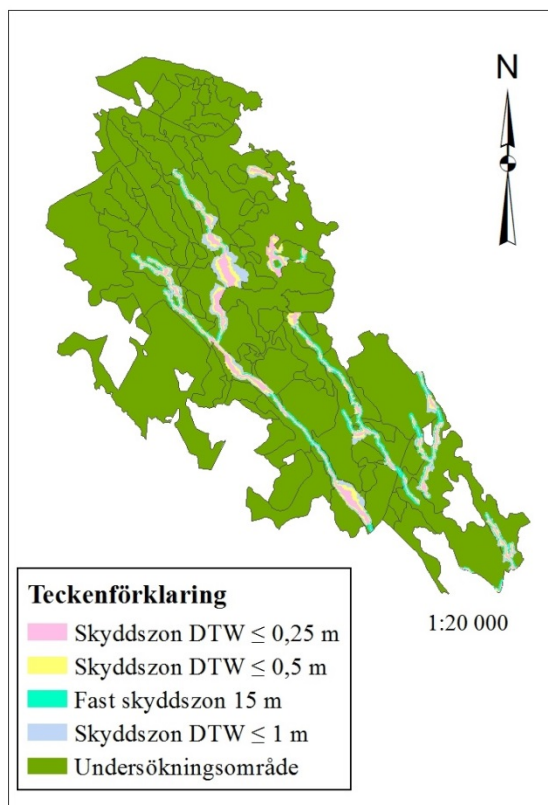


## Skogens struktur och ekonomi över 100 år med fast eller varierad skyddszon runt vattendrag.

*Forest structure and economy over 100 years with fixed or varied buffer zone around watercourses.*



Anna Jonsson & Sofia Grahn



# Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,  
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Anna Jonsson & Sofia Grahn
Titel, Sv	Skogens struktur och ekonomi över 100 år med fast eller varierad skyddszon runt vattendrag.
Titel, Eng	<i>Forest structure and economy over 100 years with fixed or varied buffer zone around watercourses.</i>
Nyckelord/ Keywords	<i>Heureka PlanVis, geografiskt informationssystem (GIS), digital höjdmödel (DEM), DTW-index, lövskog, gammal skog, död ved och rekreationsindex.</i> <i>Heureka PlanWise, geographic information system (GIS), digital elevation model (DEM), DTW-index, deciduous forest, old forest, dead wood and recreation index.</i>
Handledare/Supervisor	<i>Johanna Lundström</i> <i>Institutionen för skoglig resurshushållning/ Department of Forest Resource Management</i>
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2014

## FÖRORD

I denna studie har vi med hjälp av Heureka's programvara PlanVis undersökt vilken påverkan olika skyddszoners utformning får på skogens ekonomiska, sociala och ekologiska faktorer över tid. Studien utfördes för att visa på PlanVis breda användningsområde vad gäller skoglig planering samt för att utvärdera vilka effekter olika typer av skyddszoner kan ge på längre sikt.

Särskilt tack till vår handledare Johanna Lundström som under hela arbetet varit ett mycket bra stöd. Vi vill även tacka Jean-Michel Roberge som gett oss hjälp i metodval för att undersöka innerskogsareal. Slutligen tack till Anneli Ågren, Anu Korosuo, Lennart Henriksson, Ljusk Ola Eriksson, Hampus Holmström och Erik Risby som alla varit till stor hjälp under arbetets gång.

Umeå, april 2014

Anna Jonsson och Sofia Grahn

## SAMMANFATTNING

Skogsbruksåtgärder intill vatten kan ge negativa konsekvenser på vattenkvalitén. Ett sätt att minska den negativa påverkan är att skapa skyddszoner. I denna studie simulerades olika skyddszoner i Heureka PlanVis och utvärderades med avseende på ekologiska, ekonomiska och sociala värden sett över längre tid. Tre nivåer av skyddszoner med varierad bredd baserade på djupet till grundvattnet (DTW-index) samt två fasta skyddszoner på 15 och 0 m jämfördes. I DTW-skyddszonerna avsattes mark med  $\leq 1$ ,  $\leq 0,5$  respektive  $\leq 0,25$  m ner till grundvattnet.

