

Puuliikide H ja D sõltuvus vanusest segapuistutes ja segapuistute hinnaküpsus

Artur Nilson

MAK TG1 02.02.2010

Projekti eesmärgid ja esitluse sisu

- Puuliikide takseertunnuste modelleerimine vanuse funktsioonina segapuistutes erinevais metsatüüpides
- Segapuistute hinnaküpsuse vanuse modelleerimine (lõppeesmärk)
- Selleks vajati lisaks
 - Puidu ühikuhinna mudeleid
 - Hinda alandavate kahjustuste mudeleid

Püstitatud ülesanne kõikehõlmavana terve riigi jaoks puistute keskmiste takseertunnuste tasemel on pretsedentideta mitte ainult Eestis vaid ka naabermaades.

Algmaterjalidena kasutati

- peamiselt metsaregistri andmeid seisuga sept. 2008,
- SMI andmeid aastaist 2000, 2001 ja 2003-2007 (MKK),
- riigimetsa takseerkirjelduste andmeid aastaist 1983-1997 (EMK),
- EMÜ kasvukäigu püsiproovitükkide andmeid (juh. A. Kiviste),
- Andres Kiviste kasvumudelite (1995, 1997) silumata algandmeid,
- Allar Padari poolt RMK infosüsteemile 2001/2005 koostatud ja Vabariigi Valitsuse määruses nr. 150 09.10.2008 kasutatud kahjustuste jm. mudeleid,
- RMK infosüsteemi tarvis (A. Padari ettevalmistatud 2001-2005a) andmestikust A. Nilsoni poolt koostatud puidu ühikuhinna mudeleid,
- Kirjandust.
- ...

Kas puuliigi kasvukõver mingis paigatüübis on ühesugune sõltumata sellest, milliste liikidega ja mis vahekorras ta koos kasvab?

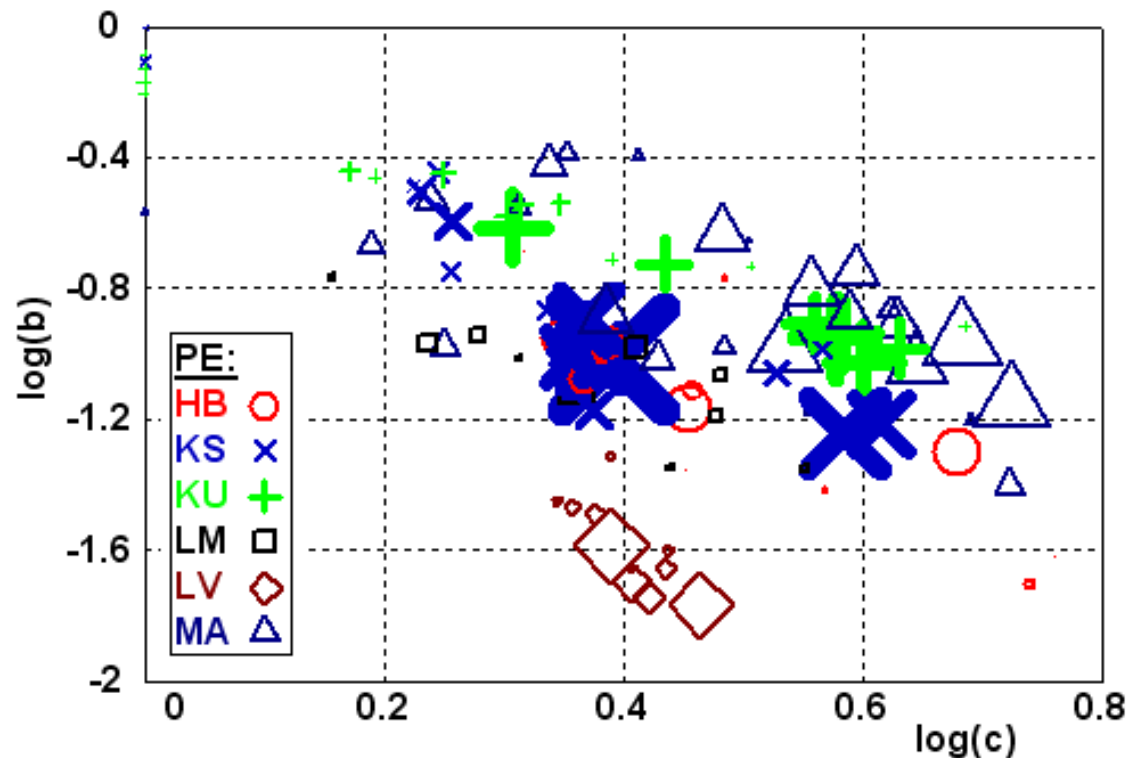
Juba varem selgus ja käeoleva projekti erinevais faasides kinnistus teadmine, et

puuliikide takseertunnuste ja vanuse seose kõverad on erineva kujuga

- ✓ erinevais kasvutingimustes,
- ✓ **segudes erinevate liikidega.**

Joonisel on kasvufunktsiooni Ho4AN (meie boniteerimisfunktsiooni) kujuparameetrite c ja b logaritmide seos kase kõrgusekasvu mudelis kui **kask on seguliigiks** erinevate enamusliikide (PE) puistutes. Märkide selgelt erinev paiknemine enamuspuuliigiti näitab, et

kase kasvukõverate kuju seguliigina sõltub enamuspuuliigist. Me ei tohi enam väita, et kase kasvukõver sõltub ainult kasvukohatüübist.



C:REGFORM.DBF, tingimus: PL='KS' and yyy='HPE' and n_el>150
Märgi "diameeter" on võrdeline avaldisega n_el/50

**Enamusliik
muudab
seguliigi
kasvukõvera
kuju!**

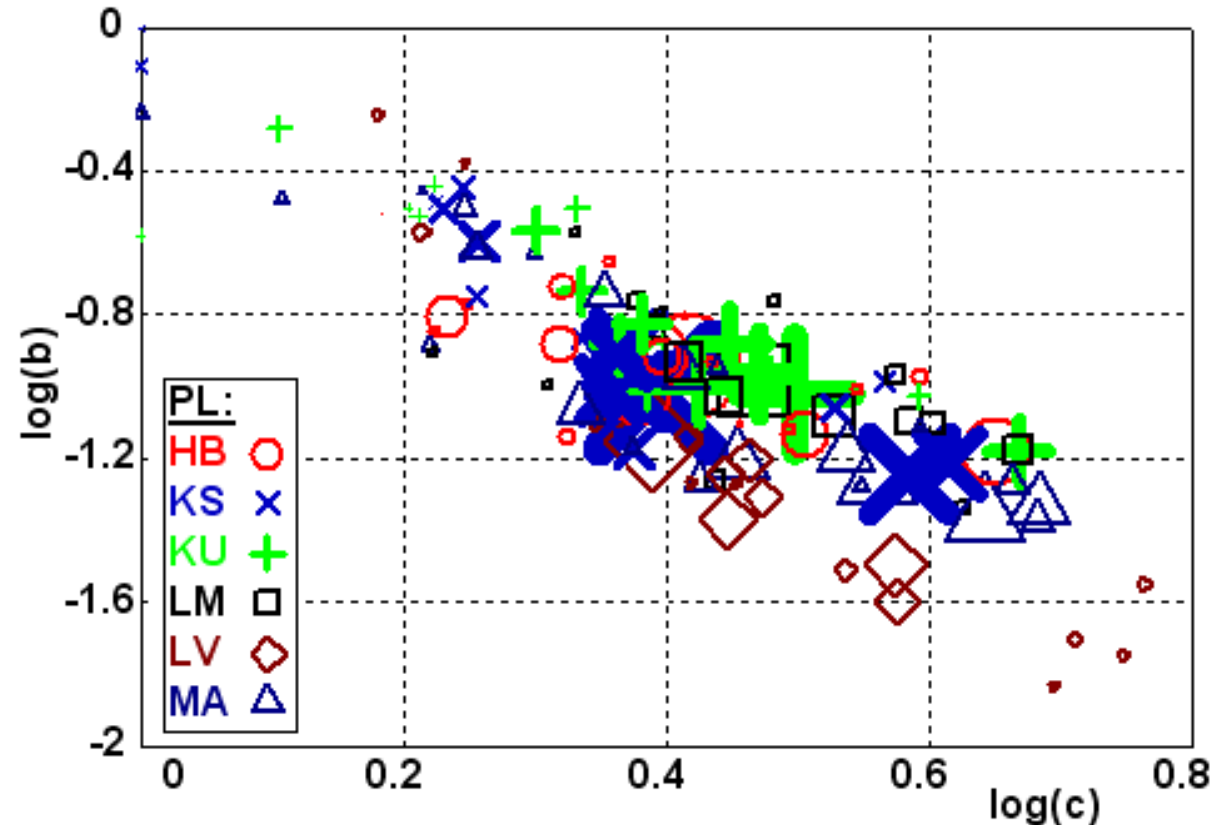
Vähe sellest! Vaatame järgmist joonist!

Joonisel on kujuparametreid c ja b logaritmide seos kase kõrgusekasvu mudeleis, kui **kask on enamusliigiks** koos erinevate seguliikidega. Märkide erinev paiknemine enamuspuuliigiti näitab, et

kase kasvukõverate kuju enamusliigina sõltub segupuuliigist. Me ei tohi enam isegi väita, et kask enamusliigina kasvaks mingis kasvukohatüübis koos erinevate seguliikidega ühtmoodi !

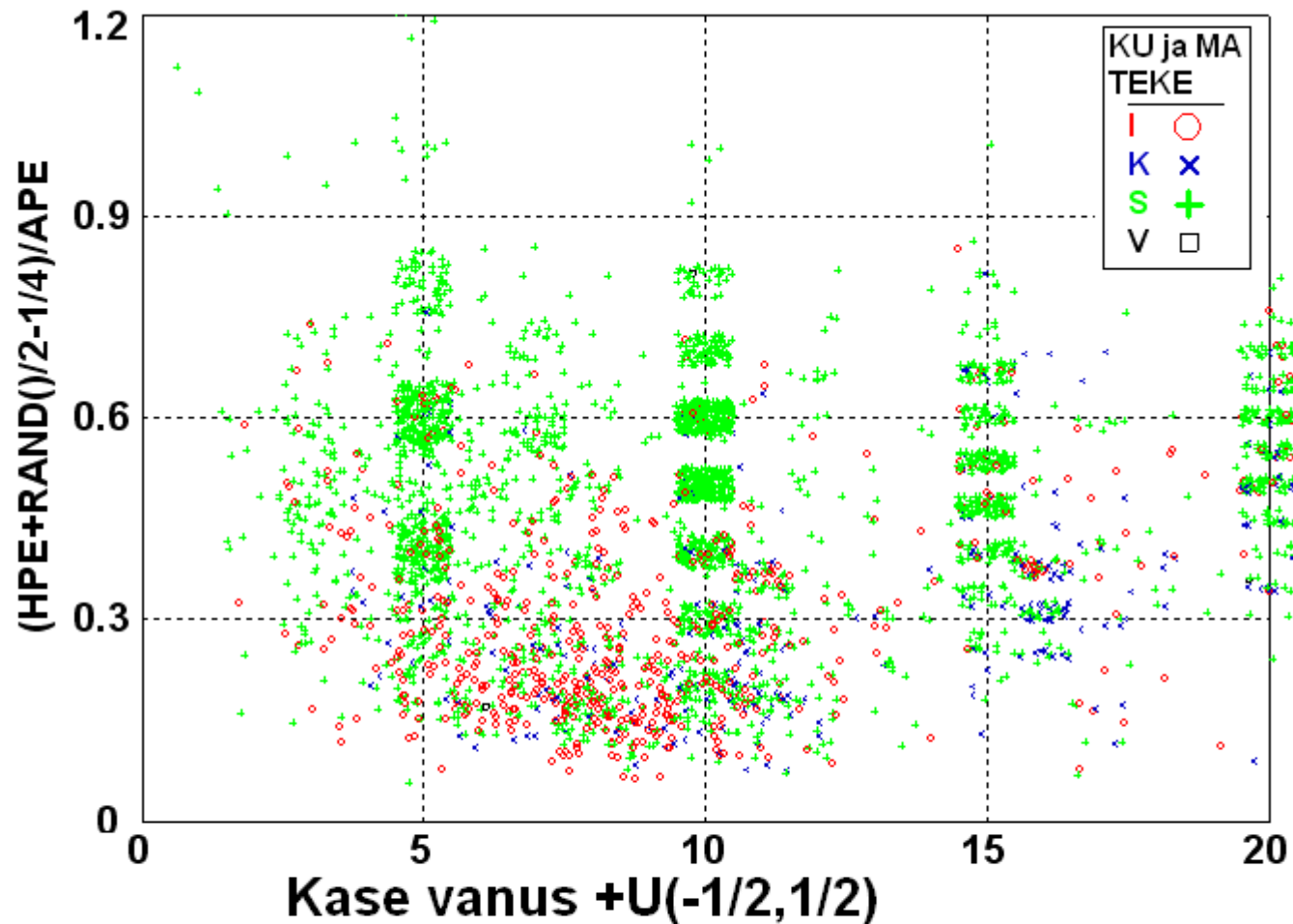
Seguliik muudab enamusliigi kasvukõvera kuju!!!

Mingi osa nähtavaist erinevustest võib tuleneda kasvupaikade erinevusest (seguliik kui indikaator)



C:REGFORM.DBF, tingimus: PE='KS' and yyy='HPE' and n_el>150
Märgi "diameeter" on võrdeline avaldisega n_el/50

AGA ???



