



Skogsskötselns inverkan på produktion av älgfoder

– långsiktiga analyser med hjälp av
Heurekasystemet

*Effect of forest management on the production of fodder – long term
analysis with the Heureka system*

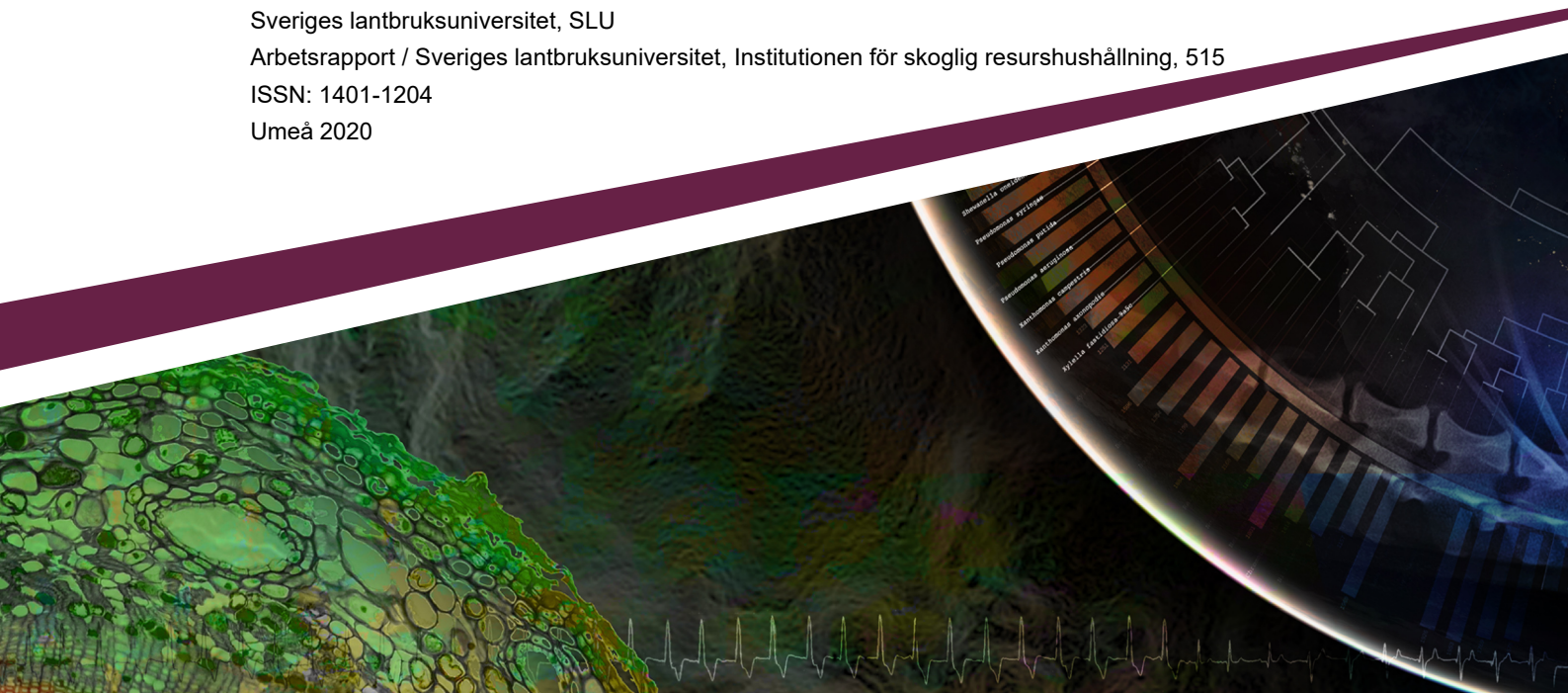
Karin Öhman, Hampus Holmström

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Arbetsrapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, 515

ISSN: 1401-1204

Umeå 2020



Skogsskötselns inverkan på produktion av älgfoder – långsiktiga analyser med hjälp av Heureka-systemet

Karin Öhman Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig
resurshushållning

Hampus Holmström Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig
resurshushållning

Redaktör: Karin Öhman, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för
skoglig resurshushållning

Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skoglig
resurshushållning

Utgivningsår: 2020

Utgivningsort: Umeå

Serietitel: Arbetsrapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för
skoglig resurshushållning,

Delnummer i serien: 515

ISSN: 1401-1204

Nyckelord: beslutsstödsystem, optimering, scenarioanalyser, skogsskötsel,
älgförvaltning, älgfoder

Sammanfattning

Ett av de övergripande målen med det älgförvaltningssystem som infördes i januari 2012 är att anpassa älgstammens storlek till den rådande och den framtida fodertillgången. Om man ska kunna anpassa älgstammens storlek till betesresurserna är kunskap om hur mycket foder som kommer finnas tillgängligt i dag och i framtiden av central betydelse. Men eftersom mängden foder kommer variera med skogstillståndet, som i sin tur är beroende av hur skogen, sköts är det också mycket viktigt att ha kunskap om hur olika typer av skogsskötsel påverkar fodermängderna i landskapet. Syftet med denna studie är att beskriva hur mängden foder påverkas av olika skogsskötselstrategier och vilka skötselstrategier som ska väljas om man vill optimera foderproduktionen. Mer specifikt svarar studien på: Hur mycket foder får man givet att man sköter skogen på olika sätt, vilken fördelning av olika skötselstrategier som är optimalt för olika nivåer av foderproduktion samt vilken avvägning som behöver göras mellan mängd foder och ekonomisk nytta. Analyserna i studien baseras på alternativa scenarier över skogens utveckling skapade med hjälp av Heureka-systemet för två olika områden i Sverige. För varje analysområde har fyra olika scenarier tagits fram. Varje scenario beskriver skogens förväntade skötsel och utveckling 100 år framåt med utgångspunkt i det initiala skogstillståndet och med antaganden om olika krav på produktion av älgfoder. Scenario ett representerar ett skogsbruk där den ekonomiska avkastningen från framtida skötselåtgärder maximeras, scenario två är ett skogsbruk där skötseln optimerats utifrån maximal foderproduktion men med villkoret att nuvärdet får som mest sjunka med 5 %, scenario tre är ett skogsbruk där skötseln optimerats utifrån maximal foderproduktion men med villkoret att nuvärdet får som mest sjunka med 10 % och slutligen är scenario fyra ett skogsbruk där skötseln optimerats utifrån maximal foderproduktion utan krav på ett visst nuvärde. Resultatet från vår studie indikerar att det är möjligt att förändra skogsbruket för att öka foderproduktionen i landskapet. Detta kan dock innebära en påverkan på olika indikatorer för biologisk mångfald. Denna påverkan kan förklaras av en ökad andel av skötselstrategin för intensivskogsbruk som innefattar kortare omloppstider jämfört med det konventionella trakthyggesbruket när skogsbruket optimeras för att maximera foderproduktionen.

Nyckelord: beslutsstödsystem, optimering, scenarioanalyser, skogsskötsel, älgförvaltning, älgfoder

Förord

Analyserna inom detta projekt har utförts med hjälp av Heurekasystemet. Heurekasystemet är en uppsättning programvaror utvecklade vid SLU som låter användare göra en stor mängd olika analyser för olika typer av skogsbruk. Systemet kan hantera ett flertal ekosystemtjänster och göra kort- och långsiktiga prognoser för t.ex. virkesproduktion, ekonomi, naturvård, rekreation och kolinlagring.