I skyddszon DTW  $\leq 1$  m uppmättes nedanstående variablers extremvärden. Värdena redovisas nedan i jämförelse med om ingen skyddszon användes:

- Avsatt areal var 9 % av undersökningsområdets totalareal.
- Kostnaden för att lämna skyddszon var 10,5 % i minskat nuvärde.
- Medelvolymen lövträd över 100 år ökade med 6,2 %.
- Medelvolymen skog > 120 år över 100 år ökade med totalt 9155 m<sup>3</sup>sk.
- Medelvolymen död ved/ha över 100 år ökade med 28,9 %.
- Medelvärdet i rekreationsindex över 100 år minskade med 6,2 %.
- Arealen inom skyddszon opåverkad av kanteffekter var 0,19 % av undersökningsområdets totalareal, vid en förväntad kanteffektlängd på 50 m.
- Arealen inom skyddszon opåverkad av kanteffekter var 3 % av undersökningsområdets totalareal, vid en förväntad kanteffektlängd på 15 m.

Studien indikerar att nämnda variabler avgörs av skyddszonens utformning. Eftersom skyddszoner utformade med DTW-index är topografiskt och hydrologiskt betingade kan de bidra till att utströmningsområden skyddas samtidigt som skogsbruk tillåts på mark relativt nära vatten där bärigheten är god. Detta är tilltalande för både ekonomiska och ekologiska värden.

Nyckelord: Heureka PlanVis, geografiskt informationssystem (GIS), digital höjdm modell (DEM), DTW-index, lövskog, gammal skog, död ved och rekreationsindex.

## SUMMARY

Forestry measures in proximity to water can have adverse impacts on water quality. One way to reduce the negative impact is the creation of buffer zones. In this study different buffer zones were simulated in Heureka PlanWise and evaluated for ecological, economic and social values over a longer period of time. Three levels of buffer zones of varying width based on depth to groundwater (DTW-index) and two fixed buffer zones of 15 and 0 m were compared. In the DTW-buffer zones land with  $\leq 1$ ,  $\leq 0.5$  and  $\leq 0.25$  m down to the groundwater was set aside.

In buffer zone DTW  $\leq 1$  m the following variables extreme values was measured. The values are reported below in comparison with if no buffer zone was used:

- Set aside area was 9 % of the study area's total acreage.
- The cost of leaving the buffer zone was 10.5 % in diminished NPV.
- The average volume of deciduous trees over 100 years increased by 6.2 %.
- The average volume of forest > 120 years for over 100 years increased by a total of 9155 m<sup>3</sup>sk.
- The average volume of dead wood/ha over 100 years increased by 28.9 %.
- The average value of the recreation index over 100 years decreased by 6.2 %.
- The area within the buffer zone unaffected by edge effects was 0.19 % of the study area's total acreage, at an expected edge effect length of 50 m.
- The area within the buffer zone unaffected by edge effects was 3 % of the study area's total acreage, at an expected edge effect length of 15 m.

The study indicates that these variables are determined by the buffer zone configuration. Because buffer zones designed with DTW-index is topographically and hydrologically related, they can help to protect discharge areas, while forestry is allowed on land relatively close to water where buoyancy is good. This is appealing to both economic and ecological values.

Keywords: Heureka PlanWise, geographic information system (GIS), digital elevation model (DEM), DTW-index, deciduous forest, old forest, dead wood and recreation index.

# INLEDNING

## Bakgrund

Vattendrag, sjöar och våtmarker täcker 20 % av Sveriges yta (Bleckert m.fl. 2010). Vattenkvaliteten är god jämfört med övriga Europa samtidigt som endast 5 % av vattenmiljöerna är opåverkade av människan, s.k. urvatten (Bleckert m.fl. 2010). Att kunna släcka törsten direkt ur ett vattendrag i naturen blir allt ovanligare men är fortfarande möjligt inom stora områden i Sverige. Vattenmiljöer som är måttligt påverkade av människan s.k. naturvatten utgör 25 % och de resterande 75 % utgörs av kulturvatten, vattenmiljöer som är kraftigt påverkade av människan (Bleckert m.fl. 2010). Skyddszoner har en positiv inverkan på vattenkvaliteten (Barling & Moore 1994) och skogsbruksåtgärder i eller i närheten av vattendrag kan ha en negativ påverkan (Henriksson 2007).