C:EL0PLPE.DBF. Filter_ - pe='KS' and HPE>0 and ape<21 AND A>0 AND KKT='JK' AND PL\$'MAKU'

Kase keskmine kõrguse juurdekasv kaasikuis kuuse ja männi segu olemasolu korral.

Märgatav juurdekasvu vähenemine (eriti vanuses kuni 10 a) seguliikide kultuurtekke korral.

Ilmselt HoR mõju, kuid KU või MA kultuur jäi siiski kaasikuks (?)

Kas see ilming kajastab kase kasvu või vahepeal raiutud sekundaarse kase vanuse

hinnangu viga? (Metsaregistri andmeil)

Metsatüüpide ja segude kombinatsioonide paljusus ja mõnede neist vähene esindatus algandmetes muutis ülesande erakordselt keerukaks.

NB! Esitluses püütakse vältida sõna “kasv” kasutamist või kui, siis ainult jutumärkides. Modelleeritud vanuseread kujutavad enesest metsade kasvu, majandamisviisi (ja ka takseerimisvigade) mõjul kujunenud takseertunnuste väärtuste silumistulemust. Kuid just reaalsed vanuseread ongi vajalik alus reaalse hinnaküpsuse määramiseks.

Projekti esimese sammuna tuli algandmestik puhastada erinditest ja eksetest. Metsaregistri kirjetest tuli kõrvaldada peaaegu 10%. Ei töödeldud ka segusid kus liikide vanuse erinevus oli enam kui 10a.

Puuliikide kooskasvamise modelleerimiseks näib olevat mõistlik valida algandmed enam-vähem ühealaste segude kohta.

Näiteks vanuste erinevus ei ületa 10a?

Nii ma teingi. Ja kuni äsjase nädalavahetuseni murdsin pead, miks on mudelid segude kohta leppadega veidrased ja kapriissed. Vaatasin vaid oma valitud andmeid.

Vaadates ka neid andmeid, millised analüüsist kõrvale jätsin, tuli tõeline ehmatus!

Oletasin varemgi, et puuliikide vanuse andmed metsakorralduse materjalides on suurte vigadega, kuid et asi on nii hirmus kui järgnevatel joonistel, ei julgenud arvata.

Esmalt selgus, et erivanuseliste puistute osa on oodatust suurem. Isegi enamusliigi puude osas on erivanuselisust takseeritud ligikaudu kolmandikus puistutest.

Segude arvukus ja enamus- ja seguliigi vanuse vahe APE-APL

(peale H/D=f(A) erindite ja eksete eraldamist).

Segude arv 1000tk

Seguliik PL

PE	HB	KS	KU	LM	LV	MA	Kokku
HB	40,9	34,0	22,3	4,9	10,5	9,4	122,1
KS	105,0	288,3	157,4	88,0	69,0	120,5	828,1
KU	60,6	128,8	187,0	18,7	34,7	90,1	519,9
LM	4,4	21,0	10,1	25,5	5,5	4,5	71,0
LV	10,3	31,3	17,4	5,5	45,4	4,1	114,0
MA	39,2	201,4	175,6	13,5	8,9	338,0	776,5
Kokku	260,3	704,9	569,9	156,1	173,8	566,6	2431,7

APE-APL

HB	0,2	0,9	-4,6	2,4	13,0	-5,8
KS	0,0	-0,1	-2,6	0,6	9,3	-4,6
KU	6,4	5,2	0,1	7,1	24,1	-1,2
LM	-0,6	-0,3	-3,3	-0,2	8,5	-6,8
LV	-7,7	-6,6	-14,0	-4,5	0,4	-15,4

Enamus- ja seguliigi kõrguse ja diameetri vahe

(vastavalt HPE-HPL ja DPE-DPL) metsaregistri andmeis

HPE-HPL

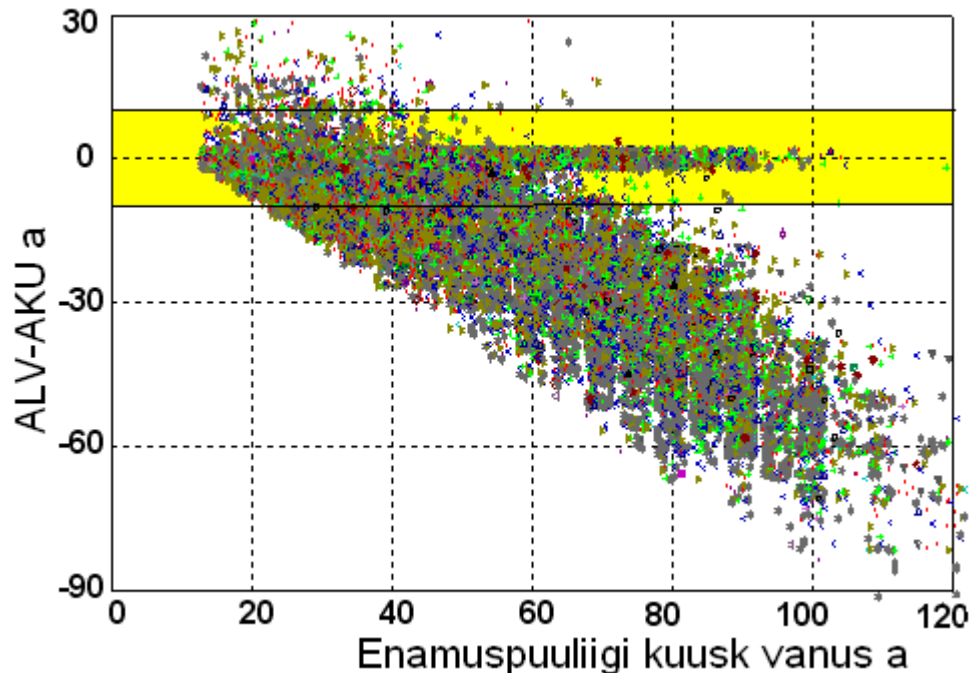
Seguliik PL

PE	HB	KS	KU	LM	LV	MA
HB	0,0	1,7	2,1	3,0	5,2	1,8
KS	-1,2	0,0	1,1	0,6	2,9	0,4
KU	-1,2	-0,2	0,1	0,9	4,1	-0,1
LM	-2,0	-0,2	0,5	0,0	1,7	-0,2
LV	-3,7	-2,1	-1,6	-0,8	0,1	-1,9
MA	-1,3	0,1	0,5	0,9	3,1	0,0

DPE-DPL

HB	0,1	4,9	2,9	6,2	10,1	2,0
KS	-4,5	-0,1	-1,2	0,1	3,5	-2,7
KU	-2,5	1,6	0,0	2,6	8,3	-0,9
LM	-5,2	0,2	-1,1	-0,1	3,1	-3,1
LV	-9,2	-3,8	-6,0	-2,3	0,1	-7,1
MA	-2,0	2,6	1,1	3,7	7,3	-0,1

Näide segu- ja enamusliigi vanuse vahest metsaregistri andmeis: hall lepp kuusikutes



Kollaseks on toonitud
“kasvumodelite” algandmete
kasutatud piirkond

$$|APL-APE| < 11$$

Sellist kitsendust kasutasin siis,
kui modelleerisin liigipaaride
kaupa kõrguse ja diameetri
vahesid ja jätkasin sellega ka
“kasvumodelite” tegemisel.

Seguliigi vanuse määrangud toodud pildil on tõenäoliselt suurte vigadega.
Pole põhjust loota, et need oleks oluliselt paremad ka proovitükkidel.

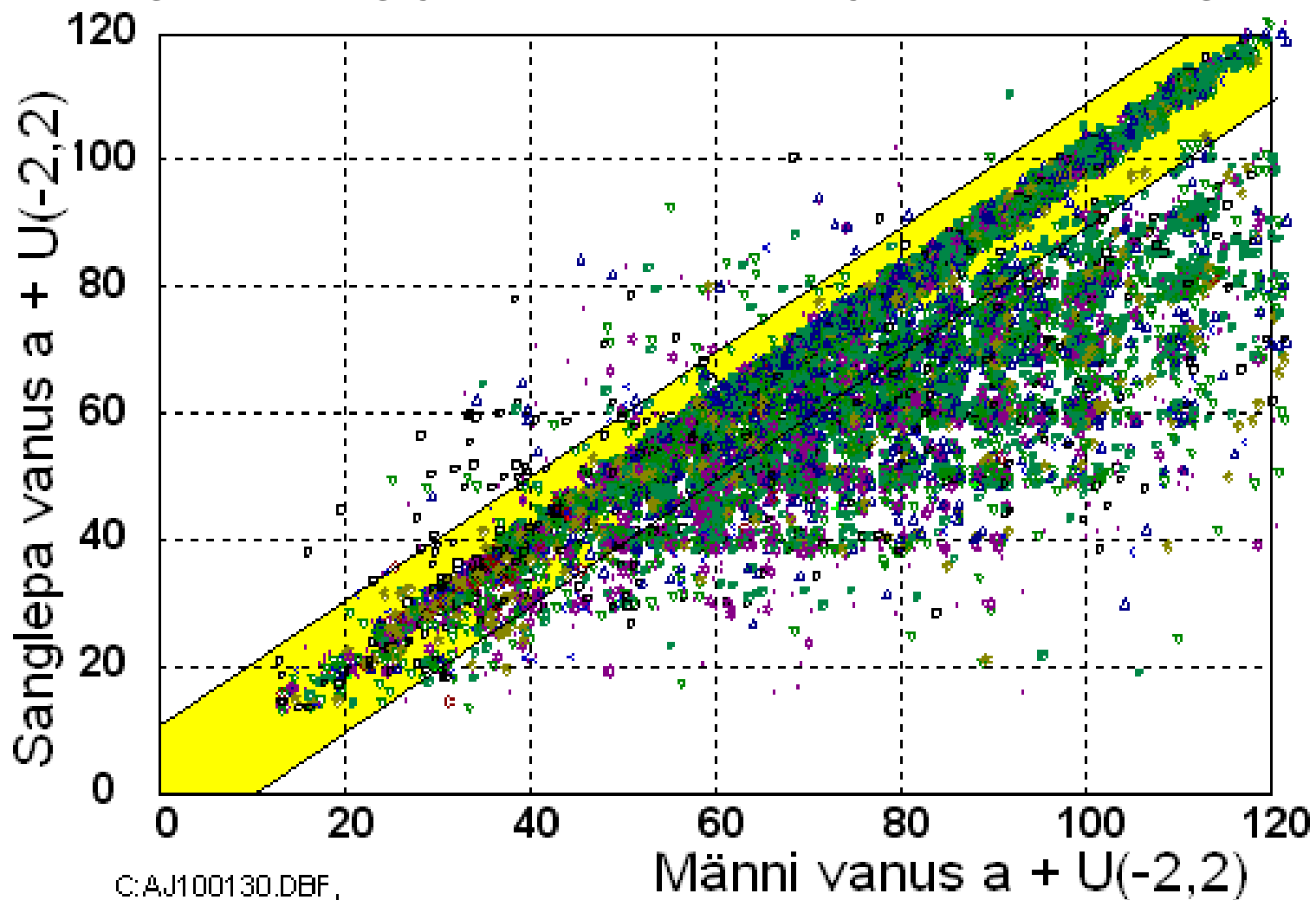
Leppade kasvumodelite tegemisel segapuistutes tuleks vanuse vahe kitsendusest loobuda ja täiendava tegurina mudelisse lisada segu ja enamusliigi vanuste vahe.

Niigi keerukas mudel muutub veel keerukamaks!

Männi ja sanglepa vanus sanglepa seguga männikutes.

Kollaseks toonitud alalt võeti kasvu modelleerimise algandmed.

Nagu eelmiselgi joonisel – ei tea mida ja kas üldse midagi uskuda!



Tahame "kasvatada" kase (KS) ja kuuse (KU) kõrgust ja diameetrit kase seguga jänesekapsa-mustika (JM) kuusikus

1. Otsime regressioonivõrrandite failist REGFORM.DBF 3448 kirje hulgast jänesekapsa-mustika kuusiku kase seguga JMKUKS read
2. Otsime seguliigi KS kõrguse (Yyy='H') rea
3. Võtame realt kasvufunktsiooni parameetrid Y50, b ja c ning arvutame valitud vanuse A kohal ennustatava kõrguse $H(A)=Y50/(1+B*((50/A)**C-1))$

$$H(A)=19.2934/(1+0.3776*((50/A)**1.7085-1))$$

4. Kordame punkte 2 ja 3 kuuse kõrguse (HPE), kase diameetri (D) ja kuuse diameetri (DPE) ridadelt. Oleme saanud kuuse ja kase kõrguse ja diameetri prognoosi vanuseks A. Kui lähtume liikide algseisundist A0 ja Y0, siis kasutame boniteerimismudeli versiooni.

