



Metsamajandamise ökoloogia

Jaan Liira

Ökoloogia ja maateaduste instituut
Tartu Ülikool

Sept 2022



Mets, see on ...

... puistu või

... ökosüsteem = keskkond * elustik

Mets on ökosüsteem, mis koosneb
metsamaast, sellel kasvavast taimestikust
ja seal elunevast loomastikust.

(Metsaseadus 2006)





Puu ja puistu on metsa edifikaator

Puud

- > Vari
- > Mikrokliima
- > 3D-struktuur
- > Substraat/aines
- > Mikrotopograafia
- (mikro)elupaigad
- >> ... mitmekesisus
- ja muutumine



Terminoloogia: Mets vs Puistu

Mets

Põld

Metsamajandus

Põllumajandus

Metsa kasvatama

Vilja jt kasvatama (?)

-> Puid/puistut kasvatama

Metsa(taimi) istutama

Taimi istutama

-> ?Puid istutama?

Metsa uuendama

Põldu ...

Metsa harvendama

Taimi harvendama

Metsakaitse

Taimekaitse

-> Puude/puistu kaitse vs Looduskaitse



Teised puudega alad

Mets vs

Istandik – ala mittemetsamaal, kus puid ja põõsaid kasvatatakse regulaarse seaduga ning majandatakse intensiivselt ühevanuselistena. (PEFC ST tööühm ja metsaseadus)



Teised puudega alad

Mets

Mittemetsamaa –

tehislik/kultuuriline mittemetsamaa: nt hekid, õuemaad, elamumaad, pargid, kalmistud, haljasalad, marja- ja viljapuuaiad, istandikud, taimlad, puukoolid, aiandid, dendraariumid, arboreetumid, põllumajanduslikud maad, võsastunud/puudega põllumaad ja kultuurrohumaad, seemlad, taristu alused maad

(pool-)looduslik mittemetsamaa: nt sood, puisrabad, puisniidud jt poollooduslikud kooslused, kadastikud, võsastunud/puudega püsirohumaad, valdavalt lagedad nõmmed ja luited). Kasvavad peamiselt looduslikud puu- ja põõsaliigid

(PEFC ST tööühm ja metsaseadus)



Puistu („metsa“) ajaline päritolu

Suktsessiooni algus

- Primaarne
 - Põline
- Sekundaarne
- Uudis/tehislik

Kujunemislugu:

- Looduslik kooslus e põliskooslus
- Pool-looduslik e tekiskooslus
- Hilistekkeline
- Kultuurkooslus (Istandik, Agrofütosönoos)



Ajaline muster

Pool-looduslik

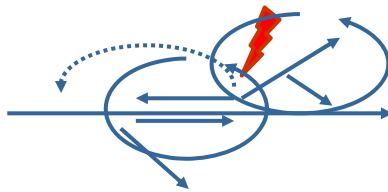
- Kujunemiseks regulaarne leebe inim mõju
- sh
- Metsa valikraie?
- Tulekahjude ärahoidmine (põõsaskooslusest metsaks või tugevate tulekahjudega koosluseks)
- Reostus (happevihmad, atmosfääri kaudu väetamine, lupjamine)



Suktsessioonimuster

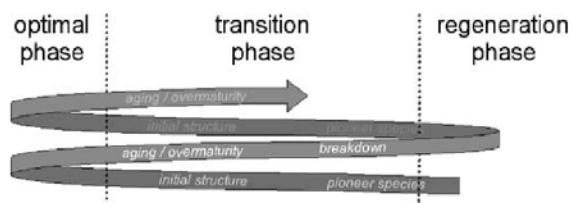
Kvalitatiivse suuna järgi:

- Progresseeruv
- Retrogressiivne, degenerereerumine, vaesumine
- Taastuv
- Defleksioon e kõrvalekaldumine



Dünaamika tsükkel

Etapid:
Pioneer
Ülesehitus
Küpsemine
Degenerereerumine



(Dorren et al. 2004)



Suktsessiooni „seisakud“

Subkliimaks (stabiliseerunud...)

Plagiokliimaks e diskliimaks e ebapõliskooslus –

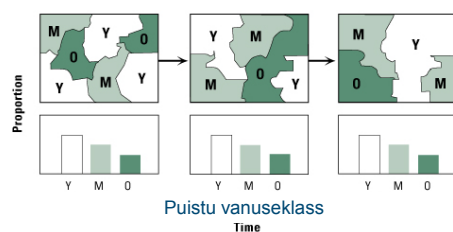
(...pideva häire tõttu, nt PLK)



Dünaamiline stabiilsus ruumis e Ökosüsteemi seisundite mosaiik

Metsa laigu-mosaigi dünaamiline tasakaal –

Aga millises skaalas?



(Lertzman & Fall 1998, Turner et al. 2001)



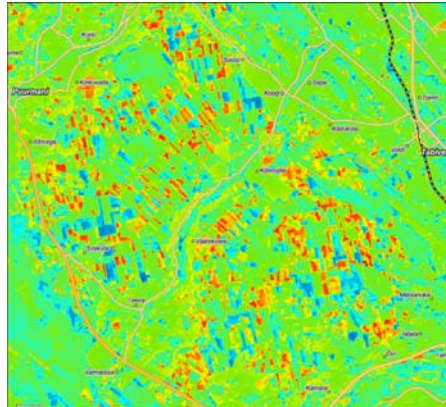
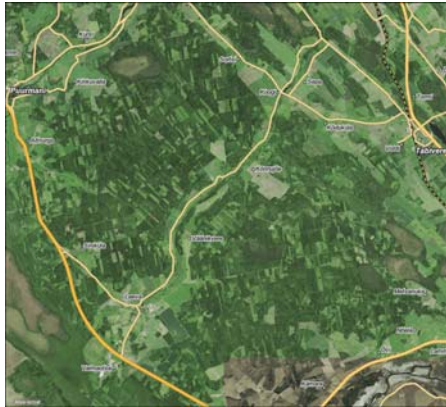
Liikide „karussell“

(Eddy van der Maarel 1993)



Metsade raie muster kui mosaiik

Metsamaa muutuste kaardistamine



Landsat TM ja Sentinel 2 piltidelt (Peterson jt 2004)



Ökoloogiliselt optimaalne mosaiik

Ökoloogilistel rühmadel on erinevad ökoloogilised skaalad

- Soontaimed (cm – m – n km)
- Epifüütsed samblad ja samblikud (cm – 10*n meetrit)
- Jooksiklased (100*n meetrid)
- Ämblikud (meetrid - kilomeeter)
- Hiired (100*n meetrid)
- Põder, metskits (mõni km – 10*n km)
- Suur-kiskjad (10*n – 100*n km)





Metsa ja puistu struktuuri järjepidevus

Metsa struktuur –

- puude ja teiste taimede liigiline koosseis ja kolmemõõtmeline paigutus
- teised keskkonda loovad tingimused nagu muld, pinnavormid, veekogud

Vaadeldakse mikro-, puistu- või maastikuskaalas.

Metsa (sh puistu) struktuur koosneb struktuurielementidest, mis pakuvad mikroelupaiku erinevatele elurikkuse esindajatele.

Puistu koosseis – puuliikide osakaaluline jaotus täisprotsentides rinnete kaupa

Küpsemas puistus - tagavara alusel

Noorendikes, selgusetaladel ja järelkasvu puhul – puude arvu põhjal

Vähetootlikul metsamaal ja põõsarinde – võrade liituse põhjal

(PEFC ST tööühm)



Metsa ja puistu struktuur

Struktuurielement -> (Mikro)elupaik – lai skaala



Raied vs looduslik häire

Laigu/häil-dünaamika - skaala

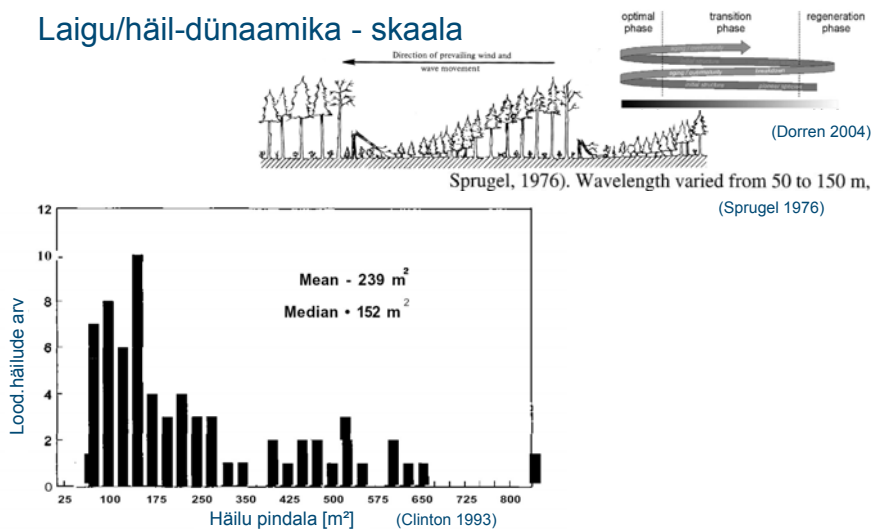
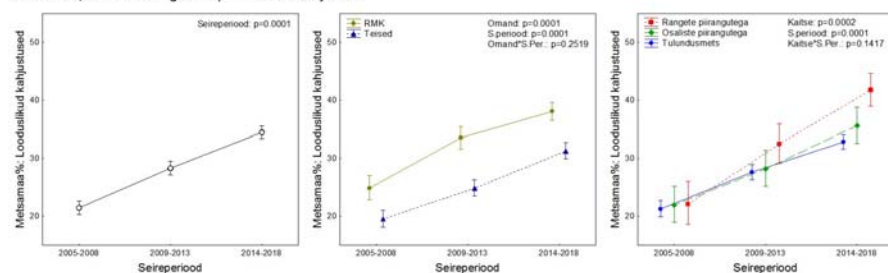


FIG. 2. Distribution of canopy gap area in square metres. X axis indicates the upper limit of each size class.

Metsa (ökosüsteemi) muutuvus

Looduslike kahjustuste esinemissagedus (SMI)

Metsamaa%, kus leidub mingitki tüüpi looduslike kahjustusi.



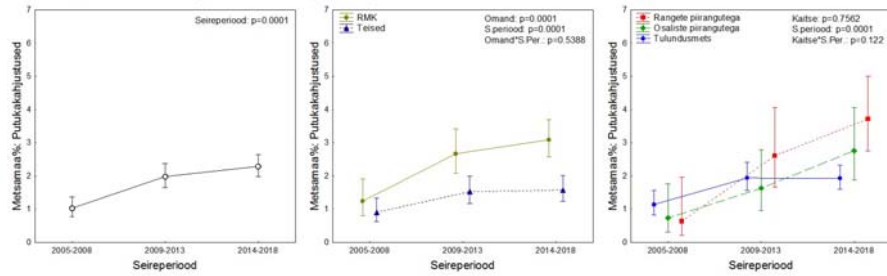
(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Puistu struktuuri häire

Putukkahjustuste esinemissagedus (SMI)

Metsamaa%, kus leidub säilinud ja/või eemaldamata putukkahjustusi.



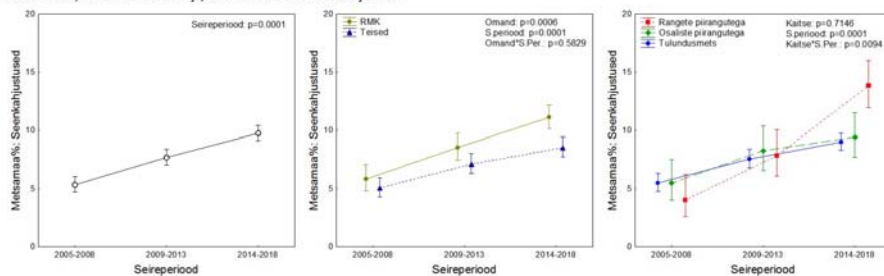
(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Puistu struktuuri häire

Seenkahjustuste esinemissagedus

Metsamaa%, kus leidub säilinud ja/või eemaldamata seenkahjustusi.



(Liira, 2020; KAUR/SMI)

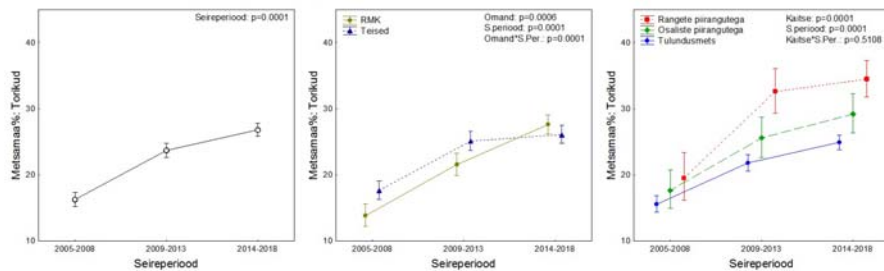


Puistu struktuuri häire

“Torikute” esinemissagedus



Metsamaa%, kus leidub torikuid jt püsivljakehadega puiduseeni.

