



Vad är väl en stig i skogen?

Förbättrat beslutsunderlag vid skoglig planering

What's a trail in the forest? Improved decision support for forest planning

Richard Engholm & Victor Göransson

Kandidatarbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för Skogens ekologi och skötsel

Jägmästarprogrammet

Kandidatarbeten i skogsvetenskap • Nr 2022:11

Umeå 2022



Vad är väl en stig i skogen? Förbättra beslutsunderlag vid skoglig planering

What's a trail in the forest? Improve decision support for forest planning

Richard Engholm & Victor Göransson

Handledare: Karin Öhman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Skoglig resurshushållning.

Examinator: Nils Henriksson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogens ekologi och skötsel.

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt kandidatarbete i skogsvetenskap

Kurskod: EX0911

Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2022

Omslagsbild: Lövskog vid SLU i Alnarp (Viktor Wrange 2011)

Serietitel: Kandidatarbeten i skogsvetenskap

Delnummer i serien: 2022:11

Nyckelord: Beslutsstödsystem, PlanVis, Planwise, rekreation, rekreationsindex, skoglig planering, stigar

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Skogsvetenskap

Institutionen för Skogens ekologi och skötsel

Avdelningen Skoglig planering

Sammanfattning

Skog, som täcker 69% av Sveriges landareal, är en viktig resurs för människor. Skogen tillhandahåller både trädbaserad råvara och erbjuder sociala värden för rekreation. En av de vanligaste fritidsaktiviteterna för svenskar är att röra sig i skog och mark. Rekreation i skogliga miljöer minskar stress och främjar den mentala hälsan. Det industriella brukandet av skog för produktion av trädbaserade råvaror omsätter årligen över 161 miljarder SEK. Men det industriella brukandet påverkar oftast upplevelsevärde vid rekreation i skogsmark negativt. Därför behövs det ständiga avvägningar mellan ekonomiska och sociala värden inom skogsbruket. Det finns funktioner i skogliga beslutsstödssystem (DSS) som beräknar rekreationsvärden. Uträkningen sker med hjälp av skogliga variabler, men forskning visar att det finns andra parametrar som relaterar väl till upplevt rekreationsvärde. Bland de parametrarna finns förekomst av stigar och leder att röra sig på vid rekreation. Genom att addera en variabel för förekomst av stigar till ett skogligt DSS, skulle beslutsunderlaget som skapas ge mer information om verkligt rekreationsvärde.

Med hjälp av ett geografiskt informationssystem (GIS) och ett skogligt DSS, har en hänsyn till lokalisering av stigar adderats vid en optimering av skötsel över ett område i södra Sverige.

Resultaten av denna optimering visar att skog nära stigar sköts för att bevara eller stärka rekreationsvärden. I områden som inte ligger nära stigar prioriteras produktion och summan av nuvärdet för skogsmarken blir högre.

Att beakta förekomst av stigar vid skoglig planering som tar hänsyn till rekreationsvärden, kan vara ett alternativ till allmän hänsyn för rekreation.

Nyckelord: Beslutsstödssystem, PlanVis, Planwise, rekreation, rekreationsindex, skoglig planering, stigar

Abstract

The forest, which covers 69% of Sweden's land area, is an important resource for humans. The forest provides both forest raw materials and social values for recreation. One of the most common leisure activities for Swedes is to spend time outside in the forest. Recreation in woodland reduces stress and promotes mental health. The industrial usage of forest for production of forest material and products has an annual turnover of more than 161 billion SEK. But the industrial usage of forest often affects the experienced value of recreation in woodland in a negative way. Hence, trade-offs are needed between economic and social values within the forestry. Forest decision support systems (DSS) contains functions that can calculate an estimated recreational value of a forest. The calculation is done with use of forest variables, but research has proven that there are a lot of other parameters that can affect the experienced recreational values. One of the parameters that has shown such effect is the presence of paths and trails and the availability to use them for recreation in an area. By adding a variable for the presence of paths and trails to the forest DSS, the decision support that has been made could lead to more information about the recreational value.

With both a geographic information system (GIS) and the forest DSS, a consideration towards location of paths and trails is added, when optimising management over a forest estate in the south of Sweden. The result of this optimization shows that forest closer to paths and trails is being treated to preserve or strengthen the recreational values. The forest that is not located near a path or trail is prioritised for production and therefore the net present value is much higher.

The act of taking path and trails presence in consideration when planning a forest estate to preserve or strengthen the recreation value can be an alternative for general consideration towards recreation.

Key words: Decision support system, forest planning, paths, Planwise, recreation, recreation index

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Figurförteckning	7
Förkortningar/Ordlista	9
1. Introduktion	10
1.1 Bakgrund	10
1.1.1 Skog och människor	10
1.1.2 Skogens ekonomiska värde	10
1.1.3 Skogens sociala värde och rekreation	11
1.1.4 Skogligt beslutsstödsystem	12
1.2 Syfte	13
2. Metod och material	14
2.1 Översikt över studieområdet	14
2.2 Programvaror	15
2.3 Simulering och addering av lägesindex	16
2.4 Optimering	19
3. Resultat	21
4. Diskussion	31
4.1 Resultat och modellens utformning	31
4.2 Förändringar i samhället och relevans	32
4.3 Skoglig planering	32
4.4 Rekreation och skogsbruk	32
4.5 Förbättringar och framtida studier	33
5. Slutsats	35
6. Referenser	36
Bilaga 1	39

Tabellförteckning

Tabell 1. Beskrivning av använda skötselsystem i PlanVis	16
Tabell 2. Förhållanden mellan avstånd från stig och lokaliseringsvärde	18
Tabell 3. Beskrivning av optimeringsmodellen i PlanVis.....	20
Tabell 4. Absoluta och procentuella skillnader i PlanVis rekreatiionsindex för period 10 i optimering av rekreatiionsvärdet vid 90 % av MaxPNV. Avståndet till stig för ett givet bestånd beskrivs med "Vid Stig" och "Från Stig", <50 meter respektive >50 meter till närmsta stig. De procentuella skillnaderna är av PlanVis rekreationella värden (Rek)	23
Tabell 5. Medelvärde för PlanVis rekreatiionsindex samt totalt rekreatiionsindex. Skillnader i absolut värde och procent av PlanVis rekreatiionsindex. Avståndet till stig för ett givet bestånd beskrivs med "Vid Stig" och "Från Stig", <50 meter respektive >50 meter till närmsta stig.....	24
Tabell 6. Fördelning samt differenser i avverkad volym (<i>m³sk</i>) per avverkningsåtgärd, för olika optimeringsmodeller av rekreatiionsvärde vid 90% av maxNPV. "Rek." är resultat av optimeringsmodellen med PlanVis rekreatiionsindex och "Totalt" är resultat av optimeringsmodellen med totalt rekreatiionsindex	24
Tabell 7. Areal i hektar, av olika skogsskötselprogram vid olika optimeringar av rekreatiionsindex vid stig	30

Figurförteckning

Figur 1. Fastighetens geografiska läge. Översiktskarta över södra Sverige, Lantmäteriet ©.	14
Figur 2. Fastigheten Hälleskog med beståndsindelningar. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).....	15
Figur 3. Stiglager som använts vid lokaliseringsindexering, zoner för olika värden samt beståndsgränser. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).	17
Figur 4. Översikt av bestånd med tilldelade värden för lokaliseringsindex samt stig och zon-lager. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).	18
Figur 5. Sambandet mellan nettonuvärde per hektar (NPV/HA) i SEK, och procentuell del av maximalt nuvärdet (%MAXNPV). "Rek. Index" använder PlanVis rekreationsindex. "Totalt Index" använder totalt rekreationsindex. Avståndet till stig för ett givet bestånd beskrivs med "Vid Stig" och "Från Stig", <50 meter respektive >50 meter till närmsta stig.	22
Figur 6. Sambandet mellan rekreationsindexets medelvärde, och procent av maximalt nettonuvärde (%MAXNPV). "Rek. Index" använder PlanVis rekreationsindex. "Totalt Index" använder totalt rekreationsindex. Avståndet till stig för ett givet bestånd beskrivs med "Vid Stig" och "Från Stig", <50 meter respektive >50 meter till närmsta stig.....	23
Figur 7. Procentuella skillnader i avverkad volym per avverkningsstyp för optimering av totalt rekreationsindex.....	25
Figur 8. Procentuella skillnader i avverkad volym per avverkningsstyp för optimering av PlanVis rekreationsindex.	25
Figur 9. Optimering av PlanVis rekreationsindex, vid 90% av maxNPV i period 10. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).	26
Figur 10. Optimering av totalt rekreationsindex, vid 90% av maxNPV i period 10. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).....	27

Figur 11. Översiktskarta med differenser i rekreationsindex mellan total och normal optimering. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).....	28
Figur 12. Fördelning av CC/skogsskötselsystem vid optimering av PlanVis rekreationsindex, vid 90% av maxNPV. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022)..	29
Figur 13. Fördelning av CC/skogsskötselsystem vid optimering av totalt rekreationsindex, vid 90% av maxNPV. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).	29
Figur 14. Totala areal i hektar, för de olika skogsskötselprogrammen som användes vid 90% av maxNPV. De gröna staplar visar optimeringsmodellen med PlanVis normala rekreationsindex. Orangea staplar visar optimering av totalt rekreationsindex.....	30

Förkortningar/Ordlista

CC	Skogsskötselsystem (Control categories)
CCF	Blådningsbruk (Continuous cover forestry)
DSS	Beslutsstödsystem (Decision support system)
RI	Rekreatationsindex
Från Stig	Bestånd som befinner sig längre bort än 50 meter till en stig.
GIS	Geografiskt informationssystem
Lägesindex	Parameter som tar i beaktning var beståndet befinner sig i relation till stigar.
NPV	Nettonuvärde (Net present value)
Period	Tidsenhet, där en period motsvarar 5 år.
QGIS	Quantum GIS
Rek.	Rekreatationsindex beräknat i PlanVis
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
Totalt rek.	Rekreatationsindex beräknat i PlanVis, multiplicerat med lägesindex.
Vid Stig	Bestånd som befinner sig inom 50 meter till en stig.

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

1.1.1 Skog och människor

Skogen, som täcker 69% av Sveriges totala landareal (SCB 2021), är en viktig resurs för människor. Den tillhandahåller bland annat råvara till industri, samt erbjuder sociala värden vid rekreation (Näringsdepartementet 2018).

De sociala värdena innefattar bland annat "att ströva i skog och mark", som är en av de vanligaste fritidsaktiviteterna för svenskar (Fredman et al. 2013). Mer än 50% av svenskarna anger själva att de ofta är ute i naturen under vardagar. Under storhelger och längre ledigheter ökar den siffran till 89% (Fredman et al. 2013). Många människor vill utföra fysiska aktiviteter i "naturbaserad miljö" (Schantz 2003) och denna fysiska aktivitet minskar risken för kroniska sjukdomar och mental ohälsa (Kaplan & Kaplan 2003; Leyden 2003). Att titta på en skog eller att vistas i den påskyndar läkningsprocesser efter operationer (Ulrich 1984) och minskar känsla av stress, utmattning och ilska (Hartig et al. 2003; Dolling et al. 2017).

1.1.2 Skogens ekonomiska värde

I form av ekonomisk resurs så sysselsätter skogsbruket och tillhörande industrier cirka 2 % av arbetande människor i Sverige. År 2021 exporterades skogsindustriprodukter till ett värde av 161 miljarder SEK. Cirka 85 % av de producerade varorna går till export (Skogsindustrierna 2022).

Det pågår en ständig avvägning i skogsbruket mellan produktion och bevarande av sociala värden (Skogsstyrelsen 2021b). En framtid med ökad befolkningsmängd innebär dessutom ökade behov av både skoglig råvara och skogens sociala värden. Detta kommer medföra att behovet av avvägningar, mellan främjandet av skoglig råvara eller skogens sociala värden, ökar ännu mer än i dagsläget (Lundmark 2020). För att tillgodose både produktion och sociala värden behövs beslutsunderlag vid planering av skogliga skötselåtgärder som tar hänsyn både till produktion och rekreation. Rekreation definieras som "återhämtning av krafter genom vistelse i avkopplande miljö" (Nationalencyklopedin u.å.).