Regform										
	Kktpepl	Pl	Pe	Kkt	Yyy	N_e1	Y50	B	C	Eps
	JMKUKS	KS	KU	JM	H	29645	19.2934	0.3776	1.7085	0.158
	JMKUKS	KS	KU	JM	HPE	29645	18.9128	0.3853	1.7812	0.269
	JMKUKS	KS	KU	JM	D	29645	18.3347	0.5020	1.7112	0.282
	JMKUKS	KS	KU	JM	DPE	29645	20.1262	0.4150	1.8673	0.443
	JMKUKU	KU	KU	JM	H	45771	17.6696	0.4427	1.8347	0.425
	JMKUKU	KU	KU	JM	HPE	45771	17.8735	0.4166	1.8621	0.491
	JMKUKU	KU	KU	JM	D	45771	18.2253	0.5500	1.7037	0.666
	JMKUKU	KU	KU	JM	DPE	45771	18.6636	0.4852	1.8427	0.754
	JMKUM	UM	KU	JM	H	3720	17.7232	0.3952	1.5701	0.363

Edasi soovime leida kuuse ja kase puude arvu N ja tagavara V vanuses A , kui puistu koosseis oli algselt Kku Kks , kus Kku on kuuse osa ja Kks kase osa koosseisus

- 1. Arvutame kumbagi puuliigi puude arvu N moodpuistus eeldades puhtpuistut funktsiooniga $Lmood$ $N=10000/ (Lmood(puuliik, D, H, H50, ohor))^2$**
- 2. Korrutame leitud puude arvu puuliigi osaga, nt. $N_k=N \cdot K$**
- 3. Arvutame tagavara $V=\pi N_k \cdot D^2 \cdot H \cdot F(p_l, H)/40000$**

Funktsiooni $Lmood$ parameetrid on hindasime Andres Kiviste (1995,1997) silumata algandmetest, vormiarvu funktsioon $F(p_l, H)$ on pärit metsakorralduse juhendist.

Tulemus: on prognoositud koosseisu liikide H , D , N , V vanuses A

Selles variandis kasutati kõrguse ja diameetri kasvu võrrandeid eraldi igale puuliigile kõigis võimalikes metsatüübi ja seguliigi kombinatsioonides.

Paljudes neist oli napilt andmeid ja ca 1/10 enam kui 3000 võrrandeist osutusid tegelikult kõlbmatuteks.

Tulemuste stabiliseerimiseks kasutasime kaheastmelist modelleerimist:

1. Määrasime detailselt hinnatud 3448 kasvuvõrrandist segude kaupa kasvuvõrrandite parameetrite sõltuvuse paigatüübi tunnustest ja kõrgusindeksist H50

Ho4an								
	Yyy	Plpe	Arv	Rmse	Alf	Alfo	Bet	C
	HPE	KSKU	79114	0.4143	0.9719	-.0151	-.0292	1.8857
	HPL	KSKU	79114	0.4316	0.9261	-.0229	-.0253	1.6207
	DPL	KSKU	78879	0.4186	1.2916	-.0374	-.0357	1.4491
	DPE	KSKU	79114	0.5983	1.1702	-.0169	-.0318	1.6288
	HPE	KSLM	16896	0.2652	0.3716	0.0262	-.0048	1.5348
	HPL	KSLM	16896	0.2878	0.3567	0.0260	-.0039	1.5831
	DPL	KSLM	16896	0.3406	1.2092	-.0227	-.0335	1.3890
	DPE	KSLM	16896	0.3325	1.4980	-.0302	-.0460	1.2618
	HPE	KSLV	32562	0.1264	0.8040	-.0052	-.0284	1.5702

2. Võtame failist Ho4AN soovitud segu (siin kuusik kase seguga) enamus ja seguliigi diameetri ja kõrguse ridadelt vajalikud parameetrite väärtused.

3. Seejärel avame faili paigatüübi parameetritega (antud näites JM) ja võtame sealt OHOR tüseduse

Paigaparam					
	Kkt	Ohor	Tx	Ny	Ph
	MS	10	28	55	3.2
	JM	6	38	53	3.5
	KM	13	21	62	3.0
	KR	20	22	73	3.1
	JK	4	47	41	3.7
	SL	1	73	31	6.3
	ND	1	70	52	5.6

Seejärel arvutame puistu algvanuse **Ao** ja algkõrguse **Ho** järgi välja kõrgusindeksi **H50** väärtuse

$$H50 = Ho \{1 + \alpha [(50/Ao)^{**c} - 1]\} / \{1 - \beta Ho [(50/Ao)^{**c} - 1]\}$$

Toimime sarnaselt teise liigi kõrguse ja mõlema diameetriga.

Oleme saanud (nagu esimeses näites) parameetrid mõlema liigi kõrguse ja diameetri prognoosimiseks mistahes vanuses:

$$H = H50 / \{1 + (\alpha + \beta * H50) [(50/A)^{**c} - 1]\}$$

Eelmise mitme tuhande parameetrite komplekti asemel vajame vaid 120 komplekti. Sellegipoolest jäid mõned segud vähe esindatuteks (nt MALV, LVMA)

Üldiselt saime siiski stabiilsed tulemused ja kasvu ennustamine muutus usaldatavamaks ka harvaesinevate juhtude tarvis.

Probleemid siiski jäid segudega leppade osalusel.

Puistu kännuhinna modelleerimine

Puistu kännuhinna modelleerimise alusena kasutati aastail 2001-2005 RMK infosüsteemi tarvis tehtut.

Allar Padari genereeris Andres Kiviste kasvumudeli (1997) alusel moodpuistute keskmiste takseertunnuste read ja neist omakorda diameetri jaotuse ja kõrguse kõvera abil puude esinemissageduse ja diameetri ning kõrguse väärtused. Seejärel tegi puude arvutusliku sortimenteerimise (sortimentide ja tarbuse tabelite analoog) ja arvutas RMK müügiandmete alusel müügihinna vahelaos. Saadud andmestikust modelleerisin ühikuhinna sõltuvuse puistu keskmisest diameetrist ja kõrgusest.

Puidu ühikuhinna y võrrandid vahelaos kr/tm

PL Viga

võrrand

HB 2.77 $y = -63.6 + 249.3 \cdot \log(\log(D)) + 7.033 \cdot H/D$

KS 2.72 $y = -349 + 251.5 \cdot \log(D) + 17.93 \cdot H/D$

KU 2.23 $y = -96.9 + 1084 \cdot \log(\log(D)) + 49.49 \cdot H/D - 178 \cdot \log(D)$

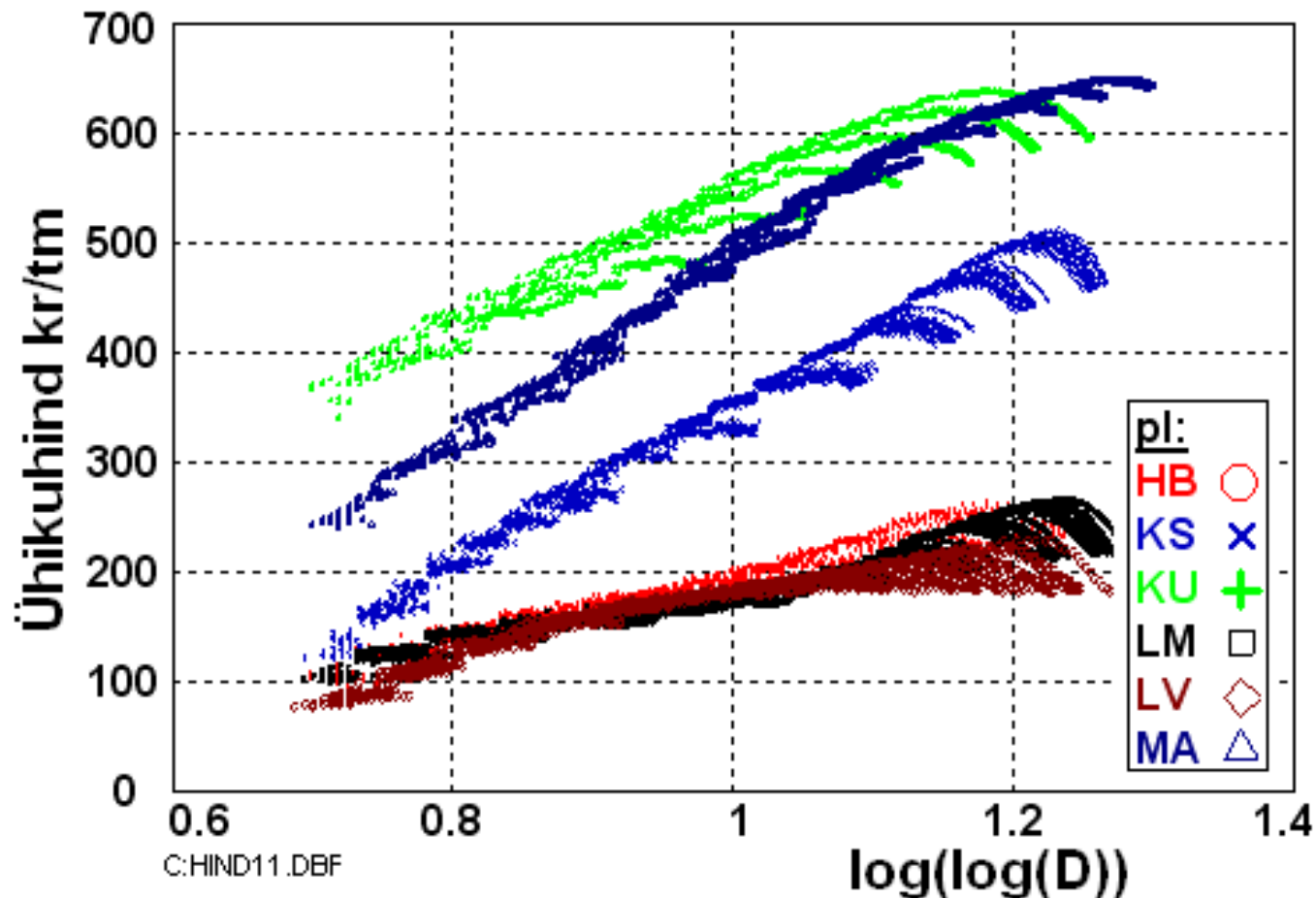
MA 3.46 $y = -382 + 2752 \cdot \log(\log(D)) - 700 \cdot \log(D) + 33.11 \cdot H/D$

LM 3.09 $y = -109 + 613.3 \cdot \log(D) - 1399 \cdot \log(\log(D)) + 15.11 \cdot H/D$

LV 7.48 $y = -65.3 + 1204 \cdot \log(\log(D)) - 367 \cdot \log(D) + 37.84 \cdot H/D$

Võrrandid eelmisel slaidil kirjeldavad ühikuhinna (vahelaos) sõltuvust puistu keskmisest diameetrist ja kõrgusest enne vanusega seotud hinnalangust.

Kuuse suhteliselt kõrge ühikuhind alguses ja aeglane tõus tuleneb kuuse peenpalgi ja paberipuu suhteliselt kõrgest hinnast. Männi ja kase ühikuhinna kiire suhteline tõus tekitab kuusikute hinnaküpsuse tõusu nende liikide segu korral kuusikuis.

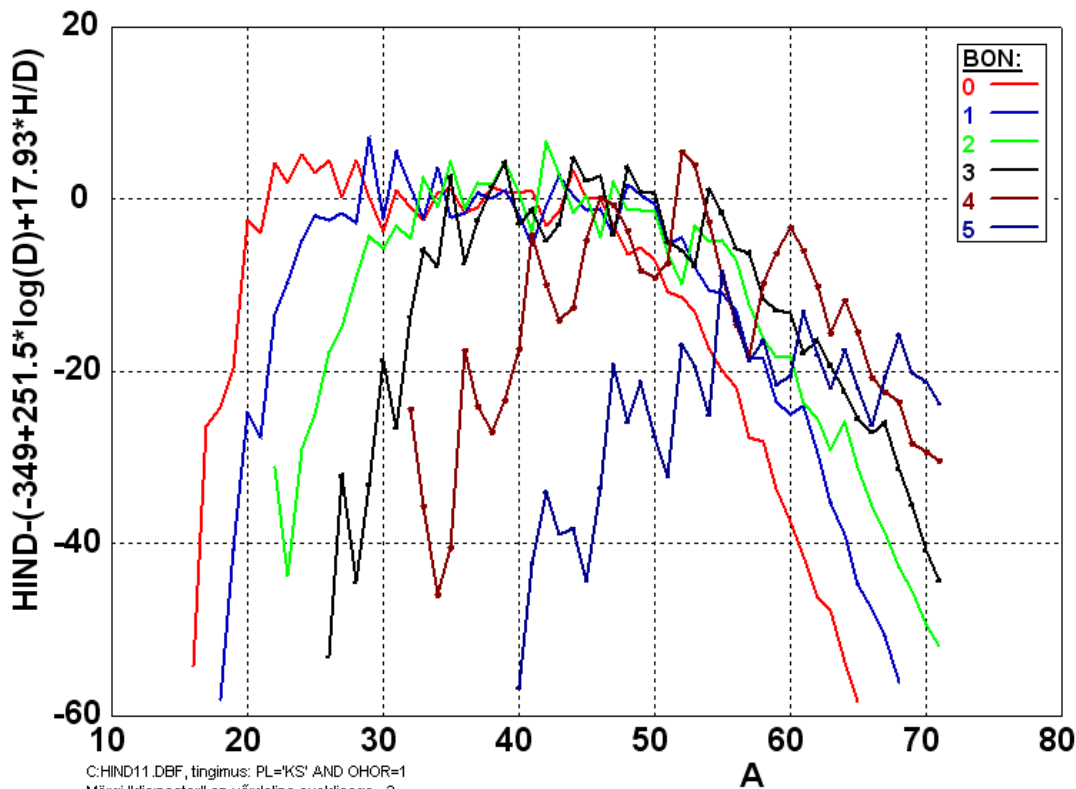


Joonisel on kujutatud 16291 andmepunkti (puistuelementi).

Aluseks olid RMK reaalsed hinnad sortimentide müügi korral vahelaost.

