

Förändringsskattningar med data från Riksskogstaxeringen



Göran Kempe

Arbetsrapport 469 2017

Förändringsskattningar med data från Riksskogstaxeringen

Göran Kempe

Nyckelord:

Arbetsrapport: 469

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Inledning	4
Metod och material	5
Resultat	10
Slutsatser	17
Några andra exempel på förändringsskattningar	20
<i>a) Areal tallskog, regionsvis mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012</i>	<i>20</i>
<i>b) Total trädvolym inom ägoslaget myr, regionsvis mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012</i>	<i>22</i>
<i>c) Total volym hård, död ved, regionsvis mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012</i>	<i>23</i>
<i>d) Areal produktiv skogsmark i region 4 och 5 mellan perioderna 1983-1987 och 2008-2012.</i>	<i>25</i>
Referenser	27
BILAGA 1	28

Sammanfattning

Under perioden 1983-1987 inventerades permanenta provytor en första gång i Riksskogstaxeringen, varefter de har återinverats med 5-10 års intervall. Hittills har dock de möjligheter till att förbättra skattningar av förändringar som informationen från de permanenta provytorna medför inte utnyttjats fullt ut, utan skattade förändringar har vanligen byggts på förändringar i skattade tillstånd mellan två tidpunkter. Vid tillståndsskattningarna används vikter vid sammanvägning av skattningarna från det tillfälliga respektive permanenta stickprovet som minimerar medelfelet för skattningen. Genom att i stället använda vikter som minimerar medelfelet till en förändringsskattning, kan medelfelet i vissa fall minska avsevärt jämfört med om tillståndsvikter används vid sammanvägning av skattningarna.

I denna arbetsrapport har underlag till beslut om strategier för förändringsskattningar med data från Riksskogstaxeringen tagits fram. Beräkningarna har omfattat alla återinventeringsomdrev från den första 1988-1992 till den senast avslutade 2008-2012. En faktor som har stor inverkan på värdet av det permanenta stickprovet vid förändringsskattningar är korrelationen mellan de två inventeringstillfällena. Som typvariabler avseende korrelation över tid valdes därför följande variabler:

- Areal och total trädvolym för *Produktiv skogsmark* (hög korrelation)
- Areal och total trädvolym för *Tallskog* (medelhög korrelation)
- Areal och total trädvolym för *Skog i åldersklassen 81-100 år* (låg korrelation)

Beräkningarna gjordes regionsvis för stickprovsregionerna 1-5. För alla kombinationer av perioder och variabler skattades vikter som minimerar medelfelet för förändringsskattningar, samt korrelationen för traktvisa värden mellan två inventeringstillfällen. Vidare beräknades hur använda vikter påverkade förändringsskattningens storlek och dess medelfel. Det visades även hur de vikter som minimerar medelfelet till förändringsskattningen samvarierar med korrelationen för permanenta traktvärden mellan två inventeringstillfällen (ju högre korrelation, desto större vikt för förändringsskattningen med det permanenta stickprovet).

Resultaten av analysen kunde sammanfattas i följande punkter:

- Vikter optimerade för förändringsskattningar ("förändringsvikter") ger alltid minst medelfel, därefter följer vanligen skattningar helt baserade på det permanenta stickprovet. Förändringsskattningar gjorda som förändringar i tillstånd ger vanligen störst medelfel.
- Vid mycket hög korrelation, säg minst 0,9, kan förändringsskattningar med förändringsvikter respektive med enbart det permanenta stickprovet förväntas ge ungefär lika stora medelfel.
- Även vid vad som kan betecknas hög korrelation, säg 0,75 - 0,89, gäller slutsatsen under punkten ovan.
- Vid lägre korrelation, är skillnaderna i medelfel vid förändringsskattningar mellan de tre jämförda metoderna mindre.

Inledning

Med uppgifter från den första Riksskogstaxeringen (RT) 1923-1929, kunde tillståndet i landets skogar för första gången beskrivas grundat på objektiva inventeringsdata (SOU 1932:26). Även i de följande taxeringarna har fokus legat på tillståndet under den aktuella perioden (vanligen den senast tillgängliga femårsperioden), men ju längre tidsserier som blivit tillgängliga, desto viktigare har det blivit att illustrera utvecklingen över tid för flera av de mest intressanta variablerna. Förändringar mellan två eller flera tidpunkter har påvisats i tabeller med exv. femårsmedelvärden, diagram med en tidsaxel eller i kartor där storleken på den skattade förändringen inom ett geografiskt område framgår av en färgskala. Hittills har dessa redovisningar baserats på RT:s gängse tillståndsskattningar, som fr.o.m. 1983 utgörs av en sammanvägning av skattningarna från de tillfälliga och permanenta provytorna (Ranneby et al. 1987).

Genom att utnyttja informationen från de återinventerade permanenta provytorna kan skattningar av förändringar förbättras betydligt jämfört med att som hittills jämföra tillstånd vid olika tidpunkter. Mer rutinmässiga förändringsskattningar på detta sätt förutsätter analyser av hur informationen från de tillfälliga och permanenta provytorna lämpligen bör kombineras. I denna arbetsrapport redovisas resultaten av analyser av förändringsskattningar för några areal- och volymparametrar. Då både stickprovets relativa storlek och återinventeringsintervallet har varierat sedan de permanenta provytorna introducerades under perioden 1983-1987, har beräkningar gjorts för olika perioder fr.o.m. den första period då det finns tillgång till återinventerade data, d.v.s. femårsperioden 1988-1992.

Metod och material

För att minimera medelfelet till en förändringsskattning, görs separata skattningar av den aktuella förändringen med tillfälliga respektive permanenta provytor. Dessa skattningar vägs därefter samman med vikter omvänt proportionella mot variansen för skattningarna på liknande sätt som vid RT:s tillståndsskattningar (Ranneby et al. 1987).

En förändring mellan tidpunkt 1 och 2, D , skattas som

$$\hat{D} = \hat{Y}_2 - \hat{Y}_1 \quad (1)$$

där \hat{Y}_1 och \hat{Y}_2 är skattningar av tillståndet för aktuell parameter vid tidpunkt 1 och 2.

Variansen till denna skattning skrivs som

$$Var(\hat{D}) = Var(\hat{Y}_1) + Var(\hat{Y}_2) - 2 \cdot Cov(\hat{Y}_1, \hat{Y}_2) \quad (2)$$

där $Var(\hat{Y}_1)$ och $Var(\hat{Y}_2)$ är varianserna för tillståndsskattningarna vid tidpunkt 1 respektive 2 och $Cov(\hat{Y}_1, \hat{Y}_2)$ kovariansen mellan skattningarna.

Korrelationen mellan skattningarna vid tidpunkt 1 och 2, ρ , beräknas som

$$\rho = \frac{Cov(\hat{Y}_1, \hat{Y}_2)}{S(\hat{Y}_1) \cdot S(\hat{Y}_2)} \quad (3)$$

där $S(\hat{Y}_1)$, $S(\hat{Y}_2)$ står för standardavvikelsen för skattningarna av tillståndet vid tidpunkt 1 respektive 2. Under antagande om att varianserna för skattningarna vid tidpunkt 1 och 2 är lika stora och genom att utnyttja ovanstående samband, kan variansen för \hat{D} skrivas som

$$Var(\hat{D}) = 2 \cdot Var(\hat{Y}) \cdot (1 - \rho) \quad (4)$$

Om tillfälliga provytor används är korrelationen 0 mellan skattningar för tidpunkt 1 och 2, medan den kan vara mycket hög vid skattningar med permanenta provytor. Detta förklarar varför permanenta provytor kan vara mycket effektiva vid skattningar av förändringar vilket också var ett tungt vägande skäl till att börja använda permanenta provytor i RT 1983 (Hägglund 1985).

Minsta möjliga medelfel för en förändringsskattning med data fr.o.m. 1988 förutsätter att information från både tillfälliga och permanenta provytor utnyttjas. De bägge skattningarna vägs samman på samma sätt som tillståndsskattningar, d.v.s. som

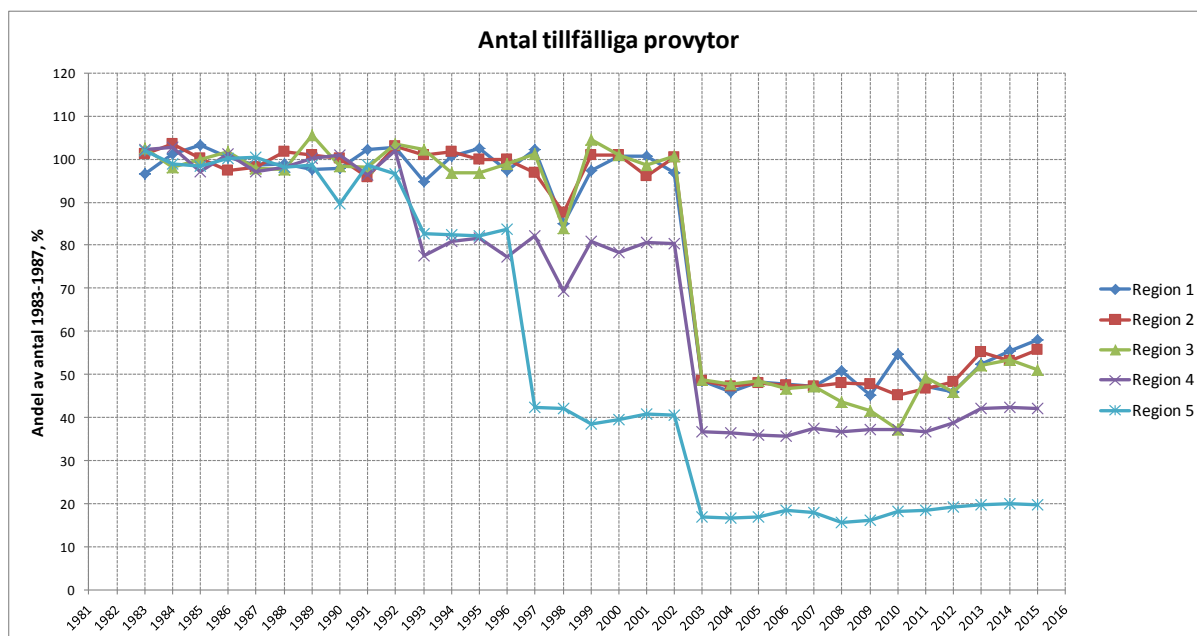
$$\hat{D} = w_T \cdot \hat{D}_T + w_P \cdot \hat{D}_P \quad (5)$$

där \hat{D}_T står för skattad förändring mellan tidpunkt 1 och 2 enligt de tillfälliga provytorerna, \hat{D}_P enligt de permanenta och w_T/w_P för vikter som minimerar variansen för den kombinerade förändringsskattningen. Summan av w_T och w_P är 1,0.