Priset för virke och andra skogliga råvaror varierar över tid. Dock är både aktuella prislistor och statistik över virkespriser lättillgängligt (Skogsstyrelsen 2022). Rekreation har inte ett specifikt marknadsvärde, vilket gör det svårare att värdera (Fredman et al. 2013). De värderingarna som gjorts av rekreationsvärden omvandlat till ekonomiskt värde är förhållandevis få. I en enkätundersökning, besvarad av invånare i Västerbottens län, visar Mattsson & Li (1993) att det upplevda värdet av skogsrekreation uppgår till 5860 SEK/person och år. En större sammanställning av undersökningar visar att över hela landet är värdet 200 SEK/per skogsbesök (Wibe 1994).

1.1.3 Skogens sociala värde och rekreation

Ett sätt att beskriva hur bra en viss skog uppfattas för rekreation är att använda ett index som beskriver skogens rekreationsvärde. De skogliga egenskaper som visat sig ha störst återhämtande egenskaper är storleken på träd, förekomst och storlek av kalhyggen, samt förekomst av avverkningsrester och körskador (Lindhagen 1996; Edwards et al. 2012). Åtgärder i skogen i samband med skogsbruk påverkar hur högt rekreationsvärde skogen har. Om det har skett stora och övergripande åtgärder kan det ha en stor negativ påverkan på rekreationsvärdet. Den åtgärd som påverkar rekreationsvärdet mest är kalavverkningar (Silvennoinen et al. 2002; Gundersen & Frivold 2008). Kalavverkningar är det vanligaste sättet att skörda skoglig råvara och en del i det skötselsystem som benämns som trakthyggesbruk (Lundqvist et al. 2014). Totalt kalavverkades ca 209 000 hektar under år 2020 (Riksskogstaxeringen 2021).

För att kunna jämföra skillnader i prefererad skog för rekreation används ibland en skala mellan "Urbanist och Purist" (Sandell et al. 2010). Urbanisten söker det lättillgängliga i skogsupplevelsen, både i form av avstånd till skogen och tillgång på vandringsleder och stigar. Urbanisten blir inte lätt störd av andra besökare. Puristen vill inte ha spår av vare sig skogsbruksåtgärder eller annan antropogen åverkan. Puristen kan ta sig längre bort för att uppnå sina mål med skogsbesöken och blir lättare störd av andra besökare. (Sandell et al. 2010)

Svenska tätorter både växer och förtätas alltmer (Boverket 2019), vilket medför att mer skogsmark hamnar närmare tätorterna. Här kan det ske en skiftning i upplevda rekreationsvärden, när ett område går från att upplevas som ostört till mer lättillgängligt. Den "puristiska"-upplevelsen blir lägre, medan den "urbanistiska"-upplevelsen för samma skog blir, som numera är tätortsnära skogsområde, högre. Studier visar att under Covid-19 pandemin har utomhusaktiviteter i skogar, bostadsområden och parker ökat med upp till 291 % jämfört med tiden innan pandemin (Venter et al. 2020). Det är troligt att en högre av frekvens av utförda utomhusaktiviteter kan bli permanent förändring för många människor (Honey-Rosés et al. 2020). En av de största ökningarna av aktiviteter utomhus syns bland

grupper som innan pandemin uppgav att de inte spenderade tid utomhus alls (Hansen et al. 2022).

Sikten i en skog är viktig för hur den upplevs, och kan därmed anses som en viktig parameter för hur väl en skog är lämplig som rekreationsskog (Kellomäki & Savolainen 1984). Enligt Kellomäki & Savolainen (1984) är upplevelsevärdet som störst vid en ungefärlig sikt på 50 meter, vid längre sikt än 50 meter minskar upplevelsevärdet igen. Med 100 meters sikt är upplevelsen likvärdig med en ungefärlig sikt på 20 meter. Sikten kan kopplas ihop med hur gammal skogen är. Om det är en ung skog med många mindre träd så kommer det påverka sikten negativt, och därmed även upplevelsen i skogen negativt. Består skogen av äldre träd, som inte är lika tätvuxen, kommer det att gynna upplevelsen i skogen då sikten blir längre jämfört med en skog som är yngre och mer tätbevuxen (Gundersen & Frivold 2008; Simkin et al. 2020).

Vid val av skogsområde att vistas i är tillgängligheten på stigar och leder starkt kopplat till antal personer som väljer att vistas i ett skogsområde (Neuvonen et al. 2010; Schägner et al. 2016). En ökning av antalet stigar i ett skogsområde leder till fler besök (Neuvonen et al. 2010). Att ta hänsyn till bland annat frekvensen av stigar bör vara lämpligt för att bedöma rekreationsvärde i en skog.

1.1.4 Skogligt beslutsstödsystem

Skoglig planering sker ofta för olika tidshorisonter, där de längsta planerna sträcker sig 60-120 år framåt i tiden (Eggers 2017). Ett vanligt sätt att planera skogliga åtgärder över tid är att använda ett skogligt beslutsstödsystem (DSS – från engelskans Decision Support System) till hjälp för att överblicka åtgärder och ekonomi. Definitionen av ett DSS kan vara ganska bred, men oftast handlar det om en modell-baserad mjukvara som hanterar stora mängder data och presenterar resultat för modellering av dessa data för användaren (Borges 2014). Det finns en mängd olika skogliga DSS. Då förutsättningarna för skogsbruk skiljer sig i olika länder är det vanligt att det finns specialiserade system för varje land (Nordström et al. 2019). Dessa system fungerar på olika sätt, vissa använder tillväxtmodeller baserat på aktuellt lands biotiska förutsättningar. Modellerna används för att simulera skogstillstånd vid olika typer av åtgärder och skogsskötselprogram. De system som endast simulerar kan inte ge förslag på mest lönsamma eller mest måluppfyllande typer och kombinationer av åtgärder. Vissa DSS omfattar även optimeringsmöjligheter. Då kan en simulering av olika kombinationer av skogsskötselåtgärder sammankopplas till en plan för att nå en optimal nivå av lönsamhet eller annat angivet mål (Kangas et al. 2015). Heureka PlanVis är en del av det skogliga DSS som vanligen används i Sverige, och är ett exempel på ett system som har funktioner för både simulering och optimering av medelstora till stora skogsfastigheter. Heureka DSS är utvecklat av SLU och första versionen kom ut 2009 (Wikström et al. 2011). PlanVis använder bland annat en modell som anger

ett värde mellan 0-1 för att beskriva lämpligheten för rekreation i samtliga bestånd under alla tidsperioder, se bilaga 1 (Lind 2007). Modellen är baserad på studier av olika skogliga egenskapers lämplighet för rekreation (Koch & Sondergaard 1988; Lindhagen 1996; Hörnsten 2000). Tidigare kandidatarbeten har använt sig av PlanVis för planering av tätortsnära skog med stort fokus på rekreation (Dahlin & Lundström 2021). PlanVis rekreationsmodell är väldigt generell och tar hänsyn till skogliga parametrar så som stamantal och trädhöjd. Givet rekreationsmodellens utformning bör den återspegla upplevelsevärdet ur en Urbanists perspektiv, snarare än en Purist.

I en studie av Eggers et al. (2018) används modellen för PlanVis rekreationsindex tillsammans med en addering av andra parametrar, bland annat befolkningstäthet. Adderingen gjordes för att inkludera mer information till modellen som bedömer rekreationsindexet och därmed få ett mer detaljerat beslutsunderlag, som även tar i beaktning hur befolkningstätheten i området ser ut.

Precis som Schägner et al (2016) och Neuvonen (2010), menar Eggers et al (2018) att förekomsten av stigar, leder och vägar i ett skogsområde påverkar rekreationsvärdet positivt.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie var att skapa och utvärdera en planeringsmodell, som kan användas för att införa utökad och fördjupad hänsyn till rekreationsvärden i den skogliga planeringsprocessen. Planeringsmodellen utgår från beräkningen av rekreationsindex i PlanVis, men med hänsyn tagen till lokalisering av stigar för att skapa en mer detaljerad modell.

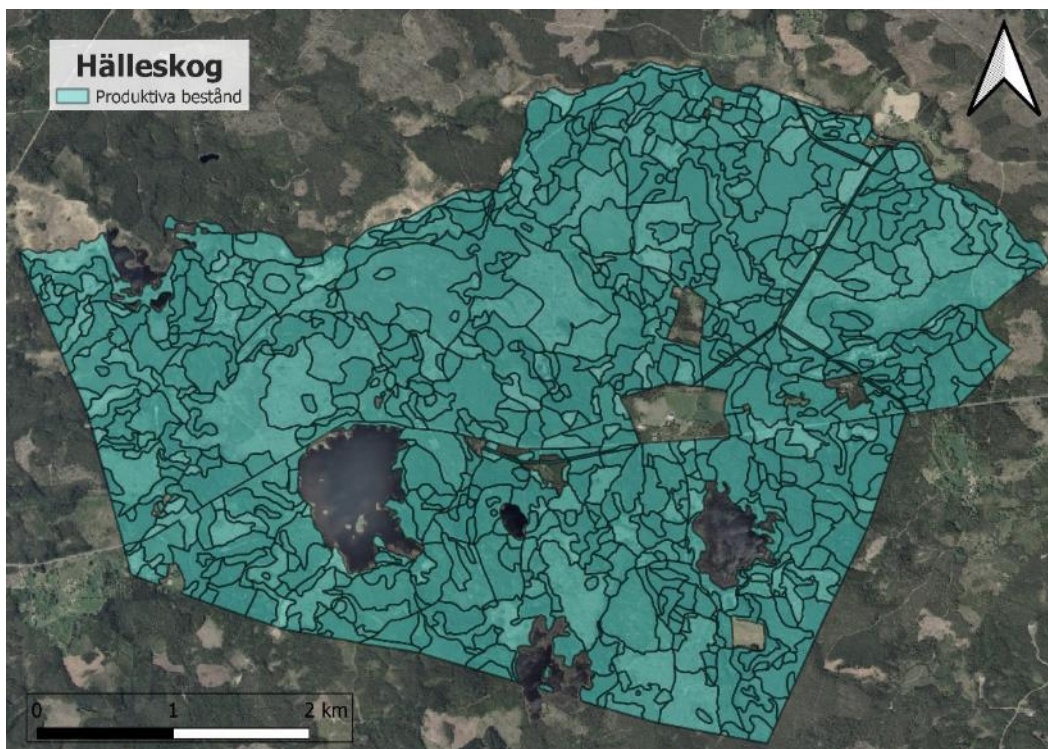
2. Metod och material

2.1 Översikt över studieområdet

Det område som användes för studien var skogsfastigheten Hälleskog, som ägs och brukas av Sveaskog. Fastigheten ligger i Nybro kommun, i östra Småland, 56°51'01.3"N 15°36'10.4"E (Figur 1 och 2). Den produktiva skogsarealen är 1917 ha med en genomsnittlig beståndsstorlek på 3,5 ha.



Figur 1. Fastighetens geografiska läge. Översiktskarta över södra Sverige, Lantmäteriet ©.



Figur 2. Fastigheten Hälleskog med beståndsindelningar. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).

2.2 Programvaror

I studien har Heureka PlanVis (Version 2.18.0.0) använts. PlanVis bygger i grunden på två delar, simulering och optimering. PlanVis simulerar olika alternativa skötselalternativ med tillhörande skogsutveckling över tid för olika angivna skogsskötselssystem. Modellerna som beräknar tillväxt och skörd i simuleringsdelen bygger på data från Riksskogstaxeringens inventerade ytor och långtidsstudier i fält (Fridman & Ståhl 2001; Wikberg 2004; Fahlvik et al. 2014). Dessa simuleringar kan sedan optimeras för att uppnå ett av användaren valt mål. Optimeringen ger ett förslag över hur skötselssystem med påföljande åtgärder ska kombineras för samtliga bestånd och tidsperioder, för att uppnå givet mål.

Det beståndsvisa rekreativindex som beräknas i PlanVis och som använts i studien består av tre linjära modeller, som summerar värden över de skogliga variabler som finns med i modellen. De tre modellerna är för bestånd med medelhöjd under 2 meter eller kalmark, bestånd med medelhöjd över 2 meter och innan första gallring och slutligen i bestånd efter första gallring. Modellen är utvecklad genom visuella tolkningar av preferenser för skog som är lämplig för rekreation (Koch & Sondergaard 1988; Lindhagen 1996; Hörnsten 2000). För samtliga värden i modellen, samt beräknade variabler, se bilaga 1 (Lind 2007).