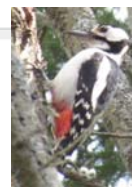


(Liira, 2020; KAUR/SMI)

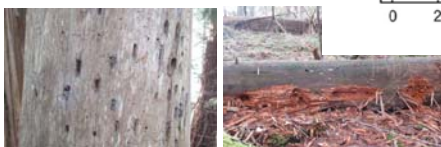
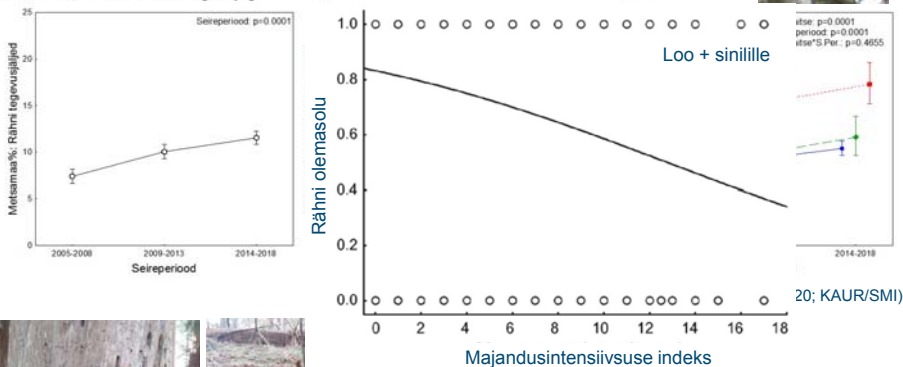


Puistu struktuur

Rähnide esinemissagedus



Metsamaa%, kus leidub rähnide tegevusjälgi.

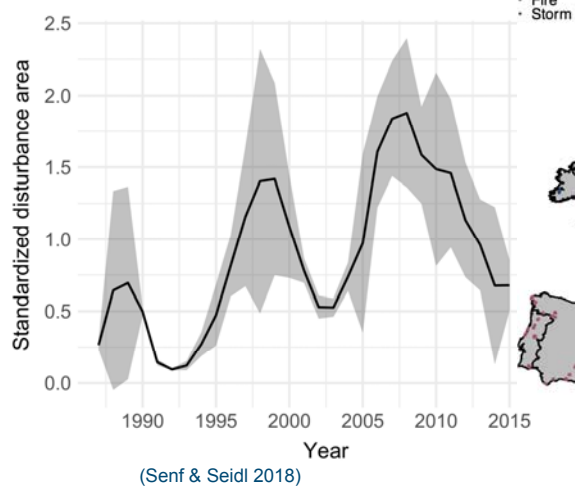


(Liira jt 2007)

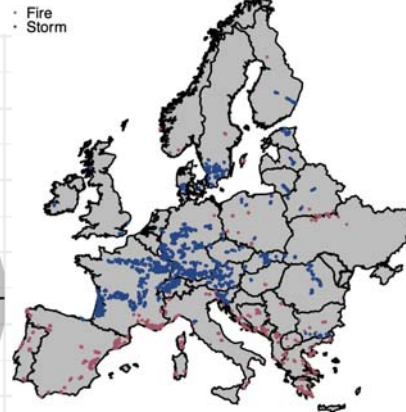


Ajaline dünaamika

Häiringute aktiivsuse "lainetus"



1986-2016



(Senf & Seidl 2021)



Skaalad

Metsanduse ja metsaökoloogia

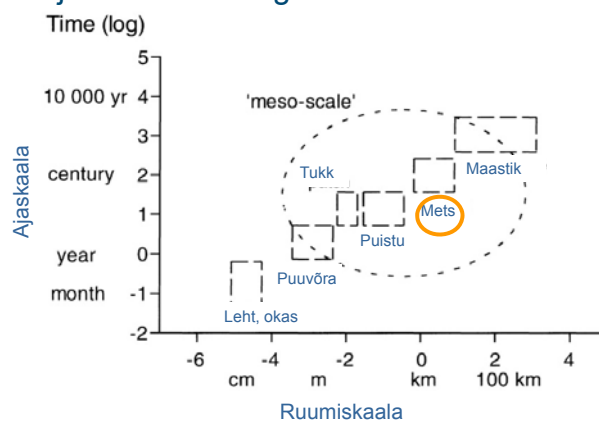
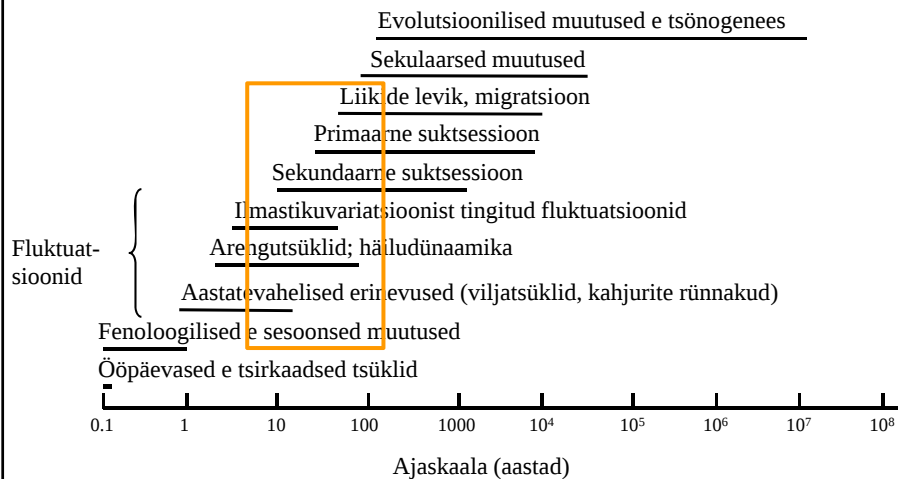


Fig. 2. The relationship between spatial and temporal scales in the boreal forest (modified after Holling, 1992). The dashed circle indicates the 'meso-scale' in which forestry operates. (Niemelä 1999 cit Holling 1992)



Dünaamika ajaskaala



(Major 1974, Masing 1979, Miles 1987)



Taimede modulaarsus

Vanus/püsivus

Populus tremuloides (ameerika haab) – “Pando” –14000
(80k?) a, 43.6 ha, 6000 t (raskeim), ca 40000 tüve
Fishlake National Forest, Utah, USA



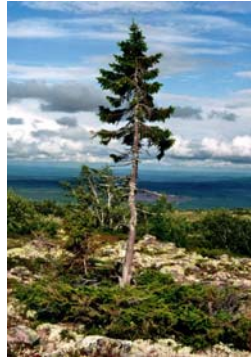
(J.Zapell. Wikipedia)



Taimede modulaarsus

Vanus/püsivus

h kuusk (*Picea abies*) – “Old Tjikko” – 9550 a,
“seelikkuusk” st klonaalne
Fulufjället mägi, Dalarna, Sweden



(Karl Brodowsky, Wikipedia)



Vanim üksikorganism

Igimänd (*Pinus longaeva*) “Prometheus” 4862 a (vbl 5000a
sest 2.5m kõrguselt) – raiuti 1964 (Wheeler Peak,
Nevada, USA)

“Methuselah” 4853 a, kasvab (White Mountains, California, USA)



(James R Bouldin 2006; Wikipedia)



(Pinterest)



Taimede modulaarsus ja vanus

Näiteid Eesti taimedest

Liik (LD)	Liik (EE)	Klooni vanus (a)	Klooni Diameeter (m)	Aastane levik (m/a)
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Jäneskastik	400+	50	<0.13
<i>Convallaria majalis</i>	Piibeleht	670+	83	<0.12
<i>Lycopodium complanatum</i>	Mets-vareskold	850	250	0.29
<i>Festuca rubra</i>	Punane aruhein	1000+	220	<0.22
<i>Festuca ovina</i>	Lamba-aruhein	1000+	8	<0.01
<i>Holcus mollis</i>	Pehme mesihein	1000+	880	<0.88
<i>Pteridium aquilinum</i>	Kilpjalg	1400	489	<0.35

(Cook 1985)



(Metsa-)Looduse väärtustamine

Ökohüved: ökosüsteemi v looduse teenused, loodushüved
looduse panus inimkonna heaolule,
looduskapital

((Costanza et al., 1997 (MEA 2005)
Diaz et al. 2018 (IPBES))

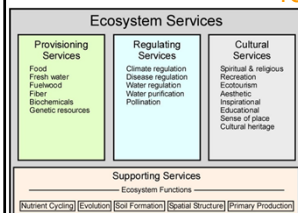
Varustus

Esteetilis-
kultuuriline

Karuteened

Keskkonda-
reguleeriv

Tugi



F: Kaivo Ives



Looduskaitse

Ökohüved: ökosüsteemi v looduse teenused, loodushüved
looduse panus inimkonna heaolule,
looduskapital

((Costanza et al., 1997 (MEA 2005)
Diaz et al. 2018 (IPBES))

Maaailma looduskaitse strateegia ülesandeks on looduskaitse ja inimkonna arengu integreerimine selleks, et meie planeedi muutused võiksid kindlustada kõikide inimeste säilumise ja heaolu.

(Kumari 1981)



Metsa/looduse väärtustamine

Ökohüve – materiaalne ja/või mittemateriaalne väärtus, mida ökosüsteem inimestele pakub.

(PEFC ST tööühm)

Materiaalsed ökohüved: puiduline
mittepuiduline

Varustus

Mitterateriaalsed ökohüved:

Keskkonda-reguleeriv
Tugi
Esteetilis-kultuuriline



Peamine ökohüve – organisatsiooni poolt deklareeritud ökohüve, mida ta kasutab äriistel või muudel eesmärkidel

Teised ärilised ökohüved – metsasaadused, mida organisatsioon kasutab äriistel eesmärkidel

(PEFC ST tööühm)



Ökohüved



Mittemateriaalsed ökohüved – tugi, reguleerimine, elamus

Ökoloogiliselt väärtuslik mets – mets, mis hõlmab haruldasi, tundlikke ja esinduslikke metsa ökosüsteeme, mis kas ise või kuuludes võrgustikku aitavad oluliselt kaasa ökosüsteemi tootlikkusele, bioloogilisele mitmekesisusele ja vastupidavusele.

Nt Loodusreservaadid, kaitsealade ja püsielupaikade sihtkaitsevööndid ja piiranguvööndid, hoiualad, I kategooria liikide registreeritud leiukohad.

+ omaniku poolt vabatahtlikult ökoloogiliselt väärtuslikuks määratud alad

Ökoloogiliselt väärtuslik mittemetsamaa – olulise kuivenduse mõjuta lagedad sood, kuivenduse ja olulise põlluharimise mõjuta poollooduslikud rohumaad, nõmmed, lüited

(PEFC ST tööühm)



Ökohüved

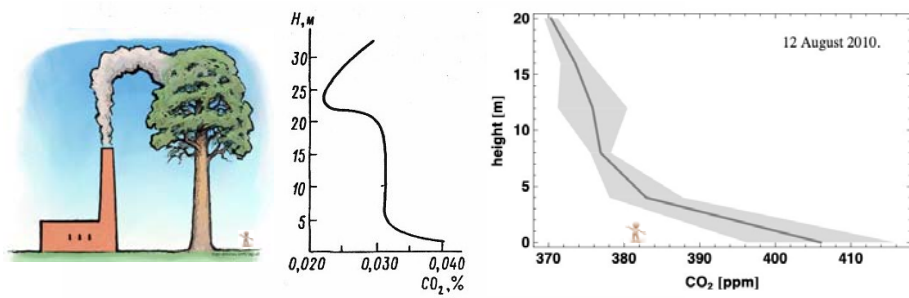
Peamine hüve - Varustav – puit, puit, puit



Ökohüved – reguleeriv

 CO_2

Karuteene?



(Lungerod 1932, pöögimets)

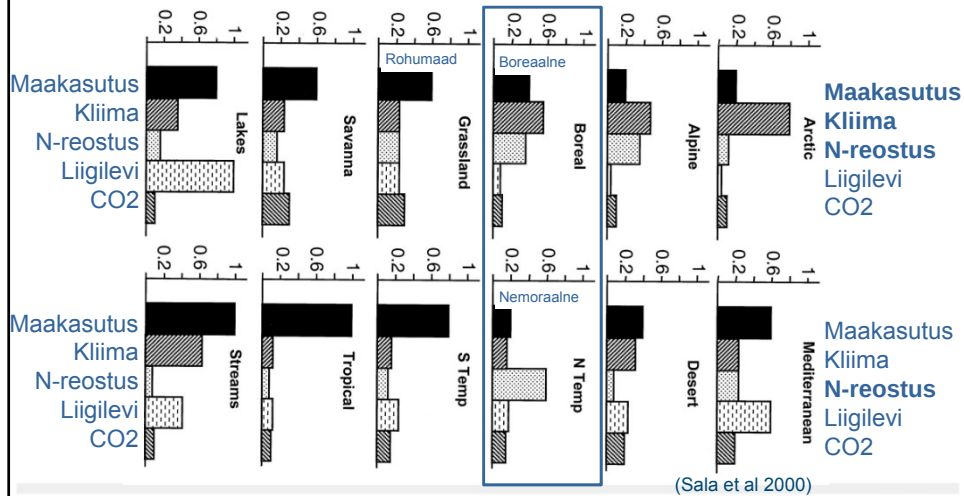
(Noe jt 2012, Järvselja)

Рис. 3.19. Вертикальное распределение CO_2 в буковом лесу; сентябрь, день (по: Лундегорд, 1932).

