

HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Ympäristötilastotieteen peruskurssi syksy 2015

Dosentti

Jukka Hoffrén

Helsingin yliopisto, Tilastokeskus

Sosiaalitieteiden laitos (Tilastotiede), Valtiotieteellinen tiedekunta

4.11.2014

Kurssin tavoitteet

- Ympäristötilastotieteen jatkokurssi (aineopintojen valinnainen erikoiskurssi / syventävien opintojen valinnainen erikoiskurssi)
- Ympäristötilastotiede on tilastollisten menetelmien soveltamista ympäristön tilan ja muutoksen kuvaamiseen. Erityisenä mielenkiinnon kohteena on ihmisen toiminnan vaikutus ympäristön tilaan ja tulevaisuuteen. Ympäristötilastotieteessä keskeistä on tietojen oikea keruu, menetelmien soveltaminen ja tietojen analysointi. Kurssin perehdyttää ympäristötilastotieteen sovelletuimpiin menetelmiin. Pääpaino on menetelmien soveltamisessa.
- 4 op. + vapaaehtoinen harjoitustyö 2 op
- Kotisivu:
<https://wiki.helsinki.fi/pages/viewpage.action?pageId=135071618>

Luentoajat

- **Luennot (15 t)**
- Ke 28.10. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- Ke 04.11. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- Ke 11.11. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- Ke 18.11. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- Ke 25.11. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- Ke 02.12. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- **Kertaus ja loppukuulustelu:** Keskiviikkona 9.12. klo 15.00-18.00 U37, sh. 1
- **Uusintamahdollisuus:** matematiikan ja tilastotieteen laitoksen yleisessä.

Sisältö

Luento 2: Luonnonvarojen tilastointi- ja arviointi menetelmiä

Linja-arviointimenetelmä

Systemaattinen koealaotanta

Monilähdeinventointi

Maatalouslaskennat ja rakennetutkimukset

Ositettu otanta -menetelmän käyttö satotilastoissa

Kyselyjen ja rekisteritietojen käyttö

Tuotantoon perustuvat menetelmät

Hubbertin mallintamismenetelmä

Eri mallien epävarmuudet

Harjoitustyö 2 op.

- Esseemuotoinen raportti, jossa sovelletaan kurssilla käytyjä menetelmiä esim. omaan tutkimusaiheeseen.
- Esseiden laajuus 6-8 sivua (tekstiä, taulukoita ja kuvioita).
- Sovella omaan tutkimusaiheeseesi kvantitatiiviseen aineistoon jotain kurssilla esitettyä tai jotain muuta ympäristötilasto-tieteen menetelmää. Esim. ekotehokkuutta, skenaariomallintamista jne.
- Palautus viimeistään 2.12.2015. Jos esittää työnsä (10-15 min) saa 1 op lisää

Harjoitustöiden aiheita

- Kyselytutkimus jollekin joukolle ympäristömielipiteistä.
- Riippuvuussuhteiden analysointi lineaarisen mallin avulla oikealla datalla (esim. BKT materiaalien ja energian kulutuksen mallinnus.)
- Luonnonvaratilinpidon laadinta Sisävesien kalavaroista; lähde RKTL:n tilastot; aikaväli 2000-2010.
- Maailman öljyvarojen suuruuden mallinnus tuotantomenetelmän ja Hubbertin käyrän avulla.
- Selvitys suomalaisten pörssiyhtiöiden ympäristöraporttien/kestävän kehityksen raporttien sisällöstä.

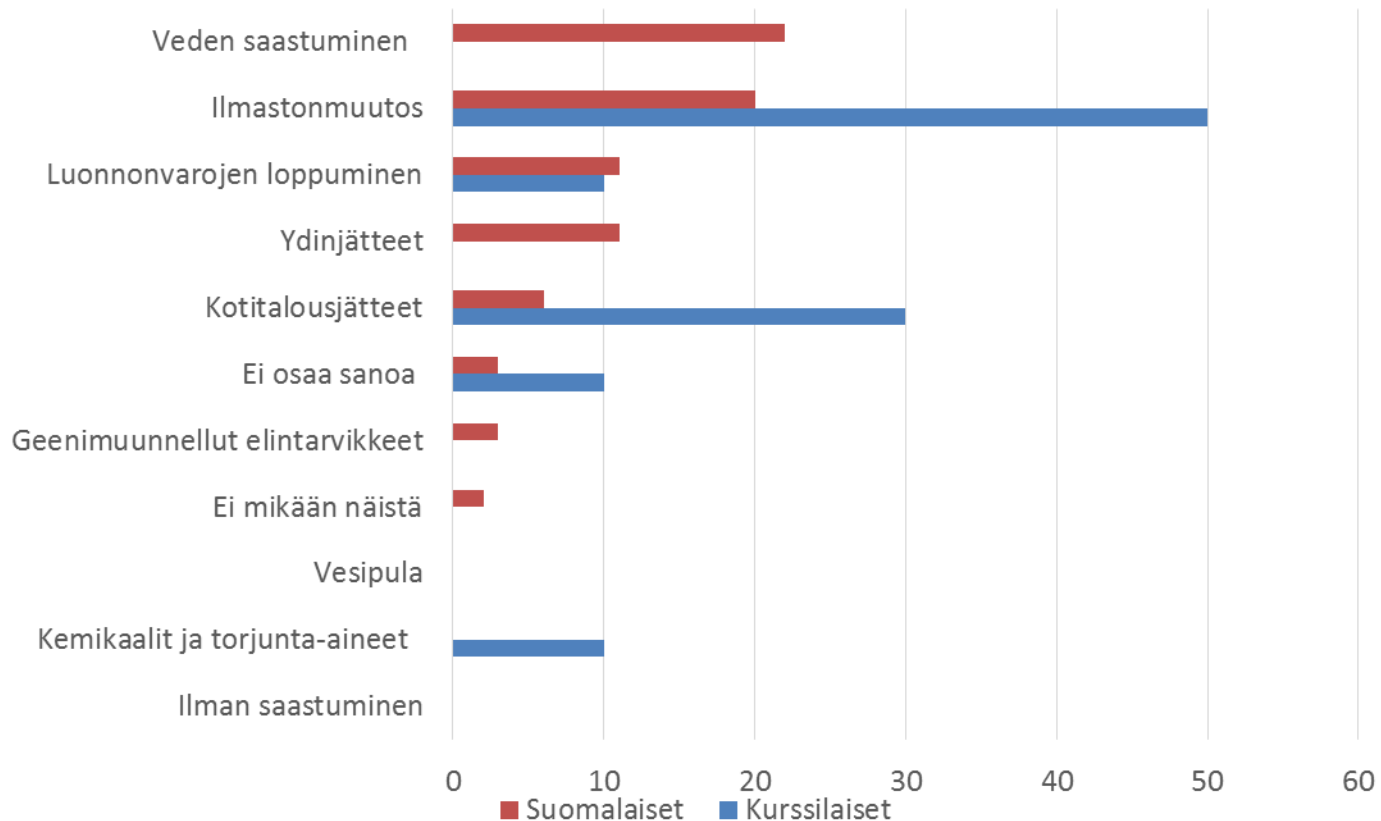
Harjoitustyön sisältö

- Aiheen ja aineisto esittely
- Käytetyn menetelmän esittely
- Analyysi
- Tulosten esittely
- Tulosten analysointi

Kysely kurssilaisille 28.10.

- Kurssille ilmoittautuneita 17 kpl. Viime kerralla oli paikalla 13 opiskelijaa. Kyselyyn vastasi 10 kpl.
- Kyselyyn vastanneista:
 - Miehiä 3 ja naisia 7.
 - Pääaine tilastotiede 2:llä, ympäristö- tai luonnontiede 6, joku muu 2.
 - Kotipaikka Helsinki 7 ja muu pääkaupunkiseutu 3. Kasvissyöjiä 4 ja ei-kasvissyöjiä 6.