2.3 Simulering och addering av lägesindex

Skogsdata över fastigheten Hälleskog importerades till PlanVis, data som samlades in av Sveaskog under 2019. För samtliga bestånd på fastigheten simuleras alla olika typer av skogsskötselsystem. Skogsskötselsystem benämns som control categories (CC) i PlanVis, i beskrivningen nedan anges namnen för åtgärder som används av PlanVis inom parentes. Namnen på CC samt en kortare beskrivning ses i tabell 1.

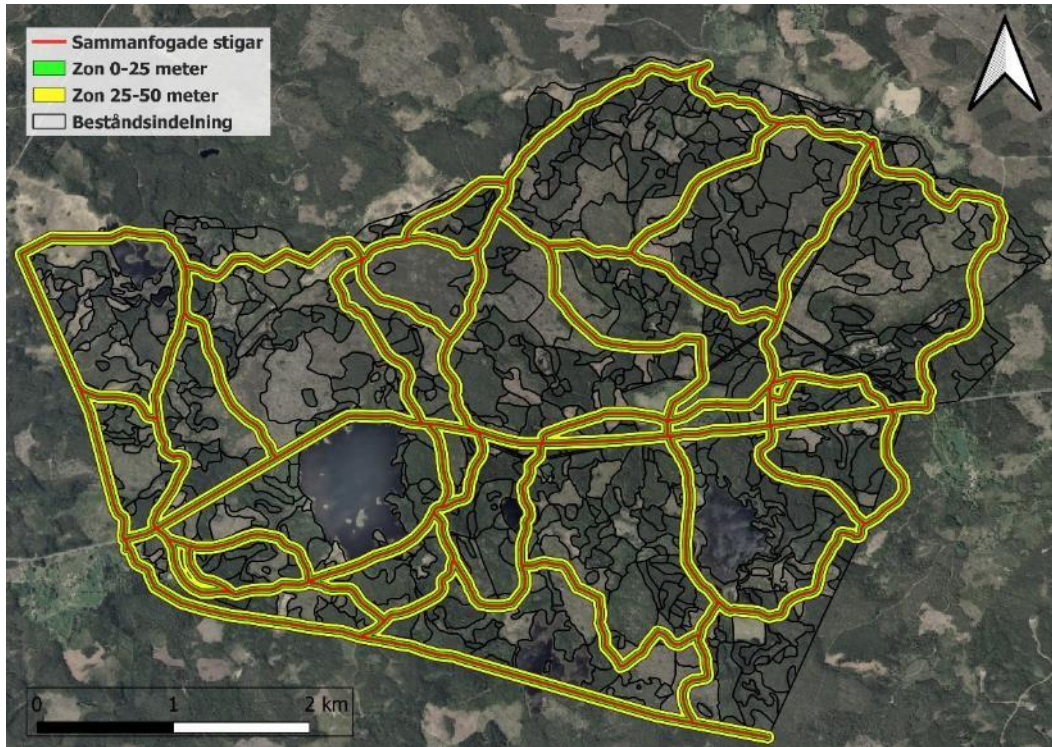
Fem olika CC skapades i Heureka med olika skötselåtgärder. De CC som skapades var blädningsbruk (CCF) respektive orört (inga åtgärder) och tre CC med traditionellt trakthyggesbruk. För en av de tre trakthyggesalternativen CC förlängdes rotationsperioden genom att ändra inställningarna för tidigaste avverkning efter uppnådd lägsta tillåtna slutavverkningsålder med fyra perioder (20 år) och att den maximalt skjuts upp åtta perioder (40 år) efter lägsta tillåtna slutavverkningsålder. Övriga inställningar för CC med förlängd rotationsperiod var samma som övriga trakthyggesalternativ. Den sista CC, ”förlängd rotation med hårdare gallring”, anpassades för att kunna uppnå och behålla skogligt rekreativsvärde över längre tid. Det gjordes genom att öka möjlig rotationsperiod med 50%, maximalt tio perioder (50 år) längre än optimalt, samt ökad frekvens på både gallring och röjning för att skapa glesa bestånd med ökad förekomst av stora träd. Optimal rotationsperiod är den rotationsperiod som främst uppfyller målet i optimeringen.

Tabell 1. Beskrivning av använda skötselsystem i PlanVis

Skötselsystem	Förklaring
Jämnårigt	Traditionellt trakthyggesbruk
Jämnårigt förlängd rot.	Traditionellt trakthyggesbruk med förlängd rotationsperiod
Jämnårigt förlängd rot. med hård gallring	Traditionellt trakthyggesbruk med förlängd rotationsperiod och hårda gallringar
Blädningsbruk	Skogsskötselsystem där marken alltid är trädbevuxen
Orört	Inga skogsskötselåtgärder, skogen lämnas för fri utveckling

Vid översikt av tillgängliga kartlager från Lantmäteriets databaser (2022) bedömdes förekomsten av stigar, vandringsleder och övriga rekreativsvägar inte vara tillräcklig för att kunna utvärdera utfallet från ett adderat lokaliseringssvärde. En sådan utvärdering kräver befintliga stigar. För att skapa ett större sammanhängande nätverk av något som kan tolkas som stigar för rekreation användes de landsvägar och enskilda vägar i området som underlag. I det geografiska informationssystemet Quantum GIS (QGIS) adderades ytterligare

linjer till befintligt vektorlager bestående av landsvägar och enskilda vägar, för att skapa ett utökat nätverk av stigar (figur 3).



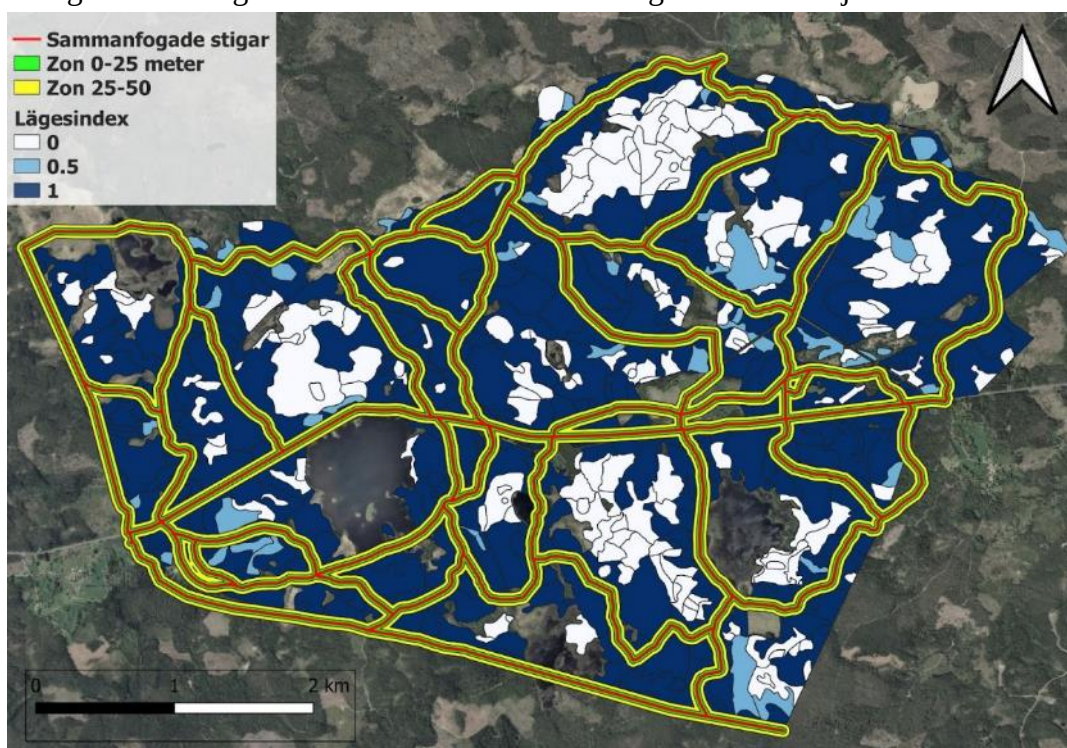
Figur 3. Stiglager som använts vid lokaliseringsindexering, zoner för olika värden samt beståndsgränser. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).

Beståndindelningen från Hälleskog importerades till QGIS (figur 3). Stiglagret användes som underlag för att skapa två buffertzoner kring stigarna. Verktyg för skapande av buffertzoner utifrån vektorlager användes. Zon 1 mäter 0–25 m från stigens mittpunkt. Zon 2 mäter 25–50 m från stigens mittpunkt. Dessa avstånd bestämdes utifrån Neuvonen et al (2010). De lager i QGIS som skapats för de olika buffertzonererna tilldelades en ny kolumn i attributtabellen för beståndslagret, där lokaliseringsindex adderades enligt tabell 2.

Tabell 2. Förhållanden mellan avstånd från stig och lokaliseringsvärde

Avstånd från stig/led (m)	Lokaliseringsvärde
0–25	1
25–50	0.5
>50	0

Buffertzoner användes för att ange respektive värde från tabell 2 till de bestånd som överlappade med förekomsten av respektive buffertzona. Den nya attributtabellen för Hälleskogs beståndsindelningen med adderat värde för avstånd till stig, adderades till kalkylprogrammet Microsoft Excel för att sortera ut de bestånd som förekom i mer än en zon. Värdena i kolumnen för lokaliseringsindex i respektive bestånd justerades för att nå det enskilda högsta värdet för en zon och inte flera värden för förekomst i multipla zoner. Attributkolumnen för lokaliseringsindex med korrekta värden kopierades och adderades i beståndsdatafilen, som användes för inläsning av skogsdata i PlanVis. I figur 4 framgår hela fastigheten med värde för lokaliseringsindex för varje bestånd.



Figur 4. Översikt av bestånd med tilldelade värden för lokaliseringsindex samt stig och zon-lager. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).

En simulering av skötselprogram genomfördes med en planeringshorisont på 21 perioder (105 år), maximalt 20 skötselprogram per bestånd och 3% kalkylränta.

2.4 Optimering

Optimeringsmodellen och dess viktigaste matematiska formler återfinns i tabell 3. I följande beskrivning görs hänvisningar till specifika delar av tabell 3 med siffror inom parentes.

I optimeringen användes summan av PlanVis rekreationsvärde (5) multiplicerat med lokaliseringsindex (4) i varje bestånd, kallat totalt rekreationsindex (6). Objektfunktion som optimerades var medelvärdet för totalt rekreationsindex över alla tidsperioder och bestånd (10, 1). Som restriktion för uppfyllnad av objektfunktionen användes olika värden utav procentuell andel av maximalt nuvärde (maxNPV) (2). Nuvärdet är värdet av framtida inkomster, omräknat till dagens penningvärde med hänsyn till ett räntekrav, vilket i denna studie sattes till 3%. maxNPV är summan av det högsta nuvärdet som kan fås utan hänsyn till andra restriktioner (11) för alla ingående bestånd. De procentandelar av maxNPV (13) som användes var 99%, 95%, 90%, 85%, 80% 75%, samt 70%. Summan för maxNPV (11) var 80 786 108 SEK.

För att jämföra skillnader mot endast maximering av PlanVis rekreationsindex, genomfördes lika många optimeringar med en annan optimeringsmodell, med samma andel av maxNPV (13) som restriktion. I den andra modellen byttes objektfunktion från medelvärdet av totalt rekreationsindex (8) över alla bestånd och perioder till medelvärdet av PlanVis rekreationsindex (9) för alla bestånd och perioder, vilket gav en optimeringsmodell utan hänsyn till lokalisering av stigar. Totalt genomfördes 7 optimeringar per modell. Optimeringen utfördes i PlanVis med Gurobi (version 9.1.2) som extern lösare av optimeringsproblemet.