Programmet för skogliga hållbarhetsanalyser (SHa) ansvarar sedan 2011 för Heurekasystemets förvaltning och sedan 2013 finns en överenskommelse mellan tolv parter; myndigheter, företag och organisationer, att gemensamt svara för finansieringen av förvaltningen. Därmed finns en bas för förvaltningen och för viss vidareutveckling av systemet. Ytterligare funktionalitet läggs löpande in i systemet på uppdrag av olika utvecklingsprojekt. Systemet är fritt tillgängligt för vem som helst att använda. Mer information om systemet och instruktioner för installation finns på www.slu.se/sha

Arbetet med denna rapport har utförts inom projektet ” ”Foderprognoser med Heurekasystemet” finansierat med anslag från Foma, programområde Skog, ”Nya underlag för klövviltförvaltningen”(diarienummer SLU.vfm.2017.5.2-64)

För mer information kontakta:

Karin Öhman, e-mail: karin.ohman@slu.se, telefon: 090-786 85 88

Hampus Holmström, e-mail: hampus.holmstrom@slu.se, telefon: 090-786 83 74

Avdelningen för skoglig planering
Institutionen för skoglig resurshushållning
Sveriges lantbruksuniversitet (SLU)
901 83 UMEÅ
Besöksadress: Skogsmarksgränd

Innehållsförteckning

1. Inledning	8
2. Material	10
3. Metod	13
3.1. Heureka systemet.....	13
3.2. Heureka - PlanVis.....	14
3.3. Definition och simulering av scenarier.....	15
3.3.1. Simulering av möjliga skötselprogram för varje provyta, steg 1:	15
3.3.2. Val av skötselprogram, steg 2:	16
4. Resultat	18
5. Diskussion	25
Referenser	27

Tabellförteckning

Tabell 1 Initialt skogstillstånd baserat på provytedata från Riksskogstaxeringen för åren 2008-2012 för de bägge analysområdena.....	11
--	----

Figurförteckning

Figur 1. Den initiala ålderklassfördelningen i södra Sverige.....	11
Figur 2. Den initiala ålderklassfördelningen i södra Sverige.....	12
Figur 3 Älgfodrets utveckling över tid för det södra fallstudieområdet för de olika scenarierna.	18
Figur 4 Älgfodrets utveckling över tid för det norra fallstudieområdet för de olika scenarierna.	19
Figur 5 Avvägning mellan produktion av älgfoder och nuvärde för det södra fallstudieområdet.	19
Figur 6 Avvägning mellan produktion av älgfoder och nuvärde för det norra fallstudieområdet.	20
Figur 7 Fördelning av skötselstrategier för det södra fallstudieområdet för de olika scenarierna.	20
Figur 8 Fördelning av skötselstrategier för det södra fallstudieområdet för de olika scenarierna.	21
Figur 9 Den lövrika äldre skogens utveckling över tid för de olika scenarierna i södra Sverige. Som lövrika äldre skogar räknas skogar med en medelålder över 50 år och som innehåller minst 25% löv.....	21
Figur 10 Den lövrika äldre skogens utveckling över tid för de olika scenarierna i norr Sverige. Som lövrika äldre skogar räknas skogar med en medelålder över 50 år och som innehåller minst 25% löv.....	22
Figur 11 Den äldre skogens utveckling över tid för de olika scenarierna i södra Sverige. Som äldre skogar räknas skogar med en medelålder över 75 år.	22
Figur 12 Den äldre skogens utveckling över tid för de olika scenarierna i norra Sverige. Som äldre skogar räknas skogar med en medelålder över 75 år.	23
Figur 13 Den hårda döda vedens utveckling över tid för de olika scenarierna i södra Sverige (som hård död ved räknas nedbrytningsklass 0, 1 och 2).	23
Figur 14 Den hårda döda vedens utveckling över tid för de olika scenarierna i norra Sverige (som hård död ved räknas nedbrytningsklass 0, 1 och 2).	24

1. Inledning

Ett av de övergripande målen med det älgförvaltningssystem som infördes i januari 2012 var att anpassa älgstammens storlek till den rådande och den framtida fodertillgången. En alltför stor älgstam i förhållande till den mängd foder som finns tillgängligt kan ge betesskador med sämre tillväxt och virkeskvalitet, och därmed lägre ekonomisk avkastning och en förändrad skötsel som följd (Nilsson *et al.* 2016). Men det är inte bara produktionen och ekonomin som påverkas utan betesskadorna påverkar även den biologiska mångfalden i landskapet. Ett högt betestryck kan leda till att de s.k. RASE arterna (rönn, asp, sälg och ek) i lägre utsträckning blir trädbildande då dessa arter ofta föredras av viltet. Skogen riskerar därmed att bli artfattigare då många av skogens rödlistade arter är knutna till dessa trädslag. Speciellt i södra Sverige väljer dessutom i dag många skogsägare att plantera gran framför den betesbegärliga tallen även på marker som inte är lämpade för granskog. Även detta kommer leda till att skogen blir artfattigare och att landskapsbilden på sikt kommer förändras (Bergquist *et al.* 2011).

Om man ska kunna anpassa älgstammens storlek till betesresurserna är kunskap om hur mycket foder som kommer finnas tillgängligt i dag och i framtiden av central betydelse. Utvecklandet av metoder för foderprognoser har därför ansetts viktigt för att kunna genomföra en adaptiv, ekosystembaserad älgförvaltning. Men eftersom mängden foder kommer variera med skogstillståndet, som i sin tur är beroende av hur skogen sköts är det därför också mycket viktigt att ha kunskap om hur olika typer av skogsskötsel påverkar fodermängderna i landskapet. Merparten av kvistbetet sker vintertid. Det är därför viktigt, om det främst är betesskadorna som avses begränsas, att få kunskap om fodertillgången vintertid. Vinterfodret kan förenklat sägas komma från två källor; från den brukade ungsbogen och då främst tallungskog och från övrig areal som t.ex. kantzoner och skogliga impediment. Den övriga arealen utvecklas förhållandevis långsamt och dess tillstånd kan betraktas som relativt stabilt över tid. Det är därför viktigt att få kunskap kring hur olika typer av aktiv skogsskötsel t.ex. förkortade omloppstider, lövgynnande röjning och/eller senarelagd gallring påverkar fodernivåerna i den brukade skogen.

Syftet med denna studie är att beskriva hur mängden foder påverkas av olika skogsskötselstrategier och vilka skötselstrategier som ska väljas om man vill optimera foderproduktionen. Mer specifikt svarar studien på:

- Hur mycket foder får man givet att man sköter skogen på olika sätt.
- Vilken fördelning av olika skötselstrategier som är optimalt för olika nivåer av foderproduktion.
- Vilken avvägning som behöver göras mellan mängd foder och ekonomisk nytta.

Analyserna i studien baseras på alternativa scenarier över skogens utveckling skapade med hjälp av Heureka-systemet för två olika områden i Sverige (Wikström *et al.* 2011). Scenarierna beskriver skogens förväntade skötsel och utveckling 100 år framåt med utgångspunkt i det initiala skogstillståndet och med antaganden om olika krav på produktion av älgfoder. Mängden foder definieras i denna studie av mängden barkbiomassan (ton torrsubstans) för tall i bestånd med en grundyttevägd medelhöjd under 4 m och mängden kvistbiomassa (ton torrsubstans) för tall och löv i bestånd med grundyttevägd medelhöjd under 5 m.

