleille



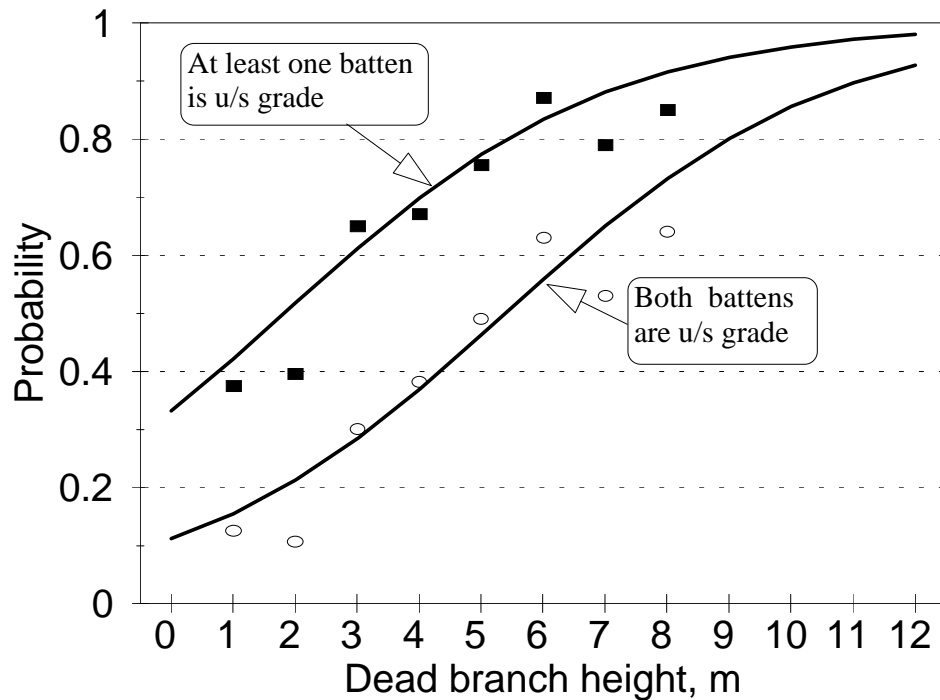
# Päätelmät

- Automaattinen katkonta ei merkittävästi vähennä hyvälaatuisen keskitavarasaheen määrää laatuatkontaan verrattuna
- Koska automaattinen katkonnan pitäisi tuottaa sopivamman pituusjakauman, voidaan sitä pitää perusteltuna ratkaisuna vastaavanlaisiin olosuhteisiin
- Tutkimustulokset ovat täysin aineistosidonnaisia - testit hyvälaatuisissa leimikoissa pitäisi tarkastella erikseen
- Laatuluokitussimuloinnin tuottama "vääristymän" testaus suorittamatta

# **Laatu ja katkonta**

- joitakin näkökohtia...

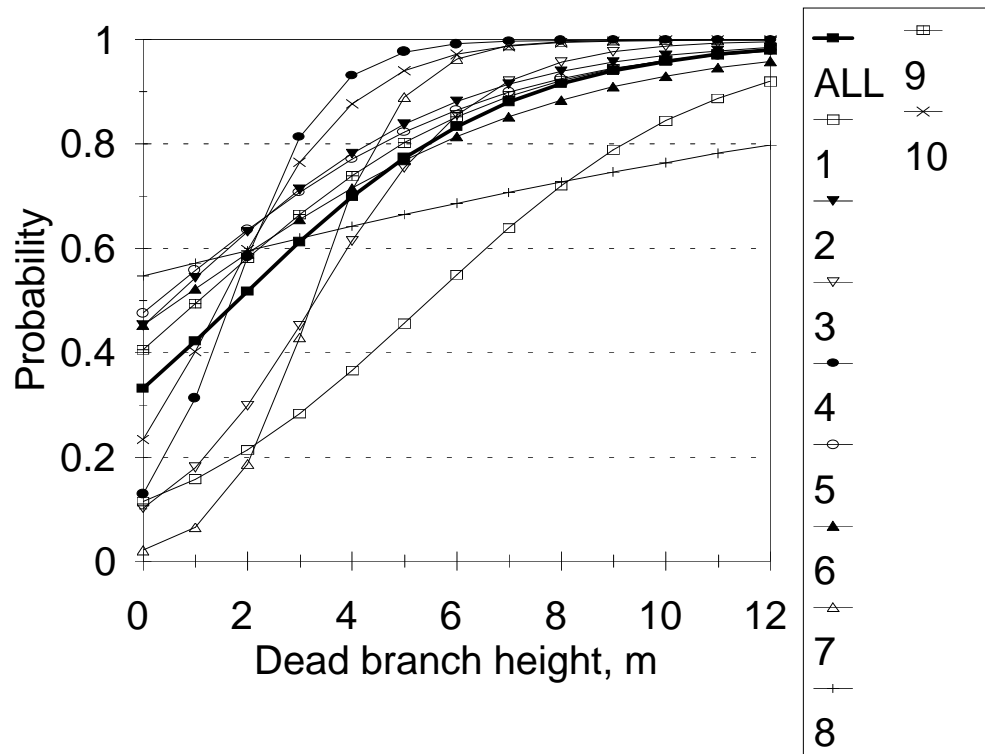
# Laadun ennustaminen



•Kuivaoksarajalla ja tyvitukin sahatavaran laadulla on selkeä yhteys mutta yhteys on vain tilastollinen