Tabell 3. Beskrivning av optimeringsmodellen i PlanVis

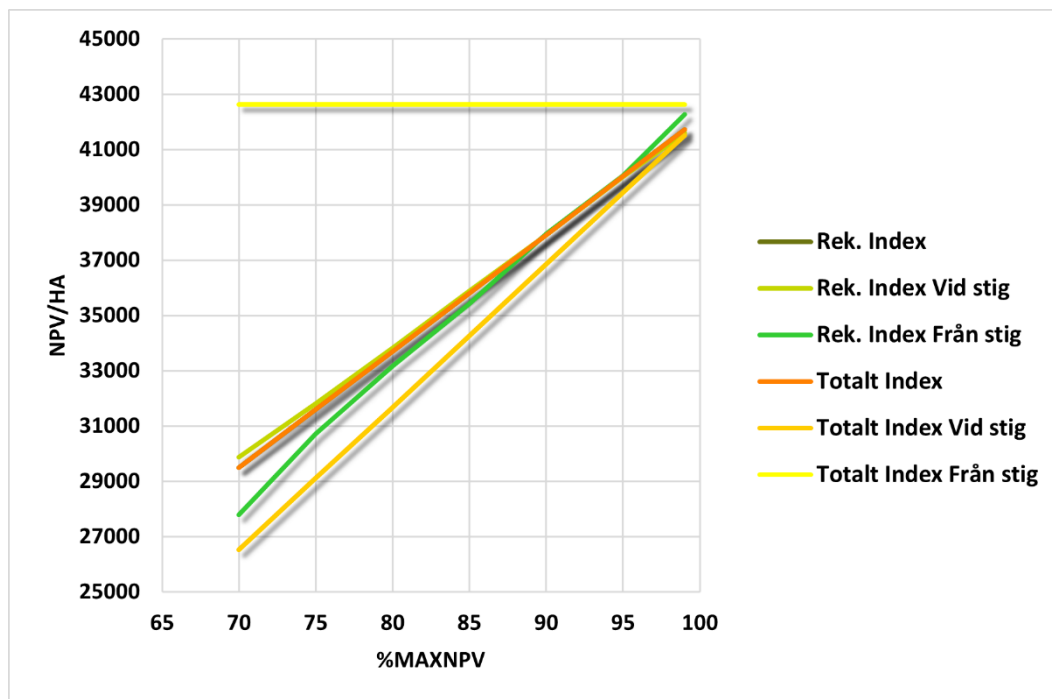
Modellfunktion		Förklaring	
Objektfunktion	$Max Z = M_p$	$max M_p$	(1)
Specifik restriktion	$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J_i} \sum_{p \in P} D_{ij} x_{ij}$ $\geq \alpha D_{max}$	Restriktion av summan av NPV mot maxNPV	(2)
Generell restriktion	$\sum_{j \in J_i} x_{ij} = 1$	Restriktion för att alla delar av ett bestånd ska få ett skötselprogram	(3)
Parametrar	L_i	Lokaliseringsindex i bestånd i	(4)
	R_{ijp}	PlanVis rekreationsindex i bestånd i med skötselprogram j i period p	(5)
	$T_{ijp} = L_i * R_{ijp}$	Totalt rekreationsindex i bestånd i med skötselprogram j i period p	(6)
Variabler	x_{ij}	Binär beslutsvariabel som tar värde 1 om skötselprogram j används i bestånd i , annars 0	(7)
	$ST_p = T_{ijp} * area_i * x_{ij}$	Summan av totalt rekreationsindex i period p . Används vid optimering av totalt rekreationsindex	(8)
	$SR_p = R_{ijp} * area_i * x_{ij}$	Summan av PlanVis rekreationsindex i period p . Används vid optimering av PlanVis rekreationsindex.	(9)
	$M_p = \frac{\sum ST_p}{P}$	Medelvärde för ST_p över alla perioder.	(10)
Set	P	Index över alla perioder	
	I	Index över alla bestånd	
	J	Index över alla skötselprogram	
	J_i	Index över alla skötselprogram för bestånd i .	
Konstanter	D_{max}	Maximal potentiellt NPV (summerat över alla bestånd och perioder)	(11)
	D_{ij}	NPV från period 1 till oändlighet i bestånd i med skötselprogram j	(12)
	α	Minsta procentuell andel som krävs av D_{max}	(13)

3. Resultat

Resultaten för nettonuvärdet per hektar (NPV/Ha) över hela den simulerade perioden visas för givna nivåer av procent av maximalt nettonuvärdet (%maxNPV), mellan 70 och 99 (Figur 5). Resultatet presenteras för;

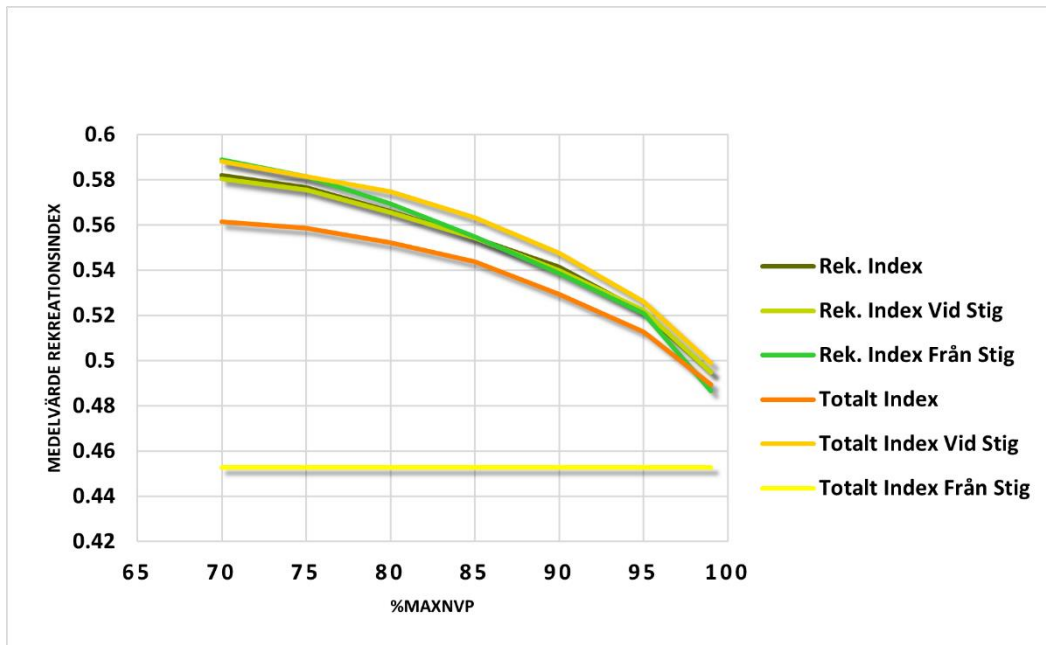
- Det totala innehavet,
- För de områden som klassats att ligga "Vid stig",
- Maximalt 50 meter till närmsta stig
- områden som ligger mer än 50 meter till närmsta stig "Från stig".

Förutom områdesindelningar är resultaten även uppdelade för respektive optimeringsmodell. Optimeringsmodellen som använt PlanVis rekreationsindex ("Rek") och optimeringsmodellen med totalt rekreationsindex ("Totalt"). Nettonuvärdet per hektar är i svenska kronor (SEK). Eftersom ett högre nettonuvärde kan nås i de bestånd som i lägre utsträckning påverkar det totala rekreationsindexet, så är NPV/Ha "Från stig" för den totala optimeringsmodellen konstant oavsett procentandel av maxNPV. Vid värden lägre än 95% av maxNPV avviker främst nuvärde för totalt index vid stig, som har ett lägre nuvärde än övriga. Nuvärdet för "Rek." från stig avviker från övriga med lägre värden från 85% av maxNPV och mindre.



Figur 5. Sambandet mellan nettonuvärde per hektar (NPV/HA) i SEK, och procentuell del av maximalt nuvärdet (%MAXNPV). "Rek. Index" använder PlanVis rekreationsindex. "Totalt Index" använder totalt rekreationsindex. Avståndet till stig för ett givet bestånd beskrivs med "Vid Stig" och "Från Stig", <50 meter respektive >50 meter till närmsta stig.

Vid beräkning av det totala rekreationsindexet för bestånd som inte befinner sig i närheten av en stig blir lägesindexet alltid 0, detta leder till att det inte räknas med till totalen och därmed blir rekreationsvärdet för de bestånden konstanta, oavsett procentuellt värde av maxNPV. Det medför även att det totala rekreationsindexet blir lägre än vad PlanVis rekreationsindex blir över den totala arealen. Övriga medelvärden för rekreationsindex över alla perioder är förhållandevis lika (figur 6). Totalt index vid stig är högst för samtliga nivåer av maxNPV. Rek.index från stig skiljer sig återigen från övriga vid 85% av maxNPV och lägre.



Figur 6. Sambandet mellan rekreationsindexets medelvärde, och procent av maximalt nettonuvärde (%MAXNVP). "Rek. Index" använder PlanVis rekreationsindex. "Totalt Index" använder totalt rekreationsindex. Avståndet till stig för ett givet bestånd beskrivs med "Vid Stig" och "Från Stig", <50 meter respektive >50 meter till närmsta stig.

Den största skillnaden mellan nuvärdet finns i områden från stig. Nuvärdet för de bestånd som fått lokaliseringsvärde 0 i den totala optimeringsmodellen, har i medel 12% lägre nuvärde, än samma bestånd som optimerats med maximalt värde på det normala rekreationsindexet (tabell 4). Bestånd vid stig som optimerats med den totala modellen, har i snitt 3% lägre nuvärde än vid optimering av PlanVis modellen.

Tabell 4. Absoluta och procentuella skillnader i PlanVis rekreationsindex för period 10 i optimering av rekreationsvärdet vid 90 % av MaxPNV. Avståndet till stig för ett givet bestånd beskrivs med "Vid Stig" och "Från Stig", <50 meter respektive >50 meter till närmsta stig. De procentuella skillnaderna är av PlanVis rekreationella värden (Rek)

Optimering	NPV SEK/Ha	NPV SEK/Ha	NPV SEK/Ha
		Vid stig	Från stig
Rek	37 924	37 918	37 950
Totalt	37 924	36 859	42 625
Skillnad	0.2	1 059	-4 675
% Skillnad	0.001	3	-12

Resultaten i tabell 4 och tabell 5 liknar varandra, de största skillnaderna är i bestånd från stig. Bestånd från stig som optimerats mot maxvärde på PlanVis rekreatiionsindex har 16% högre rekreatiionsvärde än bestånd som optimerats mot totalt rekreatiionsindex (tabell 5). Medelskillnaden för rekreatiionsvärde i bestånd vid stig är 1% högre i den totala optimeringsmodellen.

Tabell 5. Medelvärde för PlanVis rekreatiionsindex samt totalt rekreatiionsindex. Skillnader i absolut värde och procent av PlanVis rekreatiionsindex. Avståndet till stig för ett givet bestånd beskrivs med "Vid Stig" och "Från Stig", <50 meter respektive >50 meter till närmsta stig.

Optimering	Medel RI	Medel RI vid stig	Medel RI från stig
Rek, RI	0,54	0,54	0,54
Totalt, RI	0,53	0,55	0,45
Skillnad, RI	0,01	-0,1	0,09
Skillnad, %	2%	-1%	16%

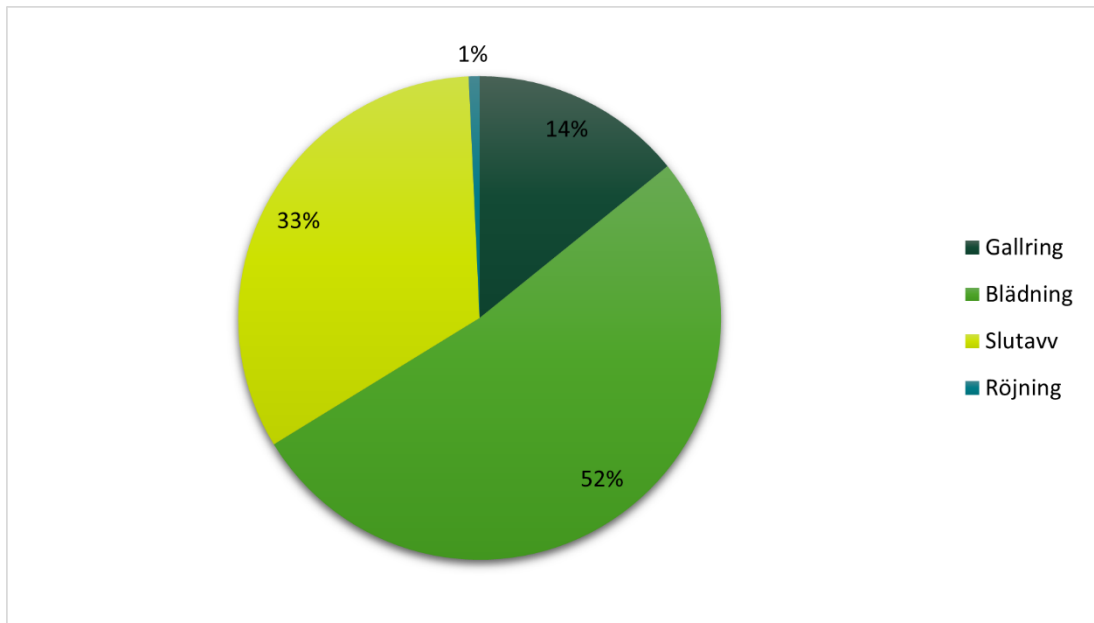
Olika kombinationer av skogsskötselsystem används vid optimering av olika rekreatiionsindex. Varje kombination av skogsskötselsystem innefattar olika avverkningsmetoder. Avverkningen i optimering av PlanVis rekreatiionsindex är högre för samtliga åtgärder förutom blädning, som är högst för optimering av det totala rekreatiionsindexet (tabell 6). Störst procentuellt skillnad och i absoluta tal är för slutavverkning, där det skiljer 69 453 m³sk (19%) till fördel för optimeringen av Planvis rekreatiionsindex.