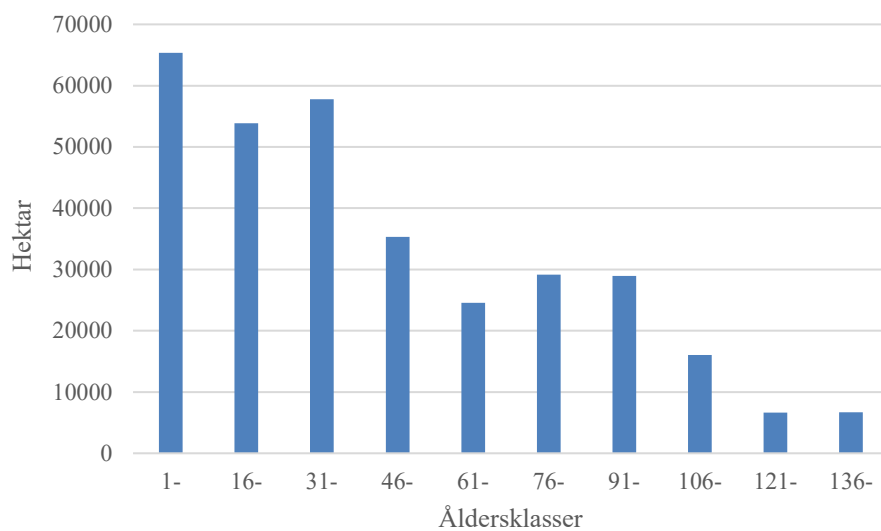
2. Material

En central nivå i förvaltningssystemet är bildandet av älgförvaltningsområden (ÄFO). Ett ÄFO ska vara stort nog för att kunna hysa en egen älgstam vilket i södra Sverige motsvarar det en areal på minst 50 000 hektar och i norra Sverige minst 100 000 hektar. Området i norra Sverige utgörs därför av kommunerna Vindeln, Umeå, Vännäs, Bjurholm och Nordmaling som motsvarar Västerbottens sydöstra ÄFO. För att öka skattningarnas noggrannhet utgörs emellertid området i södra Sverige av en sammanslagning av Västergötlands ÄFO 9 och del av Västergötland ÄFO 8. Området motsvarar därför kommunerna Borås, Ulricehamn, Tranemo, Svenljunga och Mark. De bägge områdena skiljer sig åt vad gäller produktionsförutsättningar, t.ex. ståndortsförhållanden, åldersklassfördelning och andel ungskog och därmed hur mycket foder som kan produceras under olika skogsskötselstrategier, se tabell 1, figur 1 och figur 2.

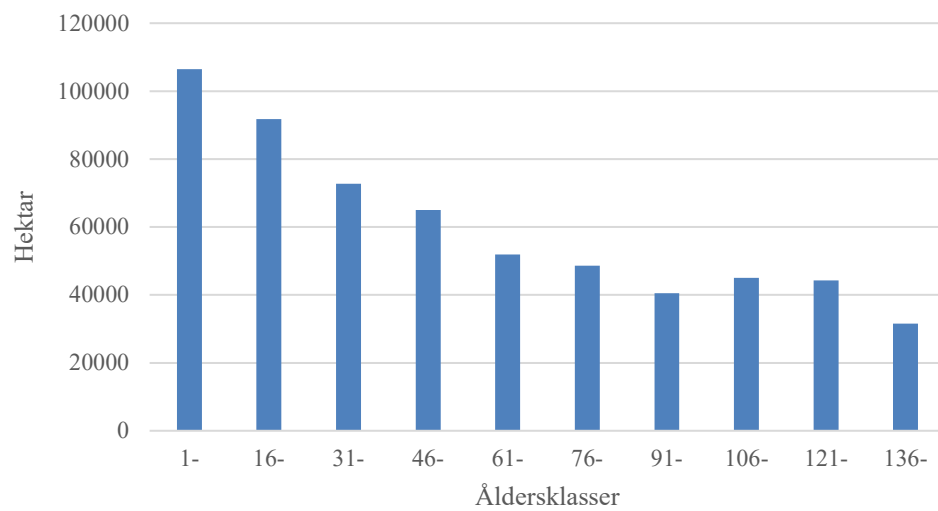
Data för att beskriva ingående skogstillstånd i de bägge områdena baseras på en 5-årsmängd av cirkelprovtytor från Riksskogstaxeringen (RT) inventerade mellan 2008-2012. RT är en årlig stickprovsinventering som utförs av institutionen för Skoglig resurshushållning vid SLU och är en del av den officiella statistiken. Syftet med inventeringen är att beskriva tillstånd och förändringar i Sveriges skogar. De variabler som samlas in omfattar träddata, provträdsdata, beståndsegenskaper och botten- och fältskikt. Antalet variabler har ökat stadigt eftersom fokus för inventeringen har under senare år breddats från endast ett skogsbruksperspektiv till att även inkludera variabler kopplade till ekologiska värden. Eftersom inventeringen är en stickprovsinventering ska uppgifterna inte betraktas som sanna värden utan som skattningar där skattningens noggrannhet ökar ju större område som analyserna baseras på. Mer information om RT och hur du får tillgång till data finns att hämta på www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/

Tabell 1 Initialt skogstillstånd baserat på provytedata från Riksskogstaxeringen för åren 2008-2012 för de bägge analysområdena.

	Södra Sverige	Norra Sverige
Produktiv skogsmarksareal (ha)	324 000	598 000
Medelålder (år)	50.7	60.8
Medelvolym (m ³ sk/ha)	161	115.2
Medel bonitet	8.7	3.71
Ungskogsandel <16 år (%)	20	18
Tallandel, volym (%)	21	48
Granandel, volym (%)	65	36
Lövandel, volym (%)	14	16
Antal RT ytor	586	645



Figur 1. Den initiala ålderklassfördelningen i södra Sverige.



Figur 2. Den initiala ålderklassfördelningen i norra Sverige.

3. Metod

För varje analysområde har fyra olika scenarier tagits fram. Scenario ett representerar ett skogsbruk där den ekonomiska avkastningen från framtida skötselåtgärder maximeras, scenario två är ett skogsbruk där skötseln optimerats utifrån maximal foderproduktion men med villkoret att nuvärdet får som mest sjunka med 5 %. Scenario tre är ett skogsbruk där skötseln optimerats utifrån maximal foderproduktion men med villkoret att nuvärdet får som mest sjunka med 10 %. Slutligen är scenario fyra ett skogsbruk där skötseln optimerats utifrån maximal foderproduktion utan krav på ett visst nuvärde.

3.1. Heurekasystemet

Scenarierna för att beskriva skötselns påverkan på framtida fodermängder är framtagna med Heurekasystemet (Wikstrom *et al.* 2011). Heurekasystemet är utvecklat vid SLU och möjliggör analyser och planeringsansatser för skogsbruk inriktat mot flera mål. Kort- och långsiktiga prognoser kan göras av t.ex. virkesproduktion, ekonomi, naturvård, rekreation och kolinlagring. Programvarorna kan tillämpas från det enskilda beståndet och fastigheter till hela landskap eller regioner. Heurekasystemet används idag frekvent i forskning, undervisning och i det praktiska skogsbruket.

Heurekasystemet består av ett antal programvaror varav tre stycken hanterar skogens dynamik. Dessa tre: BeståndsVis, PlanVis, och RegVis har en gemensam kärna bestående av en stor uppsättning empiriska modeller för framskrivning av skogens tillväxt, produktion och avgång, modeller för olika ekosystemtjänster t.ex. sågtimmer- och massavedsproduktion, kollagring och rekreation samt modeller som beskriver skogsvårdsaktiviteter, avverkningar och därtill hörande intäkter, kostnader, m.m. BeståndsVis är en interaktiv simulator för analyser av enskilda bestånds utveckling och skötsel. PlanVis är avsedd för analyser av olika skötselalternativ och för att söka bra förslag på skötsel utifrån ställda målsättningar och baseras därmed på en optimerande ansats. RegVis i sin tur används för att analysera vad som händer med skogen givet specifika beskrivningar av hur skogen brukas. RegVis har en simulerande ansats där användare styr skötseln genom regelverk för t.ex. olika skogstyper och markägare. RegVis kan liksom PlanVis

användas i olika geografiska skalor. Den fjärde programvaran; PlanEval, är avsedd för flermålsanalys där alternativa planförslag kan jämföras med avseende på olika värden även om de inte mäts med samma måttstock, som t.ex. virkeproduktion, biodiversitet och rekreation. Genom en strukturerad process kan användare jämföra utfallet av olika planer och rangordna planerna utefter vilken som ger högst övergripande måluppfyllelse.

3.2. Heureka PlanVis

I denna studie har programvaran Heureka PlanVis använts. PlanVis är ett optimerande beslutsstödsystem som utifrån en uppsättning möjliga skötselalternativ väljer ett skötselalternativ för var och en av behandlingsenheterna, vilket i denna analys motsvaras av provytorna i analysområdet. Det innebär att användaren i förväg inte bestämmer hur en viss skog ska skötas utan istället anger man först ramar för hur de alternativa skötselalternativen ska simuleras och sedan väljs det optimala skötselalternativen utifrån användarens definierade målsättningar. I PlanVis görs analyser av framtida skogstillstånd och tillhörande ekosystemtjänster för ett analysområde därför i två steg: (1) simulering av ett antal alternativa skötselprogram och (2) val av skötselprogram.