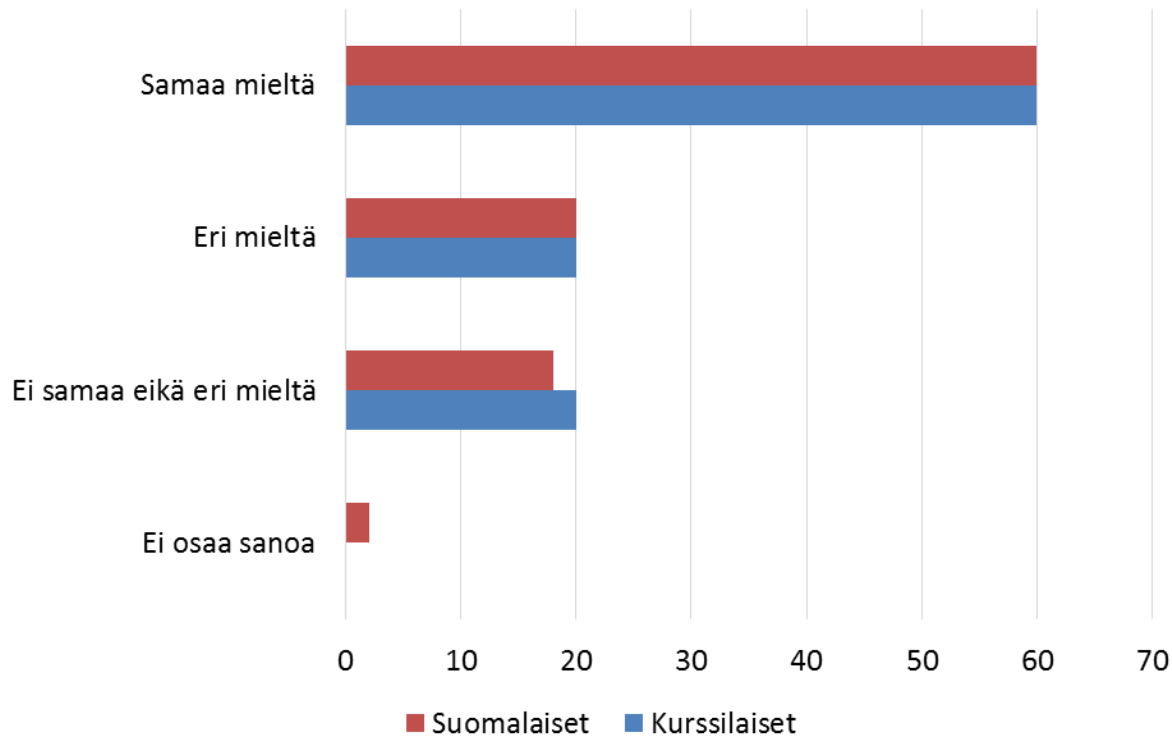
Mikä näistä on Suomen kannalta merkittävin ongelma?



Lähde: Tilastokeskus, Ympäristötilasto 2012; ISSP ; Kansalaismielipide vuonna 2010.

Ympäristö ja elämäntapamme

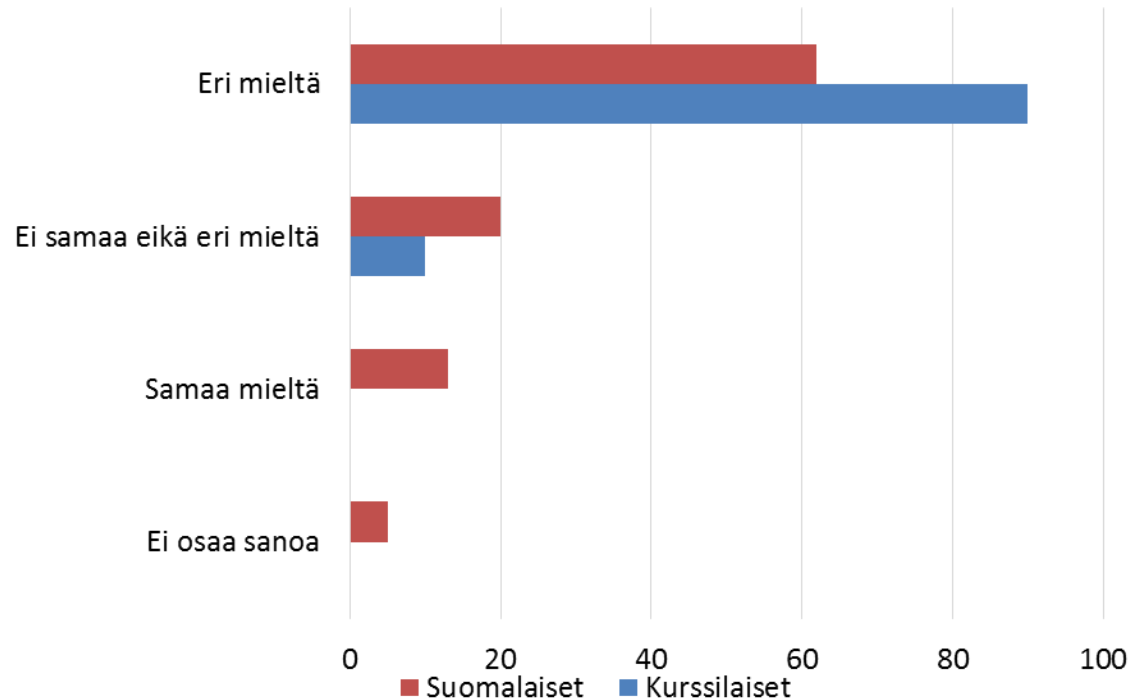
Väittämä: Melkein kaikki nykyisessä elämäntavassamme vahingoittaa luontoa ja elinympäristöämme



Lähde: Tilastokeskus, Ympäristötilasto 2012; ISSP ; Kansalaismielipide vuonna 2010.

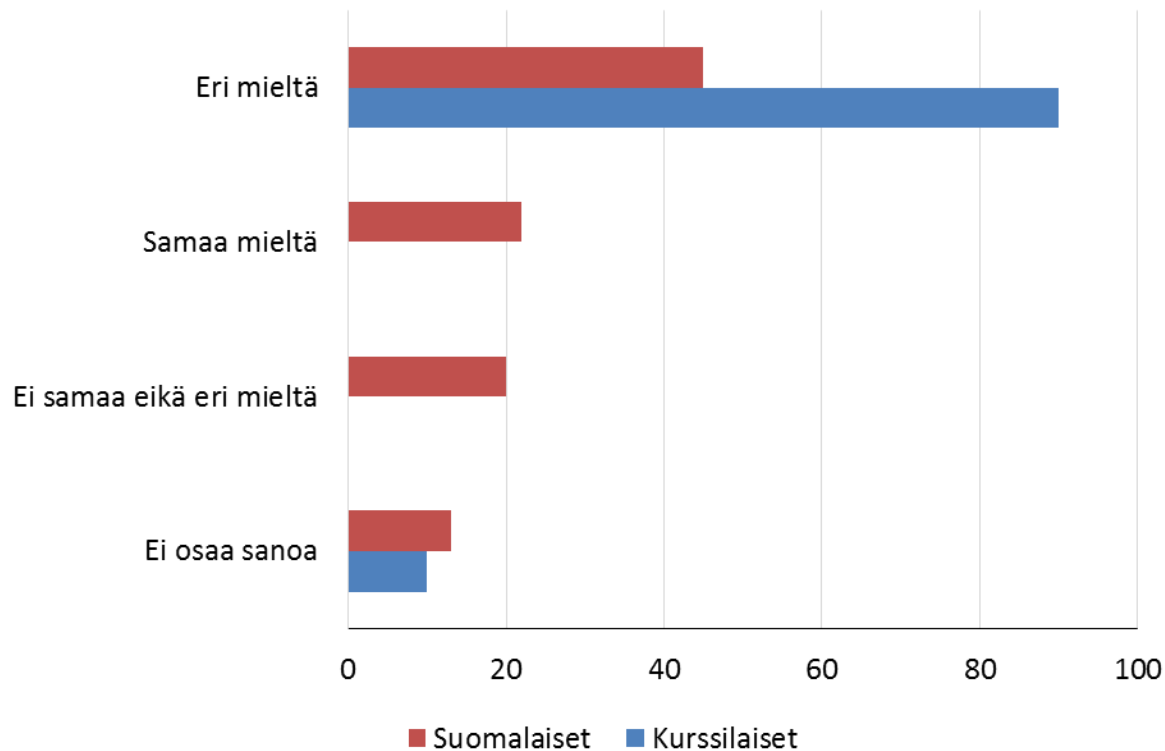
Ympäristönsuojelu ja nykytiede

Väittämä: Nykytiede ratkaisee ympäristöongelmat ilman, että elämäntapamme muuttuu juuri lainkaan