Tabell 6. Fördelning samt differenser i avverkad volym (m³sk) per avverkningsåtgärd, för olika optimeringsmodeller av rekreatiionsvärde vid 90% av maxNPV. "Rek." är resultat av optimeringsmodellen med PlanVis rekreatiionsindex och "Totalt" är resultat av optimeringsmodellen med totalt rekreatiionsindex

Typ av Rek. Index	Gallring	Blädning	Slutavv.	Röjning	Totalt
Rek., RI	141 349	417 743	359 536	7 388	926 016
Totalt, RI	124 707	457 070	290 084	6 354	878 215
Skillnad, SEK	16 642	-39 328	69 453	1 033	47 801
Skillnad, %	12	-9	19	14	5

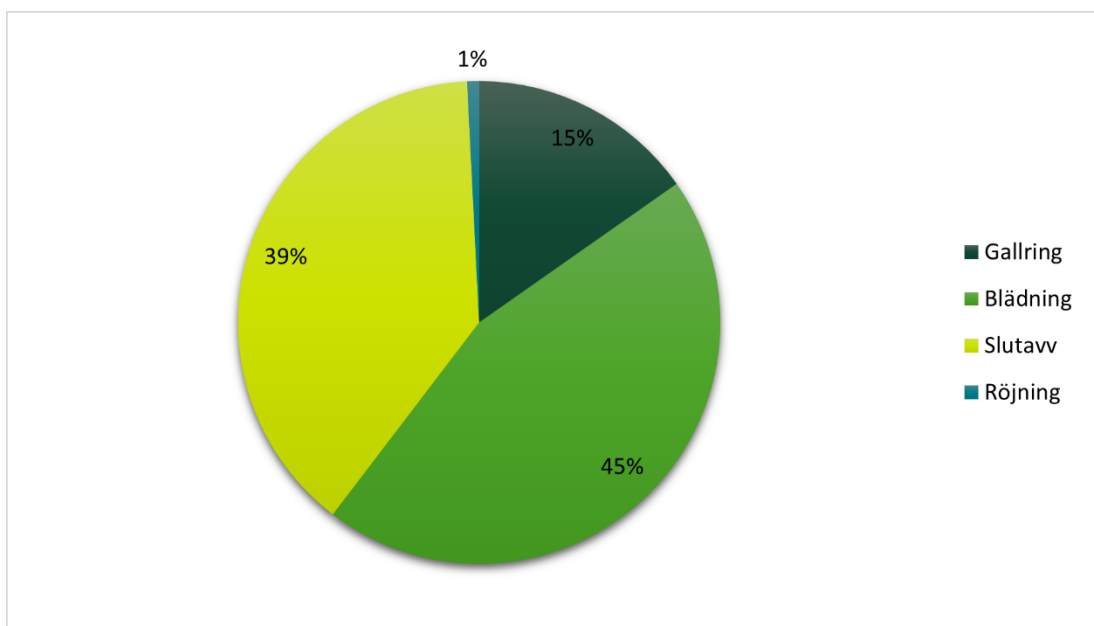
I figur 7 framgår det hur den procentuella fördelningen av avverkad volym per åtgärd är för det totala rekreatiionsindexet, med en optimering på 90% av det maximala netto-nuvärdet. Ur figuren går det att utläsa att den mest omfattande

åtgärden vad gäller andel av total avverkningsvolym är blädning (52 %) följt av slutavverkning (33 %).



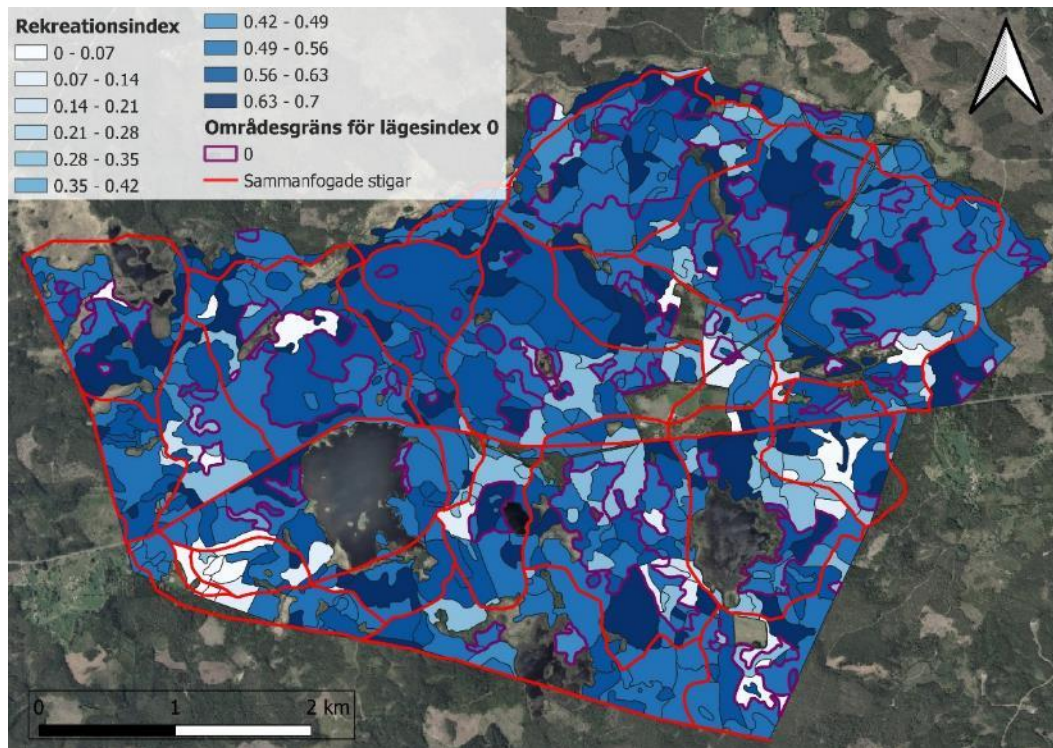
Figur 7. Procentuella skillnader i avverkad volym per avverkningstyp för optimering av totalt rekreationsindex.

Även vid optimering av PlanVis rekreationsindex så är den största delen avverkad volym från blädning, 45%, följt av slutavverkning på 39% (figur 8). För båda optimeringsmodellerna uppgår volymen av röjning till 1%.

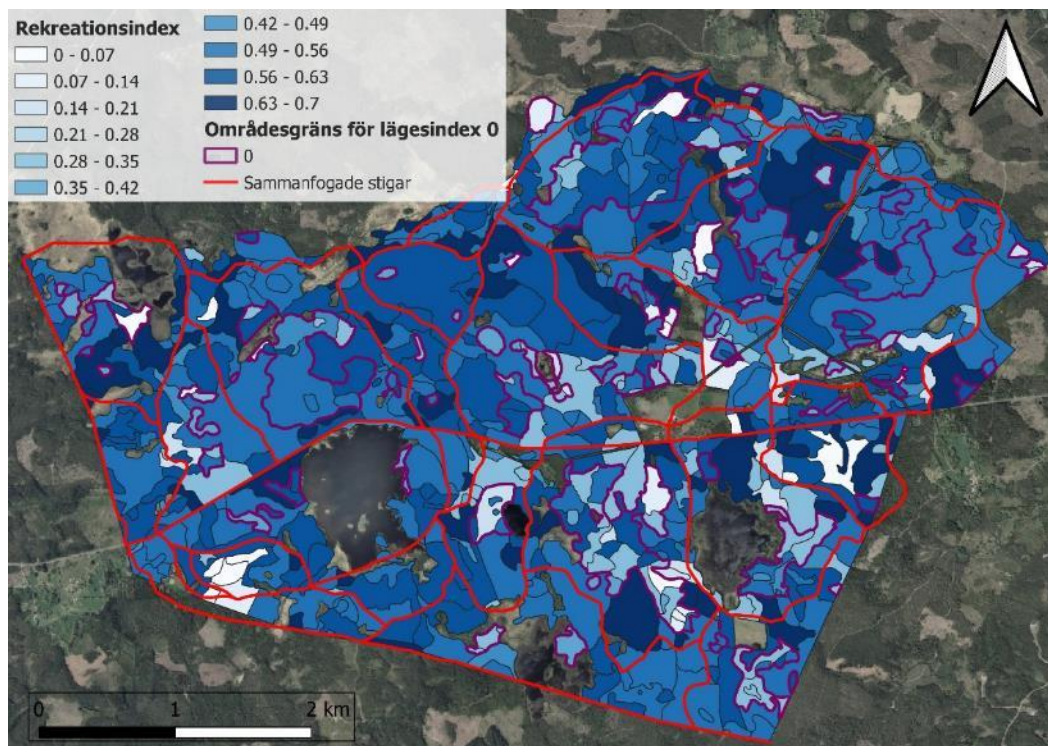


Figur 8. Procentuella skillnader i avverkad volym per avverkningstyp för optimering av PlanVis rekreationsindex.

Rekreativsvärdet i varje bestånd för optimering av PlanVis, samt totalt-rekreativsindex framgår av figur 9 och 10. Vid optimering av PlanVis rekreativsindex finns det inget samband mellan rekreativsvärde och områden med lokaliseringsindex 0, vilket är väntat givet modellen (figur 9). Vid optimering av totalt rekreativsindex är förhållandet det motsatta, med lägre rekreativsvärden i bestånd med lokaliseringsindex 0, från stig (figur 10).

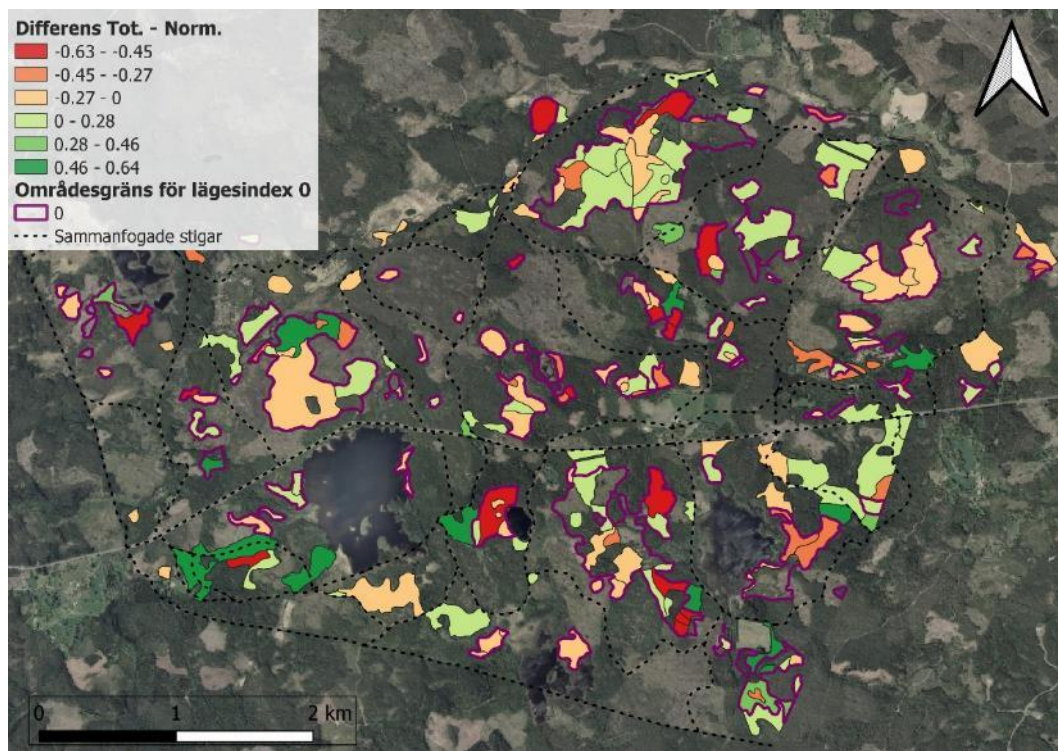


Figur 9. Optimering av PlanVis rekreativsindex, vid 90% av maxNPV i period 10. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).