Ökosüsteemide muutused

Hinnang põhjuste osatähtsusele (eksperdid)

Elurikkuse suhteline muutus





Kliima muutus Eestis

Vegetatsiooni perioodi algab varem ja kestab kauem, kuid muutus on regiooniti erinev

Tabel 1. Vegetatsiooniperioodi ja aktiivse taimekasvuperioodi algus ja kestus (päevades) perioodi 1965-2018 keskmisena ja nende näitajate muutus trendi järgi päevades

JAAM	Periood õhutemperatuuriga püsivalt üle 5 °C				Periood õhutemperatuuriga püsivalt üle 10 °C			
	Algus	Muut	Kestus	Muut	Algus	Muut	Kestus	Muut
Võru	12.04	-19*	189	+20*	4.05	-15*	140	+24*
Tartu	13.04	-20*	189	+20*	5.05	-16*	139	+25*
Viljandi	15.04	-18*	189	+14	6.05	-12*	138	+22*
Türi	18.04	-12*	185	+11*	9.05	-13*	135	+22*
Nigula	19.04	-15*	189	+19*	14.05	-13*	132	+22*
Jõgeva	20.04	-14*	182	+18*	11.05	-13*	133	+23
Kihnu	20.04	-13*	199	+29*	13.05	-14*	141	+27*
Tallinn	21.04	-16*	188	+24*	16.05	-13*	131	+22*
Kuusiku	21.04	-11*	183	+10	14.05	-15*	131	+24*
Jõhvi	22.04	-8*	179	+15*	15.05	-9	129	+20*
Ristna	27.04	-11	195	+23*	26.05	-7	129	+19*

+ tähistab nihet hilisemaks kuupäevaks või pikemaks perioodiks, - varasemaks kuupäevaks;

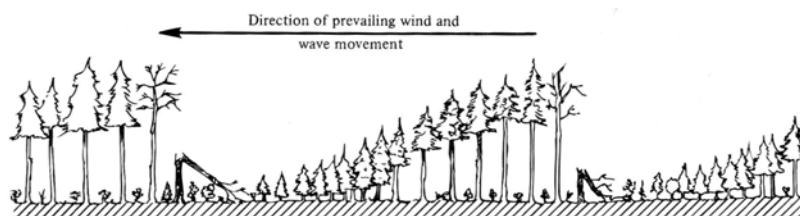
*tähistab statistiliselt olulist muutust ($p < 0,05$)

(Saue 2020)



Laigudünaamika tsükel metsas

Pidev vaheldus < Häil/laik < Suurepinnaline



Sprugel, 1976). Wavelength varied from 50 to 150 m, while tree age at the wave edge was as great as 79 years (based on the study of 11 waves).

Abies balsamea

(Sprugel 1976)



Laigudünaamika

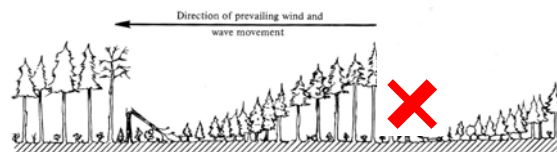
Häilu/tühiku omadused:

- Suurus, kuju, orientatsioon
- Arv, ruumiline tihedus
- Tekke sagedus, sesoonsus
- Intensiivsus
- Liigi eripära



Raie vs looduslik häire

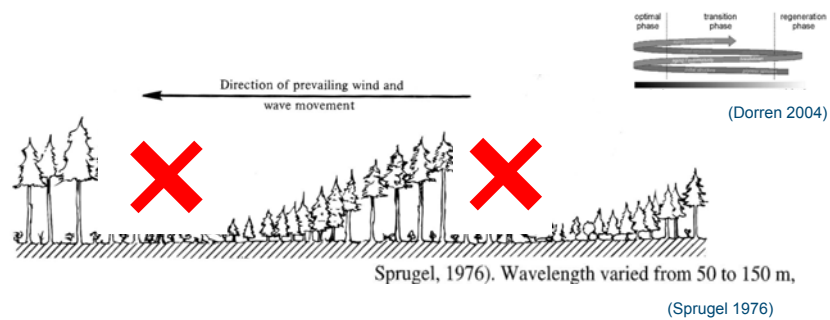
Laigu-/häil-dünaamika – säilik-struktuurid





Raied

Raie laigu-dünaamika – intensiivsus – vähem struktuure



Häildünaamika

Regeneratsiooninišš

Kohort - Ühel ajal idanevate seemnete (arenevate taimede) kogum (diskreetne põlvkond)

Puhkestaadiumid

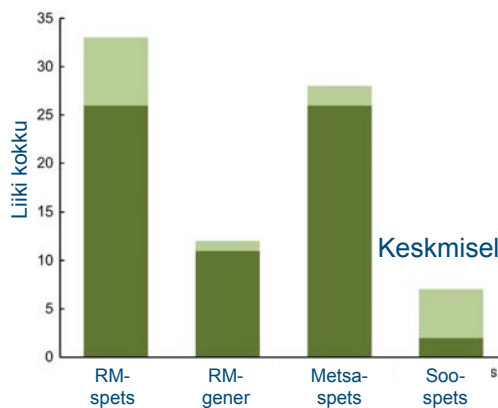
Oskar



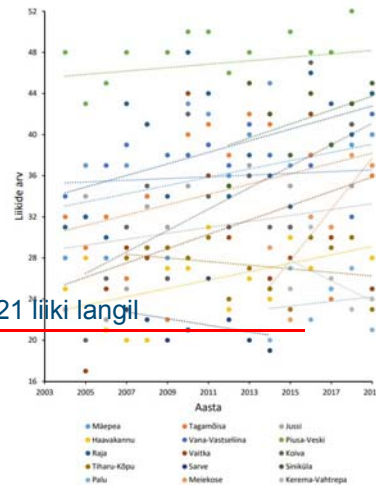


Häilu ja lageraie mõju

Liblikad lankidel



Keskmiselt 21 liiki lankil



(Viljur & Teder 2016)

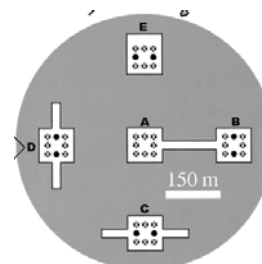
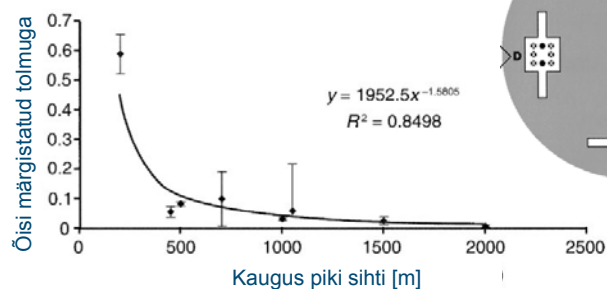
Joonis 1. Põleviklike liigirikkuse (= liikide arv) muutused senistel põliseerialdel (2004-2019). Enamikul põliseerialdest on põleviklike liigirikkus suurenenud (vt. ptk. 4).

(KAUR, seired: Teder 2019)



Häilu ja lageraie mõju

Liblikate aktiivne lennukaugus ...



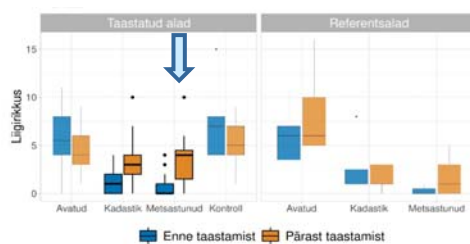
... Liblikate lennu kaugus on päris suur – tolmu levik allikalt
>500...1000m piki lai metsasihte

(Townsend & Levey 2005)



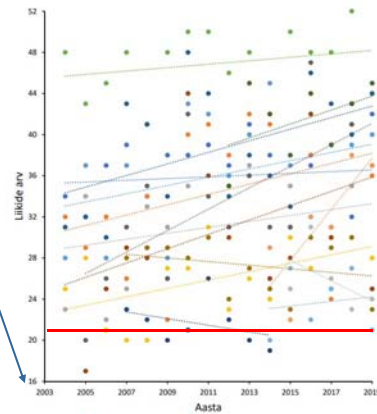
Lageraie mõju

Liblikad loopealsetel



Joonis 7.5. Päevaliblike liigirikkus loopealsetel enne ja pärast taastamist. Vasakpoolses tulpas on taastatu kontrollalad, paremas tulpas on taastamata jäänud referentsalad. Rõhjoon tähistab mediaani, kast kvantile (25-75) vurrud miinimum- ja maksimumväärtusi. Statistiliselt olulised erinevused kahe taastamisperioodi võrdluses on välj tumedamates toonides.

(Soon jt 2021)



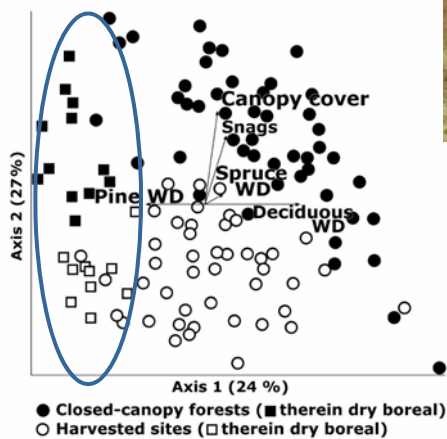
Joonis 1. Päevaliblike liigirikkuse (= liigide arv) muutused senistel püüetel (2004-2019). Enamikul püüetel on päevaliblike liigirikkus suurenenud (vt. ptk. 4).

(KAUR, seired: Teder 2019)



Häilu ja lageraie erisus metsast

Vanapuitu söövad putukad



- Metsad vs raiealad
- Kkt-gradient (NB! Palu)
- Vanametsas ja maj.metsas liigid üldiselt samad

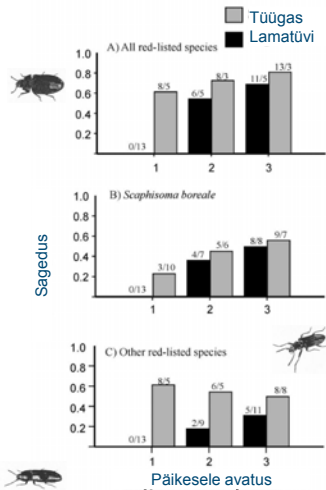
> Jäta lankidele puitu vedelema

(Kraut et al. 2016)



Lamav vs püsti

Surnud puidu putukad – päikeseline puit on parem



(Sverdrup & Thygeson 2002, Schroeder jt 2006)



Looduslik häire

Laigu/häil-dünaamika – lamapuidu levikumuster – ca 45m
300a vanune kuusemets Rootsis (200x300m) – kõduseened

Patterns of downed logs and wood-decaying fungi in an old-growth *Picea abies* forest -

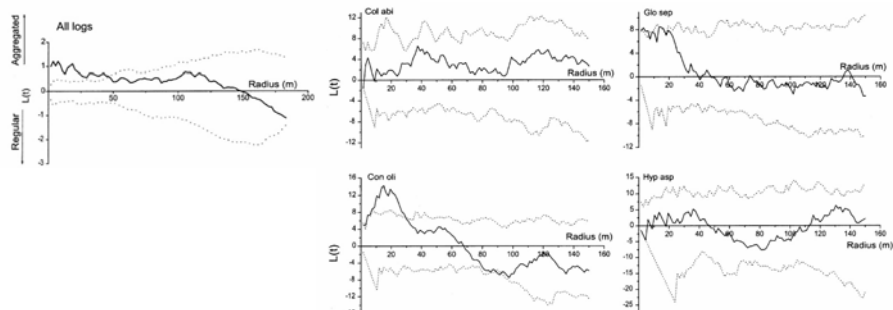


Fig. 3. Diagram of the $L(t)$ function for 16 species ($n > 20$) of wood-living fungi. The thick line is the observed pattern. Dashed lines delimit the confidence envelope based on 100 random simulations.

(vaid) Kolmel puiduseenel leiti mingigi ruumiline agregatsioon ($n < 20$ 161 / 86st)

(Edman & Jonsson 2001)



Metsaserva mõjud

Kisklus-potentsiaal linnupesadele (tamme-hickoripuu mets, USA) >> röövlinnud ja parasiid erinesid, aga teised mitte

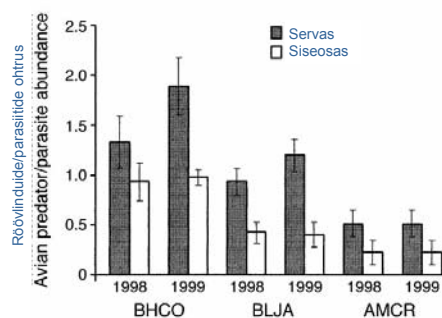


FIG. 1. Mean detections (± 1 SE) per survey visit of two avian predators, Blue Jays (BLJA) and American Crows (AMCR), and avian parasites, Brown-headed Cowbirds (BHCO), in forest edge vs. interior in Missouri, 1998–1999.