Skyddszoner och markskador vid brukande av skog är just nu ett hett ämne och uppe på den politiska agendan (Miljömålsberedningen 2013). Då skyddszoner lämnas följer ekonomiska förluster för skogsbruket vilket kan tänkas få efterföljande konsekvenser i konkurrenskraft och arbetstillfällen. Detta ställs mot de miljömässiga och sociala nyttigheter samt förbättrat anseende för skogsnäringen som denna hänsyn kan leda till. Skogsstyrelsen leder ett projekt, Dialog om miljöhänsyn, som handlar om att utöka dialogen om lagkrav, målbild och miljöhänsynens uppföljning (Skogsstyrelsen 2014a). Skogsbruket, intresseorganisationer och myndigheter har under projektet tillsammans arbetat fram ändringar i föreskrifter och allmänna råd till 30 § Skogsvårdslagen som började gälla 1 mars 2014. Syftet till dessa förändringar var främst att förtydliga hänsyn till arter, hur prioriteringar av hänsyn ska gå till samt återställande efter skada (Skogsstyrelsen 2014b).

Sötvatten tillhandahåller tjänster som människan är direkt beroende av s.k. ekosystemtjänster. Dessa kan delas in i tre kategorier, se tabell 1. Mängden tillgängligt sötvatten för människan står i direkt relation till mängden av dessa ekosystemtjänster (Chan et al. 2006). Dessa ekosystemtjänster är i sin tur beroende av att försämringen av vattenkvaliteten från jordbruk (Berka et al. 2001) och urban utveckling (Houlahan & Findlay 2004) begränsas samt att vattenreningen i bl.a. våtmarker bibehålls (Mitsch et al. 2001; Verhoeven et al. 2006) vilket underlättas av skyddszoner (Barling & Moore 1994).

**Tabell 1.** Sötvattnets ekosystemtjänster, fritt efter Postel et al. 1997.

*Table 1. Freshwater ecosystem services, free after Postel et al. 1997.*

Vattenförsörjning	Tillhandahållande av andra nyttor än vatten	Utbud av andra icke utvinningsbara förmåner
Hushållsbehov t.ex. dricka, laga mat och tvätta.	Djur t.ex. fisk, sjöfåglar och musslor.	Översvämningsskydd, utspädning av föroreningar och skydd av vattenkvalitén.
Industriella ändamål t.ex. tillverkning och termoelektrisk elproduktion.	Skinn	Transport, elproduktion, markgödning och ökade fastighetsvärden
Vattenbruk t.ex. bevattning av grödor, parker och golfbanor.		Habitat för vilt, rekreation och värden utan att man använder vattnet.

En skyddszon kan bidra med en mängd miljömässiga nyttigheter. Den skyddar vattendraget från föroreningar, t.ex. bakterier och patogener, samt filtrerar näringsämnen och sediment (Barling & Moore 1994). De växter och träd som finns i skyddszone stabiliserar strandkanten (Barling & Moore 1994; Naturvårdsverket 2007). De tillför även dött organiskt material som föna och insekter till vattnet vilket fungerar som föda åt fisk (Zinko 2005). Detta är extra viktigt i små vattendrag som inte har egen produktion av organiskt material i form av t.ex. alger (Naturvårdsverket 2007). När ingen skyddszon lämnas till vattendrag sjunker den totala mängden tillfört organiskt material i form av löv (Zinko 2005). Betydelsen av lövträd är stor för många arter såsom fleråriga örter, lavar, svampar, invertebrater, hackspettar och insekter (Essen et al. 1997). Två studier har visat att det närmast bäckar finns högre inslag av löv (Jonsson 1998; Risby 2014).