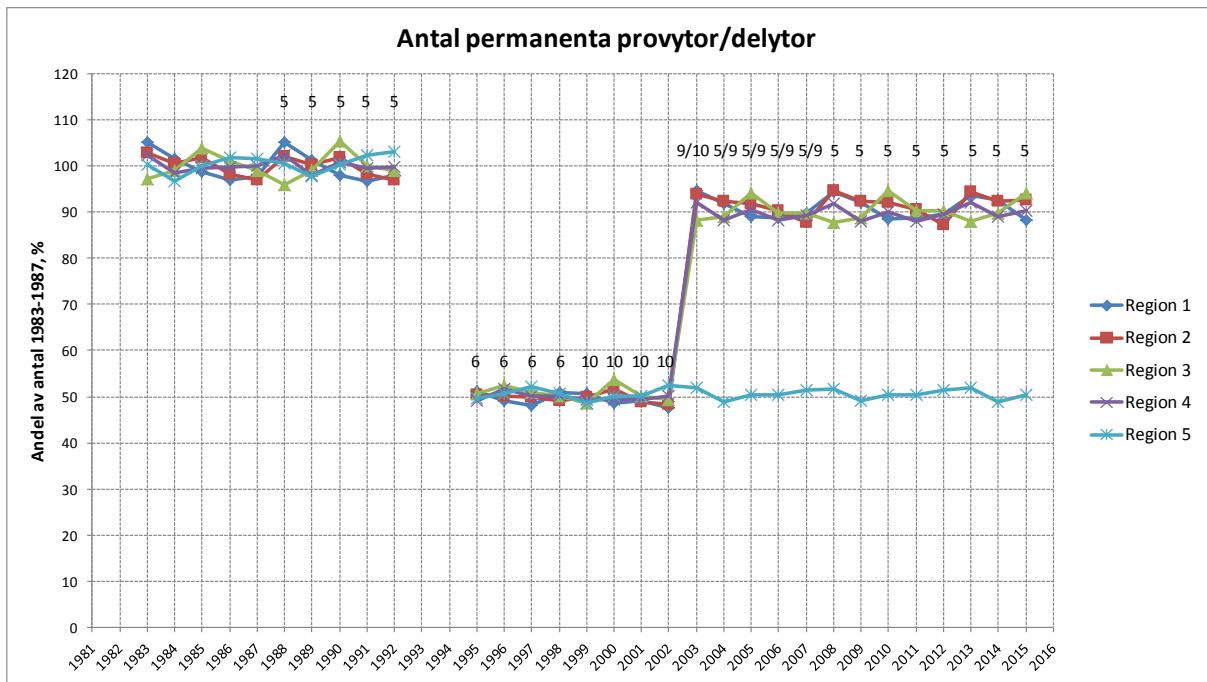
För tillståndsskattningar har vikter beräknats för areal- respektive volymrelaterade skattningar för de fem stickprovsregionerna i landet och för olika tidsperioder. Inom varje region, som utgör ett geografiskt inventeringsstratum, är stickprovets täthet och urformning detsamma. Vikterna uppdateras vid förändringar av stickprovets design. Syftet med detta arbete var att beräkna motsvarande vikter för förändringsskattningar. Faktorer som påverkar förändringsskattningens varians och därmed vikternas storlek är

- de två stickprovens relativa storlek
- återinventeringsintervall för de permanenta provytorna
- vilken parameter som skattningen avser

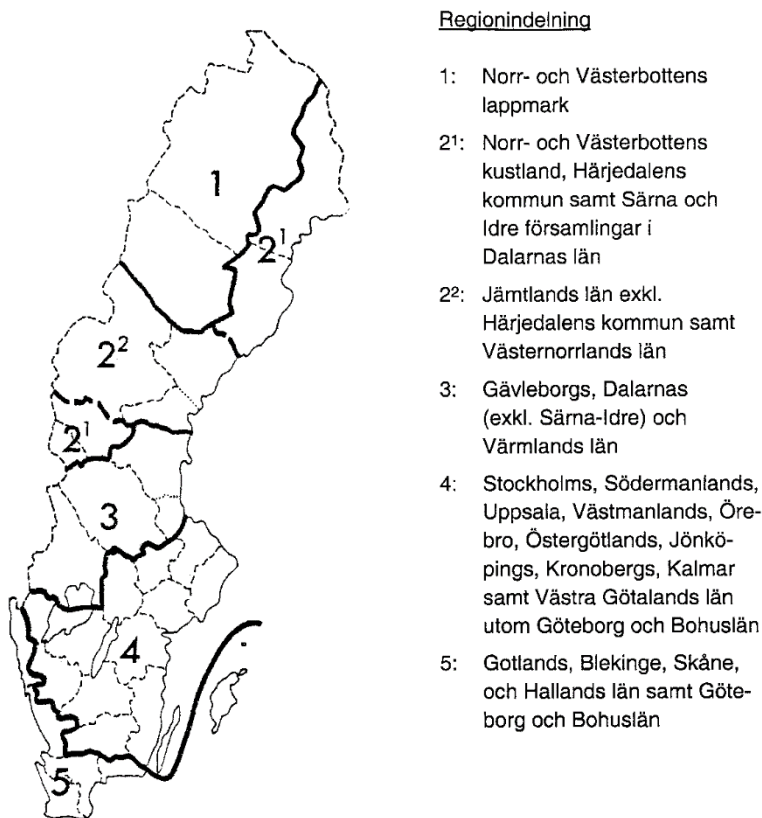
Eftersom stickprovets relativa storlek och återinventeringsintervallet för de permanenta provytorna har ändrats flera gånger, har beräkningar gjorts för perioder med konstanta förutsättningar avseende stickprovets storlek och återinventeringsintervall. Av Figur 1 och 2 framgår stickprovets storlek inom de fem regionerna (Figur 3) jämfört med den första femårsperioden 1983-1987. Alla beräkningar har gjorts med uppgifter från RT:s databas RTbas för perioden 1983-2012. Variansberäkningarna utgår från traktvisa uppräknings och har gjorts enligt de formler som numera används i RT (Toet et al 2007). Trakten utgör ett kluster med 4-12 provytor beroende på region och trakttyp.



Figur 1. Antal tillfälliga provytor/delytor inom regioner som andel av antalet under perioden 1983-1987. Procent.



Figur 2. Antal permanenta provytor/delytor inom regioner som andel av antalet under perioden 1983-1987. Procent. Siffrorna ovanför kurvorna anger antal år sedan föregående inventering.



Figur 3. Riksskogstaxeringen regionindelning. Inom 2¹ och 2² är stickprovets design densamma, vad som skiljer är provträdkvoter.

Variansen för en förändringsskattning med tillfälliga provvytor utgörs av summan av varianserna för tillståndsskattningarna vid tillfälle 1 och 2. Då förändringen mellan inventeringstillfällena för aktuell parameter på de återinventerade permanenta trakterna kunde beräknas direkt, kunde variansen för förändringen enligt det permanenta stickprovet skattas i enlighet med tillståndsskattningarna i RT (Toet et al 2007).

Variansen – och följaktligen medelfelet – till den sammanvägda förändringsskattningen påverkas av vilka vikter som används vid sammanvägningen av skattningarna med de tillfälliga respektive permanenta provvyterna. Sambandet mellan variansen och vikternas storlek är dock flackt, vilket innebär att medelfelet till förändringsskattningen är ganska okänsligt för rimliga avvikelser i vikternas storlek gentemot de optimala.

De valda parametrarna för beräkningarna är tänkta att vara exempel på tre kategorier avseende korrelation över tid. Som representationer för de tre nivåerna i korrelation i fallande ordning avseende arealskattningar respektive volymrelaterade skattningar valdes:

- Areal produktiv skogsmark/Total trädvolym på produktiv skogsmark
- Areal produktiv skogsmark med tallskog/Total trädvolym på produktiv skogsmark med tallskog
- Areal produktiv skogsmark i åldersintervallet 81-100 år/Total trädvolym på produktiv skogsmark i ålderintervallet 81-100 år

Det ska noteras, att enbart data från de permanenta trakter som återinventerats under ett visst år med ett visst inventeringsintervall har använts i en specifik beräkning, d. v. s. trakter där tillståndet vid tillfälle 1 och 2 kan beräknas. Permanenta trakter som bortfallit används inte och sådana som återinventerats med ett annat tidsintervall används i en annan beräkning. Teoretiskt skulle dessa trakter kunna utnyttjas som tillfälliga trakter och förbättra tillståndsskattningen – och följaktligen även förändringsskattningen - med de tillfälliga trakterna för vissa perioder. Precisionsvinsten kan dock bedömas vara för liten för att motivera den ökade beräkningsmängden.

För att erhålla goda skattningar av vikterna w_t och w_p baseras alla variansberäkningar på 4 eller 5 års data. I några fall har det skiljt i antal tillgängliga år med data mellan det tillfälliga och permanenta stickprovet. Om exempelvis förändringsskattningen med de permanenta trakterna baseras på fem års data men fyra års data med de tillfälliga, har variansen med de tillfälliga trakterna omräknats till förväntat värde med fem års data.

Resultat

Figur 1 och 2 ger en förning om mängden beräkningar som krävs för att ge underlag till skattningar av vikterna w_t och w_p för alla år 1988 och framåt. I Tabell 1 redovisas vikter för förändringsskattningar med de permanenta trakterna, w_p , för de nämnda arealskattningarna produktiv skogsmark, tallskog respektive skog i åldersintervallet 81-100 år. Vikten för förändringsskattningen med de tillfälliga trakterna i den sammanvägda skattningen beräknas följaktligen som $1,0 - w_p$.

Vikten w_p har genomgående fått ett högt skattat värde vid förändringsskattningar av arealen produktiv skogsmark. Vanligen ligger den inom intervallet 0,97 – 1,00. Endast i ett fall, med halva P-stickprovet (relativt utlägget 1983-1987), 10 års återinventeringsintervall och fullt T-stickprov (relativt 1983-1987) vid tillfälle 1 och 2, beräknades w_p till under 0,95 (region 3 1999-2002). Förändringsskattningar av areal tallskog och särskilt skog inom åldersklassen 81-100 år uppvisar en mycket större variation i w_p mellan perioder och regioner, för tallskog vanligen 0,85-0,95, för skog 81-100 år 0,6-0,9.