"Modelleerija peab otsima kitsast peidetud rada ülelihtsustamise lõksude ja ülekeerulisustamise mülgaste vahel." R. Shannon

Näide võimalikust ülekeerulisustamise lõksust. Ahvatlev on sortimenteerida iga konkreetne puistu puude kaupa, kuid sortimentide lisandumine diameetri ja kõrguse suurenedes tekitab hinna kasvamise ebasileduse. See omakorda tekitab väärmaksimumide leidmise hinna jooksva ja keskmise muudu võrdlemise järgi. Ülepingutatud täpsuse taotlus vahetulemuses viib täpsuse kaole lõpptulemuses.



Sortimenteerimise tulemustel saadud alghinna ja sileda lähendusfunktsiooni vahe vanuse funktsioonina erineva boniteediga kaasikuis.

Kahjustused

Kuid puu ja puistu hind sõltub peale puu suuruse (D, H) ka riketest. Suhteliselt **regulaarseid rikkeid (okslikkus, kõverused jmt)** saab puuliigiti ka ennustada puu dimensioonide järgi ja seda on tehtud sortimenteerimise ja tarbuse tabelite koostamisel.

Peale selle mõjustavad puu hinda ka tüvemädanikud, mis on peidetud kuni seene viljakehade tekkimiseni tüvel. Tüvemädanike tekkimise seaduspärasusi ja nende mõju puidu hinnale on suhteliselt vähe uuritud. Ebaregulaarseteks tuleb lugeda ka ulukikahjustusi (nt kuuse koorimine põdra poolt).

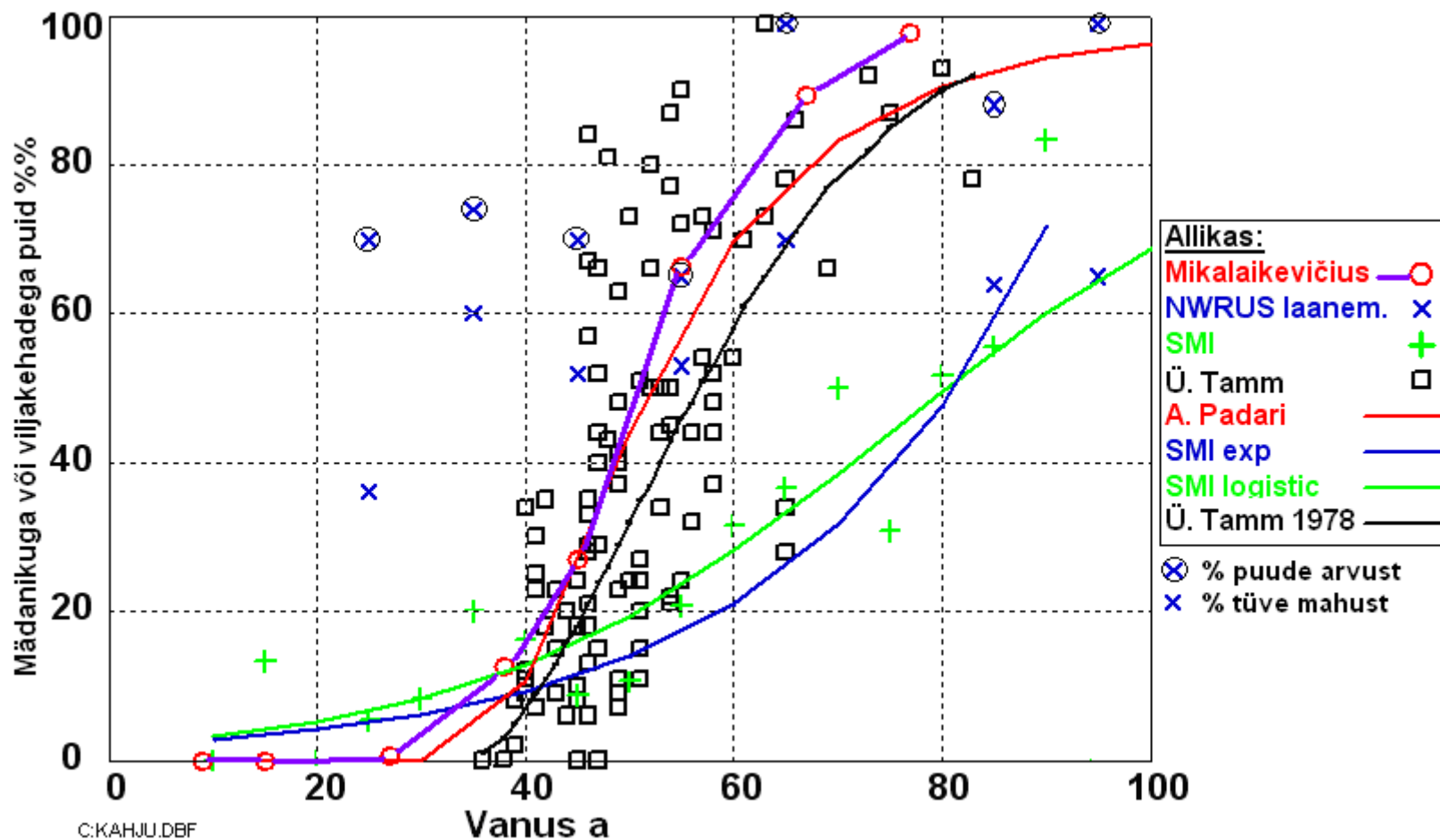
RMK infosüsteemi tarvis püüdsime 2001-2005a puuliigiti modelleerida tüvemädanike keskmise kahjustuse sõltuvust puistu vanusest. **Tehtut ei saanud tegelikult kasutada, sest selle tõkestas metsanduslike normatiivide primitiivsus.**

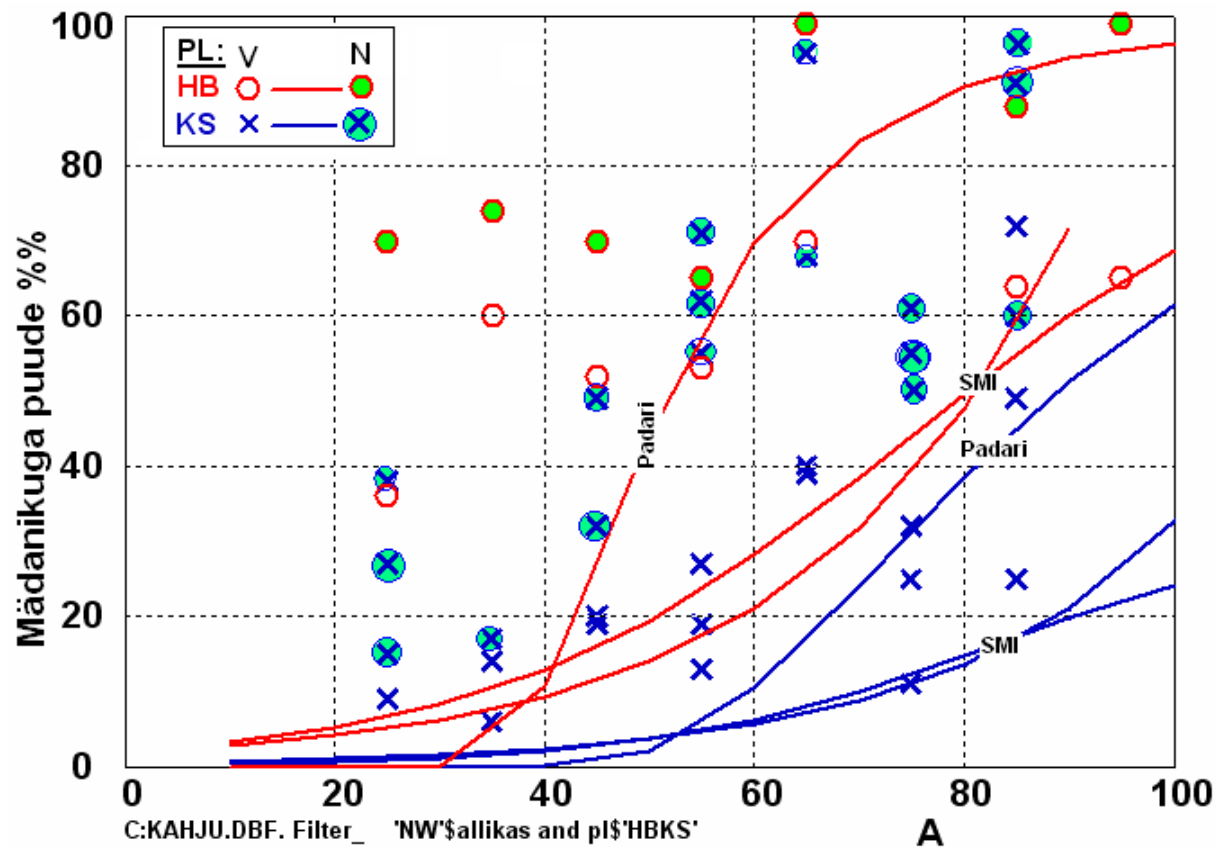
Tugiandmestikuna kasutasime Ülo Tamme uuringut haavataeliku viljakehadega puude protsendist proovitükkidel.

Järgnevale slaidile on lisatud andmeid muudest allikatest.

Haavataeliku kahjustusega haabade protsent erinevate allikate järgi koos mõnede lähendfunktsioonide joontega. Loode-Venemaa andmeis (Moškajov jt.) on ka kahjustusega tüvemahu protsendi andmed laanemetsa haavikus (kaldristidega).

Loode-Venemaa andmeis ennetab järgatud puudel hinnatud kahjustustega puude arvu protsent peamisi lähendjooni ja kahjustatud puidumahtu kuni 30-40a.

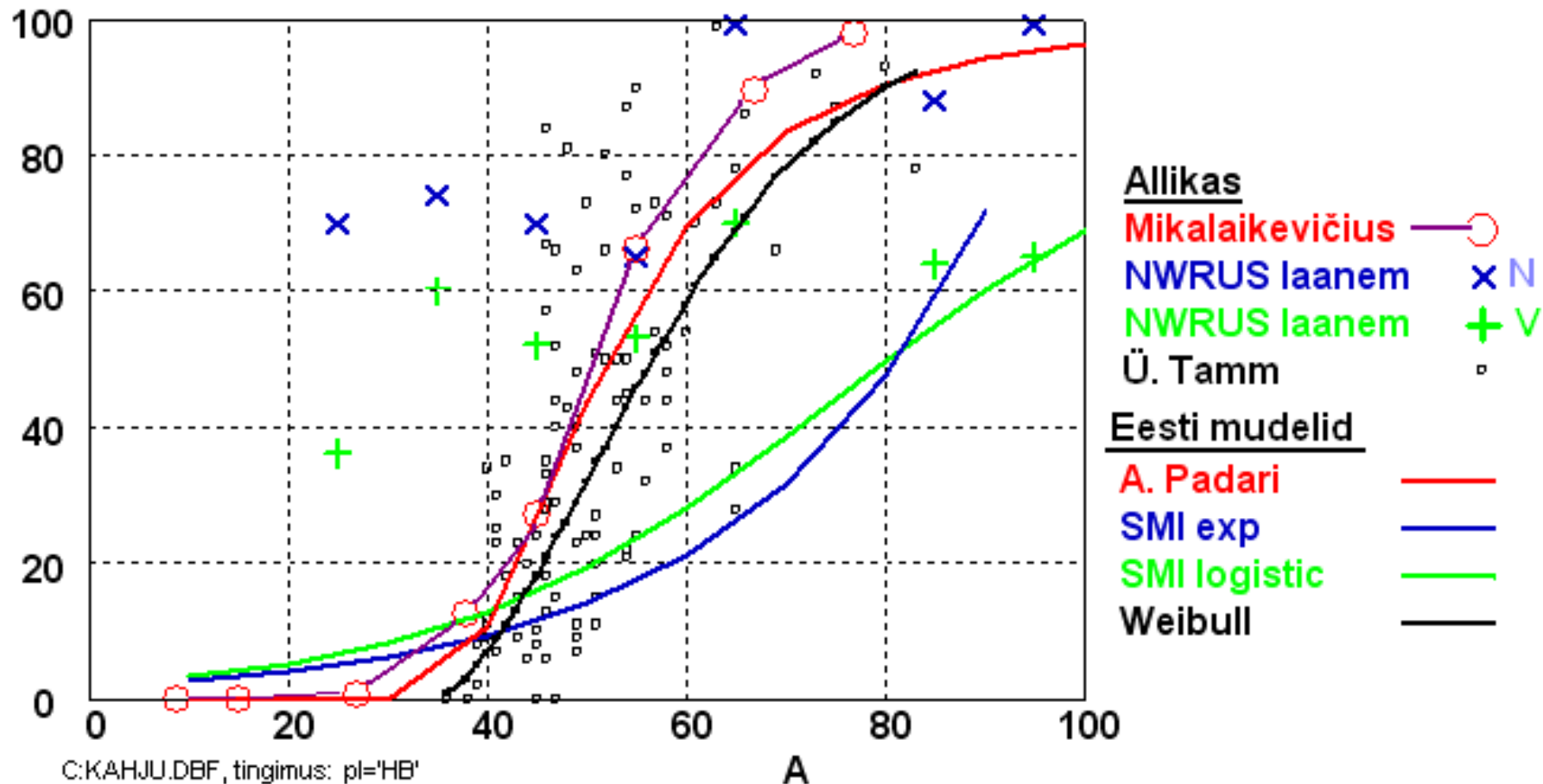




C:KAHJU.DBF. Filter_ 'NW'\$allikas and pI\$HBKS'
 Mädanikuga puude protsent Loode-Venemaa (Leningradi ja Novgorodi obl.) proovitükkidel (puud järgati 1m tagant). Allikas NSVL Looeosa takseerteatmik, L, 1984, lk.234-236. - ringid ja ristid ja Eesti mudelid - jooned: ülemised A. Padari ja alumised SMI mudelpuude andmeil

Eesti mudeleid kase ja haava kahjustuse kohta vanuse järgi (jooned) kahjustatud puude arvu N ja kahjustatud nottide mahu V protsendi kohta Loode-Venemaa proovitükkide andmete järgi (märgid) foonil.