Taloukasvun hyödyllisyys

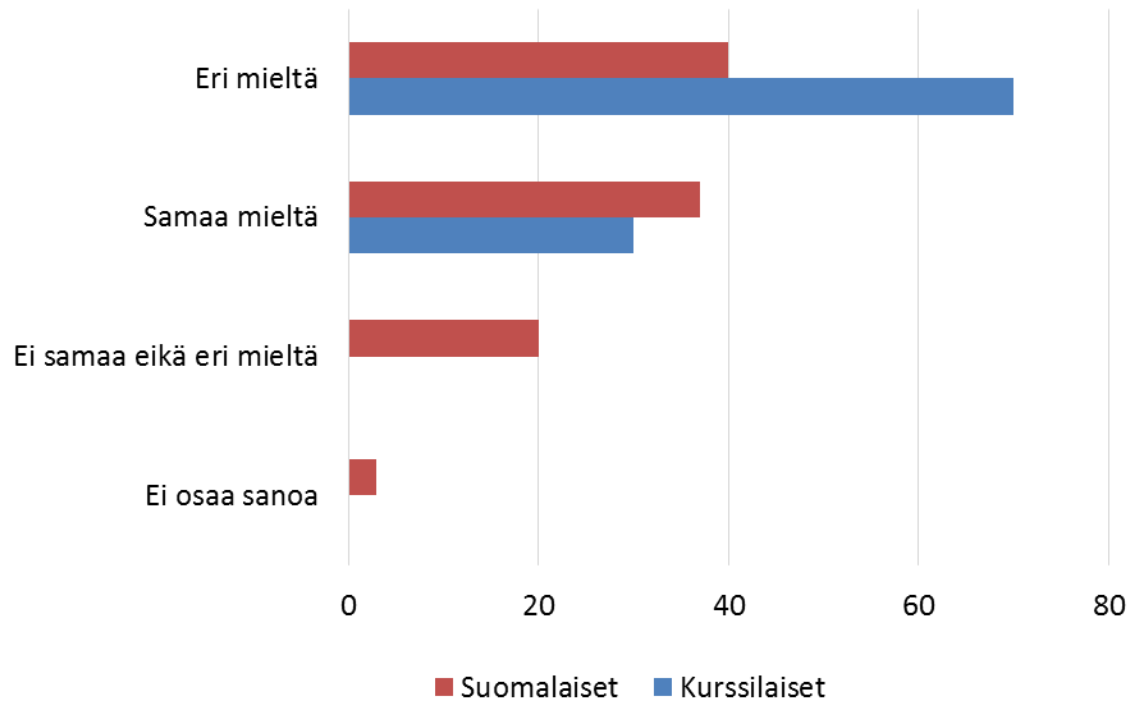
Väittämä: Ympäristönsuojelu edellyttää Suomelta taloukasvua



Lähde: Tilastokeskus, Ympäristötilasto 2012; ISSP ; Kansalaismielipide vuonna 2010.

Taloukasvun vahingollisuus

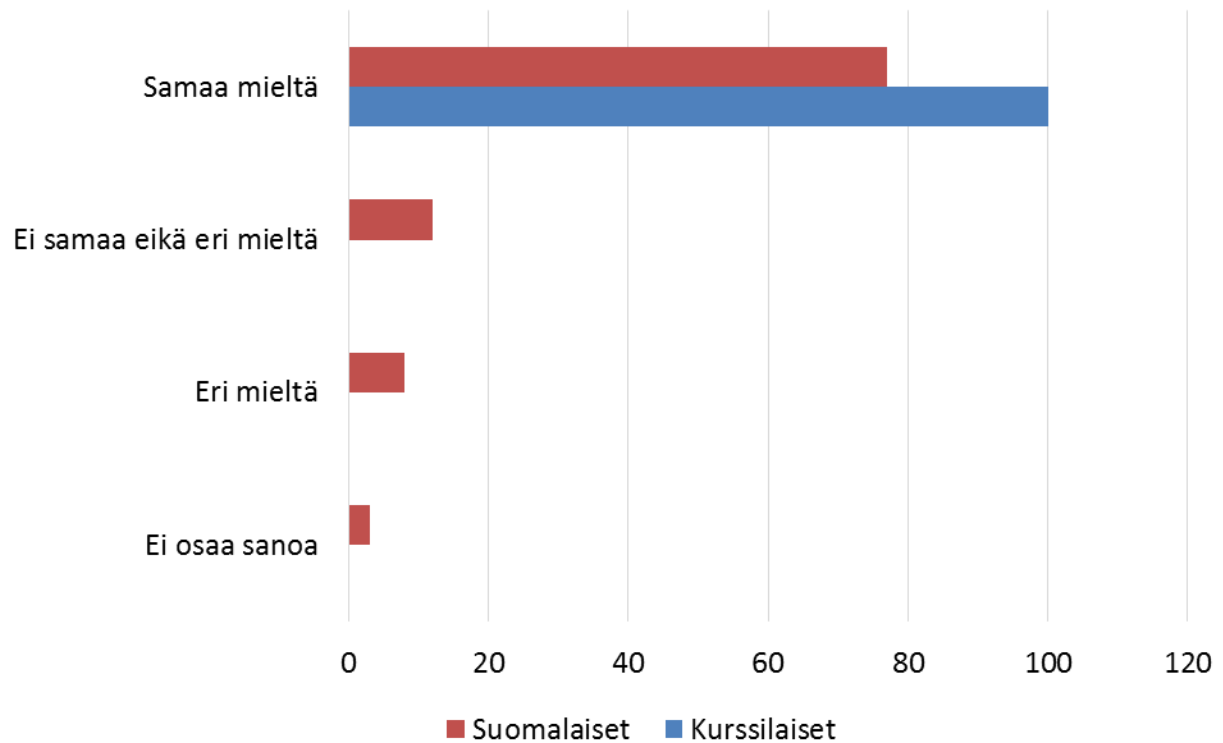
Väittämä: Taloukasvu vahingoittaa aina ympäristöä



Lähde: Tilastokeskus, Ympäristötilasto 2012; ISSP ; Kansalaismielipide vuonna 2010.