I Tabell 2 redovisas skattade vikter w_p för förändringsskattning av trädvolym baserad på det permanenta stickprovet. Alla de kombinationer av perioder och inventeringsintervall som analyserades rörande arealskattningar finns inte med, då syftet främst var att få en uppfattning om hur volym- och arealskattningar skiljer sig åt i detta avseende.

Jämfört med arealskattningarna, är skattade w_p vid volymskattningarna generellt sett något mindre för produktiv skogsmark, ungefär lika stora för tallskog och något större för skog 81-100 år.

Tabell 1. Skattade vikter, w_p , för förändringskattningar av arealer baserade på de permanenta provytorna. Motsvarande vikt för de tillfälliga provytorna, w_t , är $1,0 - w_p$.

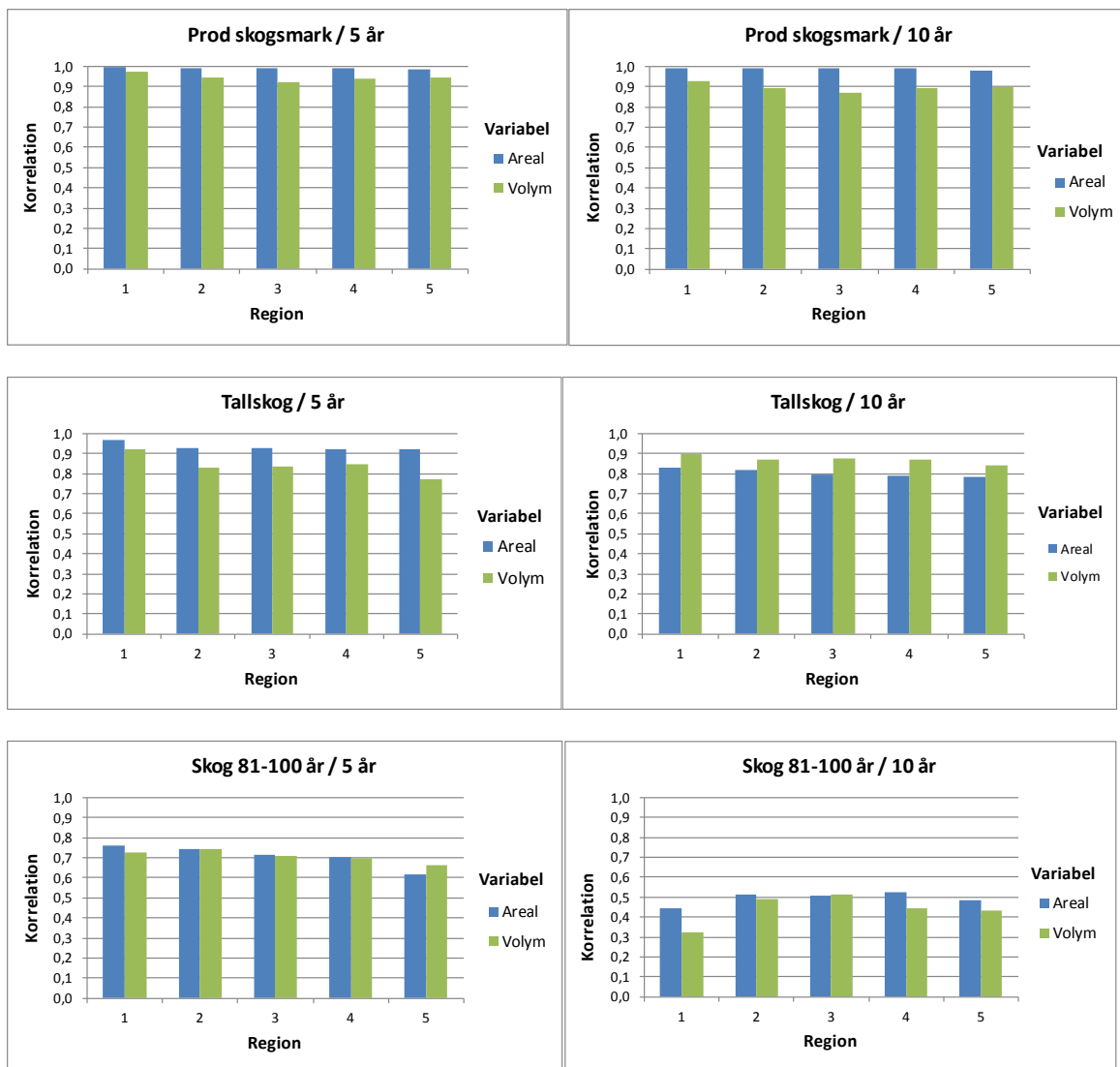
Invent.år P	Intervall, år (andel P, %)	Region (andel T T1/T2, %)	Areal		
			Prod skm	Tallskog	81-100 år
1988-1992	5 (100)	1 (100/100)	0,98	0,94	0,70
		2 (100/100)	0,98	0,90	0,67
		3 (100/100)	0,99	0,91	0,74
		4 (100/100)	0,99	0,90	0,68
		5 (100/100)	0,98	0,89	0,66
1993	5 (100)	3 (100/100)	0,99	0,91	0,74
		4 (100/80)	0,97	0,90	0,66
		5 100/(80)	0,98	0,92	0,63
1994	6 (100)	1 (100/100)	0,98	0,94	0,70
		2 (100/100)	0,98	0,90	0,67
		3 (100/100)	0,99	0,91	0,74
1995-1998	6 (50)	1 (100/100)	0,98	0,87	0,67
		2 (100/100)	0,98	0,86	0,49
		3 (100/100)	0,99	0,86	0,53
		4 (100/80)	0,98	0,84	0,55
1995-1996	6 (50)	5 (100/80)	0,97	0,37	0,44
1997-1998		5 (100/40)	0,98	0,44	0,54
1999-2002	10 (50)	1 (100/100)	0,99	0,90	0,47
		2 (100/100)	0,98	0,88	0,48
		3 (100/100)	0,93	0,85	0,42
		4 (100/80)	0,97	0,85	0,47
		5 (100/40)	0,97	0,84	0,51
2003	9 (100)	1 (100/50)	0,99	0,95	0,71
		2 (100/50)	1,00	0,94	0,67
		3 (100/50)	0,98	0,92	0,61
	10 (100)	3 (100/50)	0,98	0,92	0,61
		4 (80/40)	0,99	0,93	0,69
		5 (80/20)	0,99	0,94	0,79
2004-2007	5 (50)	1 (100/50)	1,00	0,99	0,91
		2 (100/50)	1,00	0,98	0,89
		3 (100/50)	0,99	0,97	0,85
		4 (80/40)	1,00	0,97	0,88
		5 (40/20)	0,99	0,96	0,90
2004-2007	9 (50)	1 (100/50)	0,99	0,92	0,54
		2 (100/50)	0,99	0,91	0,49
		3 (100/50)	0,95	0,88	0,42
		4 (80/40)	0,98	0,89	0,51
2004-2005	9 (50)	5 (80/20)	0,99	0,91	0,65
2006-2007	9 (50)	5 (40/20)	0,99	0,92	0,67
2008-2012	5 (100)	1 (50/50)	1,00	0,98	0,87
		2 (50/50)	1,00	0,96	0,85
		3 (50/50)	1,00	0,96	0,81
		4 (40/40)	0,99	0,95	0,83
		5 (20/20)	0,99	0,96	0,91

Tabell 2. Skattade vikter, w_p , för förändringskattningar av trädvolym baserade på de permanenta provytorna. Motsvarande vikt för de tillfälliga provytorna, w_t , är $1,0 - w_p$.

Invent.år P	Intervall, år (andel P, %)	Region (andel T T1/T2, %)	Total volym i		
			Prod skm	Tallskog	81-100 år
1988-1992	5 (100)	1 (100/100)	0,96	0,93	0,75
		2 (100/100)	0,94	0,90	0,66
		3 (100/100)	0,93	0,87	0,63
		4 (100/100)	0,94	0,86	0,66
		5 (100/100)	0,94	0,87	0,58
1999-2002	10 (50)	1 (100/100)	0,71	0,95	0,74
		2 (100/100)	0,68	0,93	0,74
		3 (100/100)	0,73	0,93	0,72
		4 (100/80)	0,75	0,91	0,76
		5 (100/40)	0,73	0,93	0,74
2004-2007	9 (50)	1 (100/50)	0,94	0,88	0,55
		2 (100/50)	0,92	0,84	0,59
		3 (100/50)	0,82	0,83	0,45
		4 (80/40)	0,87	0,84	0,60
2004-2005	9 (50)	5 (80/20)	0,96	0,86	0,84
2006-2007	9 (50)	5 (40/20)	0,96	0,88	0,86
2008-2012	5 (100)	1 (50/50)	0,98	0,96	0,80
		2 (50/50)	0,97	0,93	0,88
		3 (50/50)	0,97	0,94	0,79
		4 (40/40)	0,96	0,91	0,84
		5 (20/20)	0,98	0,91	0,85

En förklaring till skillnaderna i skattade w_p mellan parametrar och olika inventeringsintervall är skillnader i korrelation mellan skattade värden vid tillfälle 1 och 2 för de permanenta trakterna. Korrelationen för skattad areal produktiv skogsmark mellan två inventeringstillfällen är mycket hög, både vid fem och tio år mellan inventeringstillfällena (Figur 4). Värdena ligger genomgående nära 1,0, även i region 5 med tio års inventeringsintervall. Även skattningar av areal tallskog har en hög korrelation vid fem års intervall, inom intervallet 0,92-0,97 från region 5 till 1. Den sjunker till ca 0,8 vid 10 år mellan inventeringarna. Som väntat är korrelationen för skattade arealer skog i åldern 81-100 år mellan två inventeringstillfällen väsentligt mindre än för arealer produktiv skogsmark och tallskog, 0,62-0,76 (5 år) respektive 0,44-0,52 (10 år). Vanligen sjunker korrelationen åt söder, med störst värde i region 1 och minst i region 5. Areal skog inom åldersklassen 81-100 år vid tio års inventeringsintervall är ett undantag med lägst korrelation i region 1 (0,44) och högst i region 4 (0,52).