I det första steget skapas en uppsättning alternativa skötselprogram för varje behandlingsenhet. Ett skötselprogram är en sekvens av åtgärder från år 0 till planeringshorisontens slut för en behandlingsenhet. För varje behandlingsenhet, skötselprogram och period beräknas en rad olika resultatparametrar, t.ex. nuvärde, avverkningsvolym, trädslagsblandning etc. De alternativa skötselprogrammen genereras av systemet utifrån de ramar som användaren definierar med hjälp av skötselstrategier. PlanVis gör det möjligt för användaren att i detalj specificera olika skötselstrategier genom att först välja ett skötselssystem, antingen fri utveckling, trakthyggesbruk eller kontinuitetsskogsbruk och därefter specificera hur olika skötselåtgärder t.ex. markberedning, föryngring, röjning, gallring, slutavverkning och gödsling inom en skötselstrategi ska simuleras. T.ex. kan en skötselstrategi definieras för trakthyggesbruk med förkortade eller förlängda omloppstider och en annan skötselstrategi kan vara trakthyggesbruk med eller utan gödsling. Olika skötselstrategier kan definieras för olika områden beroende på skötselmål och initialt skogstillstånd. Det kan t.ex. innebära att användaren definierar att systemet för en del av analysområdet ska generera en mängd skötselprogram som innebär trakthyggesbruk och där omloppstiderna tillåts variera mellan lägsta slutavverkningsålder och trettio års överhållning. För en annan del av området bestämmer istället användaren att systemet ska simulera olika varianter av blädningskogsbruk etc. Användaren kan dessutom låta systemet generera skötselprogram för flera olika skötselstrategier för en och samma behandlingsenhet.

I steg två väljs sedan en kombination av skötselprogram för varje behandlingsenhet på ett för analysområdet optimalt sätt utifrån de mål och restriktioner användaren angett. T.ex. kan användaren specificera att man vill välja skötselprogram så att nuvärdet från skogsbruket maximeras samtidigt som de valda alternativen ger upphov till ett skogsbruk där avverkningarna ligger på ungefär samma nivå varje period. Valet av skötselprogram sker med hjälp av linjärprogrammering (LP) som är en traditionell optimeringsmetod för att lösa olika planeringsproblem (Lundgren *et al.* 2010) För en utförligare beskrivning av Heureka PlanVis se rapporten ”Overview of the PlanWise application and examples of its use” tillgänglig på www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/sha/nyheter/2020/rapport_planvis.pdf

3.3. Definition och simulering av scenarier

De fyra olika scenarierna har simulerats med hjälp av PlanVis två grundläggande steg.

3.3.1. Simulering av möjliga skötselprogram för varje provyta, steg 1:

För att efterlikna den naturvårdshänsyn som är bruklig i dagens skogsbruk simulerades för 15 % av den produktiva skogsmarksarealen i respektive område endast ett skötselprogram som innebär att ingen aktiv skötsel utförs under planeringshorisonten (här 100 år). Detta urval av arealer gjordes på basis av provytornas grundtevägda medelålder i startläget. För det norra analysområdet användes en åldersgräns på 116 år medan motsvarande åldersgräns i södra Sverige var 95 år. Denna simulering av naturvårdshänsyn påverkar givetvis genomsnittlig nettoavkastning men har den effekten att avverkningstakten blir avsevärt jämnare och på så sätt mer realistisk.

För att analysera olika typer av skötselpåverkan på mängden foder definierades därefter en uppsättning möjliga skötselstrategier för resterande provytor. Dessa fem skötselstrategier var:

- Konventionellt trakthyggesbruk: För denna skötselstrategi simuleras skötselprogram som alla är varianter av ett konventionellt trakthyggesbruk bestående av röjning samt 0-3 gallringar under omloppstiden och där slutavverkningstidpunkten tillåts variera från lägsta tillåtna slutavverkningsålder enligt Skogsvårdslagen till 30 års överhållning. Återbeskogning efter slutavverkning simuleras med plantering av det

bonitetsvisande trädslaget (dvs. ståndortsanpassning på så sätt att t.ex. tallståndorter planteras med tallplantor).

- Intensivskogsbruk: För denna skötselstrategi simuleras skötselprogram som innebär 25 % kortare omloppstider jämfört med strategin för konventionellt trakthyggesbruk.
- Extensivskogsbruk: För denna skötselstrategi simuleras skötselprogram som innebär 50 % kortare omloppstider jämfört med strategin för konventionellt trakthyggesbruk.
- Kontinuitetsskogsbruk: För denna skötselstrategi simuleras skötselprogram som alla är varianter av kontinuitetsskogsbruk bestående av upprepade selektiva avverkningar utan någon slutavverkning
- Fri utveckling: För denna skötselstrategi simuleras endast ett skötselprogram som innebär att ingen skötselåtgärd utförs under planeringshorisonten.

För varje skötselstrategi och provyta simulerades därefter upp till 20 olika möjliga skötselprogram och för varje provyta, skötselprogram och period beräknades en rad olika resultatparametrar, t.ex. nuvärde, avverkningsvolym, trädslagsblandning, och viltbetesskador. Viltbetesskador simulerades med hjälp av Näslunds skademodeller för ungskog. Dessa modeller leder till att Heureka simulerar stamförluster i ungskog och försämrade höjdtillväxt, främst av tall men även i viss mån av självföryngrat löv, i paritet med den simulerade skadegraden. För södra Sverige simulerades en skadegrad motsvarande 19 % årligt färsk skador och för norra Sverige simulerades en skadegrad motsvarande 14 % årligt färsk skador för ÄFO AC 5.

3.3.2. Val av skötselprogram, steg 2:

I steg 2 formulerades fyra olika optimeringsproblem, d.v.s. ett för varje scenario och analysområde. Varje optimeringsproblem syftar till att hitta den kombination av skötselprogram (tillhörande en viss skötselstrategi) för varje provyta från den stora uppsättning av skötselprogram som simulerades i steg 1, och som leder till att den valda målfunktionen maximeras med hänsyn till att de bestämda villkoren uppfylls.

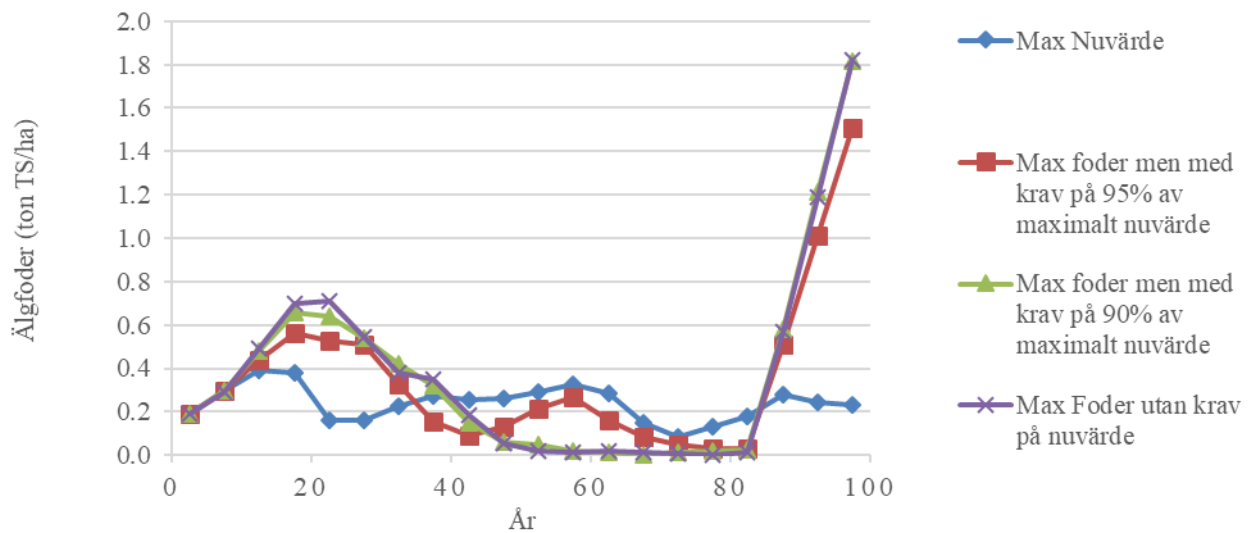
- Optimeringsproblem ett var en strikt nuvärdesmaximering utan hänsyn till foderproduktionen.
- Optimeringsproblem två innebar att den totala fodermängden över alla perioder maximerades med villkoret nuvärdet fick som mest sjunka med 5 % jämfört med det nuvärde som erhöles i optimeringsproblem 1.
- Optimeringsproblem tre innebar att den totala fodermängden över alla perioder maximerades med villkoret nuvärdet fick som mest sjunka med 10 % jämfört med det nuvärde som erhöles i optimeringsproblem 1.