Det finns många hotade arter som är beroende av död ved (Samuelsson & Ingelög 1996; Siitonen 2001). Död ved skapar fördämningar i vattendragen vilket ger habitat för fisk och andra vattenlevande organismer (Bilby & Bisson 2001). Andra nyttigheter med död ved är att dess fördämningar sänker vattenhastigheten och ökar kanalstabiliteten, ansamlar organiskt material så som frön, vegetativa förökningsorgan samt sediment (Naiman & Decamps 1997). När ingen skyddszon lämnas till vattendrag sjunker den totala mängden tillförd död ved till vattendraget (Swanson & Lienkaemper 1978).

Lång kontinuitet av krontäckning och gammal skog är två andra viktiga faktorer för många boreala organismer. Lavförekomst har setts öka med skogens ålder, deras långsamma tillväxthastighet, långa livscyklar, spridningsbegränsningar och krav på specifika mikroklimat tros vara orsaken till deras beroende av stabila habitat. Ett antal insekts och fågelarter har också setts vara beroende av kontinuitet och gammal skog (Essen et al. 1997).

Temperaturreglering genom beskuggning är ytterligare en viktig funktion som skyddszonerna kring vattendrag har. På detta sätt skyddas fisk mot bottenfrysning och/eller allt för höga temperaturer (Zinko 2005). Vattendrag och dess skyddszone ligger för det mesta lågt i landskapets terräng vilket medför att kantzoner ofta är permanenta utströmningsområden (Dawson & Ehleringer 1991). Det innebär att grundvatten från omgivande högre belägen mark från regn och snö rinner genom kantzonen och ut i vattendragen. Grundvattnet får successivt, genom sin rörelse i jord och berg, ett högre innehåll av mineraler och blir allt mer

basiskt (Nationalencyklopedin). Det har visats sig att det i strandzoner som är utströmningsområden finns en ökad artrikedom av kärlväxter. Detta förslagsvis p.g.a. att jorden har ett högre pH och tillgången till kväve är högre (Kuglerova et al. 2014). Även mindre torkstress (Jansson et al. 2007) och högre tillgång på baskatjoner (Giesler et al. 1998) har angetts som troliga förklaringar till fenomenet. Skyddszoner kan även ha en viktig funktion som spridningskorridor för fåglar, däggdjur och strandvegetation. (Zinko 2005).

Skyddszoner mot vattendrag i urbana miljöer s.k. greenways, tillhandahåller en rad sociala nyttor och många samhällsförbättringsprogram sätter stort fokus på dessa områden (Fischer & Fischenich 2000). Skyddszoner mot vattendrag har också betydelse för landskapsbilden och har en viktig roll i kulturmiljövården då flera betydelsefulla kulturminnen ligger placerade längs vattendrag (Ederlöf 2012). Detta indikerar att dessa zoner är viktiga ur ett rekreativt perspektiv.

Om den bäcknära zonen avverkas så ökar avrinningen. Då träden tas bort försvinner även deras evapotranspiration och på vintern blir snötäcket djupare på öppna ytor än trädbevuxna (Kuglerova 2010). Koncentrationen av DOC, organiskt material, ökar vid avverkning (Laudon et al. 2009) och kan sänka pH-nivån i närbelägna våtmarker och vattendrag (Laudon & Buffam 2008). Halten kvicksilver och metylkvicksilver i det boreala sötvattenekosystemet kan kopplas till kalavverkning och markberedning då dessa åtgärder ökar ämnens rörlighet (Povari et al. 2003). Förflyttning av kvicksilver och metylkvicksilver tycks öka vid körskador invid diken och bäckar (Magnusson 2009). Vid körskador med spårbildning i strandzonen kan eroderat material från omgivande mark forslas direkt ut i vattnet (Ring et al. 2008). Den ökade erosionen beror också på de högre och tätare flödestoppar och den höjda grundvattennivån som föryngringsavverkning leder till de närmsta åren efter avverkning (Nyberg & Eriksson 2001). Körskadeproblematiken har lett till att flera av Sveriges största skogsföretag har gått samman och skrivit en gemensam policy om körskador i skogsbruket (Skogsindustrierna 2014). Syftet med policyn är att skapa en likartad syn och målbild vad gäller körskador.