Haava kahjustused erinevail andmetel

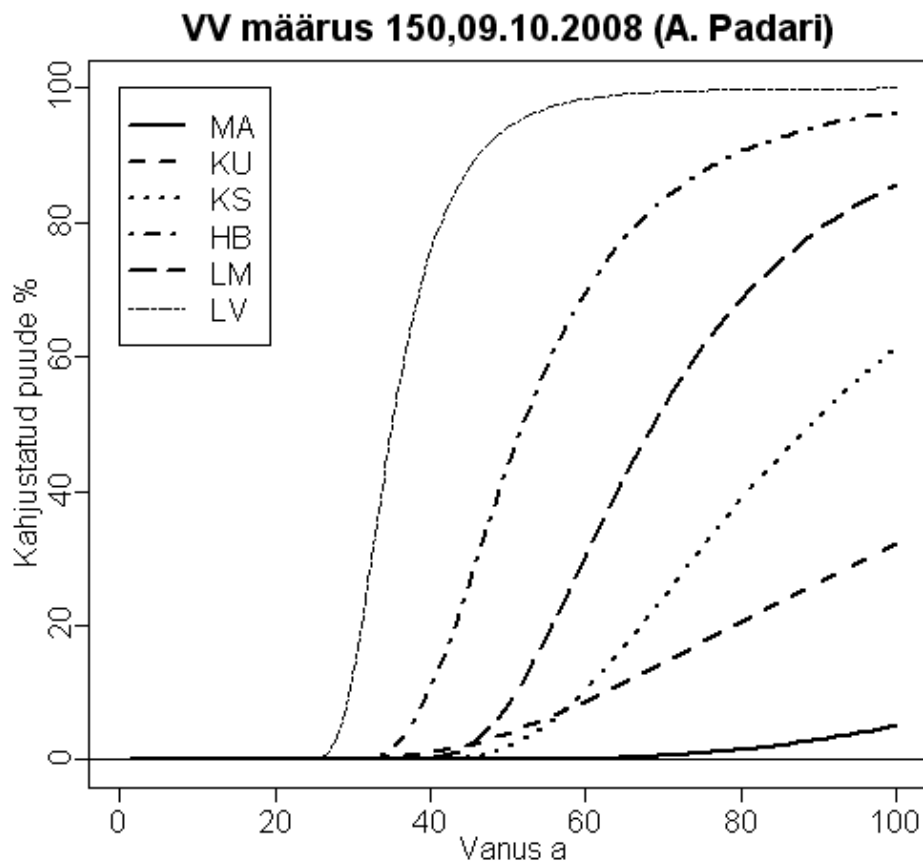


Andmepunktid on loogilised. Mädaniku teke puus ennetab palju aastaid seene viljakeha tekkimist.

Lähendkõverad ei sobi ei takseeritud ega viljakehade arvu põhjal eeldatava kahjustuse pildiga.

A. Moškajov kirjutab, et kuigi mädaniku teke algfaasis ei pruugi tähendada tarbepuidu väljatuleku järsku langust, toob see enesega kaasa sordilisuse muutumise ja hinnalanguse. Hinnalangus kujuneb seda suuremaks, mida vanem on kahjustus ja võib haaval küündida kuni 100 protsendini vanuses 100 või enam aastat.

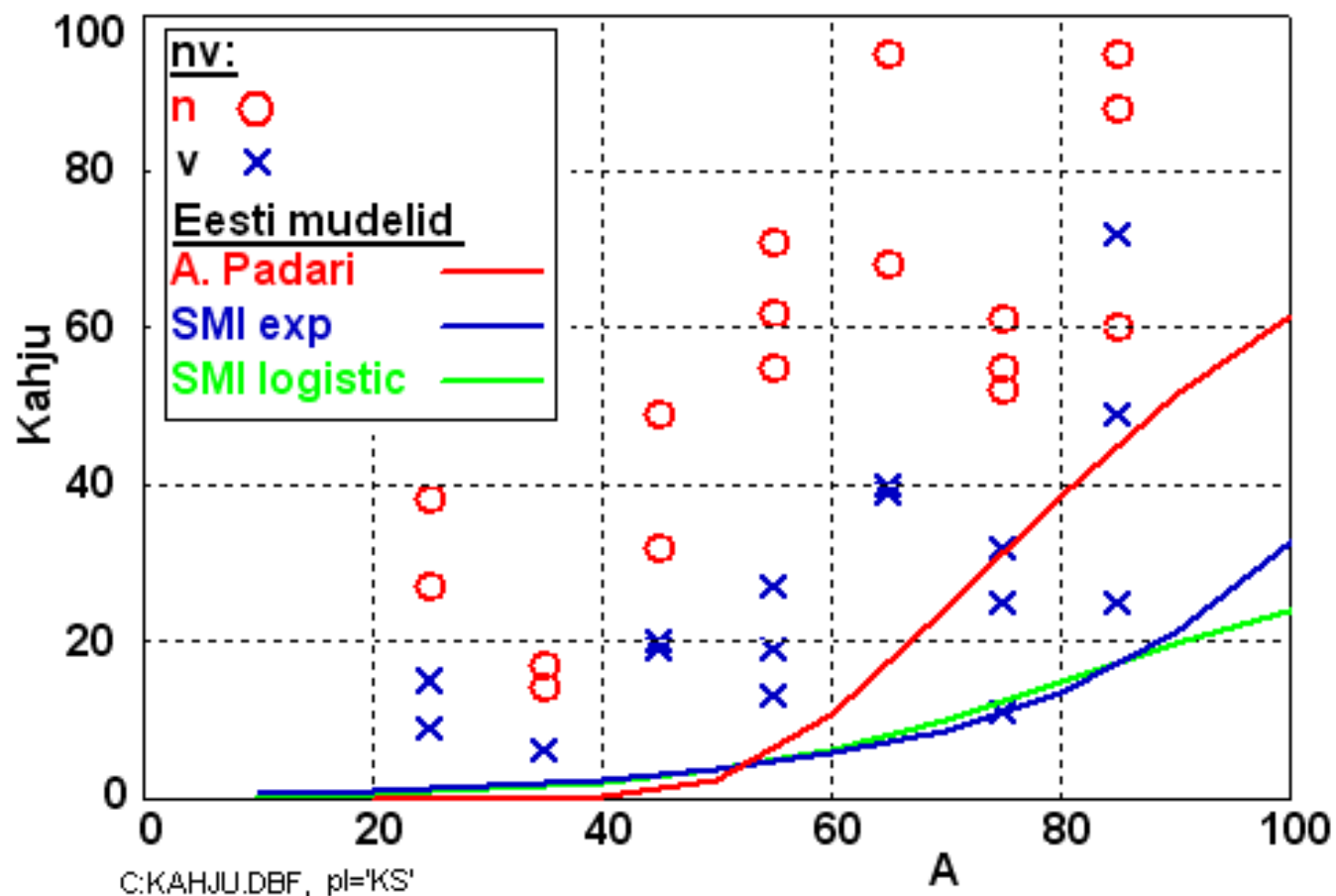
Tuginedes haava andmetele ja eksperthinnangutele panime 6-9a eest paika kahjustuste jooned ka teistele puuliikidele (võrrandeiks vormistas need Allar Padari).



Kahjustatud puude protsendi sõltuvus vanusest (RMK, 2001-2005). Kahjustus LV osas (minu tollase ettepaneku järgi) osutus praeguste andmete alusel tublisti ülepingutatuks.

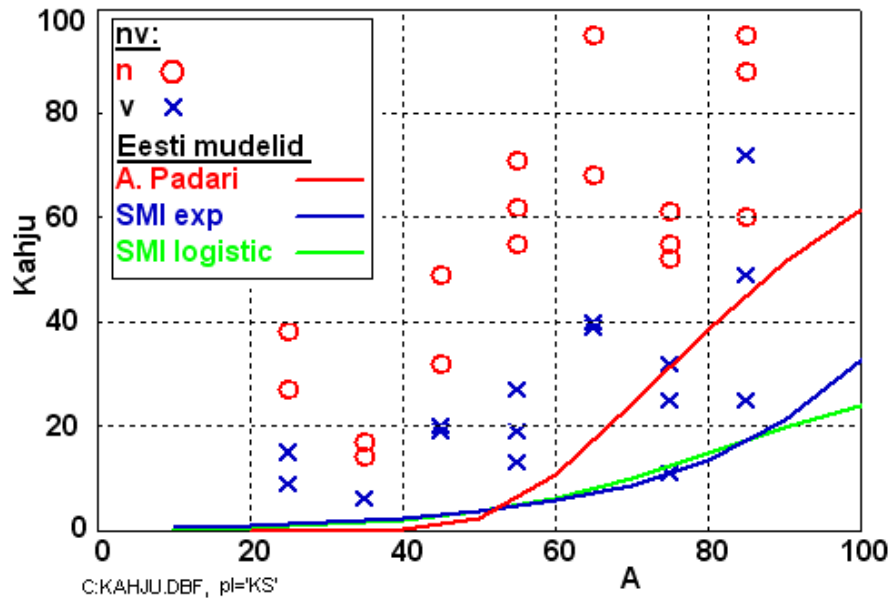
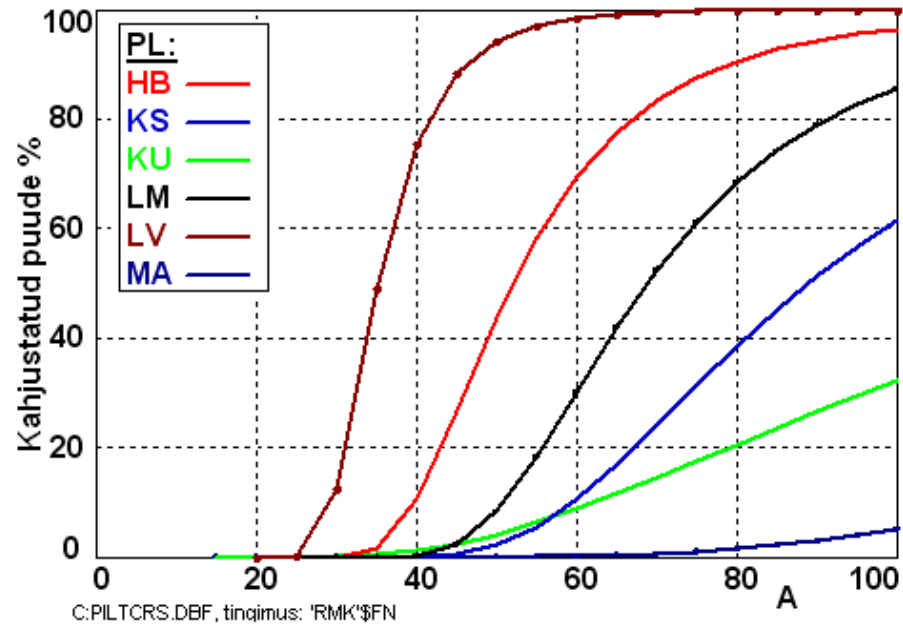
Kahjustuste algus on reeglina joonisel näidatust tunduvalt varasem ja nende ülekandumine hinnalanguseks sujuvam.

Pole midagi püsivamat kui ajutised lahendused!

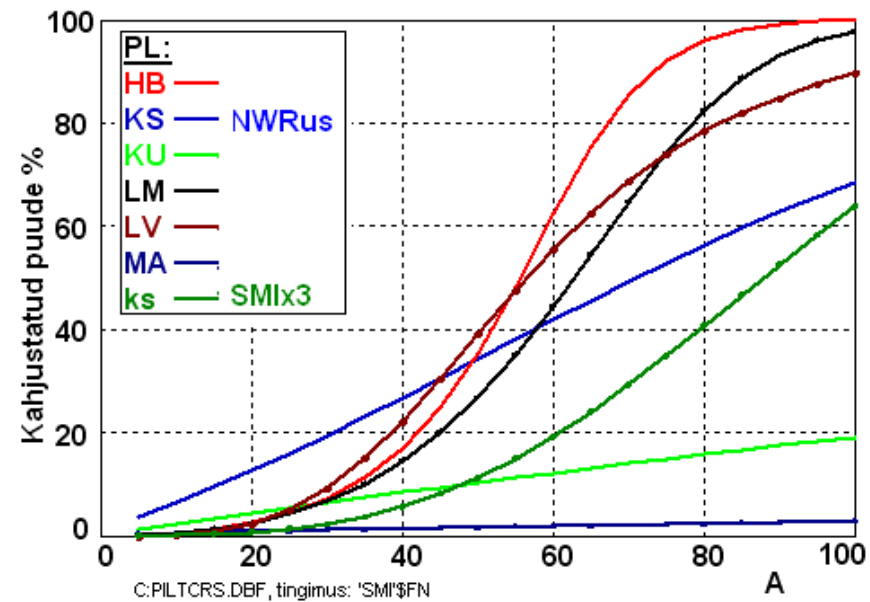


Kase kahjustuse protsent Loode-Venemaa proovitükkidel
märgid: n - % puude arvust, v - % mahust

RMK (A. Padari) ja kahekordse SMI kahjustuse mudelid (A. Nilson) võrrelduna Loode-Venemaa kaasikute andmetega.