- Optimeringsproblem fyra innebar att den totala fodermängden över alla perioder maximerades utan villkor på nuvärdet från framtida skogsskötsel.

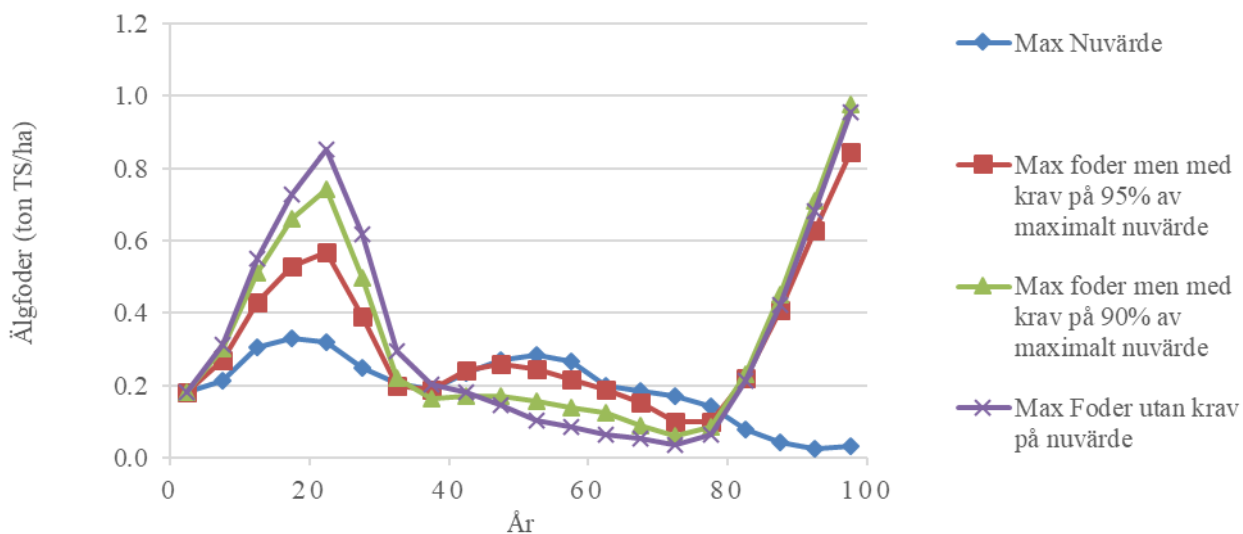
Varje optimeringsproblem formulerades med hjälp av Heureka's inbyggda optimeringsverktyg och löstes med hjälp av traditionell LP för de bägge analysområdena. Den totala mängden foder har i optimeringen beräknats genom att summera det diskonterade värdet av de periodvisa fodermängderna med räntan 2.5 %, dvs. samma diskonteringsränta som vid beräkning av nuvärdet. Orsaken till detta är att undvika att den största produktionen av foder sker i slutet av planeringshorisonten. För respektive lösning till varje optimeringsproblem beräknades förutom nuvärde och total mängd foder även mängden död ved, areal lövrik äldre skog samt areal äldre skog i varje planeringsperiod.

4. Resultat

Resultaten från de olika scenarierna visar att genom att förändra skogsbruket så att man optimerar skötseln för att maximera foderproduktionen i landskapet kan man påverka mängden foder i landskapet, se figur 3 och figur 4 .

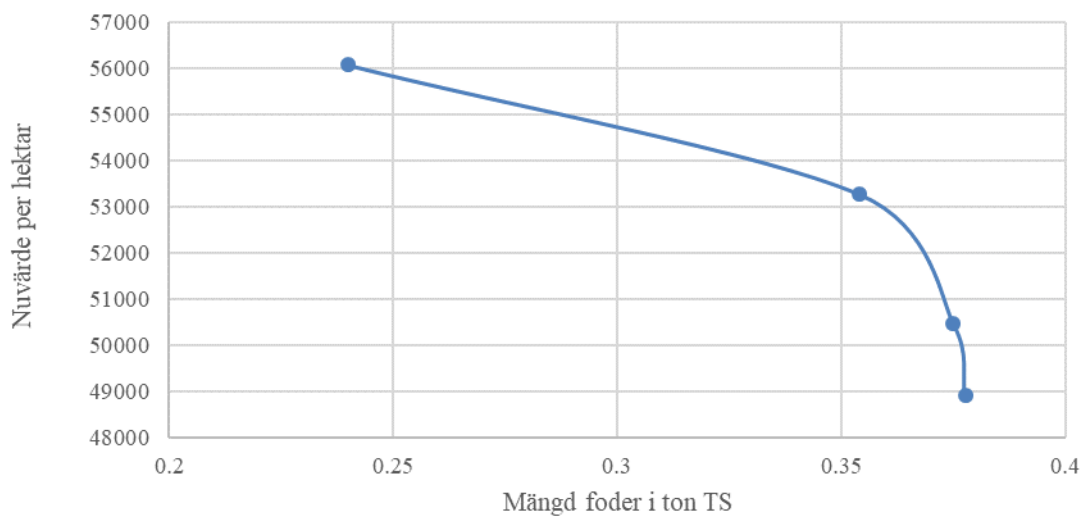


Figur 3 Älgfodrets utveckling över tid för det södra fallstudieområdet för de olika scenarierna.

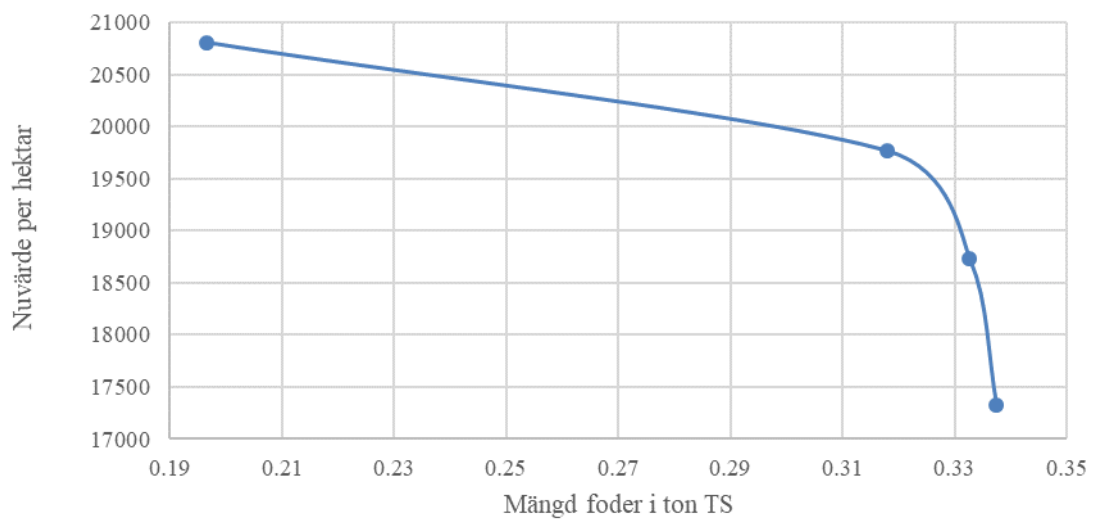


Figur 4 Älgfodrets utveckling över tid för det norra fallstudieområdet för de olika scenarierna.