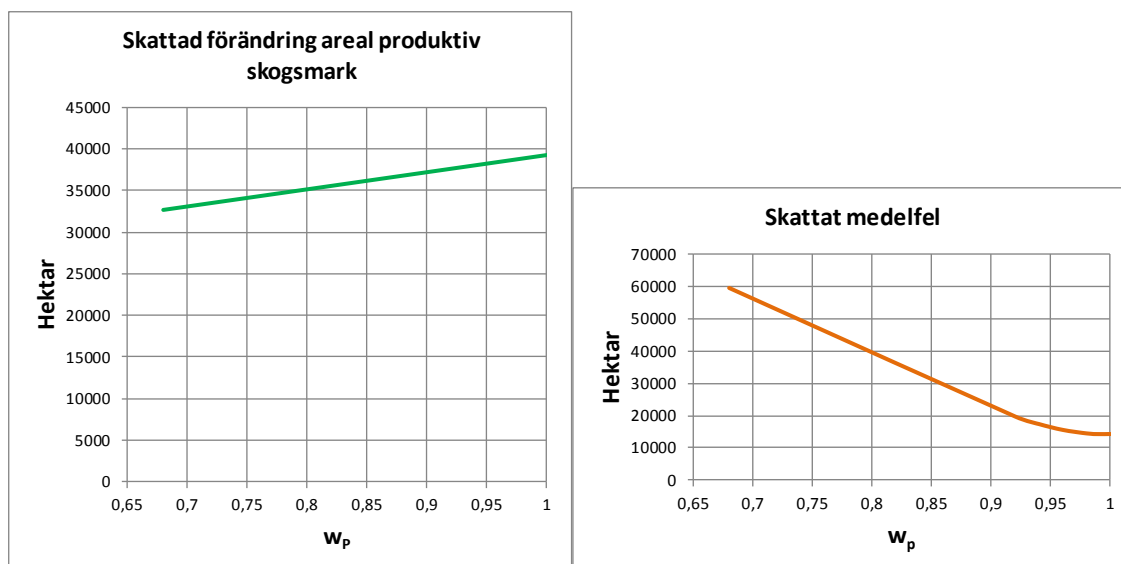
Korrelationen i volymskattningarna vid fem års inventeringsintervall är vanligen något lägre än i motsvarande arealskattningar (Figur 4), men skillnaden är liten eller marginell. Vid tio



Figur 4. Korrelation mellan skattade arealer respektive trädvolymen vid tillfälle 1 och 2 för de permanenta trakterna.

års intervall är bilden mer blandad. För tallskog är korrelationen högre i volym-skattningen än i arealskattningen i alla regioner.

I denna studie ingår att beräkna vikter för sammanvägning av förändringsskattningar baserade på det permanenta respektive tillfälliga stickprovet. För att se hur avvikelser från optimala vikter påverkar förändringsskattningen och dess medelfel, gjordes en känslighetsanalys som omfattade flera av de analyserade förändringsskattningarna. Några resultat rörande fem års arealförändringar mellan 2003-2007 och 2008-2012 i region 4 redovisas grafiskt i Figur 5-7.

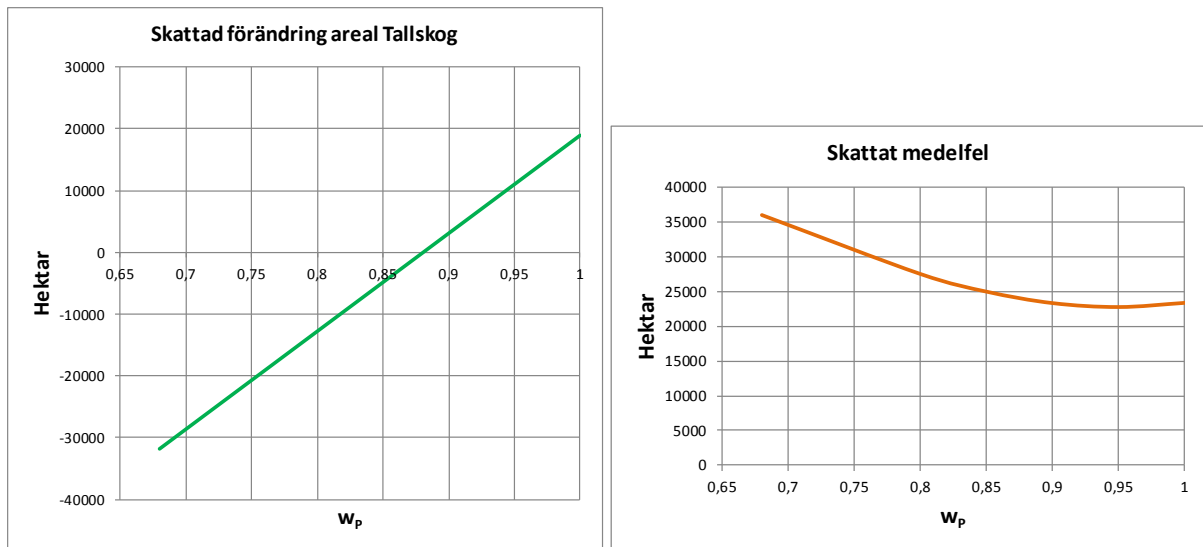


Figur 5. Samband mellan w_p och skattningar av förändring och medelfel för femårsperioden mellan 2003-2007 och 2008-2012. Areal produktiv skogsmark i region 4.

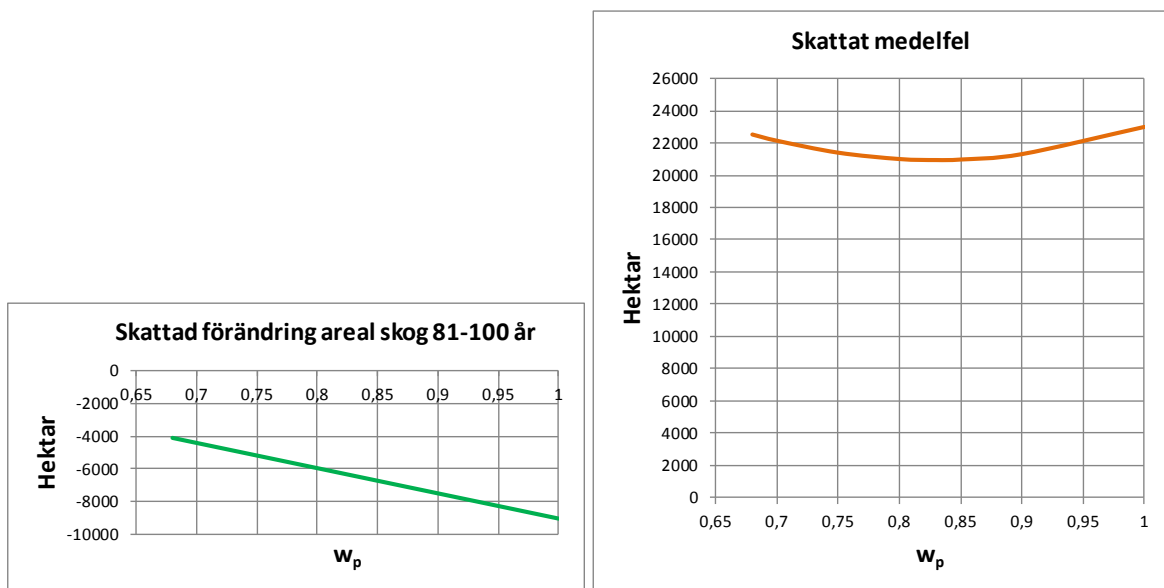
För skattningen av förändringen av arealen produktiv skogsmark minimeras medelfelet med w_p 0,99. Både den skattade förändringen och medelfelet påverkas mycket lite av w_p inom intervallet 0,92-1,0 (Figur 5). Den skattade förändringen ligger mellan 38 800 och 39 300 hektar och medelfelet mellan 14 300 och 19 700 hektar. Dessa värden ska jämföras med förändringsskattningen 32 700 med medelfelet 59 500 hektar med de ordinarie vikterna för tillståndsskattningar av arealer (w_p 0,68, w_t 0,32). I detta fall blir förändringsskattningen i det närmaste oberoende av vikterna, eftersom skattningarna med de permanenta respektive tillfälliga stickproven är väldigt lika. Medelfelen skiljer sig dock väsentligt, då medelfelet för förändringsskattningen med optimala vikter endast är 1/4 av medelfelet då förändringen skattas som skillnaden i tillståndsskattningarna.

Förändringsskattningen av areal tallskog optimeras med en något mindre w_p , 0,95, jämfört med produktiv skogsmark. Ett värde mellan 0,8 och 1,0 ger en skattad förändring mellan -13 000 och 19 000 hektar med ett medelfel inom intervallet 22 800-27 500 hektar (Figur 6). Skillnaden i skattad förändring blir betydande när vikter för tillståndsskattningar används (-32 000 hektar jämfört med 11 000), och medelfelet endast drygt 50 procent större (36 000 hektar).

Med en variabel med lägre korrelation över tid än areal produktiv skogsmark och areal tallskog, kan en mer begränsad precisionsvinst med ett optimalt utnyttjande av informationen från det permanenta stickprovet förväntas. Så är också fallet för areal skog i åldern 81-100 år, där $w_p = 0,83$ (och följaktligen $w_t = 0,17$) minimerar medelfelet för förändringsskattningen. Förändringen skattad som skillnaden i tillståndsskattningarna för 2008-2012 och 2003-2007 ger en minskad areal med ca 4 000 hektar, d.v.s. en något mindre minskning än med ett optimalt w_p (Figur 7). Med ett w_p mellan 0,68 och 1,0 skattas medelfelet för



Figur 6. Samband mellan w_p och skattningar av förändring och medelfel för femårsperioden mellan 2003-2007 och 2008-2012. Areal Tallskog i region 4.



Figur 7. Samband mellan w_p och skattningar av förändring och medelfel för femårsperioden mellan 2003-2007 och 2008-2012. Areal skog i åldern 81-100 år i region 4.

förändringsskattningen till mellan 20 900 och 23 000 hektar, med det högsta värdet då skattningen helt baseras på det permanenta stickprovet.

Exemplen ovan anger att en skattning av förändring kan göras med olika metoder utan betydande precisionsförluster. Beroende på variabel och tidsintervall kan följande tre alternativa metoder vara aktuella:

1. Som skillnad i tillstånd, d.v.s. med vikter optimerade för tillståndsskattningar
2. Med vikter optimerade för förändringsskattningar
3. Enbart med det permanenta stickprovet ($w_p = 1,0$)

För variabler med en låg korrelation över tid, som exemplet med areal skog inom åldersklassen 81-100 år, har skattningsmetoden en marginell inverkan på medelfelet storlek (Figur 7). Förändringsskattningar av variabler med högre korrelation över tid, som areal produktiv skogsmark och areal tallskog, blir däremot väsentligt säkrare om skattningen görs med vikter optimerade för förändringsskattningar eller med enbart det permanenta stickprovet, d.v.s. med $w_p = 1,0$ (Figur 5 och 6). Minst medelfel ger dock alltid vikter optimerade för förändringsskattningar.