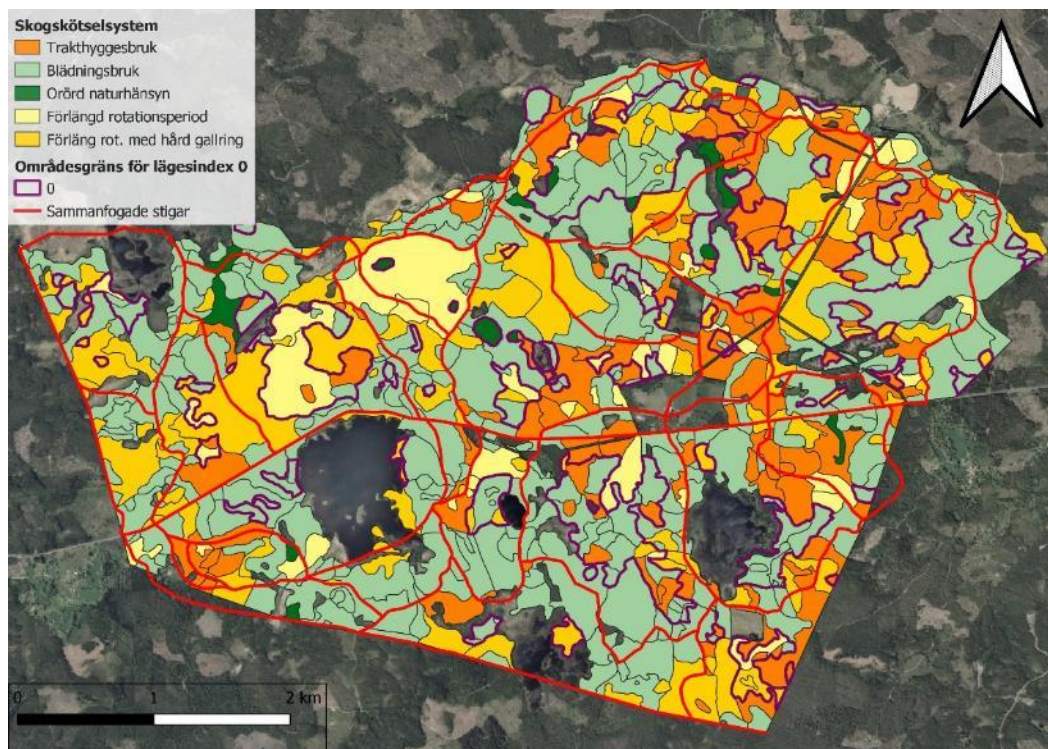
Figur 10. Optimering av totalt rekreatiönsindex, vid 90% av maxNPV i period 10. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).

Differensen i rekreatiönsindex återfinns framförallt i bestånd med lägesindex 0, från stig. I figur 11 återspeglas differensen mellan optimering av totalt rekreatiönsindex och optimeringen av PlanVis rekreatiönsindex. De högsta negativa värdena ses i bestånd med lägesindex 0. Det innebär att optimering av PlanVis index givit högre värden av rekreatiönsindex. Det förekommer även inom områden med lägesindex 0 att optimering av totalt index gett något högre rekreatiönsvärden (0 – 0.07 enheter). Utanför områden med lägesindex 0 syns framförallt högre positiva värden för den totala optimeringen.

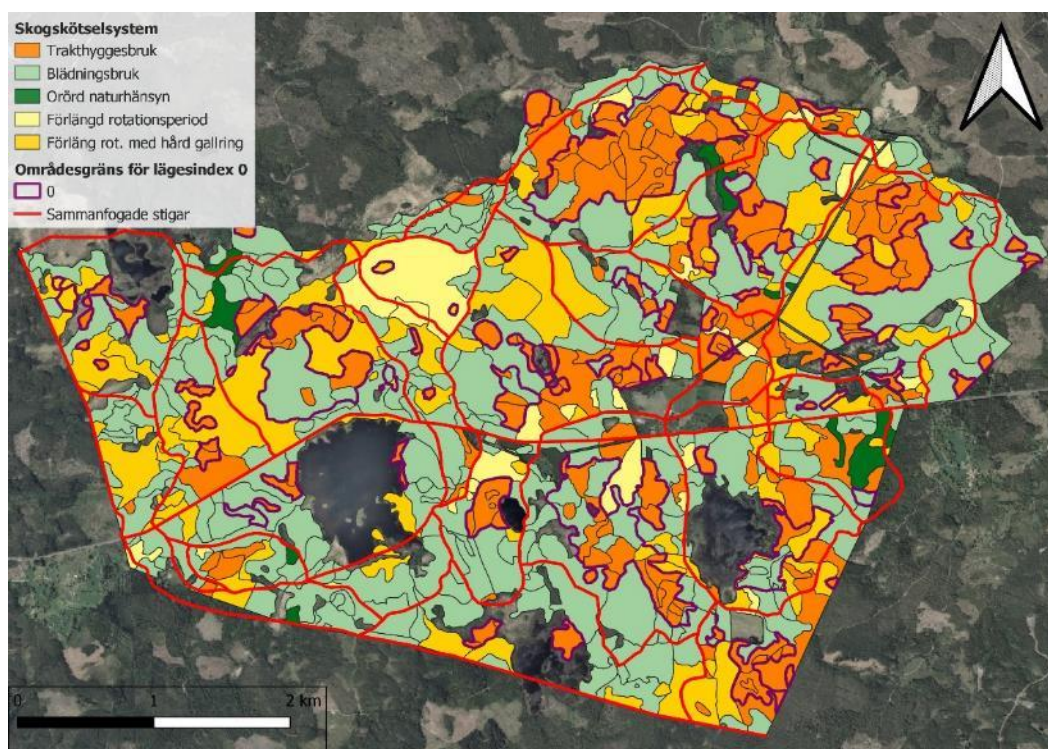


Figur 11. Översiktskarta med differenser i rekreationsindex mellan total och normal optimering. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).

I figur 12 och figur 13 framgår vilken typ av skogsskötselsystem som använts i varje bestånd vid optimering av 90% av maxNPV. I figur 12 visas det för normalt rekreationsindex, det vill säga rekreationsindex som är uträknat ur PlanVis, medan det i figur 13 visas för det totala rekreationsindexet. De mest noterbara skillnaderna finns i områden med lägesindex 0, där det förekommer mer trakthyggesbruk vid optimering av totalt rekreationsindex, se även figur 14.

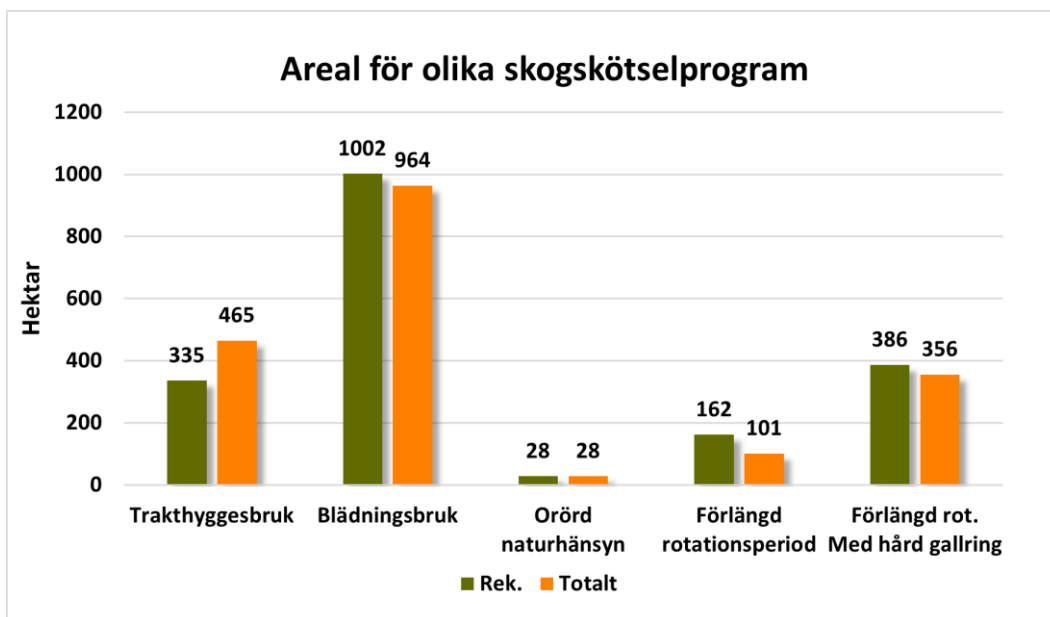


Figur 12. Fördelning av CC/skogsskötselsystem vid optimering av PlanVis rekreationsindex, vid 90% av maxNPV. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).



Figur 13. Fördelning av CC/skogsskötselsystem vid optimering av totalt rekreationsindex, vid 90% av maxNPV. Ortofoto från Lantmäteriet © (2022).

Totalt antal hektar som sköts med trakthyggesbruk är större för den totala optimeringsmodellen (465 ha), gentemot modellen som optimerar PlanVis rekreationsindex (335 ha), vilket motsvarar en ökning på ca 39% (figur 14). Den ökningen sker främst i de områden där lokaliseringsindexet är 0, från stig. I tabell 7 visas fördelningen av skogsskötselsystem i bestånd vid stig, där är förhållandet omvänt med större andel trakthyggesbruk i optimeringen för PlanVis rekreationsmodell, vilket stöds i argumentet ovan. Det finns en stor procentuell skillnad mellan de orörda bestånden, ca 118% högre för det totala rekreationsindexet, dock är det en låg skillnad i areal, 13 respektive 28 hektar (tabell 7). Totala andelen orörda bestånd är samma oavsett optimeringsmodell (figur 14).



Figur 14. Totala areal i hektar, för de olika skogsskötselprogrammen som användes vid 90% av maxNPV. De gröna staplar visar optimeringsmodellen med PlanVis normala rekreationsindex. Orangea staplar visar optimering av totalt rekreationsindex.

Tabell 7. Areal i hektar, av olika skogsskötselprogram vid olika optimeringar av rekreationsindex vid stig

	Trakt- hyggesbruk	Blådnings- bruk	Orörd natur- hänsyn	Förlängd rotations- period	Förlängd rotations- period och hård gallring
Rek., ha	277	820	13	114	334
Totalt, ha	208	904	28	107	312
Skillnad, ha	69	-84	-15	7	22
Skillnad, %	25	-10	-113	6	7

4. Diskussion

4.1 Resultat och modellens utformning

Vid jämförelse av optimeringsresultaten över samtliga perioder med olika rekreationsindex (tabell 4) är nuvärdet per hektar högre i de delar som fått värde 0 i lokaliseringsindex, det vill säga de bestånd som ligger från stig. Värdet av rekreationsindexet sjunker i dessa områden jämfört med optimering utav PlanVis rekreationsindex utan hänsyn till lokalisering. Detta samband gäller för samtliga nivåer av procentuell andel av maxNPV. Trenden är fortsatt tydlig, att skillnader blir större i de områdena med lokaliseringsindex 0, även vid jämförelse av absoluta och procentuella skillnader (tabell 4 & 5). Rekreationsindexet ökar enbart med 1% i de områdena nära stig med totalt rekreationsindex jämfört med PlanVis rekreationsindex. Att det skiljer ytterst lite i rekreationsindex nära stig för olika optimeringar tolkas som att rekreationsindexet är nära sitt max för de simulerade skogsskötselprogrammen. Värdeminskningen i bestånd vid stig kompenseras av det ökade nuvärdet från stig vid optimering av totalt rekreationsindex.