Kase kahjustuse protsent Loode-Venemaa proovitükkidel
märgid: n - % puude arvust, v - % mahust



Kahjustatud puude 2x % SMI mudelpuude hulgas
funktsioon rth.crs

Metsa küpsusvanus

Teema on põhimõtteliselt lihtne, kuid tegeliku hindamise mõttes keerukas.

Põhimõte: puistu raiumise korral küpsusvanuses saadakse keskmiselt hektari kohta aastas suurim kogus küpsusvanuse arvutamisel aluseks võetud hüvet või hüvesid. Minu ülesandeks oli modelleerida puidu hinnaküpsust segapuistutes.

Hindamine: kogu käesolev esitlus ja veel palju muud.

Jätkusuutliku metsanduse jaoks on puistute raiumine küpsusvanuses obligatoorne sihifunktsioon. Sellele sihifunktsioonile ei ole alternatiivi! Raiumine hälbides küpsusvanusest tekitab pöördumatut ja parandamatut kahju.

Jätkusuutlikkuse teine aspekt: Ajas ebaühtlase puistute küpsemise korral tekitaks kõigi puistute raiumine küpsusvanuses teistsuguse kahju – kahju, mis on seotud tarbimissfääri muutuvale hüvedevoole kohanemise kuludega.

Parim lahendus on see kompromiss, millega saavutatakse nimetatud kahju ja kulude summa miinimum.

Kas vaatame ette või seljataha?

Vaatame esmalt korraks 35 aastat tagasi. Tsitaat kirjutisest „Mõnedest metsakorralduse aktuaalsetest probleemidest” METS, PUIT, PABER, 1978, nr. 7:

Viimase näitena vaatleme puistute määramist peakasutuse raiesse. Lähtume seejuures järgmistest eeldustest (Нильсон, 1975):

Igale kasvukoha- ja majandamise tingimuste kompleksile vastab antud metsamajanduse intensiivsuse tingimustes mingi keskmine tootlikkus (E) optimaalses raievanuses.

✓ *Iga konkreetse puistu kohta on võimalik prognoosida tema üle prognoosilõigu pikkuse n maksimaalne oodatav aastane tootlikkus $\max_n(pai_n)$.*

✓ *Iga raiutud puistu asendatakse puistuga, millise keskmine tootlikkus (mai) raiumise momendiks on saab võrdseks kasvukohatingimustest sõltuva suurusega E .*

Toodud eeldustest saame teha järelduse, mille kohaselt kasvutingimuste realiseerimist toodanguna maksimeerib puistute määramine raiesse avaldise $\max_n(pai_n)/E$ kasvamise järjekorras.

*Raiekava koostamise selline printsiip on sedavõrd **universaalne**, et hõlmab peale peakasutusraiate automaatselt ka puistute rekonstrueerimise küsimused. Rakendatuna üksikuile puistuelementidele või nende osadele saab samalaadi avaldist kasutada ka **hooldusraiate** projekteerimiseks. Samuti sobib avaldis raiekava efektiivsuse hindamiseks. Tsitaadi lõpp*

Nimetame tähega E tähistatud suurust edaspidi **toogi normiks või **normtoogiks** ja selle alusel hinnatud küpsust **normküpsuseks**.**

Tõeliselt jätkusuutliku (tulevikku vaatava) metsanduse aluseks on normküpsus.

Ideaalne oleks normküpsus siis, kui suudaksime selle leida **kõiki hüvesid ja kulusid hõlmava kasumiküpsusena**.

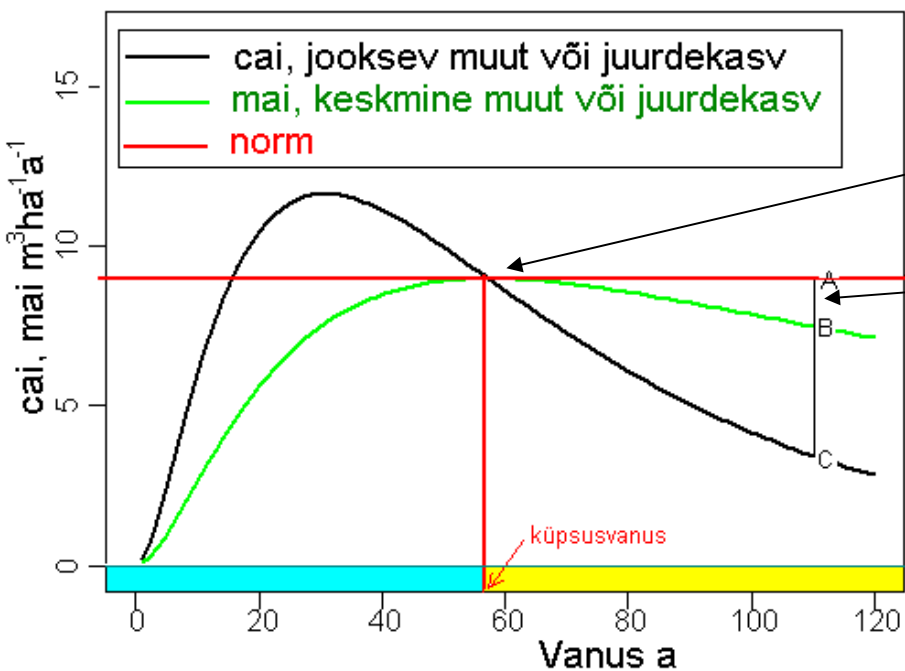
Järgnevas vaatleme ainult **hinnaküpsust säiliva puistu järgi**.

Millestki tuleb ju alustada!

Peamised huvipakkuvad metsa küpsused on
mahuküpsus,
hinnaküpsus ja
kasumiküpsus.

Kui küpsuse määramisel normiks on puistu enese keskmise muudu maksimum, siis nimetame seda tavaküpsuseks. See on põhivariant metsanduse klassikas.

Kui norm kehtestatakse kasvupaiga potentsiaalse toogi järgi, siis nimetame küpsust normküpsuseks. Siinsel joonisel normküpsus = tavaküpsus.



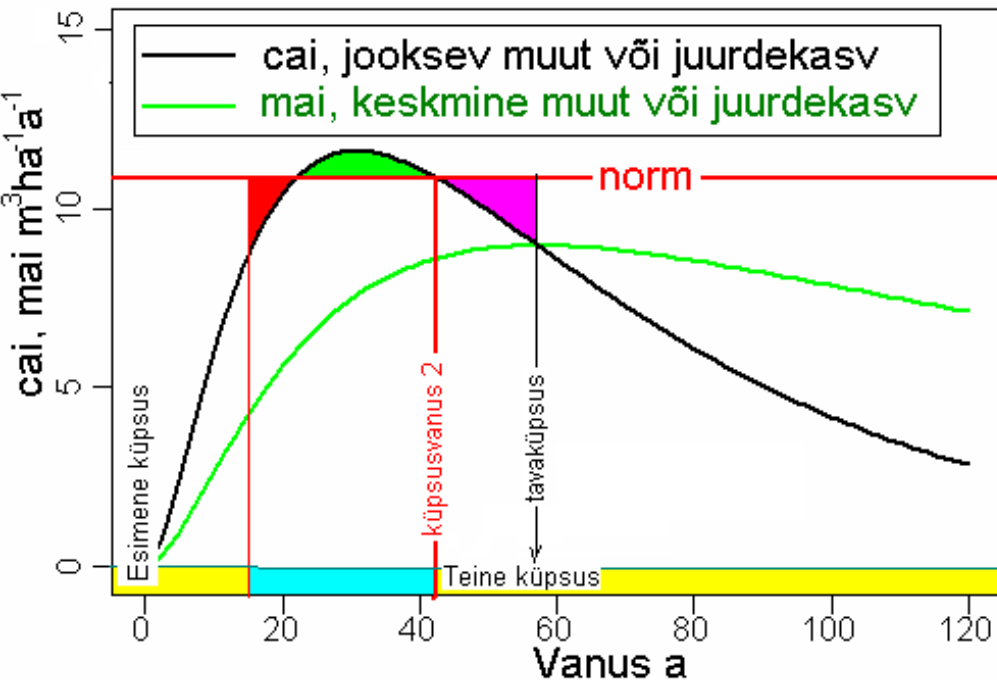
Tavaküpsuse vanuses lõikuvad jooksva ja keskmise juurdekasvu (või muudu) jooned.

Lõigu AB pikkus joonisel näitab keskmist aastast vähemtooki normi suhtes kasvu algusest kuni vanuseni 110a, lõigu AC pikkus aga konkreetselt just puistu 110-ndal eluaastal saadavat aastast vähemtooki (siin enam kui pool normi).

NB! Normi kehtestamisel tuleb arvestada riskidega!

Teine variant: Puistu normküpsuse vanuse määramine, kui puistu vanuse järgi maksimaalne keskmine juurdekasv on normist väiksem, kuid jooksev juurdekasv mingil ajavahemikul ületab normi.

Normküpsus on tavaküpsusest väiksem.

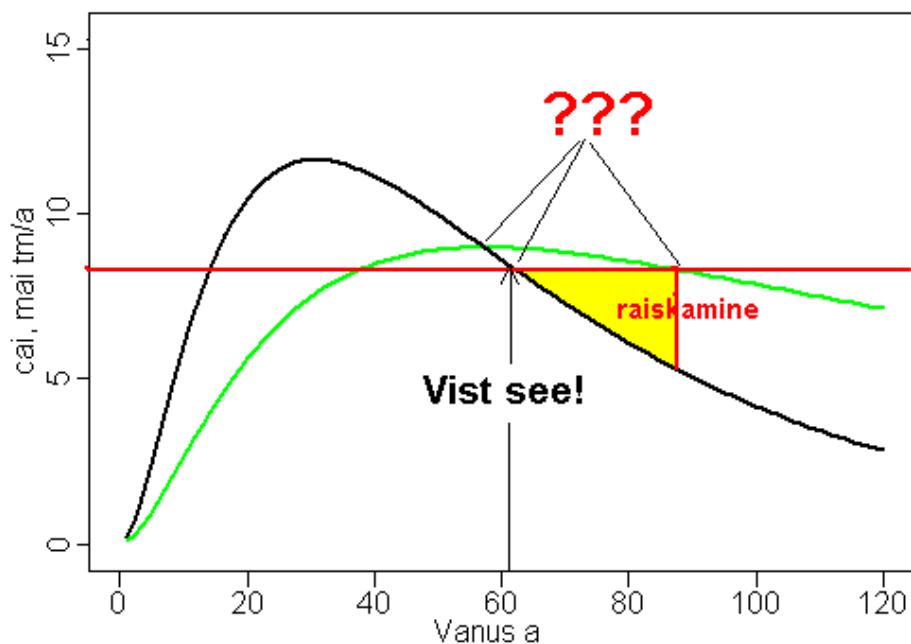


Puistu on sel juhul „küps” kuni vanuseni, millest alates ennustatav **perioodi keskmine juurdekasv** saab võrdseks normiga, st. joonisel normi joonest allpool olev **punane** ja ülalpool olev **roheline** pindala saavad võrdseks. Sellest vanusest edasi puistu ei ole küps senikaua kuni jooksev juurdekasv langevas faasis saab võrdseks normiga.

“**Teine küpsus**” algab momendist, mil jooksva juurdekasvu joon lõikab normi nivood (joonisel ligikaudu 42a). Sellest mõnevõrra hiljem saabub puistu tavaküpsus (joonisel ligikaudu 56a). Tavaküpsuses raiudes kaotaksime (normi suhtes) lillaks toonitud alale vastava toogi.

Kolmas võimalus: puistu keskmise juurdekasvu maksimum ületab normi. **Puistu on normist parem.**

Sellisele puistule sobiv normküpsuse vanus on jooksva juurdekasvu ja normi lõikumispunktis. Kasutame ära õnnestunud puistu normist kõrgema jooksva juurdekasvu. Normküpsus on tavaküpsusest suurem, kuid mitte palju!