Slutsatser

Som framgår av funktion (5) görs en förändringsskattning med RT-data som en sammanvägning av skattningarna enligt det tillfälliga respektive permanenta stickprovet, d.v.s. på liknande sätt som skattningar av tillstånd. Vikterna w_t och w_p väljs helst så att skattningens medelfel minimeras. Optimala vikter för tillstånds- och förändringsskattningar skiljer sig vanligen åt, där vikten för skattningen baserad på det permanenta stickprovet, w_p , vanligen är större vid en förändringsskattning än för motsvarande tillståndsskattning.

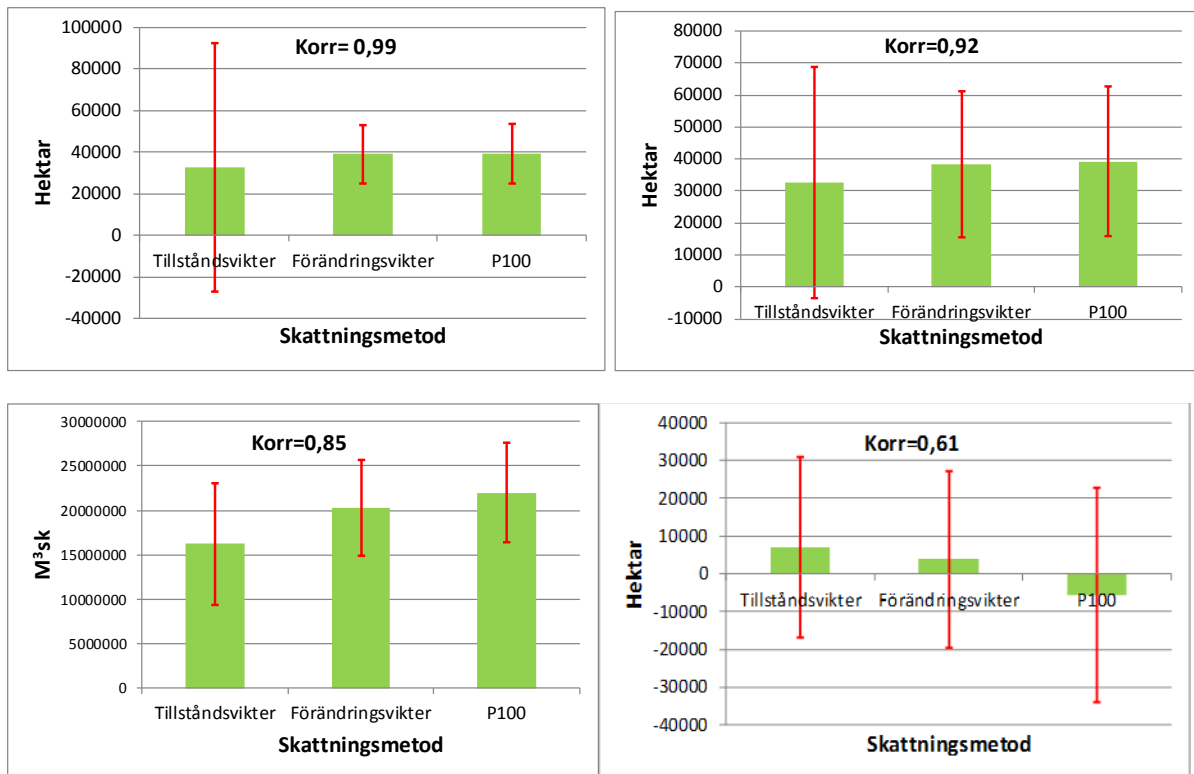
Exemplen i resultatavsnittet visar att en skattning av förändring ibland kan göras med olika vikter utan betydande precisionsförluster (Figur 5-7). Beroende på variabel och tidsintervall kan följande tre alternativa viktuppsättningar vara aktuella:

1. Vikter optimerade för tillståndsskattningar
2. Vikter optimerade för förändringsskattningar
3. Enbart använda det permanenta stickprovet ($w_p = 1,0$)

För att kunna ge mer generella rekommendationer för hur förändringsskattningar bör göras under olika förutsättningar, behövs mer underlag än vad som redovisats ovan. Därför beräknades och jämfördes medelfelen till förändringsskattningar enligt metod 1-3 för variabler med olika korrelation över tid och olika relation i stickprovsstorlek mellan det tillfälliga och permanenta stickprovet. Några typexempel redovisas i figur 8. Fler exempel redovisas i Bilaga 1.

Exemplen i Figur 8 och Bilaga 1 tydliggör de slutsatser som kunde dras av Figur 5-7.

- Vikter optimerade för förändringsskattningar ("förändringsvikter") ger alltid minst medelfel, sedan följer vanligen skattningar helt baserade på det permanenta stickprovet.
- Förändringsskattningar gjorda som förändringar i tillstånd ger vanligen störst medelfel.
- Vid mycket hög korrelation, säg minst 0,9, kan förändringsskattningar med förändringsvikter respektive med enbart p-stickprovet förväntas ge ungefär lika stora medelfel.
- Även vid vad som kan betecknas hög korrelation, säg 0,75 - 0,89, gäller slutsatsen under punkten ovan.
- Vid lägre korrelation, är skillnaderna i medelfel till förändringsskattningar mellan de tre jämförda metoderna mindre.



Figur 8. Exempel på förändringsskattningar med medelfel för några variabler med olika korrelation mellan första och andra inventeringstillfället på de permanenta provytorna. Skattningsmetod definieras av använda vikter vid sammanvägning av skattningar baserade på tillfälligt respektive permanent stickprov. P100 anger att skattningen baseras helt på det permanenta stickprovet.

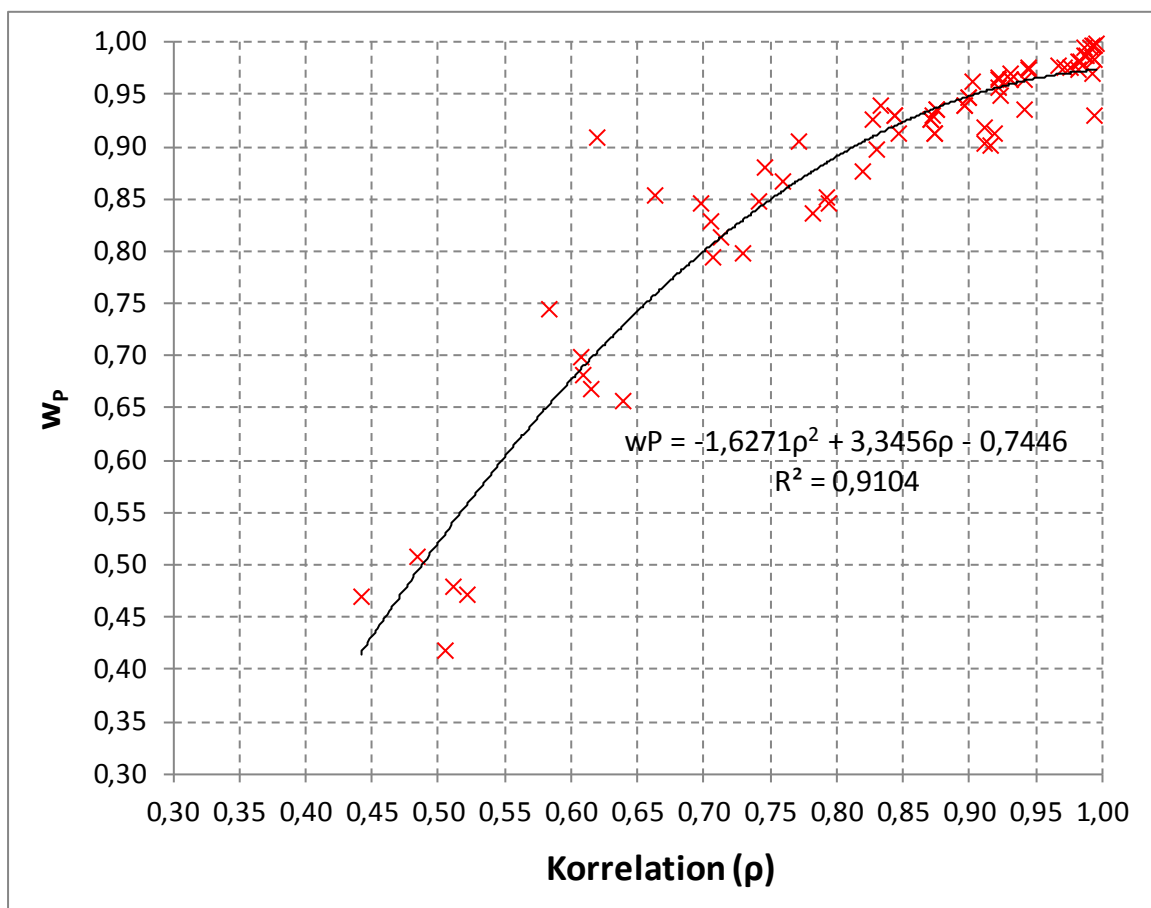
En orsak till att det kan vara attraktivt att göra förändringsskattningar enbart på basis av det permanenta stickprovet eller som förändring i tillstånd är att underlagen till dessa skattningar redan finns beräknade i RTbas. Som indata i framtagna verktyg för tabulering av skattningar används dessa summerbara värden, benämnda "viktade" respektive "oviktade" värden avseende arealer, trädvolym och tillväxter etc. I de "viktade" värdena ingår vikter för areal- respektive volymsskattningar, medan de "oviktade" värdena används för separata skattningar med respektive stickprov. Underlag för skattningar av förändringar i tillstånd (med tillståndsvikter) eller med det permanenta stickprovet ($w_p = 1,0$) finns följaktligen redan i RTbas. Rutiner för att skatta medelfel till förändringsskattningar måste dock tas fram. Här ska observeras att oviktade värden för det permanenta stickprovet där stickprovstätheten ändrats mellan de två inventeringstillfällena måste kalibreras. Orsaken är att vid förändringsskattningar med det permanenta stickprovet används bara de trakter som inventerats vid bägge tillfällena, medan de oviktade värdena avser stickprovet vid respektive inventeringstillfälle.