+ maod: 23 m servas, 14 metsas

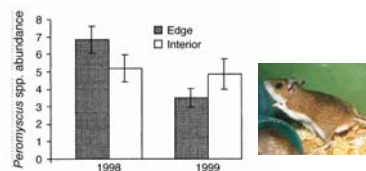


FIG. 2. Mean captures (± 1 SE) per 100 trap-nights of *Peromyscus* spp. in forest edge and interior in Missouri, 1998–1999.

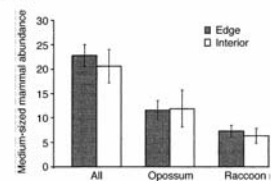


FIG. 3. Mean visitation (± 1 SE) per 100 scent-station-nights by all medium-sized mammalian nest predator species pooled (All), opossums, and raccoons in forest edge and interior in Missouri, 1998–1999.

(Chalfoun jt 2002)



Metsaserva mõjud

Röövloomade tõmme metsa serva on liigipõhine (Tšehhi)

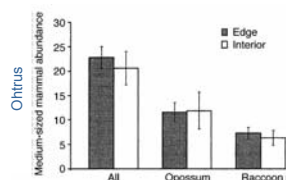
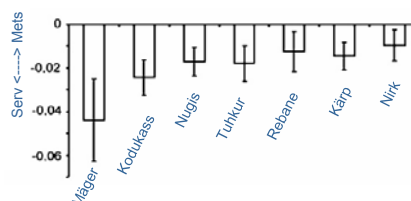
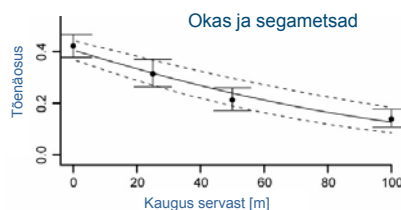


FIG. 3. Mean visitation (± 1 SE) per 100 scent-station-nights by all medium-sized mammalian nest predator species pooled (All), opossums, and raccoons in forest edge and interior in Missouri, 1998–1999.

(Chalfoun jt 2002)



(Červinka jt 2011)

Ruumiline muster

Metsaserv – langi-liik ja metsaliik pöögimetsas

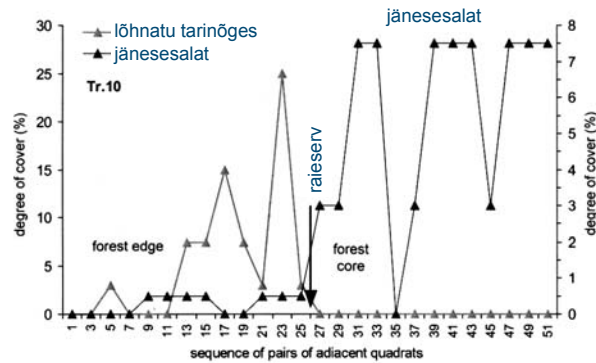


Fig. 5.14 Analysis of eco-coenotic discontinuity for studying the boundary between the *Fagus sylvatica* forest and clearing vegetation. This study was done using *Mycelis muralis* (a species from the forest) and *Teucrium chamaedrys* (from the clearing), noting their cover degree along a transect. The arrow shows the boundary position (From Gafta 2002)

Häiringu intensiivsus

Taastumiseks kuluv aeg

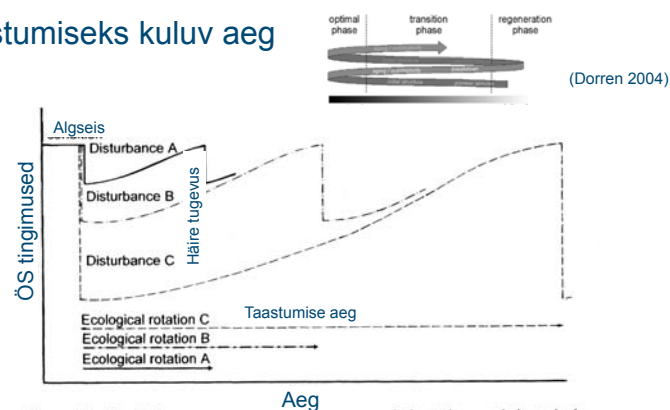


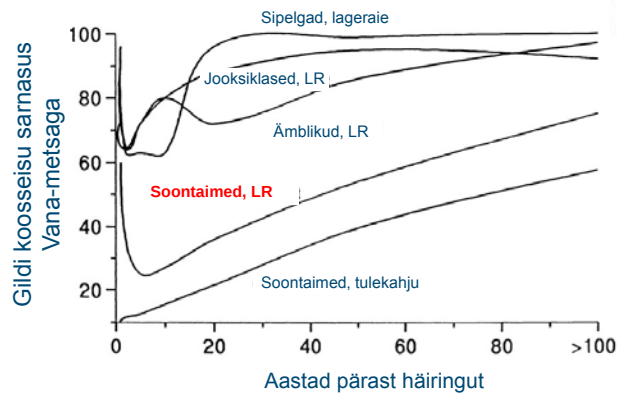
Figure 3.4 Graphical representation of concept of ecological rotation—period required for an ecosystem to recover to its original, or some new condition. (Modified from Kimmins 1997. *Forest Ecology: A Foundation for Sustainable Management*. 2nd Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.)

(Kimmins 1997)



Häiringu intensiivsus

Taastumiseks kuluv aeg



(Kimmins 1997)

(Niemelä 1999)



Metsatuka ja häilu keskkond

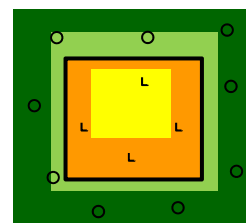
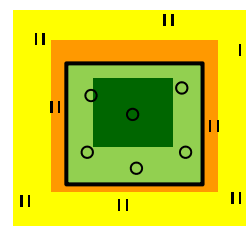
Metsatuka/-eraldise/-ala v häilu

- Pindala, übermõõt, kuju
- Servaala, tuumala, mõjupiirkond välja

Maastikuline olemus

- Iga elupaigatüübi pindala, paigutus, sidusus, killustatus
- Elupaigatüüpide arv, mitmekesisus

Mustri asümmeetrilisus



(Canham 1988)

Mikrokliima: koridor

Üksiku puu mõju (tamm Venemaal)

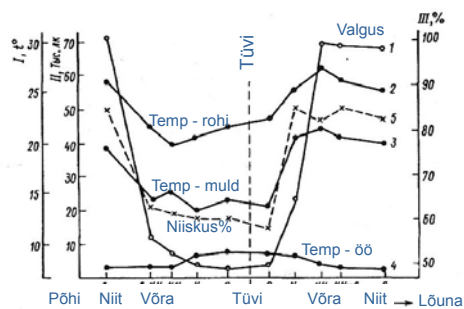


Рис. 3.30. Изменение некоторых микроклиматических параметров в сфере влияния одиночного дуба (*Quercus robur*) (по: Самойлов, 1986).

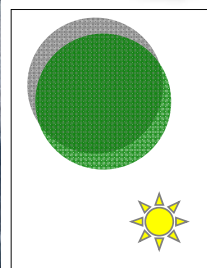
По оси абсцисс — положение микроклиматических станций (С — приствольная, К — подкроновая, КК — под краем кроны, Л — открытый луг); по осм ординат: I — температура, II — освещенность, III — относительная влажность воздуха.

I — средняя освещенность (13–17 ч); 2 — средняя температура воздуха днем (12–17 ч) на высоте 20 см; 3 — то же на поверхности почвы; 4 — средняя ночная температура воздуха (23–24 ч) на высоте 20 см; 5 — относительная влажность воздуха в травостое на высоте 10 см (12–17 ч).

(Samoilov 1986)

Serv ja ekspositsioon

Vari kui valgustatuse ja mikrokliima näidik

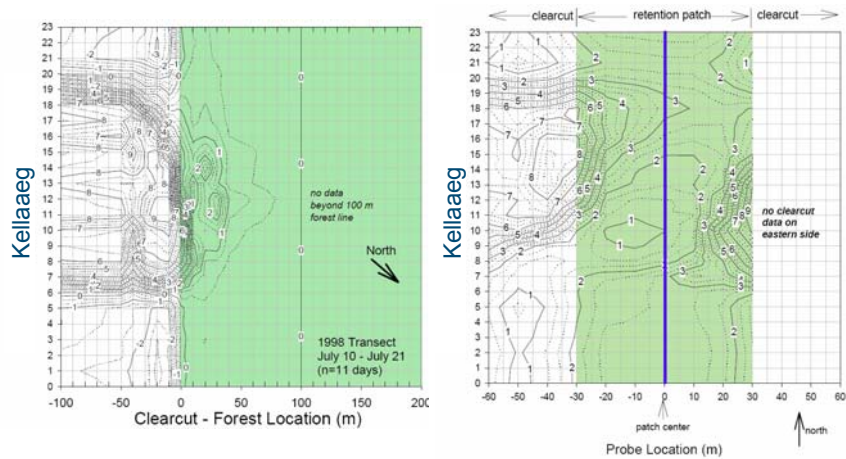


(IKONOS, U.Peterson)



Serv

Ööpäevane temperatuuri muutus – mets vs säilik (F)



(Hagan & Whitman 2000)



Ajaline sidusus

Põline metsamaa – maa, mis on järjepidevalt olnud metsamaa vähemalt alates 19. sajandi lõpust (nt Vene verstastel topokaartidel)

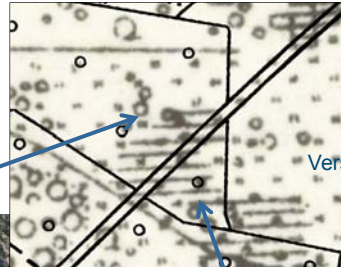
(PEFC ST tööühm)

Lääne-Euroopas – ca 250a ... (sõltub vanimate detailsete kaartide olemasolust)



Ajalooline järjepidevus / Põlisus

Uudismets



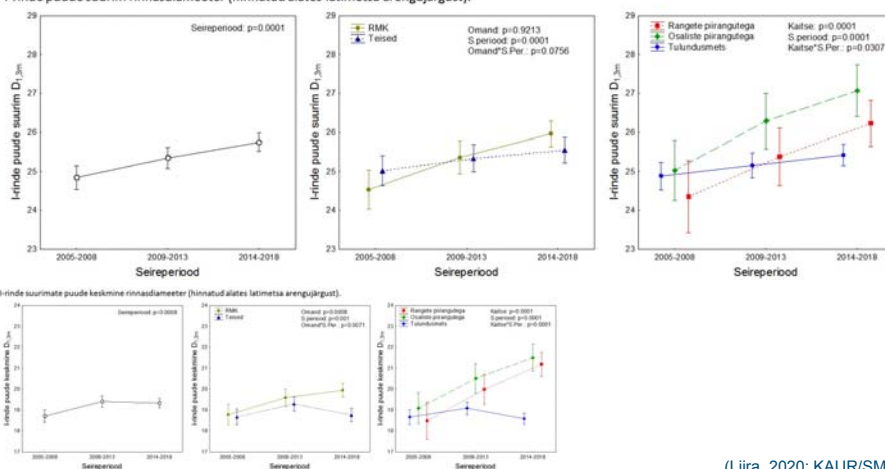
Verstakaart



Puistu struktuur

Rinnasdiameeter suurimatel puudel

I-rinde puude suurim rinnasdiameeter (hinnatud alates latimetsa arengujärgust).

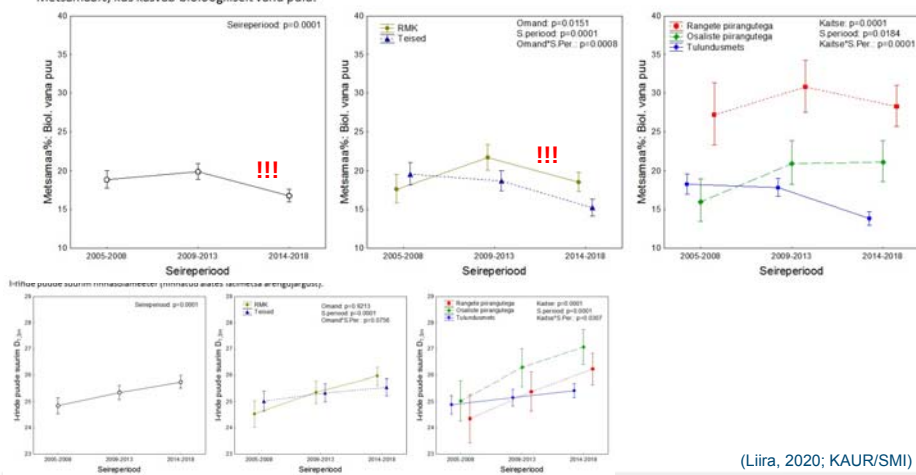


(Liira, 2020; KAUR/SMI)

Puistu struktuur

Bioloogiliselt vanad puud

Metsamaa%, kus kasvab bioloogiliselt vanu puid.