Dock är det en avvägning mellan nuvärde och mängd älgfoder. Om man förändrar skogsbruket så att mer foder produceras kommer nuvärdet att sjuka, se figur 5 och figur 6

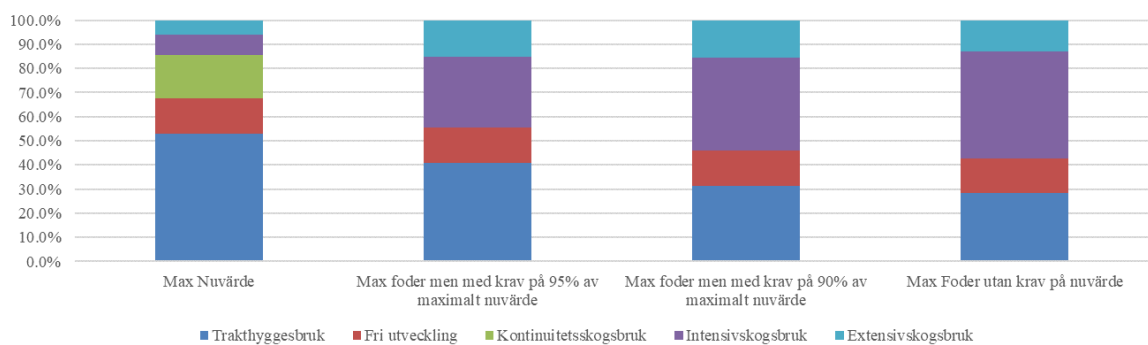


Figur 5 Avvägning mellan produktion av älgfoder och nuvärde för det södra fallstudieområdet.

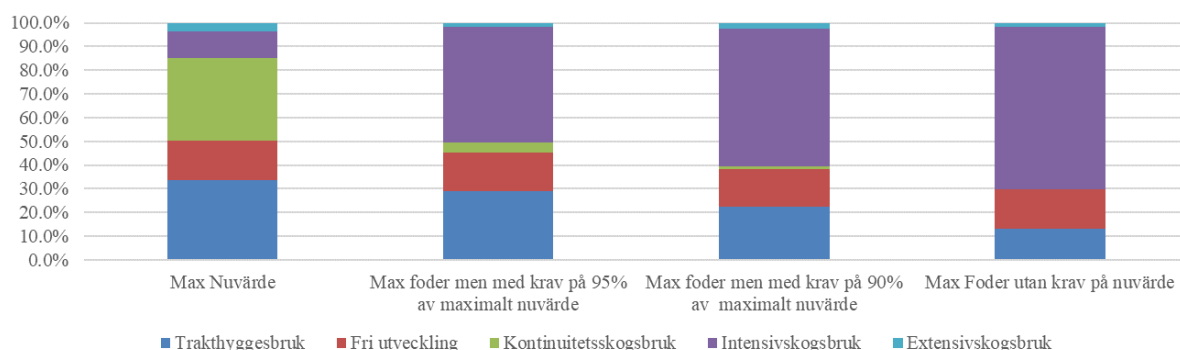


Figur 6 Avvägning mellan produktion av älgfoder och nuvärde för det norra fallstudieområdet.

Resultaten visar också att om man optimerar skogen för att producera mer foder så förändras den optimala fördelningen av skötselstrategier, se figur 7 och figur 8.

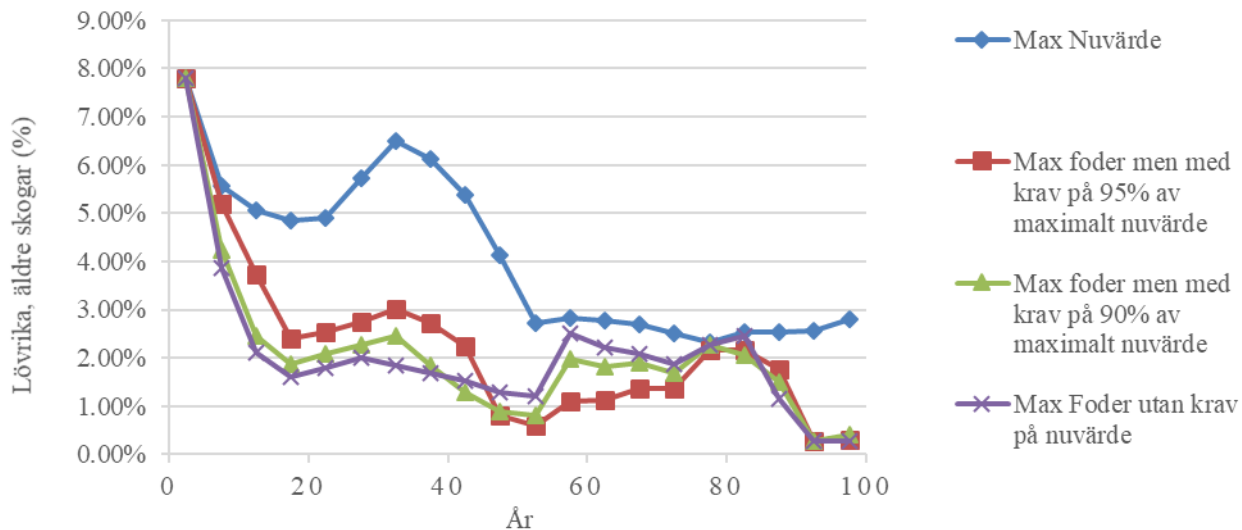


Figur 7 Fördelning av skötselstrategier för det södra fallstudieområdet för de olika scenarierna.

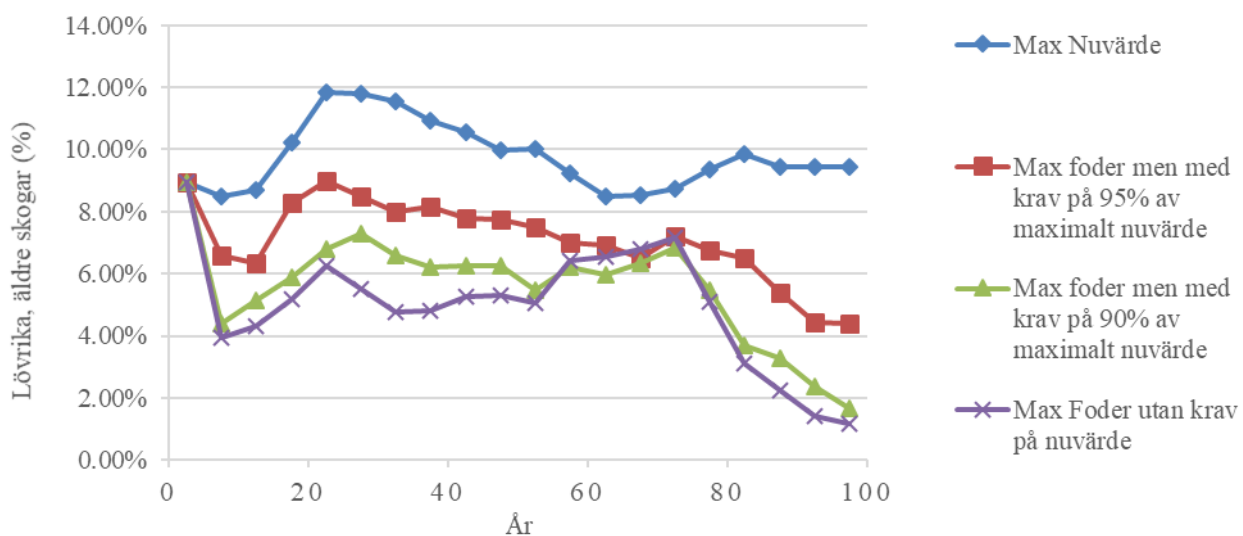


Figur 8 Fördelning av skötselstrategier för det södra fallstudieområdet för de olika scenarierna.