Om valet faller på att rutinemässigt göra förändringsskattningar med vikter optimerade för förändringsskattningar, bör viktade arealer, volymer etc. med olika kombinationer av w_p/w_t lagras i RTbas. De olika kombinationerna speglar variabler med olika korrelation över tid, en egenskap som följaktligen måste bestämmas från fall till fall. För att underlätta detta val, kan

korrelationen mellan två inventeringstillfällen för ett antal typvariabler beräknas och lagras i RTbas. För att i varje enskilt fall ha tillgång till viktade värden i närheten av de optimala, bör det åtminstone finnas värden baserade på fyra olika kombinationer av w_p / w_t att tillgå. Frågan är då vilken kombination som ska väljas vid en given korrelation. Sambandet mellan korrelation och skattat w_p för exemplen i Bilaga 1 redovisas i Figur 9.

På grundval av Figur 9 och övriga resultat som framkommit i denna studie, skulle följande kombinationer av w_p / w_t att välja mellan vara lämpliga:

<u>Korr</u>	<u>w_p</u>	<u>w_t</u>
0,95-1,0	0,97	0,03
0,85-0,94	0,95	0,05
0,75-0,84	0,89	0,11
0,65-0,74	0,80	0,20



Figur 9. Samband mellan korrelation mellan inventeringstillfällen (ρ) och skattad vikt för förändringsskattningen baserad på det permanenta stickprovet (w_p). Vikten för förändringsskattningen baserad på det tillfälliga stickprovet beräknas som $w_t = 1-w_p$

Några andra exempel på förändringsskattningar

För att belysa frågeställningar rörande förändringsskattningar med data från RT, gjordes några ytterligare jämförelser av de olika sätten att skatta en förändring;

- 1) Att använda vikter optimerade för tillståndsskattningar (tillståndsvikter) vid sammanvägning av skattad förändring enligt det tillfälliga respektive permanenta stickprovet.
- 2) Att använda vikter optimerade för förändringsskattningar (förändringsvikter) vid sammanvägning av skattad förändring enligt det tillfälliga respektive permanenta stickprovet.
- 3) Att använda enbart data från de permanenta provytorna.

Följande förändringar analyserades:

- a) Areal tallskog regionsvis mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012 (5 års förändring).
- b) Total trädvolym inom ägoslaget myr regionsvis mellan perioderna 2003-2005 och 2013-2015 (10 års förändring).
- c) Volym hård, död ved regionsvis mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012 (5 års förändring).
- d) Areal produktiv skogsmark i region 4 och 5 mellan perioderna 1983-1987 och 2008-2012 (25 års förändring).

a) Areal tallskog, regionsvis mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012

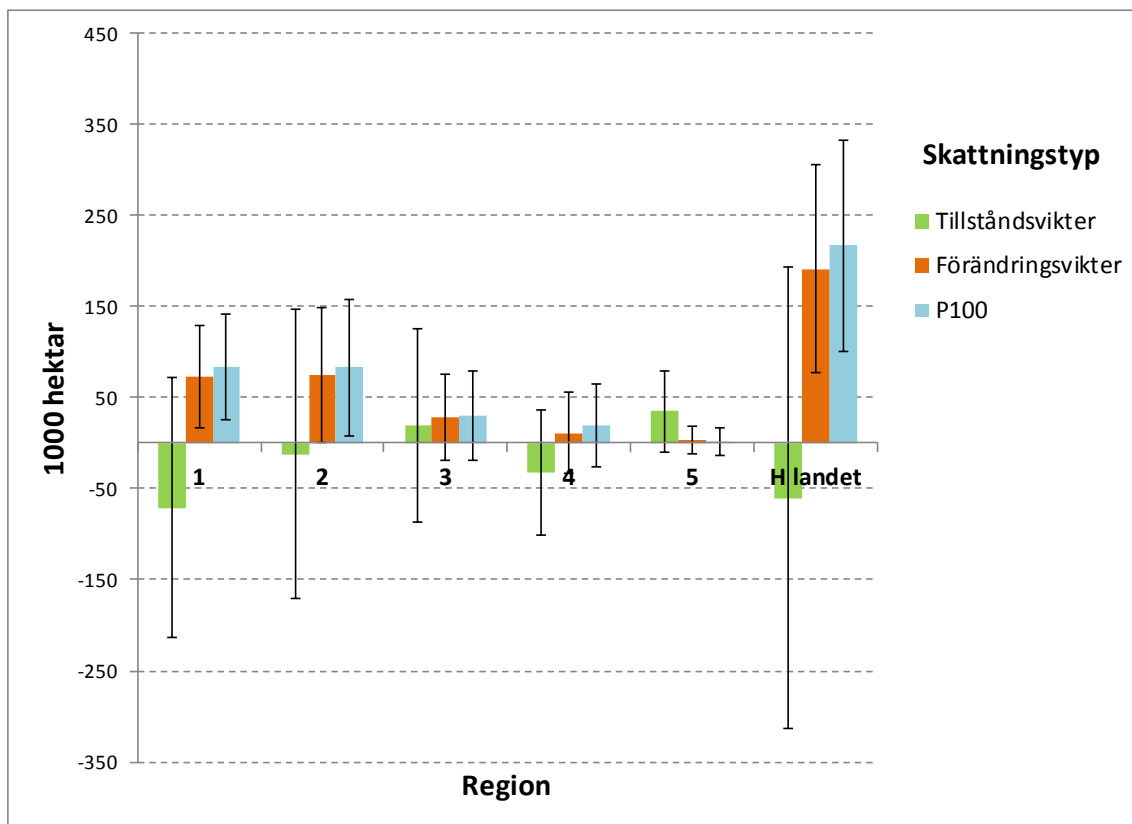
Arealen tallskog är en skoglig egenskap med en hög korrelation i tid över 5 år, varierande mellan 0,92 och 0,97 beroende på region (Figur 5). En ytterligare faktor som medför att de tillfälliga provytornas bidrag till en optimal förändringsskattning är litet, är att antalet tillfälliga trakter endast är ca en tredjedel av antalet permanenta trakter under bägge perioderna 2003-2007 och 2008-2012. I Tabell 3 och Figur 10 redovisas förändringsskattningarna med medelfel och konfidensintervall (95 %).

Tabell 3. Förändringsskattningar av areal tallskog mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012 med tillhörande medelfel. Förändringsskattningarna har gjorts med tillståndsvikter, förändringsvikter och baserat enbart på de permanenta provytorna (P100). 1000-tals hektar.

Region	Tillståndsvikter		Förändringsvikter		P100	
	Förändring	Mfel	Förändring	Mfel	Förändring	Mfel
1	-71	73	73	29	83	29
2	-12	81	75	37	83	38
3	20	54	29	24	30	25
4	-32	35	11	23	19	23
5	35	23	4	8	1	8
H landet	-60	129	191	58	217	59

I alla regioner och för landet som helhet, ger som väntat användning av optimala vikter för förändringsskattningar (2) alternativt en skattning baserad enbart på det permanenta stickprovet (3), klart mindre medelfel än en skattning med vikter optimala för tillståndsskattningar (1). Relationen varierar en del mellan regionerna, och för hela landet ger metod 2 och 3 mindre än hälften så stort medelfel som metod 1.

Av Figur 10 framgår även i vilken mån som man kan dra slutsatser om den faktiska förändringen av arealen tallskog under fem år. Genom att utnyttja informationen från de permanenta provytorna, erhålls signifikanta (95 %) ökningarna i region 1 och 2 samt för hela landet, medan förändringar skattade som skillnader i tillstånd är genomgående osignifikanta.



Figur 10. Förändringsskattningar av arealen tallskog inom regioner. Skattningstyp definieras av använda vikter vid sammanvägning av skattningar baserade på tillfälligt respektive permanent stickprov. P100 anger att skattningen baseras helt på det permanenta stickprovet. Felstaplar visar konfidensintervallet (skattning $\pm 1,96 \cdot$ medelfelet).

b) Total trädvolym inom ägoslaget myr, regionsvis mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012

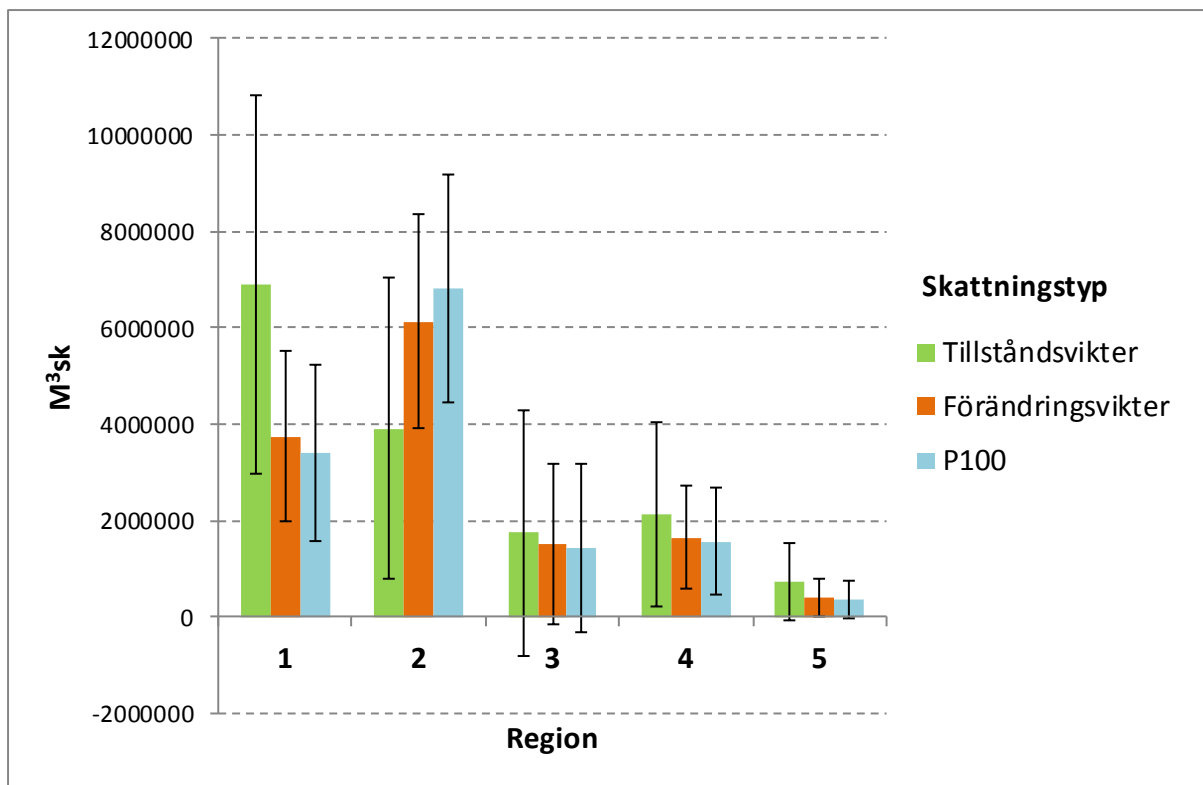
I en tidigare analys av RT-data, har betydande ökning av volymen träd inom ägoslaget myr konstaterats (Gunnarsson *et al* 2010). Denna studie avsåg förändringar mellan perioderna 1983-1987 och 2003-2007, d.v.s. under 20 år. Att ökningarna fortsatt efter 2003-2007 framgår av Tabell 4 och Figur 11. Till skillnad mot arealen tallskog, påvisar både det tillfälliga och permanenta stickprovet en ökning av trädvolymen inom ägoslaget myr inom alla regionerna.