I skogsvårdslagen regleras skyddszoner i § 14 3:11 samt § 30 7:20, 7:21, 7:22, 7:27, 7:29, 7:33 och 7:34. I § 30 7:21 står det att ”Skyddszoner med träd och buskar ska lämnas kvar vid skötsel av skog i sådan utsträckning som behövs av hänsyn till arter, vattenkvalitet, kulturmiljö, kulturlämningar och landskapsbild.” (Skogsstyrelsen 2014d). På europeisk nivå regleras vattenfrågan bl.a. i EU:s ramdirektiv för vatten som antogs år 2000 vilket i stora drag syftar till att vattnen inom EU vid år 2015 (eller senast 2027) ska uppnå god ekologisk- och vattenkemisk status (Vattenmyndigheterna 2013). Vattnets ekologiska status bedöms till största del med biologi, vilka arter som finns i vattnet avslöjar hur vattnet mår. Kvaliteten och påverkan på vattnet så som t.ex. rätning och rensning läggs också in i bedömningen (Bleckert m.fl. 2010).

FSC reglerar skyddszoner vid vattendrag enligt kriterium 6.5.14SA för mindre markägare enligt följande ”skogsbrukare ska tillse att åtgärder längs vattendrag och öppna vattenytor främjar kontinuerligt beskogade, om möjligt skiktade, topografiskt, hydrologiskt och ekologiskt betingade övergångszoner.” (FSC 2010 s. 40). För övriga markinnehav gäller kriterium 6.5.14. ”Skogsbrukare ska ha rutiner som medför att åtgärder längs vattendrag och öppna vattenytor främjar kontinuerligt beskogade, om möjligt skiktade, topografiskt, hydrologiskt och ekologiskt betingade övergångszoner.” (FSC 2010 s. 40). Många av Sveriges skogsföretag är idag anslutna till FSC (FSC 2014). En studie visar att flera företag inom storskogsbruket har mer frivilliga avsättningar än vad FSC-certifieringen kräver (Stål m. fl. 2012; Skogsindustrierna 2013). I FSC:s bestämmelser regleras även mängden löv. I kriterium



6. 3. 9S. sätts krav på att ”skogsbrukare ska planera och bruka markinnehavet så att på sikt en areal motsvarande minst 5 % av arealen frisk och fuktig skogsmark utgörs av lövrika bestånd som domineras av lövträd under merparten av omloppstiden” (FSC 2010 s. 36). Även i kriterium 6. 5. 15S sätts krav på att ”skogsbrukare ska planera och bruka sitt markinnehav så att lövdominerade bestånd med goda förutsättningar för biologisk mångfald bibehålls och/eller skapas på a) fuktig sedimentmark som gränsar till vattendrag och öppna vattenytor b) i sedimentraviner c) på andra naturligt lövdominerade fuktiga/blöta marker.” (FSC 2010 s. 40). Detta indikerar på en vilja från FSC:s sida att få skogsbruket att gynna lövträdslag i större utsträckning.

Enligt skogsstyrelsens uppföljningar har utformningen av skydds-zoner försämrats. Olika uppfattningar om hur en godkänd skydds-zon ska vara och/eller bristfällig hänsyn anges som förklaringar (Skogsstyrelsen 2011). Även de förebyggande åtgärderna mot körskadorna anges inte ha varit tillräckliga. I en studie från Värmland-Örebro och västra Götaland gjord av Skogsstyrelsen framgick att skydds-zoner endast fanns längs 50 % i de bäckar som var mindre än 3 meter breda. Av kalhyggen som var yngre än 10 år hade 70 % skydds-zoner på vattendrag som var 3-10 m breda men bara hälften av dessa skydds-zoner var minst 10 m breda. Kalhyggen som var äldre än 10 år saknade över 80 % skydds-zon (Anon. 2002). Enligt skogsstyrelsen är föryngringsavverkningars negativa påverkan på skydds-zoner i 66 % av fallen obefintlig. En liten negativ påverkan kan ses vid 24 % av fallen och i 10 % av fallen finns en stor negativ påverkan. Vad gäller föryngringsavverkningarnas påverkan vid transport över vattendrag så finns ingen negativ påverkan i 59 % av fallen. En liten negativ påverkan ses vid 23 % och i 19 % av fallen finns en stor negativ påverkan (Skogsstyrelsen 2013; Eriksson 2013).