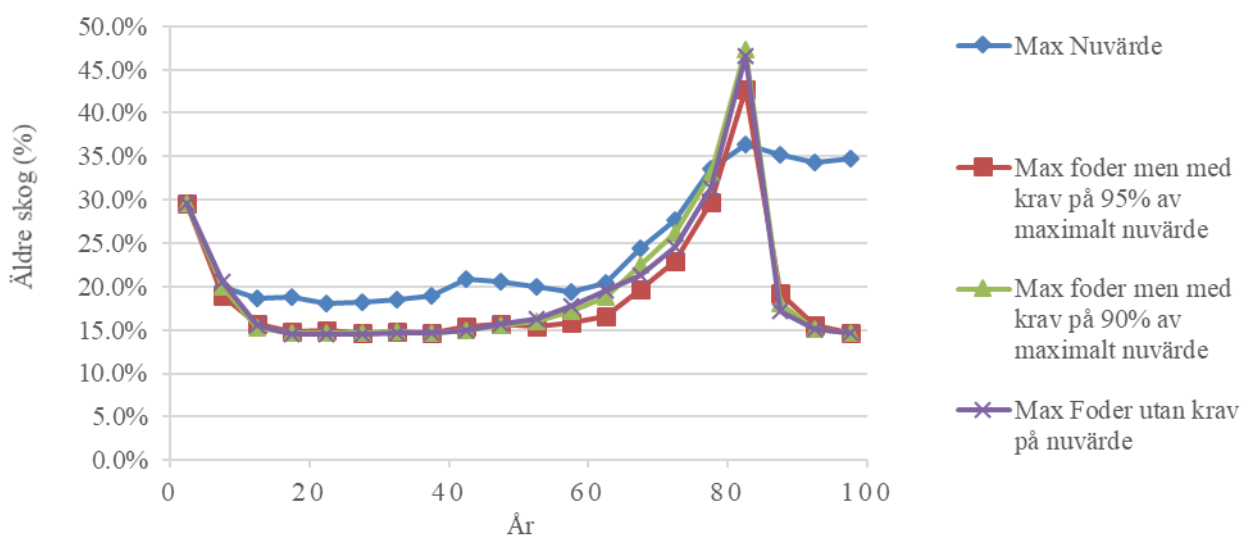
Den förändrade skötseln när man optimerar skogsbruket för att öka foderproduktionen leder till att de flesta av de ekologiska indikatorerna (som tagits med i dessa analyser) påverkas negativt jämfört med det skogsbruk som bedrivs när man endast maximerar nuvärdet, se figur 9 – figur 12. Undantaget är den döda veden som på sikt får en större ökning när man optimerar skogsbruket för foderproduktion, se figur 13 och figur 14.



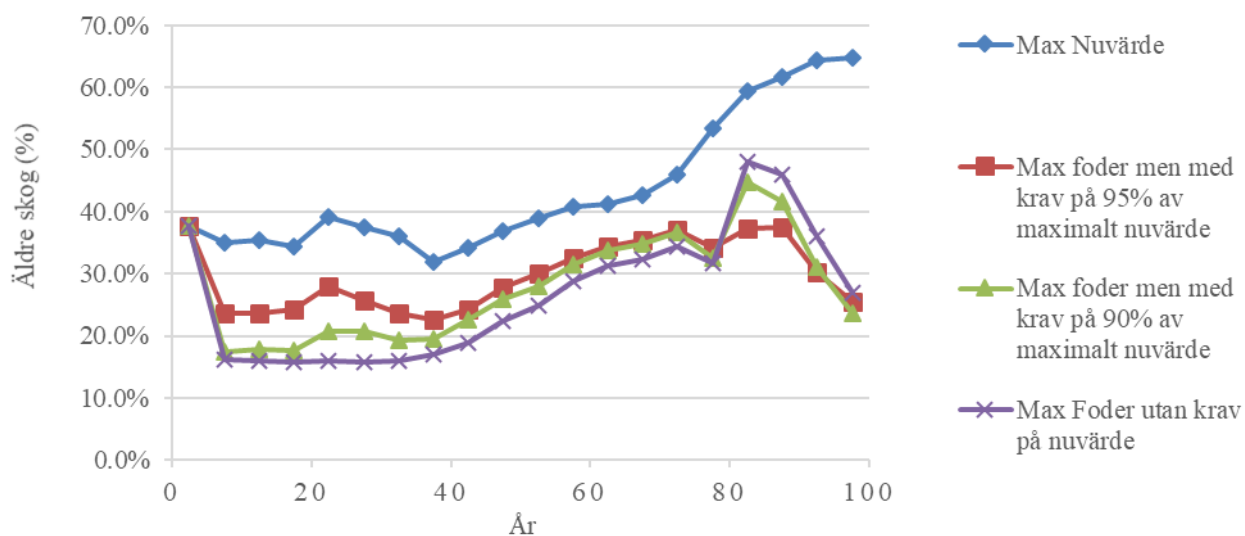
Figur 9 Den lövriska äldre skogens utveckling över tid för de olika scenarierna i södra Sverige. Som lövriska äldre skogar räknas skogar med en medelålder över 50 år och som innehåller minst 25% löv.



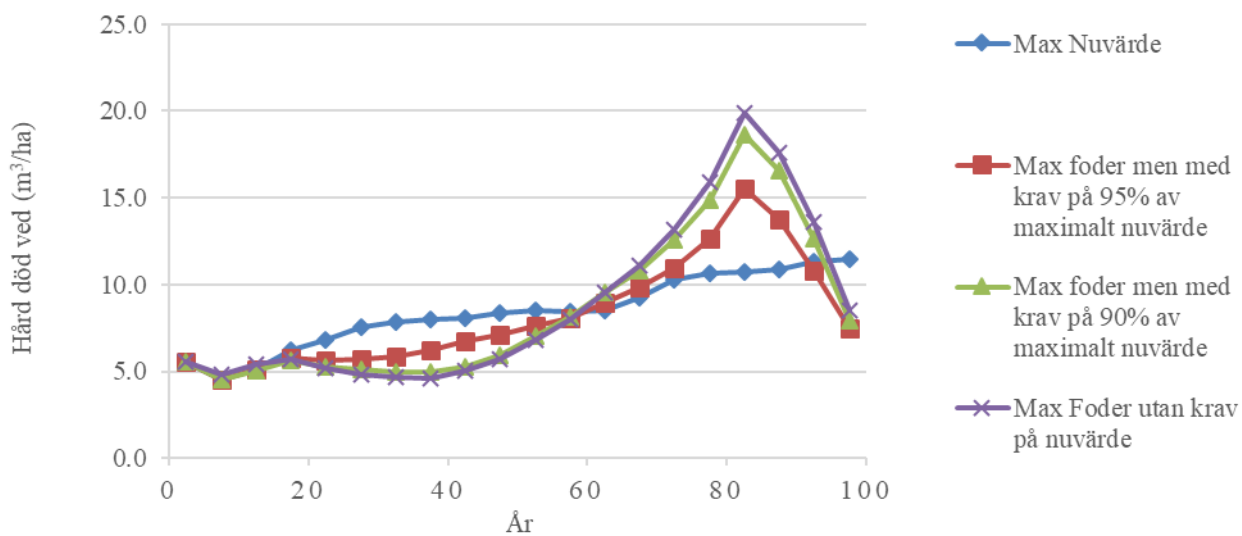
Figur 10 Den lövriska äldre skogens utveckling över tid för de olika scenarierna i norr Sverige. Som lövriska äldre skogar räknas skogar med en medelålder över 50 år och som innehåller minst 25% löv.