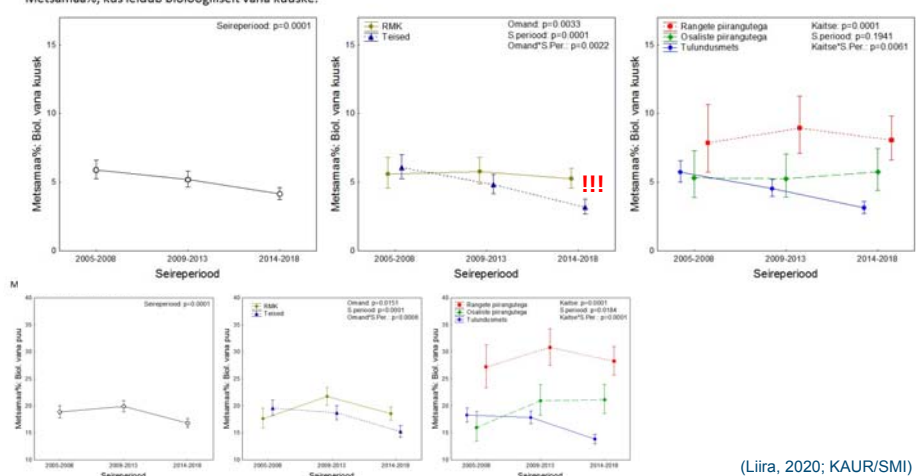


(Liira, 2020; KAUR/SMI)

Puistu struktuur

Bioloogiliselt vanad puud: kuusk

Metsamaa%, kus leidub bioloogiliselt vana kuuske.



(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Säilik-struktuurid

Varasemast veidi funktsionaalsemad ja mitmekesisemad

Säilikut liigirikkad grupid

Kõvalehtpuude jätmise

alusmetsaga!



Struktuuride säilitamine

Säilikpuud



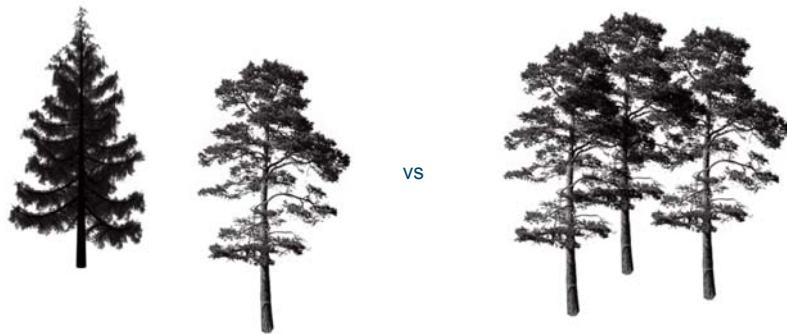
vs





Struktuuride säilitamine

Säilikpuud



Säilik-struktuurid

Tööde ajal – liigisäiliku ja talle vajalike struktuuride jätmine

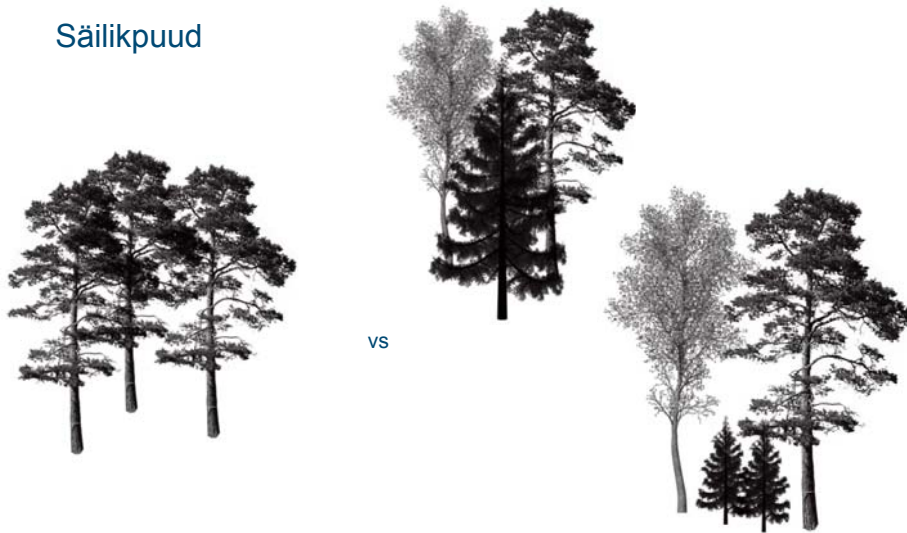


Sulgas õhik



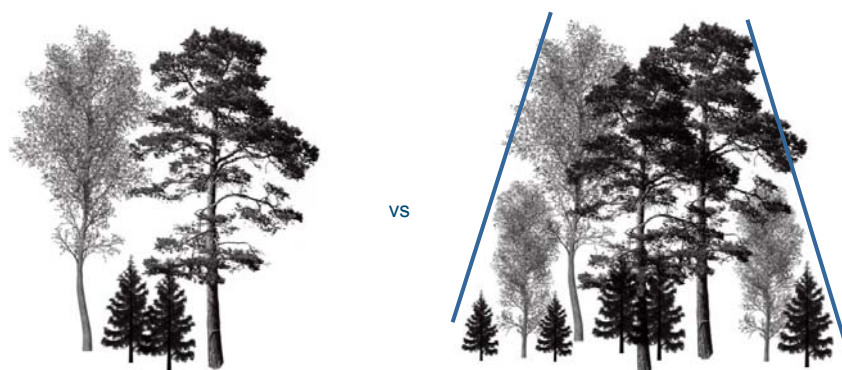
Struktuuride säilitamine

Säilikpuud



Struktuuride säilitamine

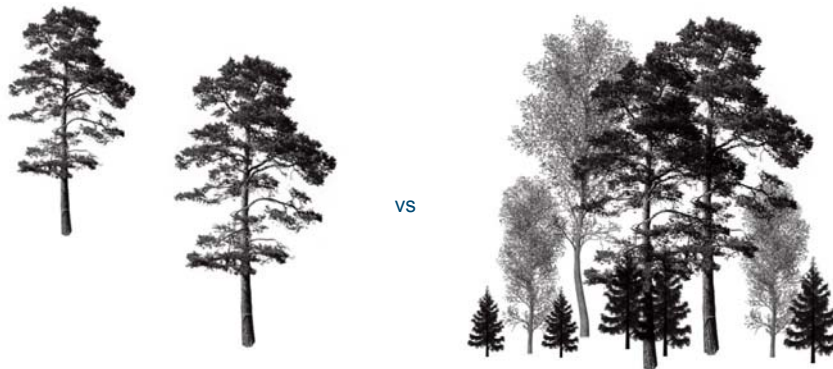
Säilikpuud





Struktuuride säilitamine

Säilikpuud



Säilik-struktuurid

Tööde ajal - struktuuride jätmine





Säilik-struktuurid

Tööde ajal – liigisäiliku ja talle vajalike struktuuride jätmine



Kivi-imar



Looduslikud protsessid - järelkasv

Puuliigid küpses metsas – sagedus kkt kaupa

Table 2 The frequency (%) of seedlings of each tree species in ten 2 × 2 m plots sampled in each stand of various forest site-types

Species	<i>Cladonia</i> and <i>Calluna</i>	<i>Rhodococcum</i>	<i>Myrtillus</i>	<i>Hepatica</i>	<i>Aegopodium</i>	In general
<i>Pinus sylvestris</i>	6.5	4.4	1.4	1.3	0.3	2.6
<i>Picea abies</i>	2.4	8.7	20.4 ←	6.9	9.1	10.0
<i>Betula spp</i>	0.6	2.3	4.6	1.8	2.2	2.4
<i>Populus tremula</i>	0.3	0.5	2.2	3.5	18.3 ←	5.1
<i>Alnus incana</i>	–	–	–	1.6	2.6	0.9
<i>Acer platanoides</i>	0.6	0.3	1.1	15.7 ←	20.2 ←	7.7
<i>Fraxinus excelsior</i>	–	–	0.1	9.3	31.1 ←	8.3
<i>Quercus robur</i>	5.3	4.5	2.7	7.3	2.7	4.4
<i>Tilia cordata</i>	–	–	–	–	4.5	0.9
<i>Ulmus glabra</i>	–	–	–	0.4	7.6	1.7
<i>Padus avium</i>	–	–	–	6.9	9.2	3.3
<i>Sorbus aucuparia</i>	2.0	7.4	13.8 ←	21.7 ←	19.7 ←	13.3

The first four species are the main tree species in the majority of stands



Tamm(!)

(Liira jt 2011)



Säilik-struktuuride hooldamine

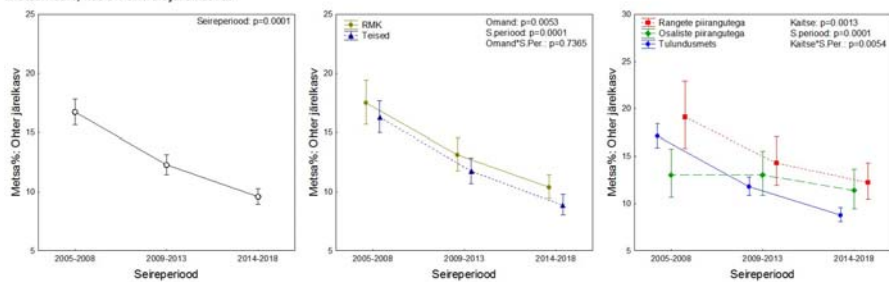
Märka tegelast ja temale vajalikku struktuuri



Puistu struktuur

Ohter järelkasv (SMI)

Metsamaa%, kus on ohtlalt järelkasvu.



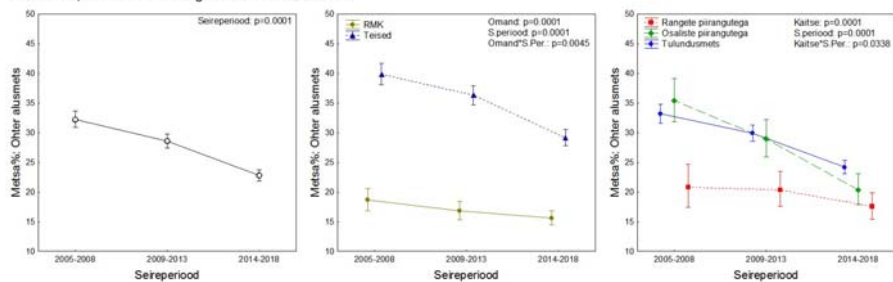
(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Puistu struktuur

Tihe alusmets (SMI)

Metsamaa%, kus alusmets on laiguti tihe või ühtlaselt tihe.

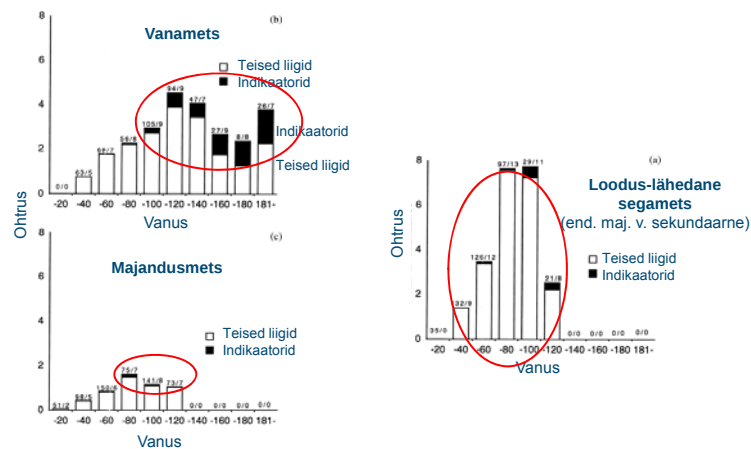


(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Indikaator-samblikud

Metsa seisund ja ajalugu -> samblikud

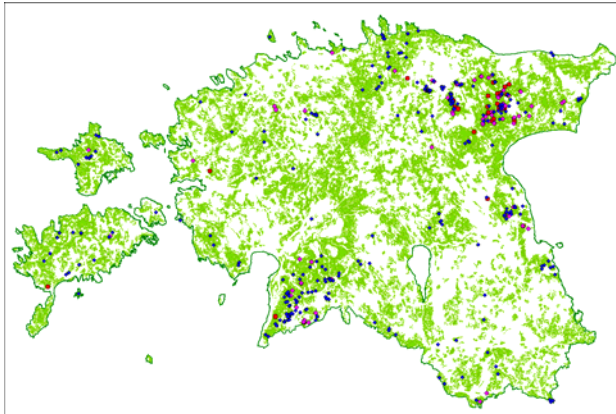


(Uliczka & Angelstam 2000)



UNIVERSITY of TARTU

Kopsusambliku kasvukohtade häving



Elupaiga seisund
+10a:

OK (73%)
Ohustatud (19%)
Hävinud (8%)

Kopsusambliku leiukohad

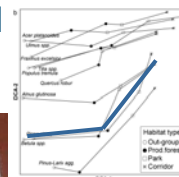
(Jüriado & Liira 2009, 2010)



UNIVERSITY of TARTU

Puistu struktuur ja ajalugu

Asendus-substraadid



Korpsamblik (*Xantoria parietina*), pruunsamblik (*Melanohalea exasperatula*),
vagu-lapiksamblik (*Parmelia sulcata*), hallsamblik (*Hypogymnia physodes*),
rosettsambliku liigid (*Physcia stellaris*, *P. tenella*, *P. adscendens*)

(Tartu 2022)