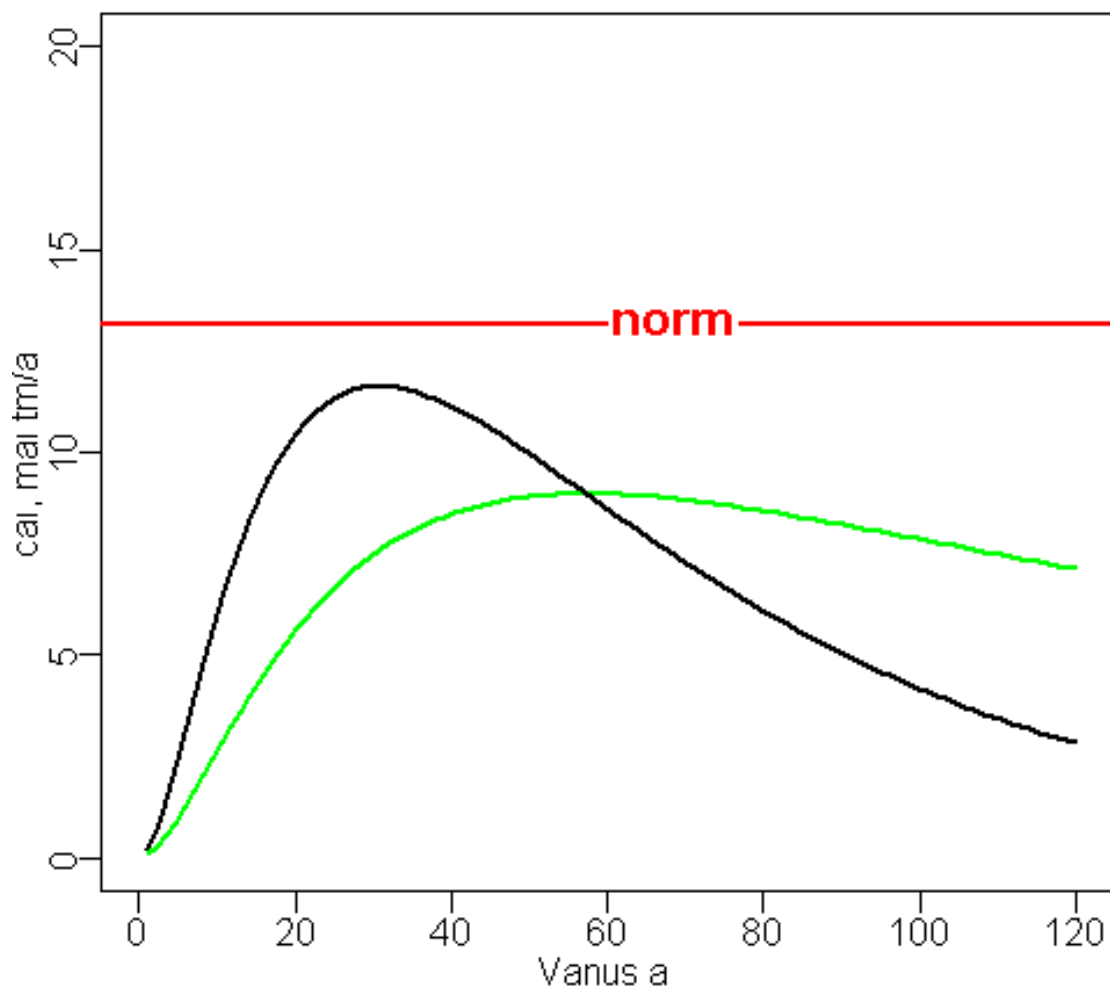


Puistu raiumine keskmise juurdekasvu ja normi lõikumise vanuses tähendaks õnnestunud puistu potentsiaalse toogi kasutamata jätmist ja kollaseks toonitud ala võrra raiskamist.

Raiudes tavaküpsuse vanuses jätaksime kasutamata puistu kõrge toogi tavaküpsuse ja meie valitud normküpsuse vahelise ca 3-4a pikkuse ajavahemiku jooksul.

Neljas võimalus: puistu jooksev juurdekasv ei küüni üldse normini.

Selline puistu on normküps alati alates tekkimise momendist.

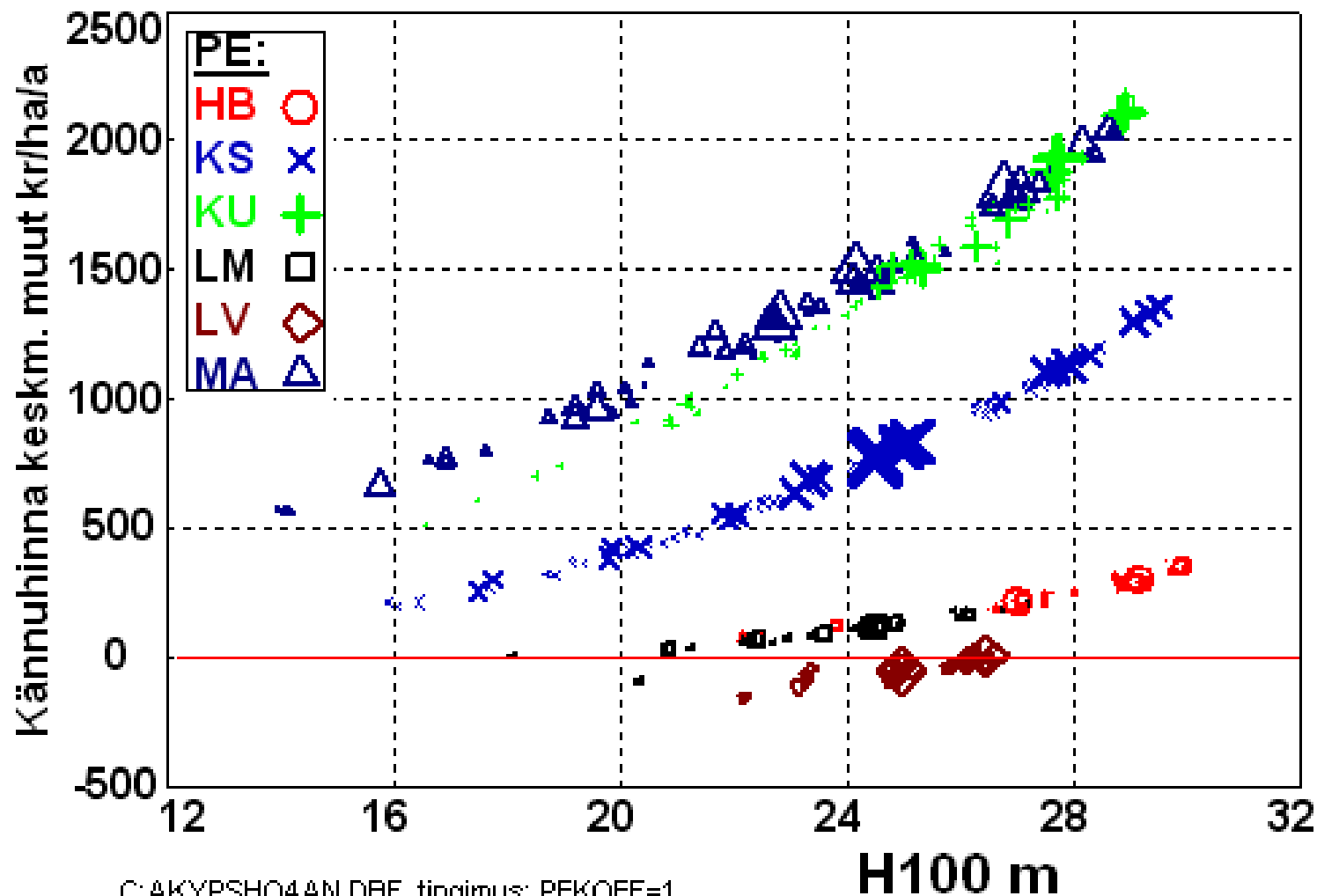


Kui norm on määratud riske õigesti arvestades, siis tuleks selline puistu raiuda/rekonstrueerida mistahes vanuses.

Riskide hulka kuuluvad nii prognoosi vead kui puistu takseerimise vead.

Kuidas määrata normi?

Kännuhinna keskmine muut puhtpuistutes hinnaküpsuse vanuses (RMK kahjustuste mudeli korral)



C:\AKYPSHO4AN.DBF, tingimus: PEKOE=1
Märgi "diameeter" on võrdeline avaldisega SUMN/100

Kuidas määrata normi (järg)

HB: maxmaiHind=-356.124+6.451093*h50e^1.5

KS: maxmaiHind=-368.074+15.765351*h50e^1.5

KU: maxmaiHind=-203.700+28.190921*h50e^1.5

LM: maxmaiHind=-224.708+4.597012*h50e^1.5

LV: maxmaiHind=-518.472+5.992882*h50e^1.5

MA: maxmaiHind=-35.1591+24.205552*h50e^1.5

Segapuistu hinnaküpsuse lihtne määramine

Pe	Pl	B0	B1	B2	Summ	Bma	Bku	Bks	Bhb	Blm	Blv
HB	KS	42.9	-0.20	9.79	25430	6.57	9.16	9.79	0.00	2.33	-11.53
KS	KU	79.8	-1.23	-5.44	90192	-3.83	-5.44	0.00	-14.71	-7.54	-13.68
KU	KS	86.0	-1.88	2.77	53433	4.11	0.00	2.77	-11.24	-4.63	-11.45
LM	KS	51.3	-0.29	8.57	16896	7.55	3.51	8.57	-9.28	0.00	-24.45
LV	KS	65.4	-1.99	27.89	32562	9.12	12.04	27.89	5.32	3.48	0.00
MA	KU	91.9	-1.99	-6.51	85833	0.00	-6.51	-1.72	-17.96	-11.28	-10.02

Valime enamuspoolsi KU H50 = 15, segus 20KS 10LM

$$\text{Tavaküpsus} = B0 + b1 \cdot H50 + 0.2 \cdot BKS + 0.1 \cdot BLM = 86.0 - 1.88 \cdot 15 + 0.2 \cdot 2.77 - 0.1 \cdot 4.63 = 58$$

Pe	Pl	B0	B1	B2	Summ	Bma	Bku	Bks	Bhb	Blm	Blv
HB	KS	49.0	-0.41	10.85	25430	5.91	9.69	10.85	0.00	2.32	-14.04
KS	KU	88.1	-1.49	-9.32	90192	-8.68	-9.32	0.00	-18.19	-11.92	-13.46
KU	KS	90.0	-1.99	1.05	53433	2.44	0.00	1.05	-13.31	-6.23	-8.07
LM	KS	66.4	-0.76	1.82	16896	1.82	1.95	1.82	-18.29	0.00	-29.62
LV	KS	108.1	-4.13	37.70	32562	10.50	15.28	37.70	5.59	4.79	0.00
MA	KU	97.9	-2.14	-10.54	85833	0.00	-10.54	-4.46	-22.04	-14.80	-8.51

$$\text{Normküpsus} = 90 - 1.99 \cdot 15 + 0.2 \cdot 1.05 - 0.1 \cdot 6.23 = 60$$

Segapuistu hinnaküpsuse lihtne määramine (järg)

Pe	Pl	B0	B1	B2	Summa
KS	MA	86.0	-1.61	-4.10	237516
KU	HB	97.0	-2.26	-9.65	58296
KU	KS	100.8	-2.51	1.29	213732
KU	LM	115.7	-3.46	-3.27	15984
KU	LV	81.3	-1.69	-4.36	29720
KU	MA	100.3	-2.51	2.82	203988
LM	HB	65.5	-0.61	-12.8	7057
LM	KS	76.4	-1.21	2.44	65772

Failis Akyps1 on 30 kirjet (PE ja PL kõigi kombinatsioonide tarvis). Seguliik on pisut ka paigatüübi indikaator ja enamuspoolsi kordajad B0 ja B1 on seguliigiti erinevad. Siit võib küpsusvanuse leida segude kordajatega kaalutud keskmisena. Kordajad on eelmistest erineva lähendi omad.

$$\text{Akyps} = (20 * (100.8 - 2.51 * 15 + 1.29 * 0.2) + 10 * (115.7 - 3.46 * 15 - 3.27 * 0.1)) / 30 = 63.4$$

Pe	Pl	B0	B1	B2	Summa
KU	KS	89.8	-2.02	2.79	213732
KU	LM	115.7	-3.72	-2.46	16474

Kolmas lähend

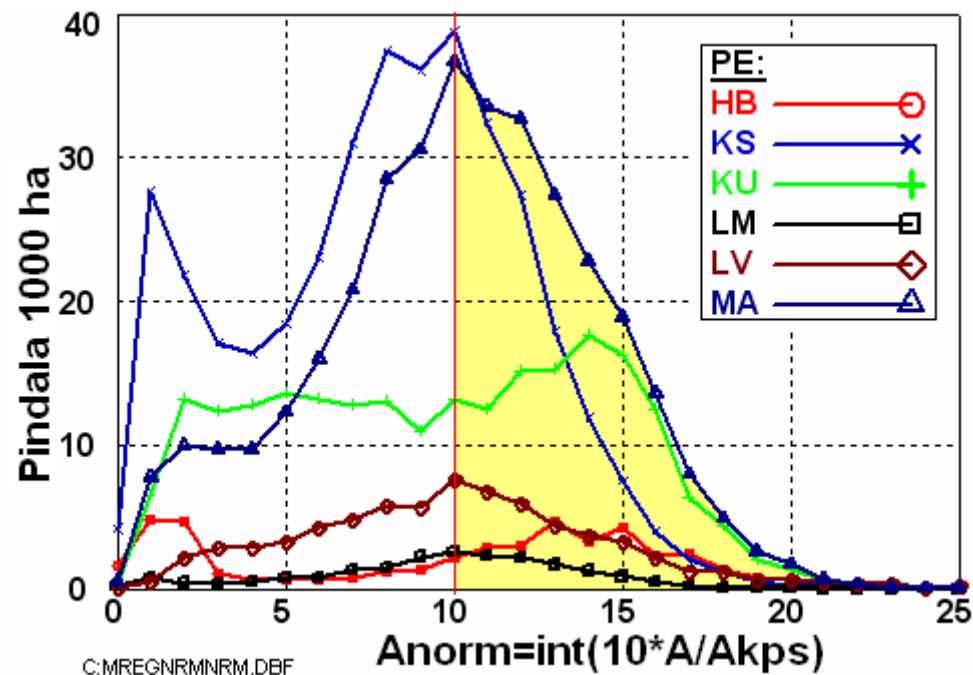
$$\text{Akyps} = (20 * (89.8 - 2.02 * 15 + 2.79 * 0.2) + 10 * (115.7 - 3.72 * 15 - 2.46 * 0.1)) / 30 = 60$$

Selle slaidil on demonstratsioon 35a tagasi esitatud klassifitseerimisvaba normaalmeta teooria rakendusest.