Det råder alltså skilda uppfattningar om hur en godkänd skydds-zon ska vara. Hur ska då en skydds-zon se ut för att ge de högsta miljö- och sociala värdena till det lägsta priset? En skydds-zon med varierad bredd från vattendraget kan vara bra för att det bildas kala ytor längs vattendraget där löv kan etableras. Vid en fast skydds-zon, samma bredd mot vattendraget överallt, finns fördelen att även naturliga granzoner längs vattendragen sparas vilka är vanliga i Norrland (Henriksson 2007). Enligt Lennart Henriksson (muntlig kommunikation), en av Sveriges ledande personer inom vattenvårdsfrågor, finns det brist på studier om hur stor andel av ett vattendrags längd som bör ha en intakt skydds-zon. För att uppfylla skogsvårdslagen och certifieringsorganisationernas regler behövs en skydds-zon på 5-15 m (Bleckert m.fl. 2011). Denna bredd på skydds-zon används när man i Blå målklassning klassar ett vattendrag med målklass Generell vattenhänsyn. Det finns dock tillfällen då en skydds-zon kan vara både smalare och bredare (Bleckert m.fl. 2010). Skydds-zonsbredden bör öka med lutningen på omgivande mark och ju finkornigare material den består av. Vid en skydds-zons bredd på 20 m eller mer anses påverkan på vattendraget vara obetydlig eller ringa (Nyberg & Eriksson 2001). Dock påvisar flera studier att kanteffekten in i t.ex. en skydds-zon för växter fortgår upp till 50 m (Murcia 1995; Ries et al. 2004). Kanteffekt är den påverkan på organismer som skapas genom de förändringar i de biotiska och abiotiska förhållandena som uppstår från en kant och en bit in i skogen (Murcia 1995). Ryggradsdjur påverkas av kanteffekten upp till 100 m och fåglar mellan 50-200 m (Ries et al. 2004). En studie av Hylander (2005) säger att man bör ha en skydds-zon på mer än 40 m. Denna studie visade att tillväxten av Husmossa och Mörk husmossa (*Hylocomium splendens* H. och *Hylocomiastrum umbratum* E.) ökade exponentiellt med avståndet från hyggeskanten. Detta kan tyda på att en smal skydds-zon är bättre än ingen. Ett sätt att jämföra skydds-zoner är att jämföra hur mycket areal varje skydds-zon bildar som inte påverkas av kanteffekter. Det är alltså den areal som finns innanför

ett visst avstånd från skyddszonens kanter, avståndet är den antagna längd som kanteffekten fortlöper på. I detta arbete kallas denna areal för innerskogsareal.

De ekonomiska konsekvenserna av olika skyddszoner har ofta inte på ett noggrant sätt beräknats när riktlinjer för skapandet av dem tagits fram (Ice et al. 2006). I denna amerikanska studie belyses det faktum att kostnaden av en viss skyddszonspolicy grundar sig i följande; definitionen av vilka typer av vattendrag som ska inkluderas, noggrannheten i inventeringsmetoden DEM (Digital Elevation Modell) för att hitta vattendragen, skyddszonernas bredd samt vilken skötsel som är tillåten inom skyddszonerna. De närmaste 15 m från vattendragen antogs ha hälften så stort värde som närliggande skog på fastmark. Detta p.g.a. en högre andel löv med lägre kvalitet samt högre andel buskar. Med en högre upplösning av DEM blev summan av de skyddade arealerna större och de inneslutna virkesvärdena högre (Ice et al. 2006). En svensk studie visar att det inom de närmaste 5 m från bäcken av totalt 30 m undersökta fanns högre inslag av löv. Den ekonomiska kvalitén på lövet var låg men ändå var bruttovärdet (kr/m<sup>3</sup>sk) jämförelsevis högre. Förklaringen var att den grundytvägda medeldiametern var högre (Jonsson 1998). Risby (2014) undersökte virkesvolym och lövandelen inom samma skyddszonstyper som i denna studie fast över i stort sett hela Krycklans avrinningsområde. Det visade sig att lövandelen var högst i skyddszon DTW  $\leq 0,25$  m, som ligger närmast vattendraget, jämfört med de övriga skyddszonstyperna. Samma studie visade att det inom skyddszon  $\leq 0,25$  m stod nästan dubbelt så hög medelvolym/ha jämfört med den övriga skogsmarken.