Korrelation mellan mätningstidpunkterna i det permanenta stickprovet ligger inom intervallet 0,8-0,9, vilket talar för att de permanenta provytorna är viktiga för att minimera förändringsskattningens medelfel. Skillnaden i medelfel mellan skattningar med tillstånds- respektive förändringsvikter är dock inte lika stor som för areal tallskog, och förändringsvikter ger en tydligare förbättring jämfört med att använda enbart de permanenta provytorna.

Tabell 4. Förändringsskattningar av total trädvolym inom ägoslaget myr mellan perioderna 2003-2005 och 2013-2015 med tillhörande medelfel. Förändringsskattningarna har gjorts med tillståndsvikter, förändringsvikter och baserat enbart på de permanenta provytorna (P100). Milj skogskubikmeter.

Region	Tillståndsvikter		Förändringsvikter		P100	
	Förändring	Mfel	Förändring	Mfel	Förändring	Mfel
1	6,90	2,00	3,74	0,90	3,40	0,93
2	3,91	1,60	6,13	1,13	6,82	1,21
3	1,74	1,30	1,50	0,85	1,44	0,89
4	2,12	0,98	1,65	0,55	1,57	0,58
5	0,72	0,41	0,40	0,20	0,37	0,20
H landet	15,39	3,06	13,41	1,77	13,60	1,87

Som framgår av Figur 11, ger alla skattningsmetoderna underlag för slutsatsen att det har skett en ökning av volymen träd på ägoslaget myr inom regionerna 1,2 och 4 (95 %). Inom region 3 har ingen signifikant förändring (95 %) skett enligt någon av metoderna, inom region 5 en ökning enligt metod 2 (förändringsvikter).



Figur 11. Förändringsskattningar av trädvolymen inom ägoslaget myr inom regioner. Skattningstyp definieras av använda vikter vid sammanvägning av skattningar baserade på tillfälligt respektive permanent stickprov. P100 anger att skattningen baseras helt på det permanenta stickprovet. Felstaplar visar konfidsensintervallet (skattning $\pm 1,96 \cdot \text{medelfelet}$).

c) Total volym hård, död ved, regionsvis mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012

Förekomst av död ved är en viktig ekologisk komponent i skogslandskapet och sedan 1998 följs också volymen hård, död ved i RT som en miljöindikator. Ett miljömål angående hård, död ved, kan exempelvis formuleras som: "Mängden hård död ved ska öka från år X till år Y". För att bedöma om målet har nåtts år Y, skattas förändringen mellan år X och Y, och om det är en ökning kan man med ledning av medelfelet storlek avgöra om förändringen är tillräckligt stor för att kunna uppfattas som statistiskt signifikant.

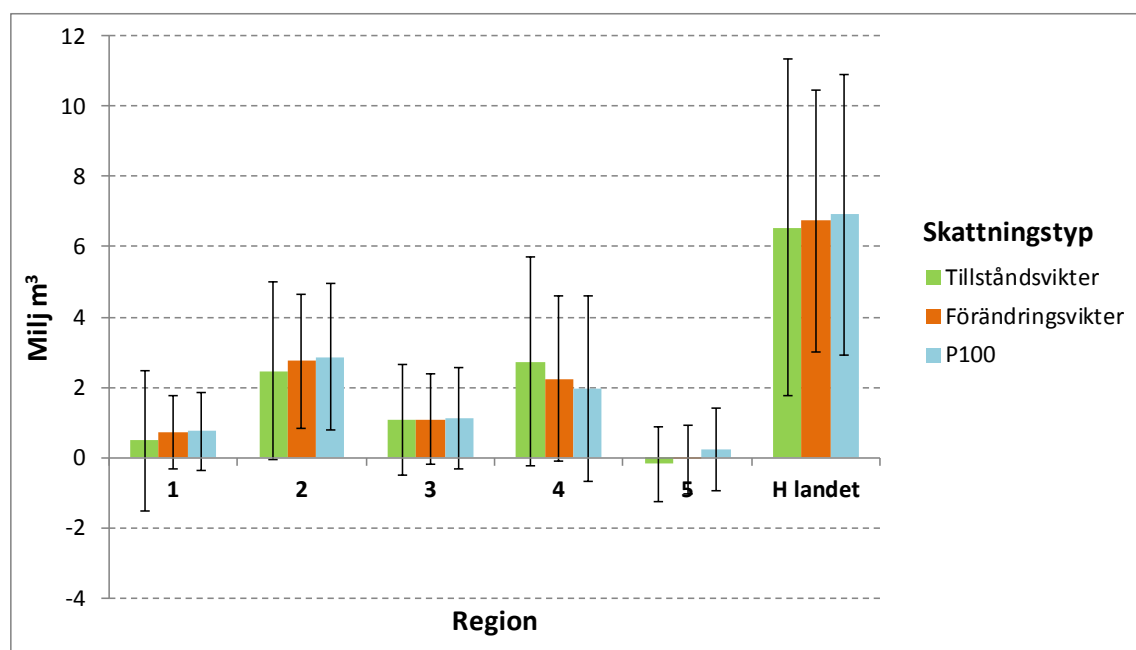
I Tabell 5 och Figur 12 redovisas underlag till sådana bedömningar huruvida det har skett en ökning av volymen hård, död ved under fem år mellan 2005 och 2010. Uppgifterna för 2005 och 2010 har beräknats som femårsmedelvärden för åren 2003-2007 respektive 2008-2012.

Korrelationen för volymen hård, död ved mellan två inventeringstillfällen med fem års intervall varierar en hel del mellan regionerna. I region 1 och 2 ligger den i storleksordningen 0,8-0,85 beräknat som ett femårsmedelvärde för 2003/2008, 2004/2009, 2005/2010, 2006/2011 och 2007/2012. I de sydligaste regionerna 4 och 5 är den endast ca 0,5, och i region 3 ca 0,7. Som förväntat medför detta att relationen i medelfel till

förändringsskattningen mellan de jämförda sätten att skatta förändringen varierar betydligt mellan regionerna.

Tabell 5. Förändringsskattningar av total volym hård, död ved mellan perioderna 2003-2007 och 2008-2012 med tillhörande medelfel. Förändringsskattningarna har gjorts med tillståndsvikter, förändringsvikter och baserat enbart på de permanenta provytorna (P100). Milj kubikmeter

Region	Tillståndsvikter		Förändringsvikter		P100	
	Förändring	Mfel	Förändring	Mfel	Förändring	Mfel
1	0,48	1,02	0,71	0,53	0,74	0,56
2	2,46	1,29	2,74	0,98	2,86	1,06
3	1,06	0,80	1,09	0,66	1,12	0,74
4	2,73	1,52	2,25	1,19	1,96	1,34
5	-0,19	0,55	-0,05	0,50	0,24	0,60
H landet	6,54	2,44	6,74	1,90	6,92	2,04



Figur 12. Förändringsskattningar av volym hård, död ved inom regioner. Skattningstyp definieras av använda vikter vid sammanvägning av skattningar baserade på tillfälligt respektive permanenta stickprov. P100 anger att skattningen baseras helt på det permanenta stickprovet. Felstaplar visar konfidsensintervallet (skattning +/-1,96*medelfelet).

Skattningen av själva förändringen av volym hård, död ved skiljer inte särskilt mycket mellan det tillfälliga respektive permanenta stickprovet. Detta medför att skattad förändring är ungefär densamma för de tre skattningsmetoderna, d.v.s. relativt oberoende av hur de tillfälliga och permanenta skattningarna vägs samman. I region 1 och 2 ger en

förändringsskattning med optimala vikter eller enbart baserad på det permanenta stickprovet klart mindre medelfel jämfört med en skattning baserad på tillståndsvikter. I region 3-5 är skillnaderna mindre, särskilt i region 5 där en förändringsskattning beräknad som en förändring av tillstånd är effektivare än en skattning som helt baseras på det permanenta stickprovet.

Enbart för region 2 och för landet som helhet kan en statistiskt säkerställd ökning (95 %) av volymen hård, död ved konstateras. I region 2 krävs att förändringsvikter används eller att förändringsskattningen helt bygger på det permanenta stickprovet för ett sådant konstaterande. För hela landet är dock den skattade ökningen signifikant även med tillståndsvikter.

d) Areal produktiv skogsmark i region 4 och 5 mellan perioderna 1983-1987 och 2008-2012.

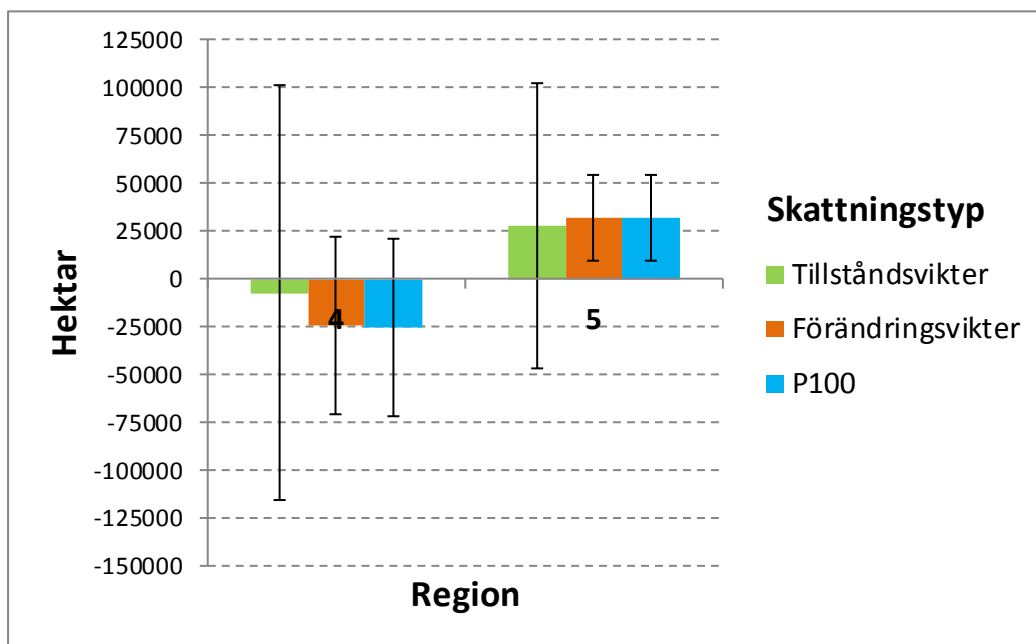
Som ett exempel på en förändringsskattning över en längre tidsperiod, skattades hur arealen produktiv skogsmark har förändrats under 25 år mellan femårsperioderna 1983-1987 och 2008-2012. Under 2000-talet har bedömningsgrunderna för ägoslaget fjällbarrskog modifierats, vilket kan ha inverkat på skattade arealer av bl.a. produktiv skogsmark. Därför begränsas denna redovisning till regioner som saknar fjällbarrskog, d.v.s. region 4 och 5.