•Se tuottaa oikean suuntaisen ennusteen ehkä vain 1/2 tapauksessa

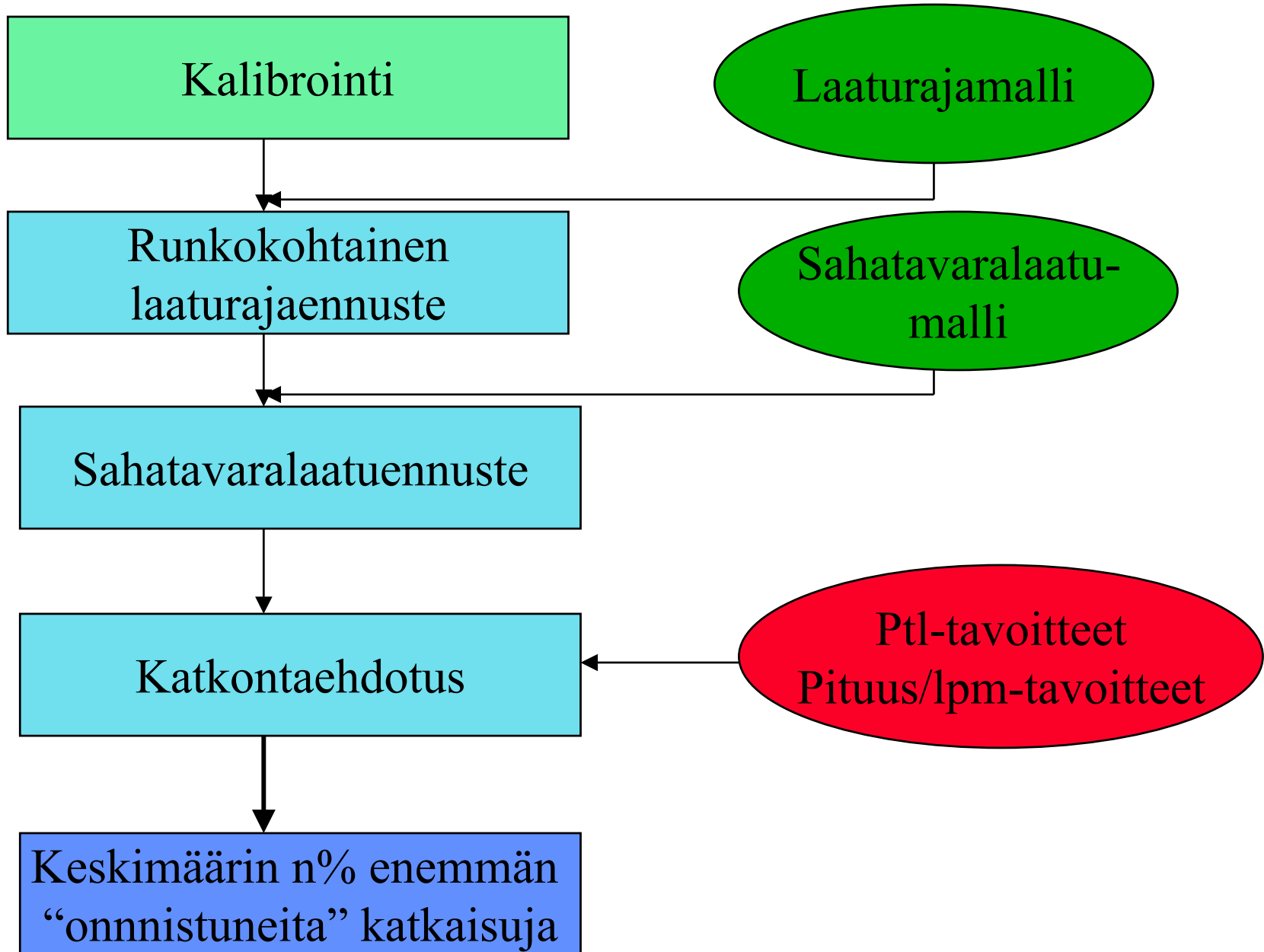
# Laadun ennustaminen



• Onko kuivaoksarajan ja sisälaadun korrelaation välillä leimikkokohtaista vaihtelua?

• Kuivaoksarajan keskiarvon lisäksi pitäisi tuntea kuivaoksarajan jakauman muoto

# Mallipohjainen laatukatkonta?



# Laatukatkonta tulevaisuudessa

Ehkä pitäisi ottaa enemmän varman päälle katkonnassa

- Hyvälaatuiset rungot/leimikot -> (automaattinen) laatukatkonta
- Huono ja keskitasoiset leimikot -> automaattikatkonta l. katkonta pituustoiveiden pohjalta