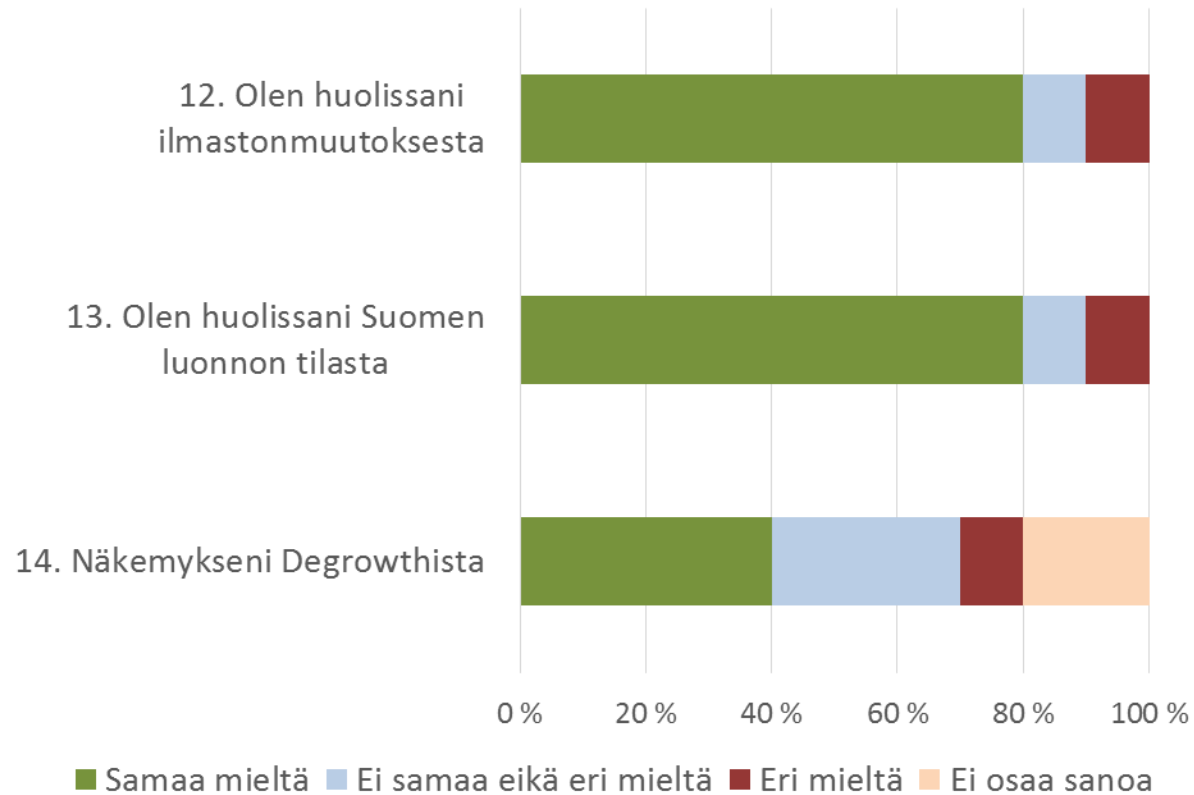
Maapallon kantokyky

Väittämä: Maapallo ei kestä nykyisen kaltaista väestönkasvua



Lähde: Tilastokeskus, Ympäristötilasto 2012; ISSP ; Kansalaismielipide vuonna 2010.

Lisäkysymykset - kurssilaiset



Avovastaukset

- Mitä toimenpiteitä kannatat ympäristön tilan parantamiseksi? Vastauksia 8, tyhjiä 2
- Kierrätys, lajittelu, asenteiden muutos, kasvisruuan lisääminen, kv. Säädökset, kasvatus, opetus, taloudelliset kannusteet ja rajoitteet, lainsäädäntö, kaikkien toimijoiden ja sektoreiden toimia, hallinnollinen ohjaus, taloudellinen (jos ei tuloeroja), ympäristötietoisuuden kasvattaminen, ympäristön huomiointi kaikessa päätöksenteossa, kulutuskäyttäytymisen muuttaminen, talouskasvun käsitteestä luopuminen, ympäristön asettaminen etusijalle päätöksenteossa, kipeiden päätösten tekeminen vatvomisen sijasta, päästöjen vähennys, talouden ja BKT:n pienennys, materiaalisen kulutuksen vähennys, luonnonsuojelu, kestävien toimintatapojen kehittäminen, kierrätyksen laajentaminen, tehostaminen ja pakollisuus, parempi tieto tuotteiden eettisyydestä ja ekologisuudesta.
- Mitä vastauksista voisi vetää yhteen/oppia?

Luonnonvarojen tilastointi- ja arviointi menetelmiä

- Mielenkiinnon kohteena on ympäristö- ja luonnonvarojen fyysiset määrät. Uusiutuvien (biomassan ja eläinten) luonnonvarojen osalta myös niiden laatu.
- Voidaan tarkastella varantoja (varojen riittävyttä) ja virtoja (varojen kulutusta).
- Käytössä paljon erilaisia tilastollisia menetelmiä.
- Lähtötiedot hankitaan suoran havainnoin ja laskennan avulla hyödyntäen mm. otantaan, kokonaisotantaa.

Uusiutuvia luonnonvaroja koskevat tilastot

- Uusiutuvia luonnonvaroja koskevat tilastot kootaan vuoden 2015 alussa perustettavaan Luonnonvarakeskukseen, johon myös tutkimuslaitokset yhdistetään. Päätös asiassa tehdään maa- ja metsätalousministeriössä maaliskuussa 2013.
- Luhti 2015 -hankkeella laajennetaan luonnonvaratilastoinnin näkökulmaa. Tavoitteena on uusien tiedontarpeiden haasteisiin vastaaminen samoin kuin siilojen ja raja-aitojen purkaminen.
- Luhti-valmisteluihin osallistuvat Metsäntutkimuslaitos (Metla), MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus) sekä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL).

Valtakunnan Metsien inventointi (VMI)

- Suomen metsien inventoinnit aloitettiin 1920-luvulla (VMI1 1921–1924). Tämä inventointi oli ensimmäisiä tilastolliseen otantaan pohjautuvia inventointeja maailmassa.
- Tästä lähtien inventoinnit ovat toistuneet säännöllisin, noin 5–10 vuoden välein. Parhaillaan on käynnissä VMI 11, jonka maastotyöt tehdään vuosina 2009–2013.
- Ensimmäisissä inventoinneissa käytettiin linja-arviointia, myöhemmissä systemaattista koealaotantaa. Maastomittauksilla tuotetaan tietoa koko maalle ja suuralueille (yli 200 000 hehtaaria).

Linja-arviointimenetelmä

- Neljä ensimmäistä VMI -inventointia tehtiin linjoittaisina arviointeina siten, että mittausryhmät kävelivät läpi maan lounaasta koilliseen kulkevia linjoja tehden arviointeja ja havaintoja linjalle osuneista metsiköistä.
- VMI5:ssä (1964-1970) arviointilinjat olivat epäyhtenäisiä ja suorakaiteen muotoisia, mutta tilavuusarvioita tehtiin kaikilla inventointilinjaa leikkaavilla metsikkökuvioilla.

Systemaattinen koealaotanta

- Mittaukset tehdään ryppäinä sijaitsevilla maastokoealoilla, ja koealarypäistä muodostuva säännöllinen verkko kattaa koko Suomen.
- VMI6:sta lähtien maastotietoja kerättiin vain linjalla sijaitsevilta koealoilta ja koealoja sisältäviltä metsikkökuvioilta.
- Koealat sijoitettiin rypäisiin, ja koealarypäät suunniteltiin yhden työpäivän kokoiseksi yksiköksi. Rypäiden väliseen etäisyyteen vaikuttivat inventointituloksille asetetut luotettavuusvaatimukset sekä käytettävissä olevat resurssit.

Systemaattinen koealaotanta

- Etelä-Suomessa ryppäiden koko ja etäisyydet säilyivät samana VMI8:aan (1986-1994) asti.
- Pohjois-Suomessa inventointimenetelmänä oli VMI5-VMI7:ssä kaksivaiheinen otanta osituksella. Ensimmäisessä otantavaiheessa käytettiin mustavalkoisia ilmakuvia. Ilmakuville paikannettiin koealat, jotka ositettiin ja kustakin ositteesta osa koealoista valittiin maastomittauksiin. Maastomittaukset yleistettiin sitten ositteen kaikille koealoille.