Puhverriba

Puhvrid: servad (kulissraie), koridorid - pagula



Puhverriba

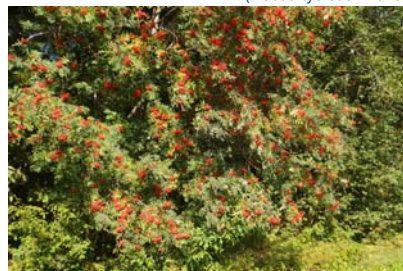
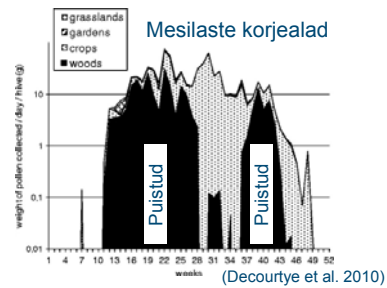
Puhvrid: kraaviservad, koridorid





Servapuhvrid

Varustav hüve - õied, marjad



Servaelanik

Sipelgad





Servaelanik

Taimed metsas

Nõmmnelk

(*Dianthus arenarius*)

Liiv-esparsett

(*Onobrychis arenaria*)



Säilik-struktuurid

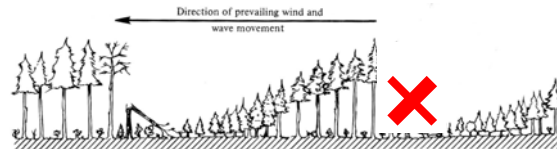
Keskkonna väiksem häirimine





Raie leevendus

Säilik-struktuurid



Pelgupaik e pagula e refuugium

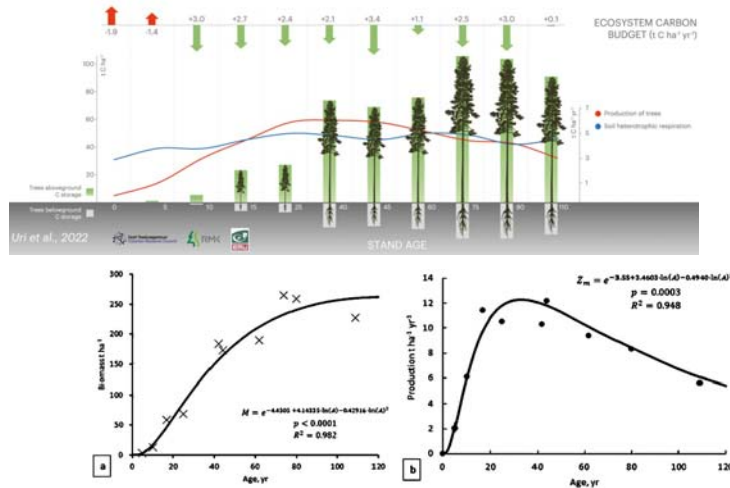
Struktuurid



Väikeseõieline lemmalts niidetaval ala

Süsiniku dünaamika

Palumetsad Eestis



(Uri jt 2022)

Süsiniku dünaamika

Kanada kuusemetsa BM ja C-jaotuse kronosekvents peale põlengut

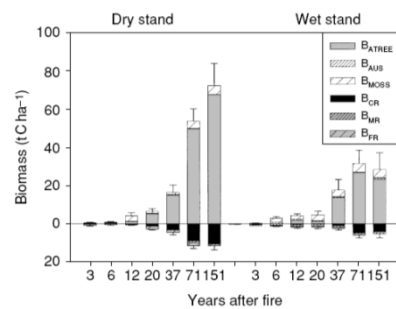


Fig. 2 Biomass C pool (t C ha⁻¹) distribution across the dry and wet chronosequences. B_{TREE}, B_{AUS}, B_{MOSS}, B_{CR}, B_{MR}, and B_{FR} stand for tree above-ground, understorey above-ground, bryophyte, coarse root (>5 mm diameter), medium root (2-5 mm diameter), and fine root (<2 mm diameter) biomass, respectively. Error bars are standard deviations for B_{TREE} and B_{CR} and standard errors for others (n=4 for dry stands and 5 for wet stands).

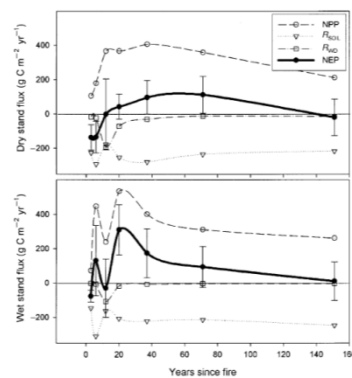


Fig. 6 Net primary production (NPP), heterotrophic soil respiration (R_{SOIL}), woody debris respiration (R_{WD}), and net ecosystem production (NEP) across the chronosequence. A positive flux corresponds to a carbon gain by the stand. Data sources for soil and woody debris heterotrophic respiration are described in the text. For clarity, only NEP error bars are shown; NEP error calculation assumed complete independence of NPP, R_{SOIL}, and R_{WD}.

(Bond-Lamberty et al. 2004)



Metsa tsükkel – biomass/C

Üldistus

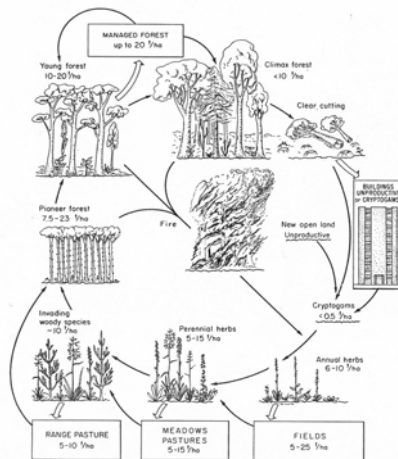
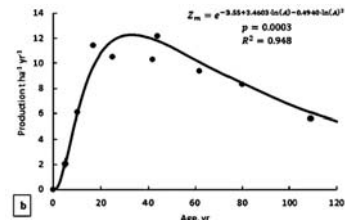
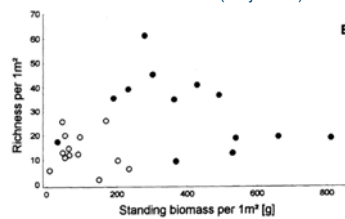


Fig. 1. Schematic diagram of the successional sequence in a deciduous forest area and the stages where human management arrested the successional sequence to create distinct management systems. Single lines indicate input and naturally occurring flow of succession. Double lined arrows lead to arrested stages, shown as labeled boxes. The numbers at each stage indicate the annual production of dry matter in metric tons/hectare. 1 t/ha = 100 g/m². (Knapp 1974)



(Uri jt 2022)

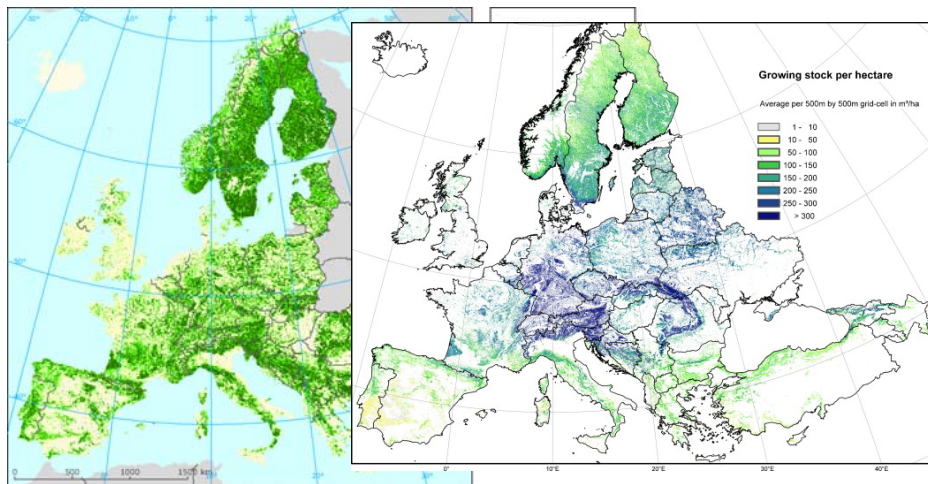


(Zobel & Liira 1997)



Metsa hulk

Metsasus vs Tagavara



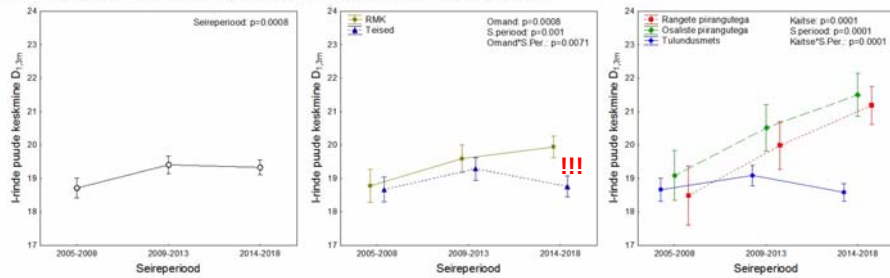
(Gallaun et al. 2010, Barredo et al. 2012)



Puistu struktuur

I rindes keskmine rinnasdiameeter

I-rinde suurimate puude keskmine rinnasdiameeter (hinnatud alates latimetsa arengujärgust).



(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Metsa C-dünaamika

C-ring ja komponendid

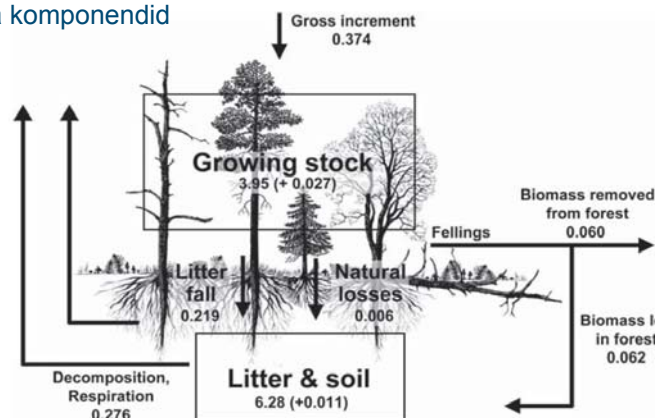


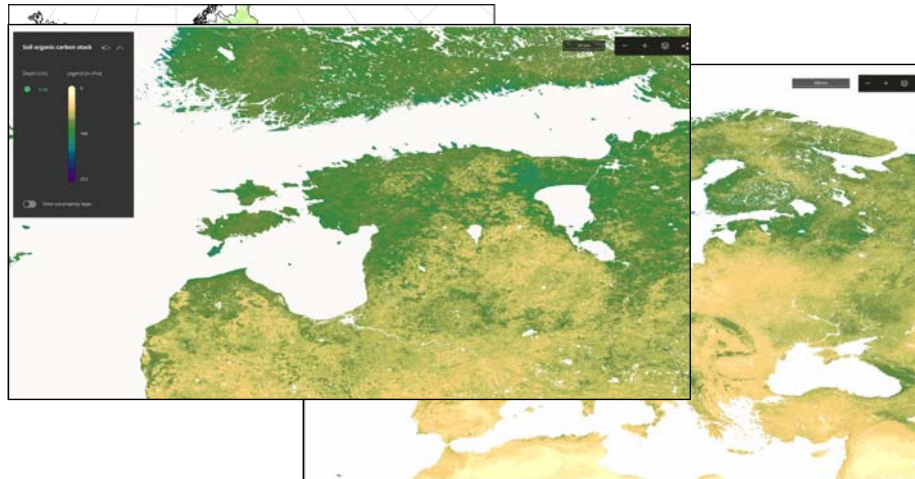
Fig. 10.1 Average carbon budget of the Finnish forests in the 1990s (according to Liski et al. 2006). The average carbon stocks (kg C m⁻²) and the annual changes in carbon stocks (kg C m⁻² year⁻¹) are shown in boxes and annual carbon fluxes (kg C m⁻² year⁻¹) are illustrated by arrows (graph by Essi Puranen).

(Mäkipää et al. 2008 ForStud)



Seotud süsiniku hulk

Puistu tagavara ja mulla-C (0-30cm)



(Soilgrids.org)



C-varu

Table 1
Carbon stock in selected biomes of the world (recalculated Adams et al., 1990; Eswaran et al., 2000; Dixon et al., 1994; et al., 1999)

Biome	Area (Mha)	C density (Mg/ha)		C stock (Pg)
		Vegetation	Soil	
Tundra	927	9	105	8
Boreal/Taiga	1372	64	343	88
Temperate	1038	57	96	59
Tropical	1755	121	123	212
Wetlands	280	20	723	6
Total	5672	Mean 54	Mean 189	373

Table 3
Estimates of terrestrial carbon stock in world's forest zones (Prentice, 2001)

Biome	Area (Mha)	Terrestrial carbon stock (Pg)			Carbon density (Mg C/ha)	
		Plants	Soil	Total	Plants	Soil
Tropical forests	1.76	340	213	553	157	122
Temperate forests	1.04	139	153	292	96	122
Boreal forests	1.37	57	338	395	53	296
Total	4.17	536	704	1240	—	—

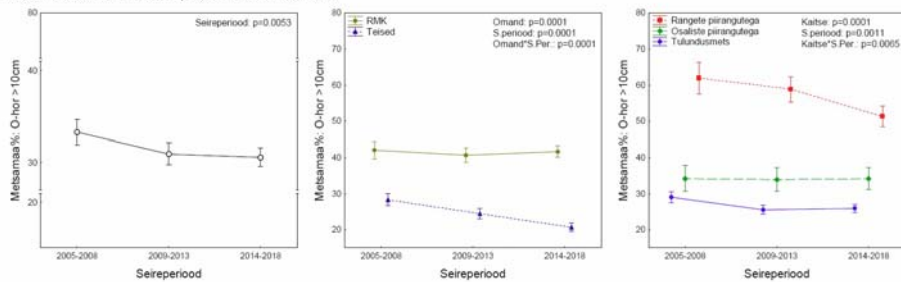
(Lal 2005 FEM)



Süsinikurikkad mullad

Metsamaa%, kus >10cm turbane (SMI)

Metsamaa%, kus O-horisondi paksus on vähemalt 10cm.