Givet uppbyggnaden av modellen för rekreationsindex är värden för olika skogliga faktorer värderade olika. För bestånd efter förstagallring värderas den negativa upplevelsen av exempelvis körskador betydligt högre än i bestånd innan förstagallring. Inblandning av lövträd är positiv i bestånd efter förstagallring och påverkar ej i bestånd med lägre medelhöjd (Lind 2007). Värdena är inte helt linjära och påverkar indexet olika i olika delar av rotationsperioden. Det gör att man även bör tolka skillnaden i rekreationsindex från stig, trots liten absolut skillnad i rekreationsindex, som att det ger en betydligt större upplevd skillnad i fält.

Total areal av olika skogsskötselprogram varierar för de olika optimeringsmodellerna (tabell 6), där den totala modellen skapar en större andel trakthyggesbruk, som främst är beläget i de 0-rankade rekreationsbestånden från stig. Både förlängd rotationsperiod med och utan hård gallring är större i den normala optimeringen. Arealdifferensen är liten. Resultaten visar att mer fokus på hög ekonomisk avkastning hamnar i de bestånd som får låga lägesindex i den totala rekreationsmodellen, jämfört med samma bestånd i PlanVis rekreationsmodell.

Värdet av rekreationsindex i bestånd vid stig är lika, däremot finns det skillnader i typ av skogsskötselprogram.

De faktorer som används vid modellering rekreationsindex är väl underbyggda av studier där skogliga attribut kopplas till lämplighet för rekreation (Koch & Sondergaard 1988; Lindhagen 1996; Hörnsten 2000). Det är dessa faktorer som används i PlanVis vid modellering av rekreationsindex. Tillgänglighet i form av stigar har också visat sig vara en faktor som påverkar frekvens av besök och upplevelsevärde av besöket (Neuvonen et al. 2010; Schägner et al. 2016; Skogsstyrelsen 2021a). Att tillföra mer relevant information till modellen ger ett mer underbyggt beslutsunderlag.

4.2 Förändringar i samhället och relevans

Trenden i absolut närtid är att fler människor vistas utomhus, att nya grupper i samhället rör sig utomhus på sin fritid och att denna förändring kan bli bestående över tid (Honey-Rosés et al. 2020; Venter et al. 2020; Hansen et al. 2022). Givet dessa förändringar i rörelse och rekreation bör fortsatt relevans av PlanVis modell för uträkning av rekreationsindex säkerställas. Detta kan ske genom upprepning av de studier som modellen är byggd utifrån.

4.3 Skoglig planering

Skoglig planering med DSS kommer alltid innebära många begränsningar (Eggers 2017). Alla analyser är beroende av kvaliteten på data som används. För denna studie är eventuell bristande kvalitet av data något som inte påverkar slutresultatet. Detta på grund av att de båda optimeringsmodellerna använder samma data och samma eventuella avvikelser från verkligheten.

Den modell som PlanVis är uppbyggd kring kan bara optimera resultat från de simuleringar som görs. Målet med de valda skogsskötselprogram och simuleringar som använts i studien är att återskapa traditionella skogsvårdsåtgärder, snarare än skapa skogsskötselprogram som enbart maximerar det rekreationsindex som används. På så vis behåller undersökningen relevans mot praktiskt skogsbruk.

4.4 Rekreation och skogsbruk

Det adderade lokaliseringsvärdet för stigar som använts i denna studie anses höra ihop med ökad besöksfrekvens (Neuvonen et al 2010; Schägner et al 2016). Med fler besökare minskar också känslan av ostördhet och kan därmed påverka den mentala hälsoeffekten för vissa besökare. Den modell som använts i denna studie

riktar sig mer mot ett Urbanistiskt rekreativsvärde än ett Puristiskt. Variationen i upplevda rekreativsvärden givet preferenser bedöms inte i denna studie.

Rekreativsvärde är ett begrepp som inte är lätt att definiera. Både mentala och fysiska hälsoaspekter för människor omfattas av rekreativsvärden. Dolling et al. (2017) visar att känslan av ostördhet och skydd från insyn kan öka den positiva mentala effekten personer får av vistelse i skog. Skydd från insyn betyder mindre fri sikt under ett krontak och kan till viss del vara kopplat till ett lägre rekreativsvärde som PlanVis använder. I modellen ger bestånd med stora, grova träd och lite underväxt högre rekreativsvärden.

Skogskötselsystemen som adderades för att upprätthålla höga rekreativsindex över längre tid (förlängd rotationstid med eller utan hårdare gallring) valdes till stor del bort av optimeringsmodellen till fördel för blädning. Givet modellens utformning gav det ett högre måluppfyllande. Det finns däremot anledning att ifrågasätta den verkliga kopplingen mellan blädningsskog och rekreativsvärden, då de ökar antalet stammar för varje given tidsperiod och minskar sikten på marknivå på grund av den flerskiktade strukturen (Lundqvist 2017). Givet den blädade skogens struktur är det vanligt att sikten är begränsad till 15–20 meter (Lundqvist 2017). Det innebär att det är en begränsning av sikten inom zon 1 i modellen och skulle kunna påverka det upplevda rekreativsvärdet. Däremot bör känslan av ostördhet och insynsskydd öka. Mer studier för detta samband krävs för att kunna dra en slutsats om påverkan på rekreativsvärdet.

4.5 Förbättringar och framtida studier

En begränsning vid optimering av rekreativsvärden samt skogsbruk som utförts i denna studie är att inga ändringar i beståndsgränser utförts. Ett sätt att hantera mer allmän hänsyn till rekreation skulle vara att dela bestånd som korsas eller löper bredvid stigar och skapa mindre buffertbestånd vid stigarna. Framtida studier kan undersöka relationen mellan ovan nämnd hantering mot den beståndsvisa uppdelning som använts i denna studie.

Ingen värdering togs heller till hur stor del av ett bestånd som hamnade inom buffertzoner. Ett alternativ för framtida studier är att bygga en modell som skapar en hänsyn i den korsande delen av beståndet, om det understiger en viss areal eller andel av beståndet. Eggers et al. (2018) visade att en addering av lokaliseringsindex, given befolkningstäthet tillsammans med rekreativsindexet från PlanVis, gav en stärkt bild av möjliga rekreativsvärden på landskapsnivå. De uttrycker även att en addering av stigar, leder och vägar tros ge ytterligare information till bedömning av rekreativsvärden. I denna studie har lokalisering till stigar och leder visat sig ge mer information till beslutsunderlag vid skoglig planering. För kommande studier är det lämpligt att kombinera befolkningstäthet och stiglokalisering tillsammans med skogligt rekreativsindex för att utvärdera

dess lämplighet vid skoglig planering (Neuvonen et al. 2010; Schägner et al. 2016). En ytterligare fördjupning av befolkningstäthet och lokalisering av stigar kan vara att addera data från plattformar som registrerar utomhusaktiviteter, likt Venter et al. (2020). Då kan även frekvensen av brukandet av stigar analyseras.

Den optimeringsmodell för totalt rekreationsindex som använts i denna studie lämpar sig framförallt vid skoglig planering i områden där det finns stigar, leder eller vägar som används eller tros användas vid rekreation. I områden där det inte finns stigar, alternativt inte finns tillgängliga data om förekomst av stigar, lämpar sig inte denna modell om det finns en önskan att rikta skötsel som ökar rekreationsindex. Där kan istället en generell maximering av rekreationsindex för ett valt avkall på maximalt nuvärde vara mer lämplig.

Ett sätt att implementera en mer generell hänsyn till rekreationsvärden vid planering av skogsbruk kan vara att maximera rekreationsvärde till en acceptabel nivå av maxNPV. Hur rekreationsvärdet modelleras ger olika resultat. Att inte ta hänsyn till lokalisering av stigar vid planering ger ett något högre rekreationsvärde överlag.

5. Slutsats

I skogsmark finns både sociala värden och ekonomiska värden av de skogliga råvaror som används till produktion. Avvägning mellan dessa krävs, då nyttjande av dem kan påverka varandra negativt. Vår studie stödjer att en modell som hanterar spatiala förhållanden till stigar, utöver skogliga egenskaper, kan användas vid skoglig planering för bedömning av rekreationsvärde i skog. Med modellen koncentreras rekreationsvärdet till de områden nära stigar där fler människor antas vistas. När rekreationsvärdet ökar på platser med hög besöksfrekvens maximeras de sociala värden i skogen samtidigt som produktion av skoglig råvara kan fortgå i områden som i lägre utsträckning påverkar rekreationsvärdet. På så vis underlättas avvägningen mellan sociala värden och produktion. Detta bör även förbättra hanteringen av ökande, icke förenbara krav på skog och skogsmark i framtiden.

6. Referenser

- Borges, J.G. (2014). *Computer-based tools for supporting forest management: the experience and the expertise world-wide*. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet. http://pub.epsilon.slu.se/11417/7/borges_jg_et_al_140825.pdf [2022-03-30]
- Boverket (2019). *Urbanisering*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsforsorjning/flyttningar/urbanisering/> [2022-03-25]
- Dahlin, E. & Lundström, E. (2021). *Sundvalls kommuns parkskogar – Planering av framtida skogsskötsel med Heureka*. (Kandidatarbete). Sveriges lantbruksuniversitet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-17466>
- Dolling, A., Nilsson, H. & Lundell, Y. (2017). Stress recovery in forest or handicraft environments – An intervention study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 162–172. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.07.006>
- Edwards, D., Jay, M., Jensen, F.S., Lucas, B., Marzano, M., Montagné, C., Peace, A. & Weiss, G. (2012). Public preferences for structural attributes of forests: Towards a pan-European perspective. *Forest Policy and Economics*, 19, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.07.006>
- Eggers, J. (2017). *Development and evaluation of forest management scenarios long-term analysis at the landscape level*. (Doktorsavhandling). Uppsala. Department of Forest Resource Management, Swedish University of Agricultural Sciences. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-4146>
- Eggers, J., Lindhagen, A., Lind, T., Lämås, T. & Öhman, K. (2018). Balancing landscape-level forest management between recreation and wood production. *Urban Forestry & Urban Greening*, 33, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.04.016>
- Fahlvik, N., Elfving, B. & Wikström, P. (2014). Evaluation of growth functions used in the Swedish Forest Planning System Heureka. *Silva Fennica*, 48 (2). <https://doi.org/10.14214/sf.1013>
- Fredman, P., Stenseke, M., Sandell, K. & Mossing, A. (2013). *Friluftsliv i förändring: resultat från ett forskningsprogram : slutrapport*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Fridman, J. & Ståhl, G. (2001). A Three-step Approach for Modelling Tree Mortality in Swedish Forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16 (5), 455–466. <https://doi.org/10.1080/02827580152632856>
- Gundersen, V.S. & Frivold, L.H. (2008). Public preferences for forest structures: A review of quantitative surveys from Finland, Norway and Sweden. *Urban Forestry & Urban Greening*, 7 (4), 241–258. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2008.05.001>
- Hansen, A.S., Beery, T., Fredman, P. & Wolf-Watz, D. (2022). Outdoor recreation in Sweden during and after the Covid-19 pandemic – management and policy implications. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/09640568.2022.2029736>
- Hartig, T., Evans, G.W., Jamner, L.D., Davis, D.S. & Gärling, T. (2003). Tracking restoration in natural and urban field settings. *Journal of Environmental Psychology*, 23 (2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(02\)00109-3](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(02)00109-3)
- Honey-Rosés, J., Anguelovski, I., Chireh, V.K., Daher, C., Konijnendijk van den Bosch, C., Litt, J.S., Mawani, V., McCall, M.K., Orellana, A., Oscilowicz, E., Sánchez, U., Senbel, M., Tan, X., Villagomez, E., Zapata, O. & Nieuwenhuijsen, M.J.