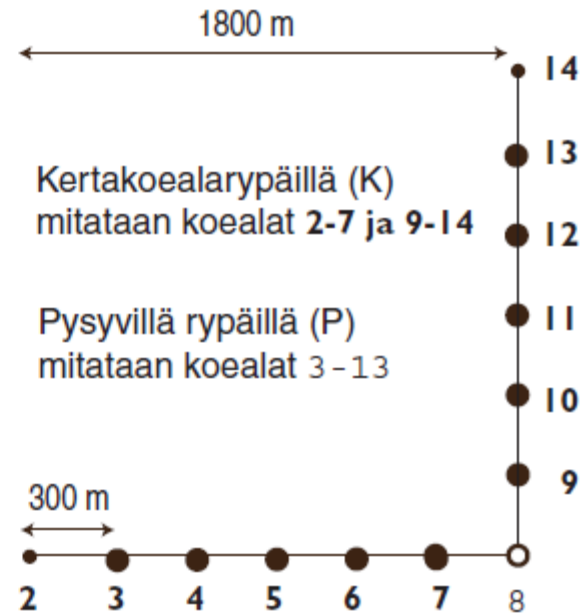
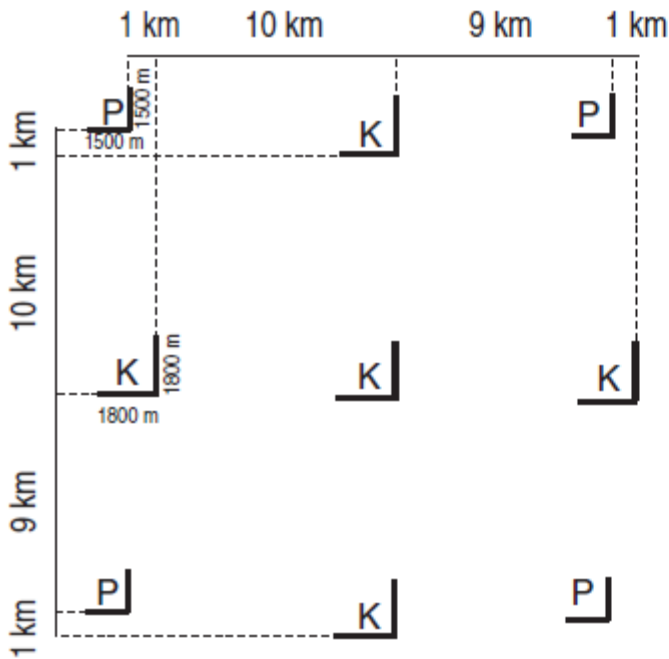
Otanta-asetelmat

Alue	Kertarypäiden etäisyys	Rypään muoto	Koealojen etäisyys rypäessä	Koealojen lkm kertarypäessä (pysyvässä)
Ahvenanmaa	Ei päätetty	-	-	- (10)
Etelä-Suomi	6 x 6 km	L	300m (250 m)	9 (10)
Väli-Suomi	7 x 7 km		300 m	11 (14)
Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa	7 x 7 km	L	300 m	9 (11)
Lappi ja Kuusamo	10 x 10 km	L	300 m	12 (11)
Pohjois-Lappi	Ei päätetty	-	-	- (9)

VMI11:n otannassa koealat sijaitsevat systemaattisesti sijoitetuissa rypäissä. Ryväotannan asettelu – koealarypäiden etäisyys toisistaan, rypään muoto, koealojen määrä ja etäisyys yhdessä rypäessä – vaihtelee eri osissa maata metsien rakenteellisen vaihtelun ja tieverkoston tiheyden mukaan.

Koealarypäiden sijoittelu

– Lappi ja Kainuu



- Pysyvä ja kertakoeala
- Pysyvä koeala
- Kertakoeala

VMI maastomittaukset

- Kahden tai kolmen hengen mittausryhmä käy jokaisella koealalla. Koealan keskipiste paikannetaan GPS:n avulla. Koealojen koordinaatteja tarkennetaan jälkikäteen tehtävällä differentiaalikorjauksella. Ryhmänjohtaja arvioi ja mittaa kuviotunnukset siltä kuviolta, jolla koealan keskipiste sijaitsee, ja apulaiset mittaavat yksittäisten puiden tunnuksia. Koealaan kuuluvat puut valitaan relaskoopilla koealan keskipisteestä.

Tärkeimmät kerättävät tiedot

- **Kuviotiedot:** Hallintotiedot: omistajaryhmä, metsätalouskäytön rajoitukset, Kasvupaikan tiedot: maankäyttöluokka (VMI:n ja FAO:n määritelmät), kasvupaikkatyyppi, maalaji, maaperän paksuus jne. Puusto: jaksojen lukumäärä, puulajien osuudet, latvuspeittävyys, kehitysluokka, ikä, keskipituus, tuhot jne. Tehdyt ja ehdotetut toimenpiteet: hakkuut, metsänhoitotoimenpiteet, maanmuokkaus ja ojitus.
- **Puutiedot:** Lukupuut (relaskoopin täyttävät puut): rinnankorkeusläpimitta, puulaji, puuluokka ja latvuskerros, Koepuut (joka 7. lukupuu): pituus, läpimitta 6 m korkeudella, ikä, läpimitan ja pituuden kasvu, kuoren paksuus, puutavaralajiosien pituudet, tuhot, Kuolleet puut: vain pysyvillä koealoilla

Monilähdeinventointi

- Pienempiä alueita varten 1980-luvun lopussa alettiin kehittää satelliittikuvapohjaista monilähdeinventointia.
- Kun maastomittauksiin yhdistetään satelliittikuva ja muuta numeerista tietoa, tuloksia voidaan laskea entistä pienemmille alueille kuten kunnille tai muille pienalueille.
- Satelliittikuvien etuja ovat tulosten saaminen esimerkiksi kunnittain sekä tulosten paikkasidonnaisuus.

Monilähde VMI

- Monilähdeinventoinnissa käytetään maastotietojen lisäksi satelliittikuvia ja muita numeerisia tietolähteitä, kuten numeerisia peruskarttoja ja korkeusmalleja. Niiden avulla koealoilta mitatut tiedot voidaan yleistää suhteellisen harvan koealaverkon väliin jääville alueille.
- Menetelmänä käytetään ns. k:n lähimmän naapurin luokitusta.
- VMI:ssä on käytetty pääasiassa Landsat TM - satelliittikuviaLähtöaineistojen ja tuloskuvien kuvanalkioiden koko maastossa on 20 m x 20 m.

Monilähdeinventoinnin aineistot ja tulokset

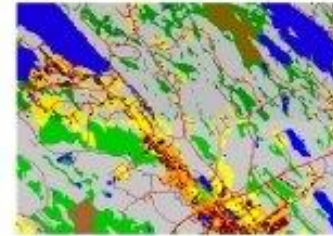
VMI:n maastoaineisto



Satelliittikuvat



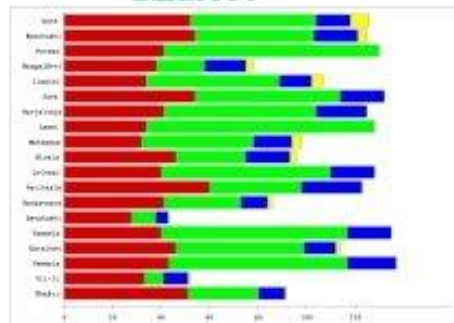
Muut numeeriset tietolähteet



Prosessointi



Tilastot



Teemakartat



VMI tulokset

	VMI11 (2009-2011)	Muutos %	VMI10 (2004-2008)	VMI9 (1996-2003)
Maapinta-ala	30,414 milj. ha	0 %	30,415 milj. ha	30,447 milj. ha
- metsätalousmaa	26,172 milj. ha	0 %	26,263 milj. ha	26,317 milj. ha
- metsä- ja kitumaa	22,777 milj. ha	0 %	22,820 milj. ha	23,008 milj. ha
Puuston tilavuus	2 305 milj. m³	+5 %	2 206 milj. m³	2 091 milj. m³
- mänty	1 145 milj. m ³	+4 %	1 098 milj. m ³	1 000 milj. m ³
- kuusi	698 milj. m ³	+4 %	669 milj. m ³	695 milj. m ³
- koivu	384 milj. m ³	+5 %	365 milj. m ³	325 milj. m ³
- muu lehtipuu	78 milj. m ³	+7 %	73 milj. m ³	72 milj. m ³
Puuston vuotuinen kasvu	104,0 milj. m³	+5 %	99,5 milj. m³	86,7 milj. m³
- mänty	47,4 milj. m ³	+0 %	47,4 milj. m ³	39,49 milj. m ³
- kuusi	32,5 milj. m ³	+9 %	29,8 milj. m ³	27,3 milj. m ³
- koivu	19,6 milj. m ³	+7 %	18,3 milj. m ³	15,5 milj. m ³
- muu lehtipuu	4,5 milj. m ³	+11 %	4,1 milj. m ³	4,4 milj. m ³
- keskikasvu	4,6 m³/ha		4,4 m³/ha	3,8 m³/ha