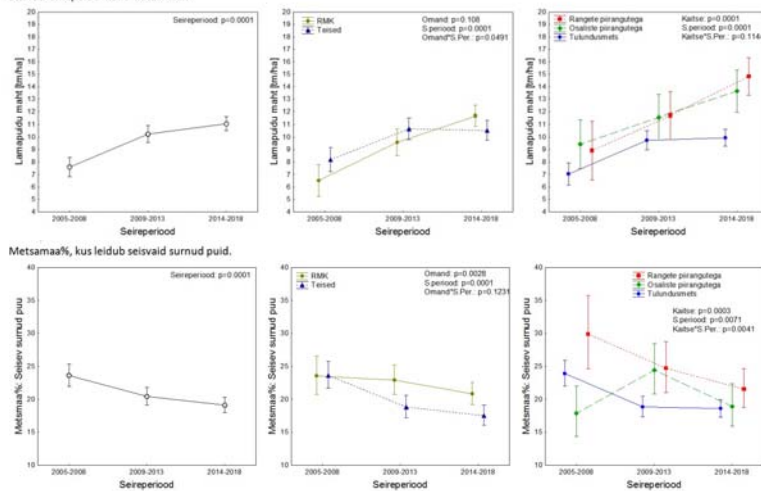
(Liira 2020, KAUR, SMI)



Surnud puit

(SMI)

Surnud lamapuidu maht metsamaal.



(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Süsiniku dünaamika

Palumetsad Eestis – Tagavara ja surnud puit

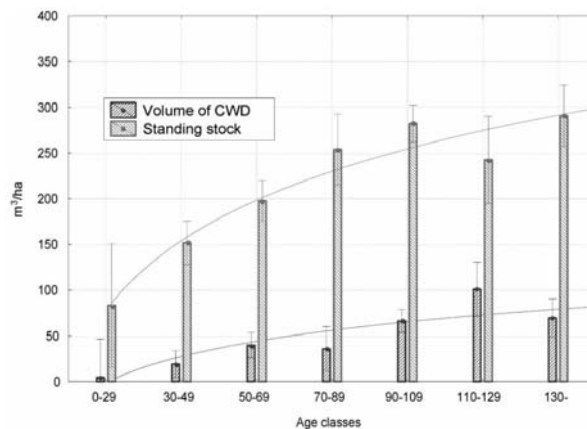


Figure 2. Volumes and inner spreads of total coarse woody debris (CWD) and standing stock by tree age classes in Lahemaa.

(Köster jt 2005)



Süsiniku dünaamika

Metsad Eestis – Surnud puit – küpsed metsad

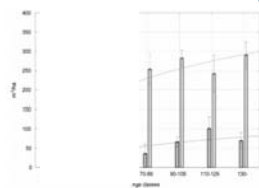
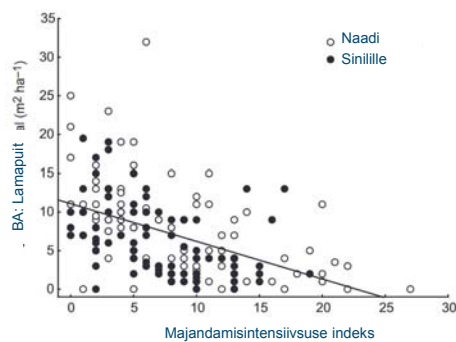
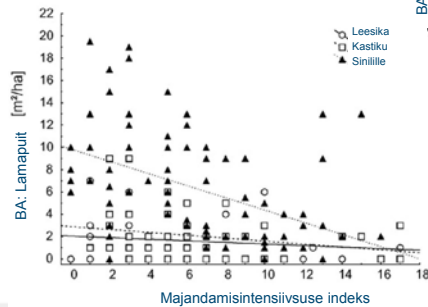


Figure 2. Volumes and inner spreads of total coarse woody debris (CWD) and standing stock by tree age classes in Lahemaa.

(Köster jt 2005)

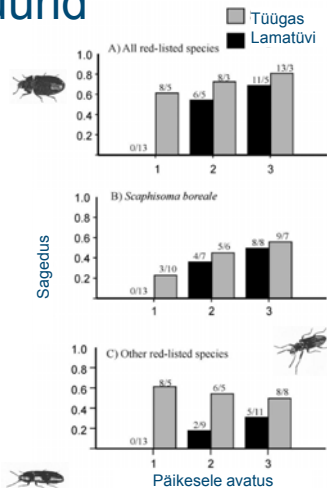


(Liira & Sepp 2009, Liira jt 2007)



Säilik-struktuurid

Tööde ajal - struktuuride jätmine

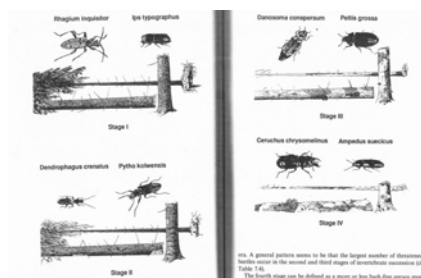


Päikeseline surnud puit on puiduputukate erisoov (pikkadel tüügasel suurem tugiväärtus)
(Sverdrup & Thygeson 2002, Schroeder jt 2006)

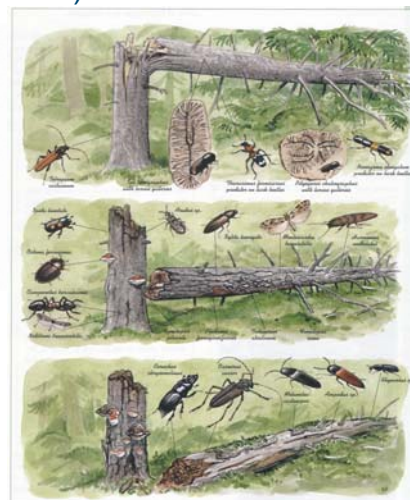


Surnud puit

Elustiku suktsessioon – kuusk (Rootsi) -> Eesti



(Esseen et al. 1992)



(VEP 1999, 2002)

Different communities of fungi and insects develop during the decay process. Many rare species can be found in the late successional stages while the earlier, shorter stages are occupied by more common species with high dispersal ability.
Haukioja, J. & Nieminen, M.

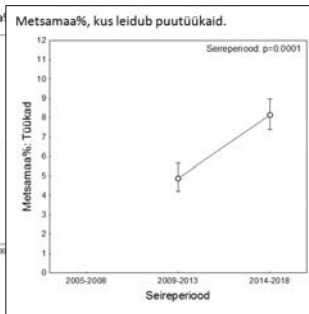


Puistu struktuur

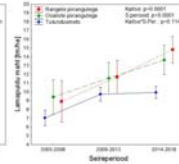
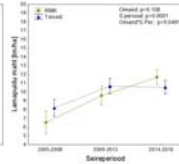
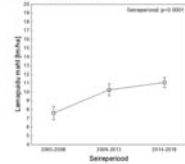
Seisev surnud (SMI)



Metsamaa
Metsamaa%, Seisev surnud puu



Surnud lamapuidu maht metsamaal.



0.003
0.007
p=0.0041

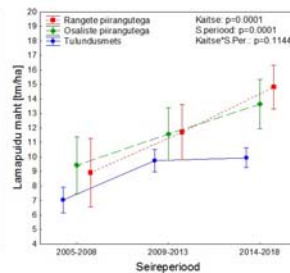
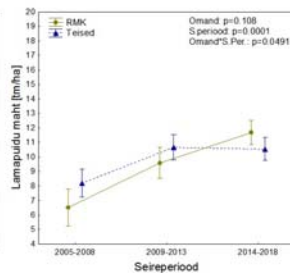
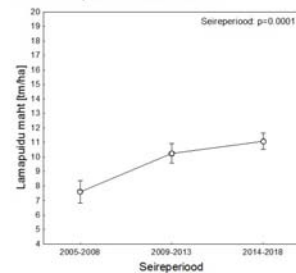
(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Puistu struktuur

Lamapuidu maht (SMI)

Surnud lamapuidu maht metsamaal.



Korallnarmik

(Liira, 2020; KAUR/SMI)



C-sidumise intensiivsus vs vürts

Kiirtoidukoht vs aeglane toit – kah mitmekesisuse gradient

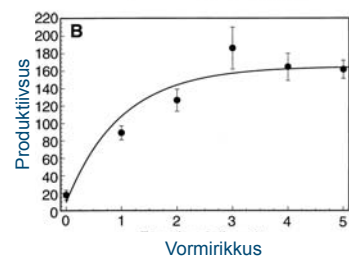
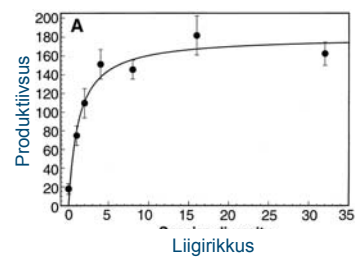


(google, pinterest jt)



Liigirikkus ja ökohüve kvaliteet

Liigirikas ja/või vormirikas kooslus võib olla stabiilne ja tore, aga spetsiifilised hüved kannatavad teiste arvel.

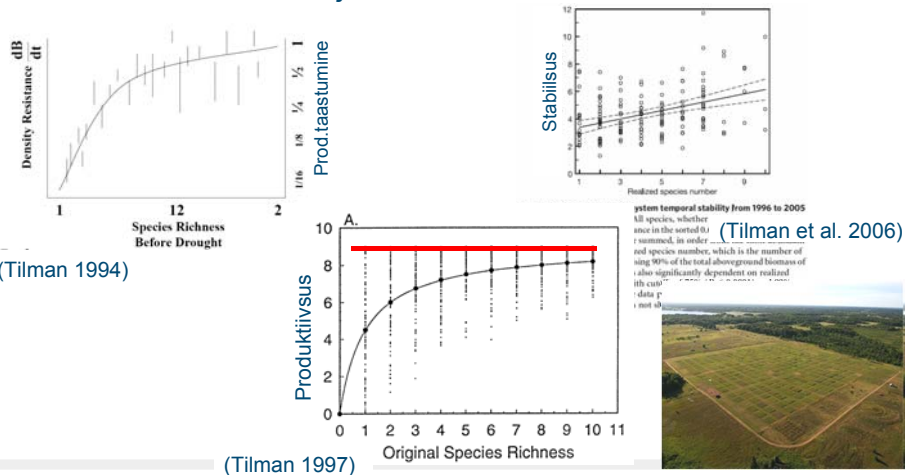


(Tilman jt 1997 Science)



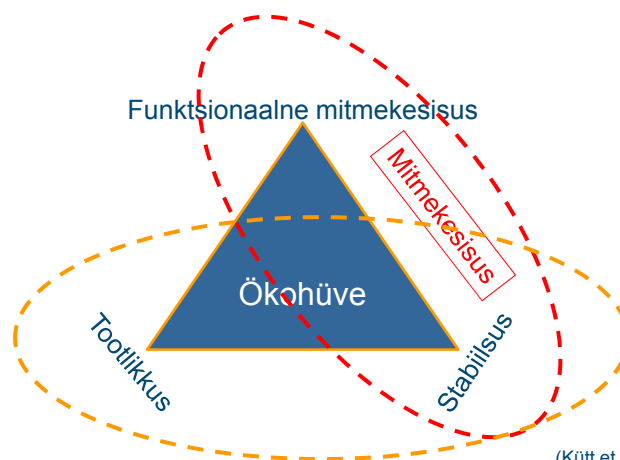
Liigirikkus – stabiilsus?!

Peale põuda taastas liigirikas rohumaakooslus oma tootlikkuse kiiremini, ja oli ka üle aastate stabiilsem



Ökohüve kvaliteet

Kvaliteedi omadused: tootlikus, stabiilsus ja mitmekesisus



(Kütt et al. 2016, 2018)

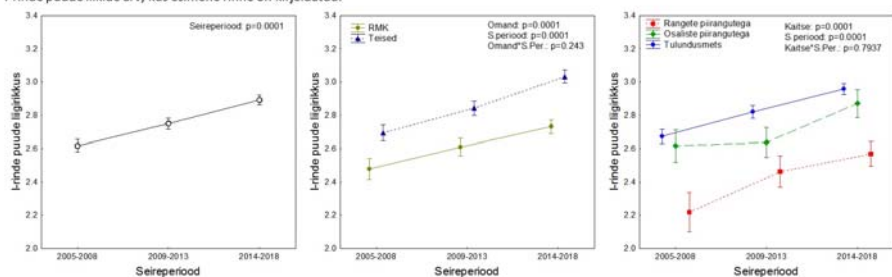
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.009>
<https://doi.org/10.1111/avsc.12376>



Puistu struktuur - liike

Puuliike I-rindes (SMI proovia ala $r=10\text{m}$)

I-rinde puude liikide arv, kus esimene rinne on kirjeldatud.