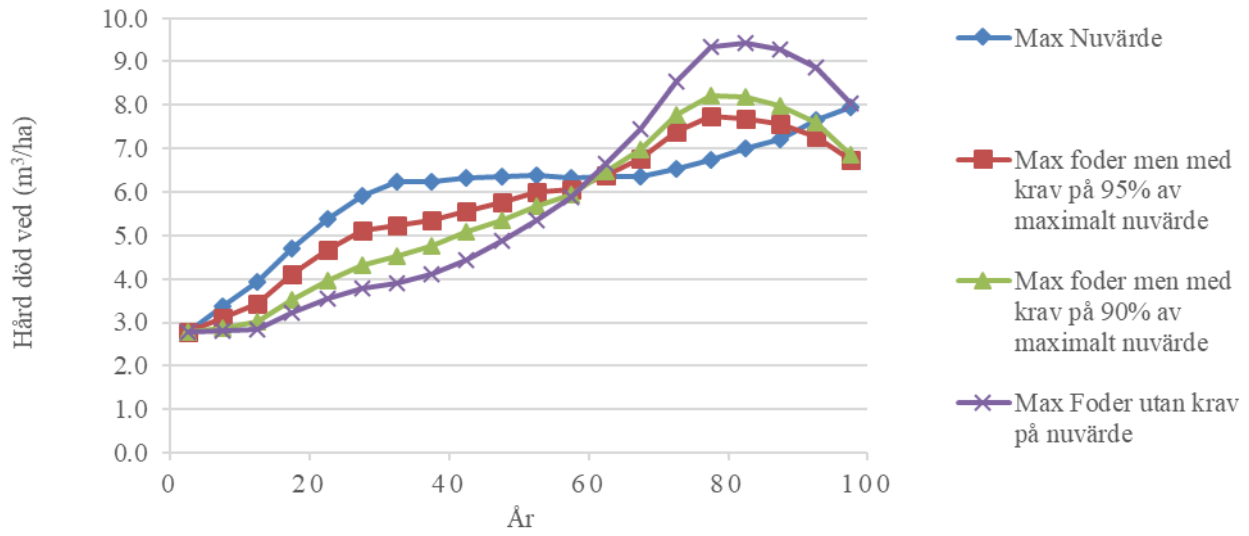
Figur 11 Den äldre skogens utveckling över tid för de olika scenarierna i södra Sverige. Som äldre skogar räknas skogar med en medelålder över 75 år.



Figur 12 Den äldre skogens utveckling över tid för de olika scenarierna i norra Sverige. Som äldre skogar räknas skogar med en medelålder över 75 år.



Figur 13 Den hårda döda vedens utveckling över tid för de olika scenarierna i södra Sverige (som hård död ved räknas nedbrytningsklass 0, 1 och 2).



Figur 14 Den hårda döda vedens utveckling över tid för de olika scenarierna i norra Sverige (som hård död ved räknas nedbrytningsklass 0, 1 och 2).

5. Diskussion

Kunskap om hur olika skötselstrategier påverkar mängden foder är avgörande för en adaptiv, ekosystembaserad älgförvaltning och ger skogsbruk och älgjägare en möjlighet att agera innan det blir alltför höga nivåer av betesskador. I denna studie har vi därför med hjälp av kvantitativ scenarioanalys beskrivit hur mycket foder som kan produceras givet att man tillämpar olika kombinationer av skötselstrategier, vilken fördelning av olika skötselstrategier som är optimalt för olika nivåer av foderproduktion samt vilken avvägning som behöver göras mellan mängd foder och ekonomisk nytta.

Varje scenario representerade olika grad av anpassning av skogsbruket mot en ökad foderproduktion. Inget av scenarierna innehöll dock något krav på jämnhet i avverkningsvolym utan för varje scenario och analysområde valdes en kombination av skötselprogram för varje behandlingsenhet från den stora uppsättningen simulerade skötselalternativ genom en strikt maximering av nuvärdet eller fodermängd utan något jämnhetskrav i avverkningsvolym. Konsekvensen av detta kan bli ett i viss mån orealistiskt skogsbruk ifall man beaktar de alltför varierande avverkningsnivåerna mellan två på varandra följande femårsperioder. Men jämnhetskravet valdes här bort för att säkerställa att skillnaderna mellan scenarier beror på anpassningar av skötsel utifrån att man vill öka produktionen foder och inte på förändringar för att uppnå ett jämnt flöde av virkesvolym.

Resultatet från vår studie indikerar att det är möjligt att förändra skogsbruket för att öka foderproduktionen i landskapet. Detta kan dock innebära en påverkan på olika indikatorer för biologisk mångfald. Denna påverkan kan förklaras av den ökande andelen av skötselstrategin för intensivskogsbruk som innefattar kortare omloppstider jämfört med det konventionella trakthyggesbruket. Resultaten från de bägge områdena är samstämmiga. Därför hoppas vi, även om vi i denna studie endast har studerat två ÄFOn, att resultatet kan användas även av övriga områden som ett faktaunderlag i arbetet att nå målet med älgförvaltningssystemet: en älgstam av hög kvalitet som är i balans med betesresurserna.

Analyserna har utförts med hjälp av Heureka-systemets PlanVis applikation. Heureka-systemet är uppbyggt kring en kärna av modeller. Modellerna har

utvecklats genom regressionsanalys med användning av data från t.ex. riksskogstaxeringen och långsiktiga experiment försök (Fridman & Ståhl 2001; Fahlvik *et al.* 2014). Eftersom det är modeller som ger en förenklad bild av verkligheten och vi dessutom inte med säkerhet vet hur skogen kommer skötas i framtiden ska resultaten från dessa analyser inte tolkas som prognoser över framtida mängd foder utan istället som en indikation på hur skogen kan utvecklas givet olika skötselriktningar.

Men med hjälp denna typ av analyser utförda med avancerade prognosinstrument som t.ex. Heureka kan man erhålla en tillräckligt bra bild av hur skogarna kan komma att se ut, under antaganden om vissa framtida förutsättningar och påverkande faktorer även om det inte är exakt bild av framtiden. Ett scenario framtaget med Heureka är emellertid sällan tillräckligt utan det är i jämförelserna mellan flera olika scenarier som man kan lära sig hur man på bästa sätt uppnår störst måluppfyllelse. Med tillräckligt bra och tillräckligt många scenarier kan sedan beslutsfattare (på olika nivåer, allt från politiker och myndigheter till skogsägare och jägare) förhoppningsvis fatta bättre beslut nu och under de närmsta åren – med hänsyn till de långsiktiga konsekvenserna av ett visst agerande.

Referenser

- Bergquist, J., Karlen, C. & Berglund, H. Hjortdjurens inverkan på tillväxt av produktionsträd och rekrytering av betesbegärliga trädslag. - problembeskrivning, orsaker och förslag till åtgärder. (9, 2011). Skogsstyrelsen.
- Fahlvik, N., Elfving, B. & Wikström, P. (2014). Evaluation of growth functions used in the Swedish Forest Planning System Heureka. *Silva Fennica*, vol. 48 (2). DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.1013>
- Fridman, J. & Ståhl, G. (2001). A Three-step Approach for Modelling Tree Mortality in Swedish Forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 16 (5), ss. 455–466 Taylor & Francis.
- Lundgren, J., Värbrand, P., Rönnqvist, M. & Henningsson, M. (2010). Optimeringslära. Tillgänglig: <https://www.bokus.com/bok/9789144067605/optimeringslara/> [2020-06-05]
- Nilsson, U., Berglund, M., Bergquist, J., Holmström, H. & Wallgren, M. (2016). Simulated effects of browsing on the production and economic values of Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 31 (3), ss. 279–285
- Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson, L.O., Lamas, T., Sonesson, J., Ohman, K., Wallerman, J., Waller, C. & Klinteback, F. (2011). The Heureka forestry decision support system: an overview. *Mathematical and Computational Forestry and Natural Resources Sciences*, vol. 3 (2), ss. 87–94