Tauko

Maatilarekisteri

- Maatilojen rakennetiedot saadaan maatilarekisteristä, johon kootaan vuosittain tiedot kaikista Suomessa maataloustuotantoa harjoittavista maataloista.
- Suurin osa rekisterin tietosisällöstä perustuu maaseutuelinkeinohallinnon viranomaistoimintojen yhteydessä viljelijöiltä kerättyihin tietoihin, joita täydennetään vuosittain suoraan viljelijöille kohdistetulla Tiken tilastokyselyllä.

Maatalouden rakennetutkimukset

- Maatilarekisteri on kokonaistutkimus, jonka perusjoukkoon kuuluvat kaikki ne maataloustuotantoa harjoittavat maatilat, joilla on käytössä maatalousmaata vähintään yksi hehtaari tai joilla on kotieläimiä vähintään yhden kotieläimen verran.
- Perusjoukko muodostetaan vuosittain edellisen vuoden maatilarekisteristä lisäämällä siihen uudet maataloustuotannon aloittaneet tilat ja poistamalla maataloustuotannosta luopuneet tilat. Nämä saadaan selville vertaamalla maatilarekisteriä maaseutuelinkeinorekisterin ja sen osarekistereiden tietoihin. Tukea hakemattomien tilojen osalta rekisteritiedot kerätään suoraan viljelijöille kohdistetulla kyselyllä.
- Maatilarekisterin kattavuus on lähes 100 prosenttia.

Maatila- ja satotutkimukset

- Maatilatutkimus on heinäkuussa ja joulukuussa otantamenetelmällä tehtävä tutkimus, jossa tiedustellaan tärkeimpien viljalajien ja perunan käyttölaskelma. Joulukuun tutkimuksessa kysytään lisäksi sikojen lukumääriä, maidon maatilakäyttöä ja kotiteurastusmääriä.
- Satotiedot perustuvat Tiken viljelijöiltä keräämiin tietoihin.

Ositettu otanta -menetelmän käyttö satotilastoissa

- Satotiedot kerätään otantatutkimuksella, jossa otantamenetelmänä käytetään ositettua otantaa. Vuosittain 1/3 otokseen kuuluvista maatiloista pyritään vaihtamaan uusiin. Otannan perusjoukkona käytetään maatilarekisterin tilajoukkoa
- Otos on ositettu kolmen ominaisuuden mukaan: tilan maantieteellisen sijainnin (ELY-keskus), tuotantosuunnan ja tilakoon mukaan. Näin saadaan mahdollisimman edustava otos koko maasta.
- Tiedonkeruu tapahtuu web-tiedonkeruuna ja puhelintiedusteluna.

Otoksen käsittely

- Otoksen koko eli tilalukumäärä, jolta tietoja kysyttiin, oli vuonna 2012 yhteensä 5 993 maatilaa. Netto-otokseen (5 867) kuuluvista tiloista satotiedot saatiin 5 562 tilalta eli nettovastausprosentti oli 95 %.
- Satotiedustelulla kerätyt tiedot estimoidaan käyttämällä normaalia ositetun otannan korotuskerroinestimointia. Virheellisiksi tai poikkeaviksi todetut havainnot korjataan tai poistetaan aineistosta. Jos tilalta on saatu kokonaistulosta vääristävä tieto, tila poistetaan edustamastaan ositteesta ja tilasta muodostetaan oma osite.

Kyselyjen ja rekisteritietojen käyttö

- Maa-ainesten ottaminen muuhun kuin omaan kotitarvekäyttöön vaatii maa-aineslain mukaisen luvan. Lupaa haetaan asianomaisesta kunnasta. Kunta myös päättää luvan myöntämisestä ja valvoo ottamista kunnan alueella.
- Maa-ainesten ottomäärien tilastointi perustuu maa-ainesten ottolupien seuranta- ja raportointivelvoitteeseen. Suomen ympäristökeskus kerää tiedot tilastoiksi.
- Malmien, teollisuusmineraalien ja kalkin osalta tietojen keruu perustuu kaivoslakiin ja kaivosrekisteriin (TEM). Tilastot kerää Geologinen tutkimuslaitos.

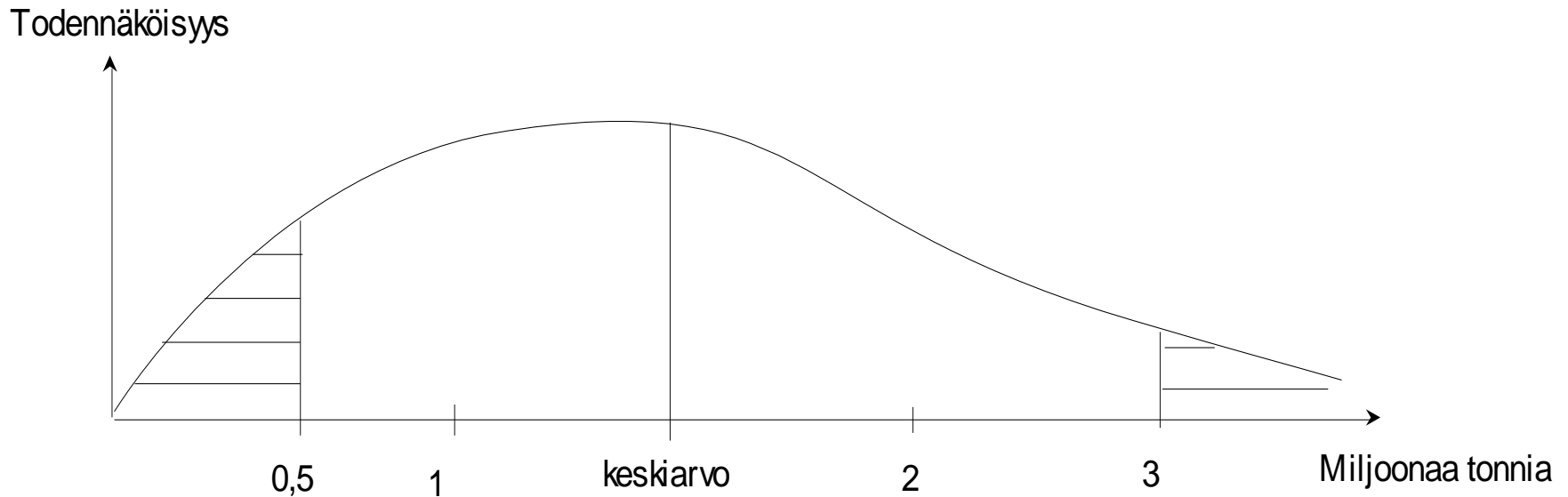
Varantotietojen keruu

- Kiviainesten tilinpitojärjestelmä on muodostettu yhdistämällä maa-aineslain mukaiset otto- ja seurantatiedot sekä GTK:n varantorekisteritiedot, joiden avulla saadaan tieto jäljellä olevista kiviaineksista.
- Varantojen tilastointi perustuu havainto- ja mittaustietojen keruuseen.
- Geologinen tiedonkeruu on erilaisten mittausten ja havaintojen tekemistä maankamarasta. Eri menetelmin kerätyt tiedot karttuivat aiemmin arkistoksi paperimuotoisina karttoina, lomakkeina, raportteina jne. Nykyisin informaatio tallentuu digitaaliseen muotoon ja hallinnoidaan erilaisissa tietojärjestelmissä.