Av Tabell 6 framgår att alla tre metoder att skatta en förändring påvisar en minskad areal produktiv skogsmark i region 4 mellan 1985 och 2010. I region 5 är förhållandet det motsatta, arealen har genomgående ökat. Förändringarna är relativt sett små, särskilt i region 4 där minskningen (med förändringsvikter) motsvarar endast 0,4 % av arealen produktiv skogsmark 1985. I region 5 har arealen ökat med 2,8 % av arealen 1985. Av Tabell 6 framgår också att skattade medelfel med förändringsvikter eller enbart permanenta provytor är mindre än hälften så stora som med förändringsskattningar med tillståndsvikter. Detta är en följd av den starka korrelationen för areal produktiv skogsmark, 0,97-0,98, trots att 25 år har förflutit mellan observationerna.

Skattade förändringar med tillhörande medelfel medför att minskningen av areal produktiv skogsmark i region 4 inte är statistiskt signifikant (95 %) med någon av skattningsmetoderna. Däremot kan en signifikant ökad areal i region 5 mellan 1985 och 2010 med förändringsvikter eller enbart permanenta provytor påvisas.

Tabell 6. Förändringsskattningar av areal produktiv skogsmark mellan perioderna 1983-1987 och 2008-2012 med tillhörande medelfel. Förändringsskattningarna har gjorts med tillståndsvikter, förändringsvikter och baserat enbart på de permanenta provytorna (P100). Milj hektar.

Region	Tillståndsvikter		Förändringsvikter		P100	
	Förändring	Mfel	Förändring	Mfel	Förändring	Mfel
4	-7482	55336	-24229	23535	-25212	23765
5	27776	38107	31863	11309	32017	11436



Figur 13. Förändringsskattningar av areal produktiv skogsmark inom region 4 och 5. Skattningstyp definieras av använda vikter vid sammanvägning av skattningar baserade på tillfälligt respektive permanent stickprov. P100 anger att skattningen baseras helt på det permanenta stickprovet. Felstaplar visar konfidensintervallet (skattning $\pm 1,96 \cdot$ medelfelet).

Referenser

- Ranneby, B., Cruse, T., Hägglund, B., Jonasson, H., Swärd, J. 1987. Designing a new national forest survey for Sweden. *Studia Forstalia Suecica*, No 177/1987.
- SOU 1932:26. Uppskattning av Sveriges skogstillgångar verkställd åren 1923-1929. Redogörelse avgiven av Riksskogstaxeringsnämnden. Stockholm 1932.
- Hägglund 1985. En ny svensk riksskogstaxering. Sveriges lantbruksuniversitet, inst. f. skogstaxering. Rapport 37, Umeå.
- Toet, H., Fridman, J., Holm, S. 2007. Precisionen i Riksskogstaxeringens skattningar 1998-2002. Sveriges lantbruksuniversitet, inst. f. skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 167/2007, Umeå.
- Gunnarsson, U., Kempe, G., Kellner, O. 2010. Mer träd på myrarna - Igenväxning de senaste 20 åren. Dalarnas län Rapport 2010:04, Gävleborgs län Rapport 2010:3.

BILAGA 1

Några exempel på förändringsskattningar med tillhörande medelfel. Följande skattningsmetoder, där skattningarna med det tillfälliga respektive permanenta stickprovet viktats på olika sätt, jämförs:

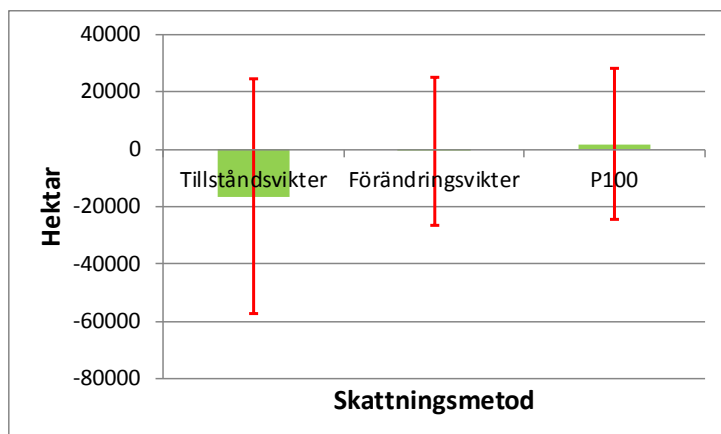
1. Som skillnad i tillstånd, d.v.s. med vikter optimerade för tillståndsskattningar (Tillståndsvikter)
2. Med vikter optimerade för förändringsskattningar (Förändringsvikter)
3. Enbart med det permanenta stickprovet (P100, skattningen baserad på det permanenta stickprovet ges vikten 1,0)

Korrelationen anger korrelation i det permanenta stickprovet mellan inventeringstillfällena. Relativ stickprovstorlek anger stickprovets storlek i procent av storleken 1983-1987 som Perm/ Tillf vid tillfälle 1, Tillf vid tillfälle 2.

Exempel 1. Skattad förändring av areal produktiv skogsmark mellan femårsperioderna 1988-1992 och 1998-2002 i region 4. Röd stapel anger skattat medelfel.

Korrelation=0,99

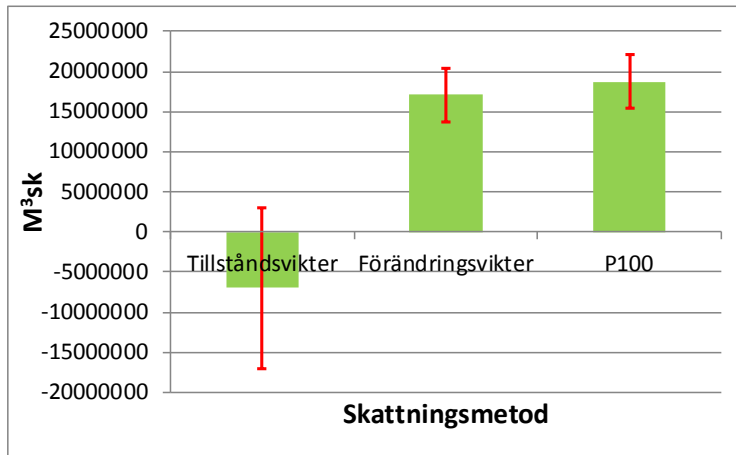
Relativ stickprovstorlek=50/100,80



Exempel 2. Skattad förändring av stående volym i tallskog mellan femårsperioderna 2003-2005 och 2008-2010 i region 1. Röd stapel anger skattat medelfel

Korrelation=0,92

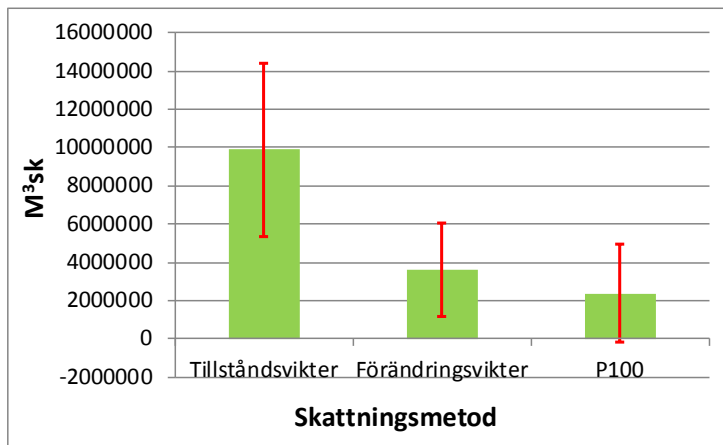
Relativ stickprovstorlek=50/100,50



Exempel 3. Skattad förändring av stående volym i tallskog mellan femårsperioderna 2003-2005 och 2008-2010 i region 5. Röd stapel anger skattat medelfel.

Korrelation=0,77

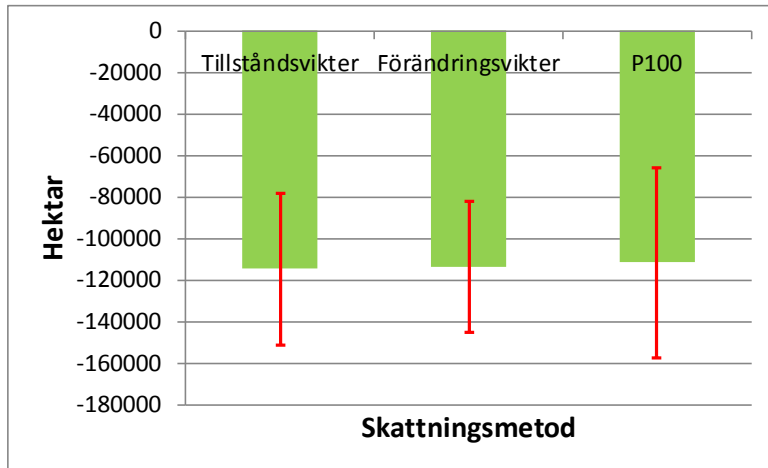
Relativ stickprovstorlek=50/20,20



Exempel 4. Skattad förändring av areal skog i åldersintervallet 81 – 100 år mellan femårsperioderna 1988-1992 och 1998-2002 i region 4. Röd stapel anger skattat medelfel.

Korrelation=0,52

Relativ stickprovstorlek=50/100,80



Exempel 5. Skattad förändring av areal tallskog mellan femårsperioderna 1988-1992 och 1998-2002 i region 4. Röd stapel anger skattat medelfel.

Korrelation=0,79

Relativ stickprovstorlek=50/100,80