Puistuid võib ühendada suvalistesse arvestusüksustesse sõltumata nende küpsusvanuse erinevusest. Normaalmetsaks nimetame metsa siis, kui jagatise A/A_{kps} väärtus on ligikaudu ühtlase jaotusega vahemikus 0...1.

Kui see oleks tavamõttelejale kergesti hoomatav muutus, siis poleks vaja seda siin 35 aastat hiljem korrata!

Hoolimata sellest, et õpetasin seda paarikümne aasta jooksul ja olen ka vahepeal korduvalt meelde tuletanud!!!

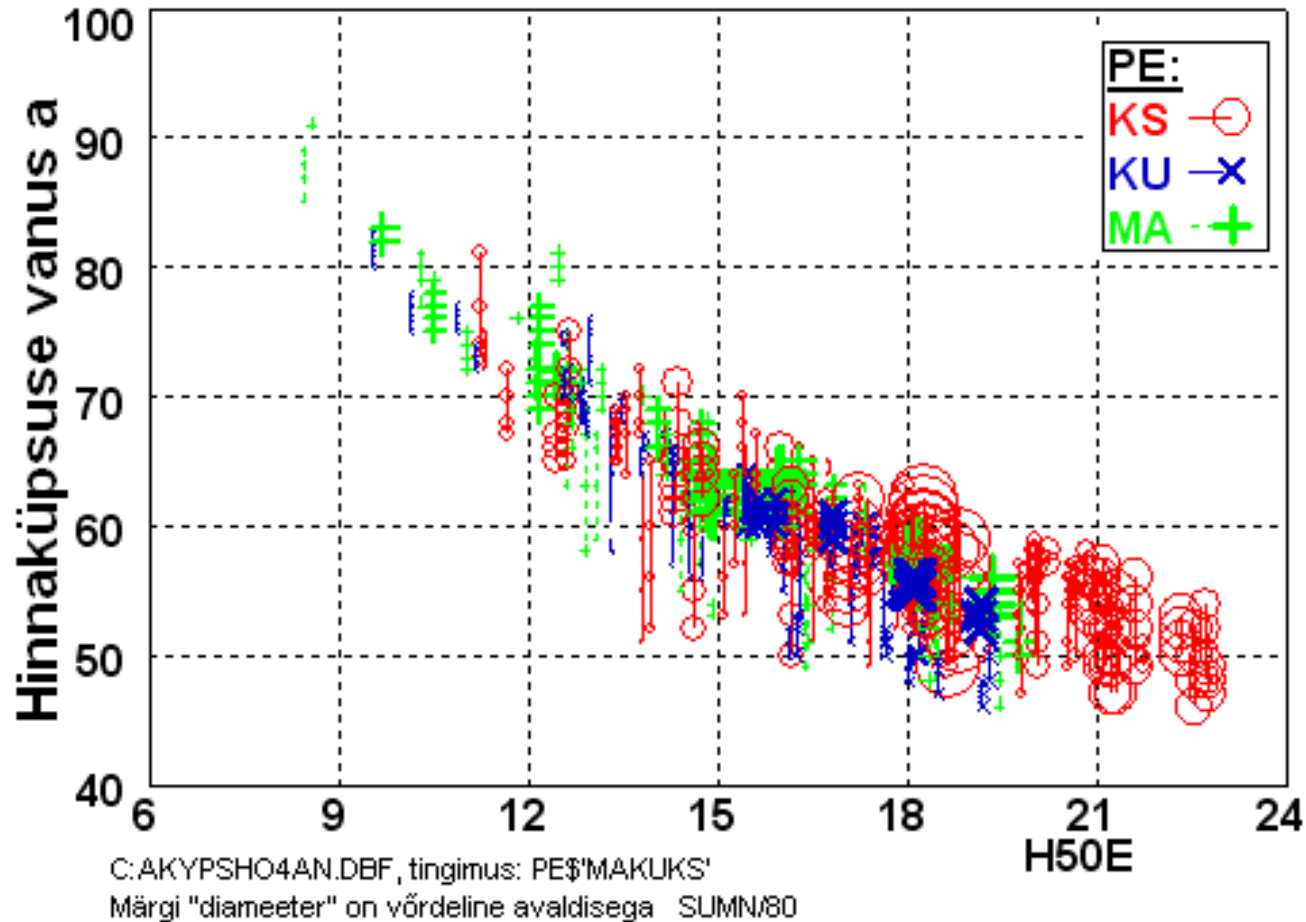


Tootmismetsa puistute pindala jaotus normküpsusega A_{kps} normeeritud vanuse $Anorm = \text{int}(10 \cdot A / A_{kps})$ järgi metsaregistri andmeis.

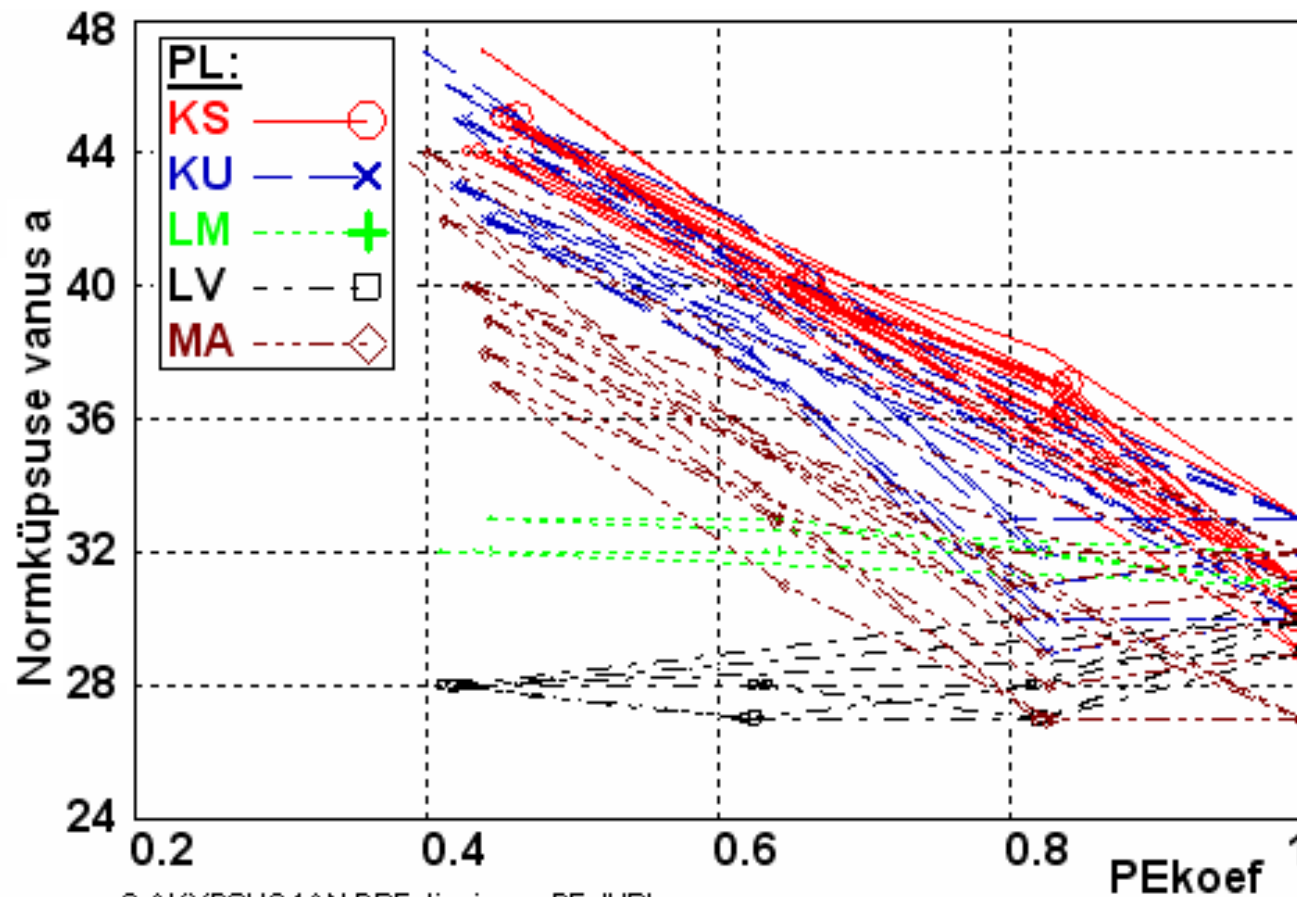
Kõik puistud tunnuse $Anorm$ väärtusega 10 või enam on hinnaküpsed või -üleseisnud.

NB! Pindala asemel võib olla mistahes mõõdetav või tuletatud tunnus, samuti enamusliigi asemel!

Hinnaküpsuse sõltuvus enamasti kõrgusindeksist H50E ja seguliigist. Peamiseks hinnaküpsust mõjutavaks teguriks on kõrgusindeks. Seguliikide mõju avaldub vertikaaljooni pidi. Kõige kõrgem on hinnaküpsuse vanus okaspuude või nende puudumisel kase suurima osaluse korral puistu koosseisus ja see alaneb odavate liikide (HB, LM, LV) osa suurenedes.



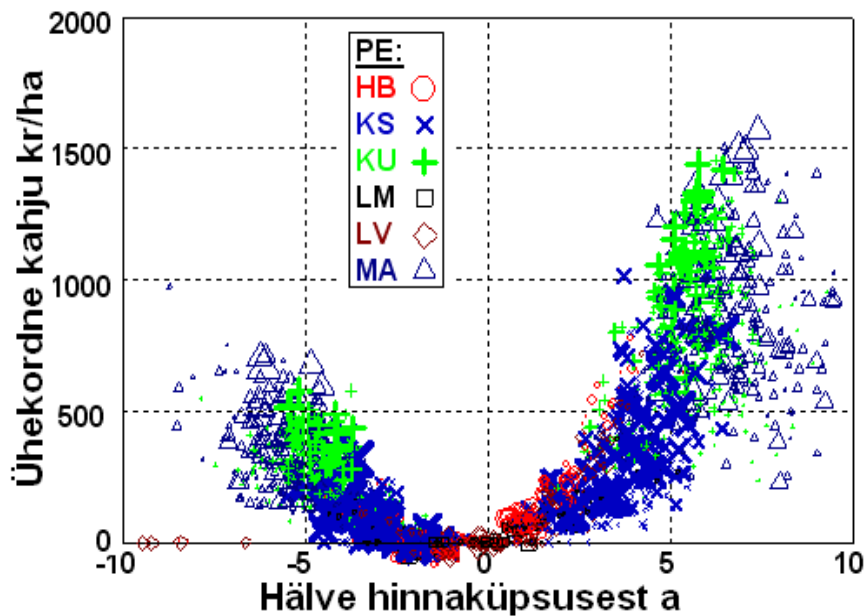
Seguliikide ja nende koefitsiendi seguosa = 1-PEkoef mõju haavikute küpsusvanusele.



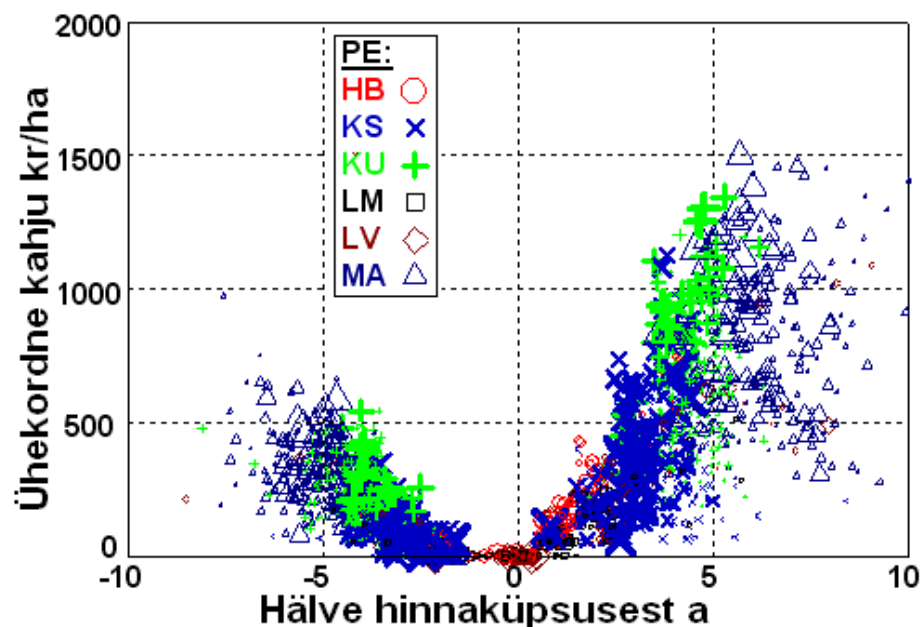
C:AKYPSHO4AN.DBF, tingimus: PE='HB'

Märgi "diameeter" on võrdeline avaldisega SUMN/100

Raievanuse ja hinnaküpsuse erinevusest tulenev ühekordne hinnakaotus, kui hinnaküpsus on määratud SMI kahekordseist kahjustuse andmeist tuletatud mudeli järgi (vasemal) ja Vabariigi Valitsuse määruses nr 150 toodud (RMK) mudelit kasutades (paremal).



C:AKYPSHO4AN.DBF Märki "diameeter" on võrdeline avaldisega sumn/100



C:AKYPSVV.DBF Märki "diameeter" on võrdeline avaldisega sumn/100