Varannon todennäköisyysjakautuma

- Luonnonvaratilinpidossa varantojen määrän arvioinnin luotettavuutta arvioitaessa käytetään apuna luonnonvaran esiintymän todennäköisyysjakautumaa.
- Varannon estimaattina on ko. jakautuman keskiarvo.
- Luottamusvälinä voidaan käyttää esim. 90 prosentin luottamusväliä.
- Todennäköisyysjakautuma kertoo myös kuinka paljon luonnonvarasta tiedetään: Hyvin tunnetuilla varoilla käyrä on korkealle nouseva ja luottamusvälit lyhyet ja huonosti tunnetuilla käyrä on matala ja luottamusvälit suuret.

Uusiutumattoman luonnonvaran varantoestimaatin todennäköisyysjakautuma



Todennäköisyysjakautuman hyödyntäminen

- Todennäköisyysjakautumaa voidaan käyttää uusiutumattomien luonnonvarojen varantoja esim. mineraalivaroja arvioitaessa.
- Voidaan esittää analyyttisesti kahtena vektoryhtälönä:
- $Vt + O_1 + W_1 = W_2 + Vt+1$
- $Z_2t + O_2 + W_2 = U_2J + Z_2t+1$
- Missä
 - Vt on varanto ajankohtana t
 - Zt on hyödynnettyjen varojen matriisi ajankohtana t
 - O_1 ja O_2 ovat varantojen uudelleenarvostukset aikavälillä $t..t+1$
 - W_1 on uuden löydöt aikavälillä $t..t+1$
 - W_2 on kaivosten kehittyminen aikavälillä $t..t+1$
 - U_2 on malmin louhiminen aikavälillä $t..t+1$
 - J on yksikkövektori, jolla hyödyntämismatriisi aggregoidaan sektorin ulottuvuuden mukaan.

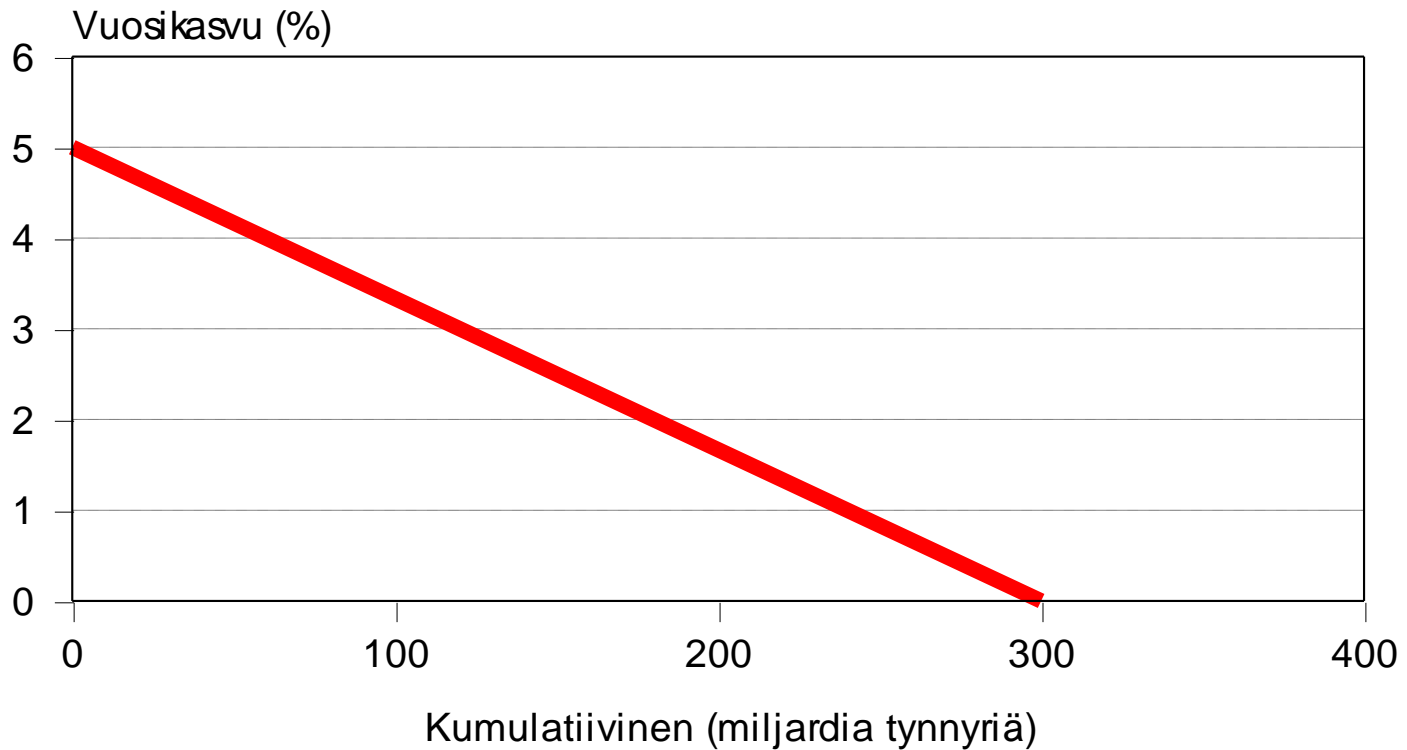
Norjan raakaöljyvarantotili

	1980	1981	1982	1983
Varanto 1.1.	520	496	509	495
Uudet kentät	24	80	0	30
Uudelleenarvostus	-24	-43	43	-9
Hyödyntäminen	-24	-24	-25	-31
Varanto 31.12.	496	509	528	485

Tuotantoon perustuvat menetelmät

- Peittävyys
- Otantamenetelmä
- Mittausvirheet
- Kato
- Laadinta- ja käsittelyvirheet
- Virheiden ja harhatekijöiden korjaus ja oikaisu
- Tilastollisia malleja koskevat oletukset
- Laatuselostukset

Kasvuvauhti varannon ennusteena (vuosikasvu/kumulatiivinen tuotanto)