- (2020). The impact of COVID-19 on public space: an early review of the emerging questions – design, perceptions and inequities. *Cities & Health*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1780074>
- Hörnsten, L. (2000). *Outdoor recreation in Swedish forests: implications for society and forestry*. (Doktorsavhandling). Swedish University of Agricultural Sciences. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-5406>
- Kangas, A., Kurttila, M., Hujala, T., Eyvindson, K. & Kangas, J. (2015). *Decision Support for Forest Management*. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23522-6>
- Kaplan, S. & Kaplan, R. (2003). Health, Supportive Environments, and the Reasonable Person Model. *American Journal of Public Health*, 93 (9), 1484–1489. <https://doi.org/10.2105/AJPH.93.9.1484>
- Kellomäki, S. & Savolainen, R. (1984). The scenic value of the forest landscape as assessed in the field and the laboratory. *Landscape Planning*, 11 (2), 97–107. [https://doi.org/10.1016/0304-3924\(84\)90033-9](https://doi.org/10.1016/0304-3924(84)90033-9)
- Koch, N.E. & Sondergaard, J. (1988). *Skovenes friluftsfunktion i Danmark D.4 Befolkningens ønsker til skovenes og det åbne lands udfordring = The preferences of the population*. Lyngby: Projekt Skov og Folk, Statens forstlige Forsøgsvæsen.
- Leyden, K.M. (2003). Social Capital and the Built Environment: The Importance of Walkable Neighborhoods. *American Journal of Public Health*, 93 (9), 1546–1551. <https://doi.org/10.2105/AJPH.93.9.1546>
- Lind, T. (2007). *Rekreatiönsindex-bestånd*. [Faktablad]. Umeå. https://www.heureka.se/w/images/b/b1/Rekreatiönsindex_best%C3%A5nd.pdf [2022-03-01]
- Lindhagen, A. (1996). Forest recreation in Sweden. Four case studies using quantitative and qualitative methods. *Forest recreation in Sweden. Four case studies using quantitative and qualitative methods.*, (No. 64). <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19970603413> [2022-03-16]
- Lundmark, T. (2020). *Skogen räcker inte - hur ska vi prioritera?* (2020:4). Umeå. ISBN: 978-91-576-9764-6 (tryck), 978-91-576-9765-3 (pdf)
- Lundqvist, L. (2017). *Blädningsbruk- fungerar långsiktigt men kräver fullskiktad skog*. [Faktablad]. (Fakta. Skog, 14). Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-5248>
- Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G. & Fries, C. (2014). *Skogsskötselserien 20: Slutavverkning*. Skogsstyrelsens förlag. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-20-slutavverkning.pdf> [2022-03-24]
- Mattsson, L. & Li, C. (1993). The non-timber value of northern Swedish forests: An economic analysis. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8 (1–4), 426–434. <https://doi.org/10.1080/02827589309382789>
- Nationalencyklopedin (u.å.). Rekreation. <https://www.ne.se/uppslagsverk/ordbok/svensk/rekreation> [2022-03-16]
- Neuvonen, M., Pouta, E., Puustinen, J. & Sievänen, T. (2010). Visits to national parks: Effects of park characteristics and spatial demand. *Journal for Nature Conservation*, 18 (3), 224–229. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2009.10.003>
- Nordström, E.-M., Nieuwenhuis, M., Başkent, E.Z., Biber, P., Black, K., Borges, J.G., Bugalho, M.N., Corradini, G., Corrigan, E., Eriksson, L.O., Felton, A., Forsell, N., Hengeveld, G., Hoogstra-Klein, M., Korosuo, A., Lindblad, M., Lodin, I., Lundholm, A., Marto, M., Masiero, M., Mozgeris, G., Pettenella, D., Poschenrieder, W., Sedmak, R., Tucek, J. & Zoccatelli, D. (2019). Forest decision support systems for the analysis of ecosystem services provisioning at the landscape scale under global climate and market change scenarios. *European Journal of Forest Research*, 138 (4), 561–581. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01189-z>

- Näringsdepartementet N2018.15. *Strategi för Sveriges nationella skogsprogram*. Stockholm. Näringsdepartementet.
- Riksskogstaxeringen (2021). *Skogsdata 2021*. Umeå: Riksskogstaxeringen SLU. ISSN: 0280-0543
- Sandell, K., Emmelin, L., Fredman, P. & Lisberg Jensen, E. (2010). *Planera för friluftsliv: natur, samhälle, upplevelser*. Stockholm: Carlsson.
- SCB (2021). *Marken i Sverige. Statistiska Centralbyrån*. <http://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/marken-i-sverige/> [2022-03-16]
- Schantz, P. (2003). Fysisk aktivitet och hälsa kräver goda miljöer.: Vilka är de och hur skapas de? *Svensk Idrottsforskning: Organ för Centrum för Idrottsforskning*, (1), 6–11
- Schägnér, J.P., Brander, L., Maes, J., Paracchini, M.L. & Hartje, V. (2016). Mapping recreational visits and values of European National Parks by combining statistical modelling and unit value transfer. *Journal for Nature Conservation*, 31, 71–84. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.03.001>
- Silvennoinen, H., Pukkala, T. & Tahvanainen, L. (2002). Effect of Cuttings on the Scenic Beauty of a Tree Stand. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17 (3), 263–273. <https://doi.org/10.1080/028275802753742936>
- Simkin, J., Ojala, A. & Tyrväinen, L. (2020). Restorative effects of mature and young commercial forests, pristine old-growth forest and urban recreation forest - A field experiment. *Urban Forestry & Urban Greening*, 48, 126567. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126567>
- Skogsindustrierna (2022). *Statistik om skogsnäringens betydelse för ekonomi och välfärd - Skogsindustrierna*. <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/ekonomisk-betydelse2/> [2022-03-17]
- Skogsstyrelsen (2021a). *Skog för upplevelser och rekreation*. <https://www.skogsstyrelsen.se/bruks-skog/olika-satt-att-skota-din-skog/hansyn-till-skogens-sociala-varden/> [2022-03-16]
- Skogsstyrelsen (2021b). *Värden att bevara*. <https://www.skogsstyrelsen.se/aga-skog/skydda-skog/varden-att-bevara/> [2022-03-16]
- Skogsstyrelsen (2022). *Skogsstyrelsens statistikdatabas*. http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens_statistikdatabas/Skogsstyrelsens_statistikdatabas__Rundvirkespriser/JO0303_3.px/ [2022-04-08]
- Ulrich, R.S. (1984). View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. *Science*, 224 (4647), 420–421. <https://doi.org/10.1126/science.6143402>
- Venter, Z.S., Barton, D.N., Gundersen, V., Figari, H. & Nowell, M. (2020). Urban nature in a time of crisis: recreational use of green space increases during the COVID-19 outbreak in Oslo, Norway. *Environmental Research Letters*, 15 (10), 104075. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb396>
- Wibe, S. (1994). *Non wood benefits in forestry: survey of valuation studies*. (Arbetsrapport). Umeå. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsekonomi, 199
- Wikberg, P.-E. (2004). *Occurrence, morphology and growth of understory saplings in Swedish forests*. (Doktorsavhandling). Umeå. Swedish University of Agricultural Sciences. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-295>
- Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson, L.O., Lämås, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C. & Klintebäck, F. (2011). The Heureka forestry decision support system : an overview. *International journal of mathematical and computational forestry & natural-resource sciences*, 3 (2), 87–95. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-800>

Bilaga 1

Rekreatationsindex-bestånd – Allmänt om modellen

Modellen returnerar ett index, RI mellan 0 – 1 där 1 indikerar högsta rekreatationsvärde och 0 lägst.

Modellens resultat

Modell	Beräknar rekreatationsvärde för skog i olika utvecklingsgrader med tre modeller för enskilda bestånd utan någon hänsyn till tillgänglighet för rekreation.
Syfte och beskrivning	Att beräkna rekreatationsindex (0 – 1) för provytor/bestånd i landskapet
Typ av modell	Additativ model: $RI=a+b*x1+ c*x2...$

Variabler

Variabel	Enhet	Min/Max	Beskrivning
RI_b	(0 - 1)	Min= 0 Max=1	Rekreatationsvärde mellan 0 och 1, där 1 är högsta möjliga rekreatationsvärdet.
Uneven	0/1		Skiktad = 1 eller ej skiktad skog=0
Deadtr	0-3		Död ved i klasser 0= ingen död ved 1= lite död ved 2= mycket död ved 3= bestånd dominerat av död ved
Lystem	0-3		Liggande stammar 0= ingen död ved 1= lite död ved 2= mycket död ved 3= bestånd dominerat av liggande stammar

Res	0-3			Mängd avverkningsrester 0= inga 1= lite avverkningsrester 2= mycket avverkningsrester 3= stor mängd avverkningsrester
Pinepr	Andel tall - tiondel			Trädslagsblandning i 10-delar
Sprucpr	Andel gran - tiondel			
Broadpr	Andel lövträd - tiondel			Brodpr - alla lövträd
Stsm	Stammar per ha	5- 20 cm		Antal stammar per ha i diameterklass $5\text{ cm} < d < 20$
Stmed	Stammar per ha	20-48 cm		Antal stammar per ha i diameterklasser $20\text{ cm} \leq d < 48$
Stla	Stammar per ha	> 48 cm		Antal stammar per ha i diameterklasser $d \geq 48$
Grodam	0 - 3			Grad av körskador. 0= inga skador 1= små skador 2= stora skaor 3= mycket stora skador

Funktion

Beroende variabel: RI_b

	Modell 1	Modell 2	Modell 3
Variabel	Kalmark och ungskog lägre än 2 meter i medelhöjd	Ungskog med medelhöjd > 2m och före första gallring	Bestånd efter första gallring
Intercept	0.3	0.568	0.569
Uneven	0.1	0.169	0.0491
Deadtr	-0.01	-0.063	-0.058
Lystem	-0.02	-0.0965	-0.099
Res	-0.01	-0.019	-0.0693
Pinepr		-0.0004	
Sprucepr		-0.0202	
Broadpr			0.0106
Stsm		-0.0009	-0.000076

Stmed	0.000103
Stla	0.00176
Grodam	-0.0549

Implementering

Variabel	Klass	Beskrivning	Förslag på lösning	Implementering
Uneven	0/1	Skiktad ej skiktad	Default = 0 0= ej skiktad 1= skiktad skog	I modell 1: skiktad skog ytor/bestånd med överståndare > x st/ha och ytor förnygrade med frötad. I modell 2: skiktad skog enl RT eller beräkning ^a eller om det finns överståndare > 50 st/ha I modell 3: skiktad skog enl RT eller beräkning ^b
Deadtr	0-3	Stående död ved i klasser 0= ingen död ved 1= lite död ved 2= mycket död ved 3= bestånd dominerat av död ved	Default= 0 $0 = < x \text{ m}^3$ $1 = x - x \text{ m}^3$ osv där gränser anges av användaren.	Användare kan ange detta i gränssnittet
Lystem	0-3	Liggande stammar 0= ingen död ved 1= lite död ved 2= mycket död ved 3= bestånd dominerat av död ved	Default= 0 $0 = < x \text{ m}^3$ $1 = x - x \text{ m}^3$ osv där gränser anges av användaren.	Användare kan ange detta i gränssnittet. Gäller liggande stammar av både levande och död ved.

^a Modell för att beräkna som skog är skiktad ej framtagen. Antag ej skiktad skog i dagsläget.

^b Modell för att beräkna som skog är skiktad ej framtagen. Antag ej skiktad skog i dagsläget.

Res	0-3	Mängd avverkningssrester 0= inga 1= små mängder 2= större mängd 3= stor mängd avverkningssrester	0 = inga åtgärder i period 0,-1,-2 eller uttag av GROT under period -1 1= slutavverkning period - 2 eller röjning eller gallring period -1 samt vid uttag av GROT där slutavverkning eller gallring i period 0. 2=Slutavverkning period - 1, eller gallring period 0 eller röjning period 0 3= Slutavverkning period 0	Möjlighet för användaren att välj att ta bort avverkningssrester, vilket innebär en kostnadspåslag. I gränssnittet görs detta som (ja/nej) och kostnad för detta x kr/m ³ sk.
Grodam	0 - 3	Grad av körsador. 0= inga skador 1= små skador 2= stora skaor 3= mycket stora skador	Default = 0 0= Inga skador på torr mark. 1= små skador om frisk mark. 2= fuktig mark 3= blöt mark	I skog som är av rekreationskaraktär antas att man undviker körsador. Detta löses som ett kostnadspåslag vid avverkning på känslig mark som blöt och fuktig mark. Användaren anger att detta görs i gränssnittet (ja/nej). 10 kr/m ³ sk default för att undvika skador.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.