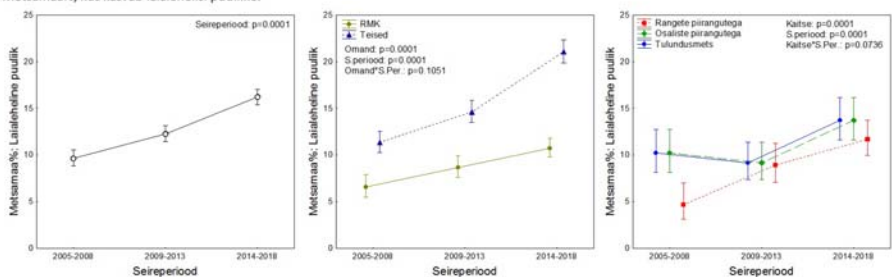
(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Puistu struktuur - koosseis

Laialeheliste puude esinemissagedus (I-rinne)

Metsamaa%, kus kasvab laialehelisi puuliike.

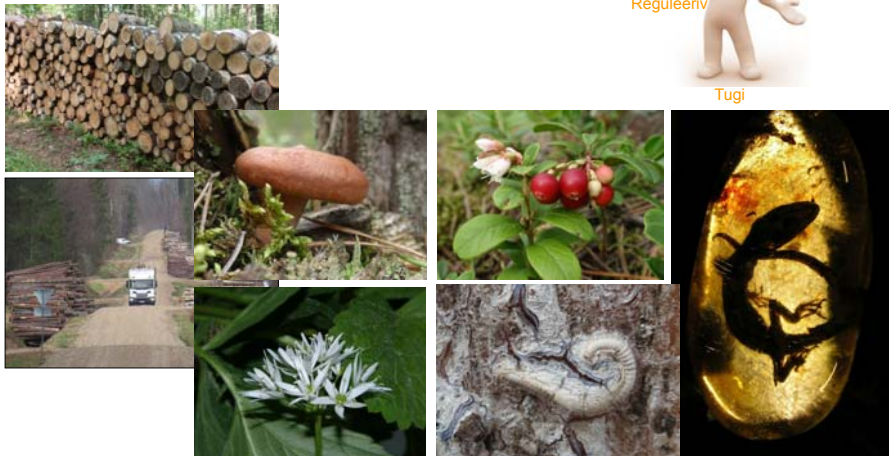


(Liira, 2020; KAUR/SMI)



Ökohüved

Varustav



Varustus

Reguleeriv

Esteetilis-
kultuuriline

Tugi



Ökohüved

Varustav



(Vesselova & Randlane)

Varustus

Reguleeriv

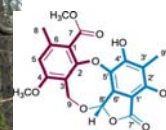
Esteetilis-
kultuuriline

Tugi



Kopsusamblik
(*Lobaria
pulmonaria*)

Lobaroid A –
anti-bakteriaalne



(Zhen jt 2018)



UNIVERSITY of TARTU

Teenus: Esteetiline/kultuuriline

Puhkus, esteetika (ilu, linnulaul)



UNIVERSITY of TARTU

Teenus: Esteetiline/kultuuriline

Kultuuriajalugu



Hiis (Vana-Vigala)



Esteetiline/kultuuriline väärtus

Kultuur



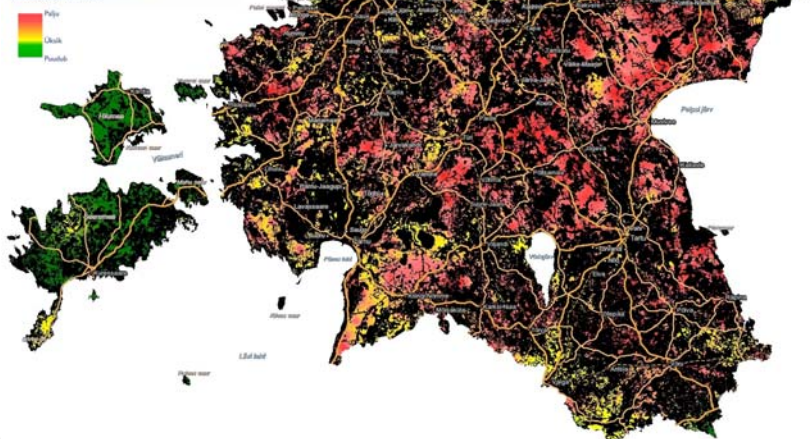
(Ivan Šiškin (+ Konstantin Savitski)
„Hommik männimetsas“/ „Kolm karu“ 1889)



Ökohüve

Tugiteenus - Karu elupaik - levik

Karude leviku ja ohtorase silutatud hinnang metsamaadel
Algandmed:
KAUR 2018-2021 saire ja vastused,
Kõik tasektajad, LVA ja E-Tammekaitse (TÜ) vastused,
Arvutus J. Liira (TÜ, EFFECT) 2022.
Aluskaardid: Maa-amet

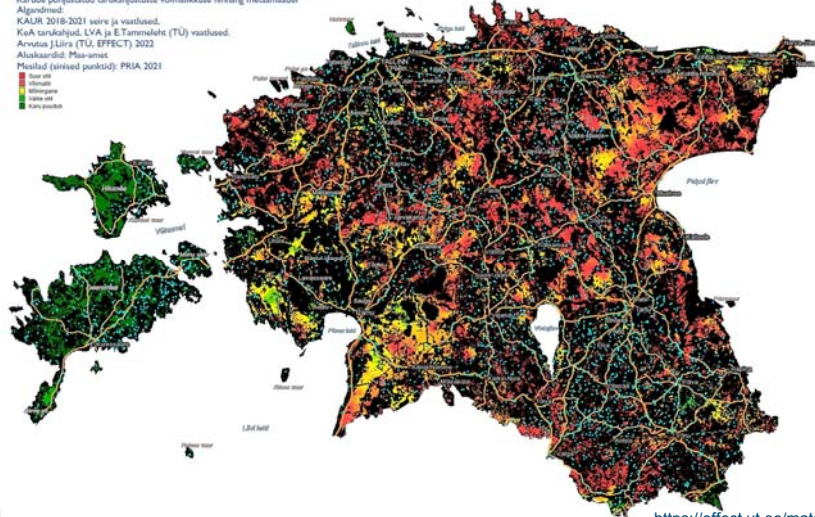




Ökohüved

Karuteened – karukahju oht

Karude põlvkonnad tarkalgoritmi võimalikkuse hindamise meetodid
Algoritmid:
KAUR 2018-2021 seire ja varustus,
KIA tarkalgoritmi, LVA ja E-Tarvetele (TU) varustus,
Arvutus J. Lirvi (TU, EFFECT) 2022
Aluskaardid: Maa-amet
Mõõtkord (sissevõetud periood): PRGA 2021



<https://effect.ut.ee/materjale>



Ökohüved

Karuteened – karukahjuga kohanemine



Fotod: Kaivo Ilves (Peipsiääre vald)



Põline puistuala - leiud

Leiud, mida ei oska oodatagi – metsikud mesilastüved

The Observer Bees

'No one knew they existed': wild heirs of lost British honeybee found at Blenheim

The 'ecotype', thought to have been wiped out by disease and invasive species, is thriving in the estate's ancient woodlands



Bee conservationist Filipe Salbany handles the Blenheim bees without protective kit as they are

Oxfordshire Natural Beekeeping Group on WoodPhoto.com



(the Guardian; Oxfordshire Natural Beekeeping Group)



Ökohüved

Reguleeriv



Keskkonda tasakaalustava funktsiooniga mets – mets, mis leevendab äärmuslikke looduslikke protsesse. Nt erosiooni vähendaja järskudel nõlvadel ja üleujutuste puhverdaja lammide.

? Kliimamets – kohalikku või globaalset kliimat kujundav mets

Keskkonnakaitselise funktsiooniga mets – inimtegevuse eest keskkonda kaitsev mets. Nt ranna ja kalda piiranguvööndi veekaitsemets, kaitseala või püsielupaiga piiranguvööndi loodusreservaati või sihtkaitsevööndit puhverdav ala.

(PEFC ST tööühm)



Ökohüved



Reguleeriv

Keskkonda tasakaalustava funktsiooniga mets – mets, mis leevendab äärmuslikke looduslikke protsesse. Nt erosiooni vähendaja järskudel nõlvadel ja üleujutuste puhverdaja lammide.

? Kliimamets – kohaliku või globaalset kliimat kujundav mets



(Lahemaa)



(Soomaa)



Ökohüved



Reguleeriv

Keskkonnakaitsefunktsiooniga mets

Puhverriba – püsiva taimkattega (eelkõige puudest ja põõsastest koosnev) vöönd kahe (või enama) erineva maakasutusega ala vahel ning kus rakendatakse spetsiaalseid majandusvõtteid teatud funktsioonide tagamiseks. NB! Puhverriba võib moodustada ka väljaarenenud rohukamaraga niiduilmeline kooslus, kust ei ole puid-põõsaid ära raiutud.

- vähendada majandustegevuse ülepiirilisi mõjusid
- tagada osaline keskkonna või struktuuride säilimine majandataval alal (jalalkuivanud puud, tüükad ja lamapuit, säilikpuud või nende grupid)
- tagada naaberalade ökoloogiline sidusus
- pakkuda turvalist kasvukohta taimedele ja/või elupaika (ja toitumisala) loomadele ja lindudele (refuugium)
- pakkuda/säilitada maastiku esteetilisus (esteetilis-kultuuriline hüve)

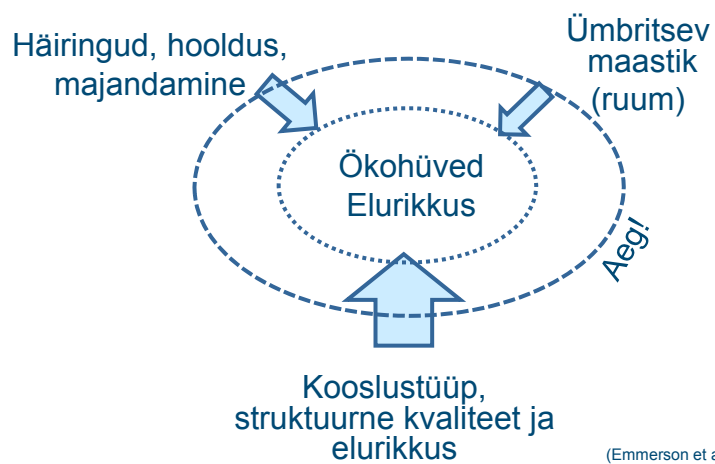


Ökohüved

Tugiteenus – elupaik, varje ...



Ökohüvede (ja elurikkuse) tegurid



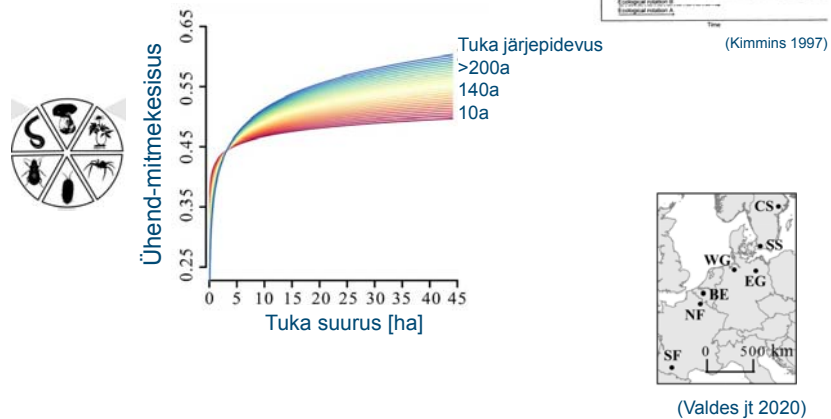
(Emmerson et al. 2016)

<http://dx.doi.org/10.1016/bs.aecr.2016.08.005>



Puistu/tuka vanus

Elurikkuse jaoks on vaja aega



Erastvere

Välja:





Erastvere

Park(mets)



Maa-amet ja Rahvusarhiiv



Erastvere

Ristimets (Erastvere)



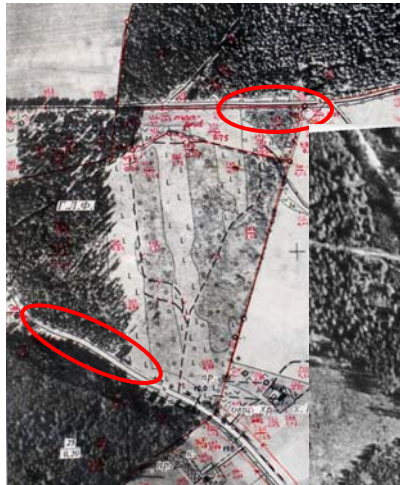
1948

Maa-amet ja Rahvusarhiiv



Erastvere

Ristimets (Loko)



1948



1981

Maa-amet ja Rahvusarhiiv



Erastvere

Metskond



1947



Maa-amet