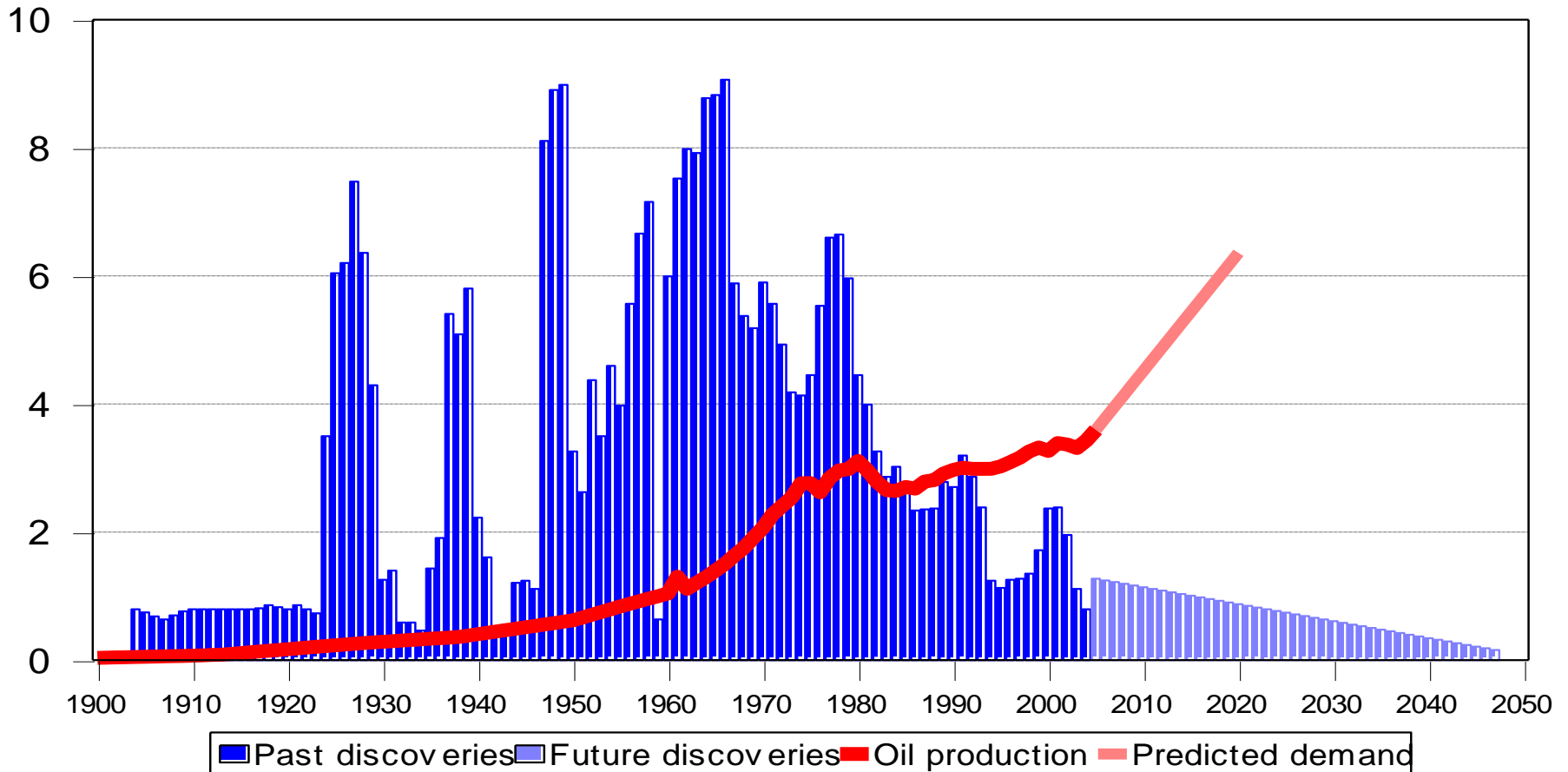
Tuotantoon perustuvien varannon arviointimenetelmien edut ja haitat

- Haitat: lyhytaikaisten ennustusten teko on vaikeaa, aikaiset ennusteet epävarmoja, myöhemmät ampuvat helposti yli, ei kerro mitään epäkonventionaalisista mahdollisuuksista.
- Edut: tuotantodatan parempi saatavuus, mallinnuksen läpinäkyvyys, poliittiset näkemykset jäävät pois, nopeus.

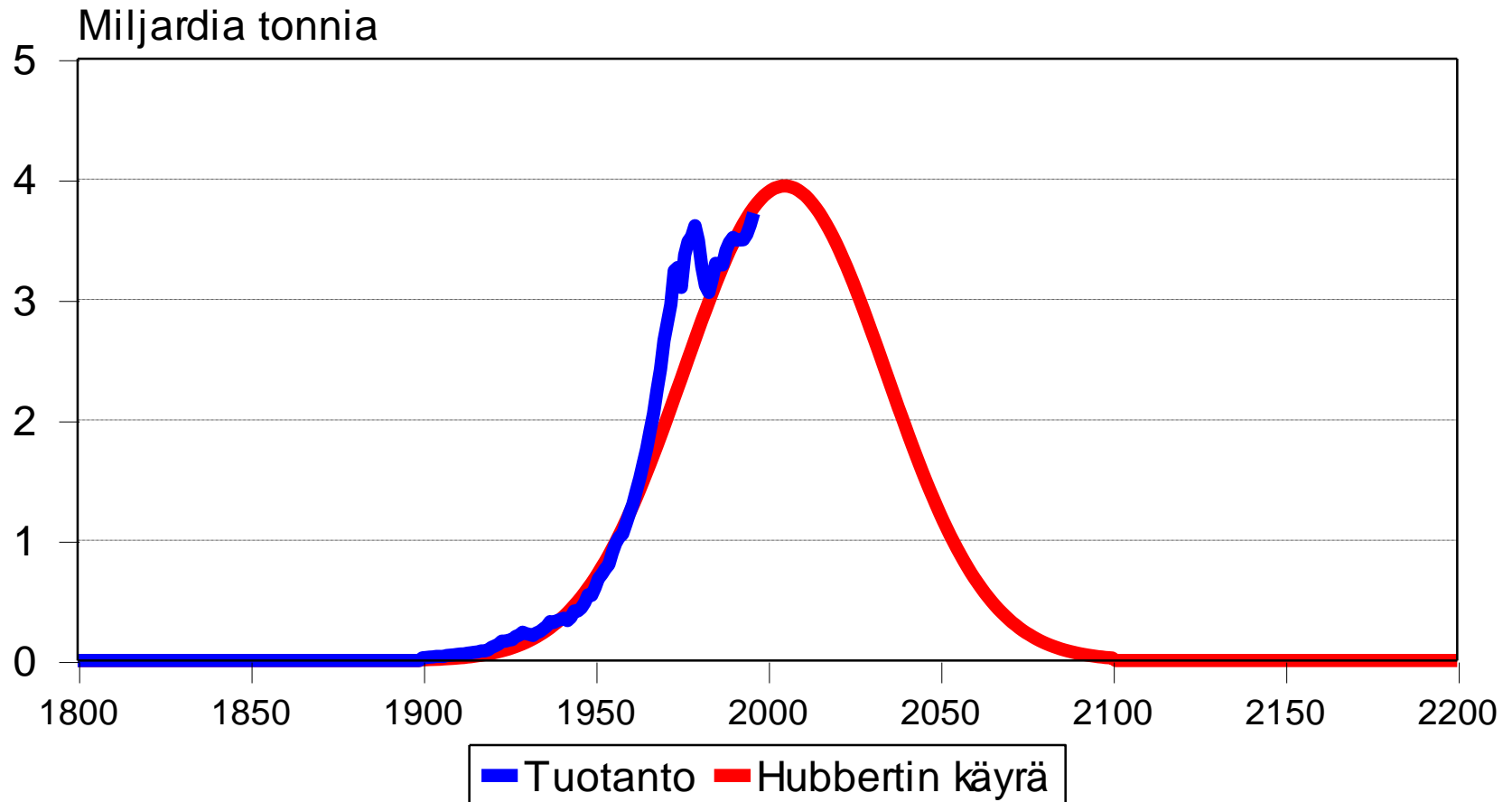
Hubbertin käyrä

- Matemaattinen malli, joka on tarkoitettu mallintamaan öljyn tuotannon ja varannon määriä
- Kehittäjä: Marion King Hubbert 1956
- Käyrä kuvaa luonnonvaran varannon hyödyntämistä ajassa (virtaa) olettaen että varantoa hyödynnetään optimaalisesti (parhainta mahdollista tekniikkaa käyttäen)
- Käyrä on luonteeltaan logaritminen
- Käyrän tarkka muoto riippuu varannon koosta ja hyödyntämisen intensiivisyydestä

Maailman öljylöydöt ja öljyn tuotanto



Maailman öljyntuotanto ja Hubbertin käyrä



Palaute kurssista

- 1. Mitä hyvää?
- 2. Mitä huonoa?
- 3. Mitä kehitettävää? Mihin suuntaan pitäisi kehittää?
- 4. Mitä asioita kurssilla pitäisi ottaa vielä esiin?
- 5. Arvosana –asteikolla 1 – 5
- (1 huono, 2 =välttävä, 3=tyydyttävä, 4=hyvä, 5=erinomainen)

Kiitos!

Seuraava luento 11.11. klo 15

Jukka.hoffren@helsinki.fi