Detta belyser problematiken över att olika typer av skyddszoners inverkan över skogens ekonomi och struktur på längre sikt inte helt är klarlagd.

## Syfte

Målet med denna studie var att ge ytterligare underlag för hur skyddszoner kring vattendrag bör utformas för att på längre sikt uppnå både ekonomiska, ekologiska och sociala värden. Denna studie kan användas som underlag och/eller inspiration för vidare forskning. Förhoppningsvis kan den även användas som diskussions- och/eller beslutsstödsunderlag för politiker, företag, organisationer och markägare.

Studien genomfördes på ett delområde i Krycklans avrinningsområde i Västerbottens län. Simuleringar gjordes i Heureka av de ekonomiska, ekologiska och sociala konsekvenserna över 100 år av olika typer av skyddszoner vid vattendrag. Två fasta skyddszonsbredder på 0 m, 15 m och 3 dynamiska baserade på avståndet från markytan till grundvattenytan (DTW-index) användes. Mängden innerskogsareal mättes med en förväntad kanteffekt in i skyddszonen dels på 50 m och dels på 15 m. Det finns vetenskapliga belägg för att kanteffekten för växter fortskrider 50 m. Anledningen till att även en förväntad kanteffekt på 15 m användes var för att påvisa vid vilka fall skyddszoner utformade med DTW-index var bredare än den fasta skyddszonen på 15 m.

## Frågeställningar

- Vad kostar en skyddszon på 0 m, 15 m, DTW  $\leq 1$  m, DTW  $\leq 0,5$  m och DTW  $\leq 0,25$  m i minskat nuvärde och minskade nettointäkter över 100 år?

- Hur förändras andelen lövskog (häriifrån kallat löv), skog >120 år, död ved/ha, rekreationsindex och innerskogsareal med skyddszon på 0 m, 15 m, DTW ≤ 1 m, DTW ≤ 0,5 m och DTW ≤ 0,25 m över 100 år?

## Hypotes

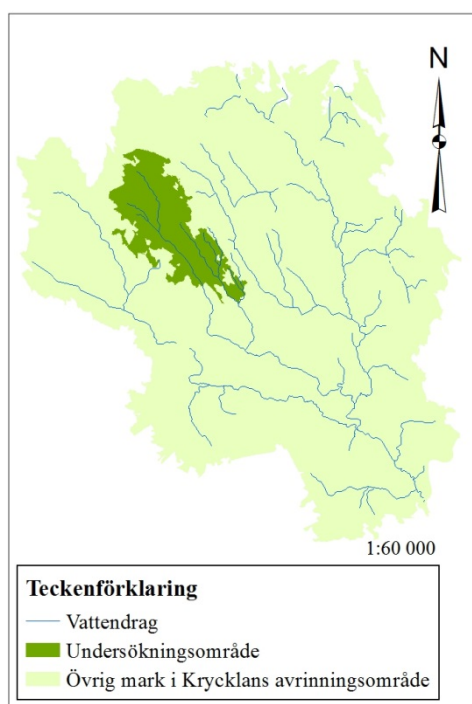
Utfallet av studien vad gäller kostnader antogs vara följande från högst till minst: DTW ≤ 1 m, 15 m, DTW ≤ 0,5 m, DTW ≤ 0,25 m och 0 m. Detta baserades på examensarbetet vi grundade vår studie på (Risby 2014) och vår egen uppfattning.

Utfallet i studien vad gällde andelen lövskog, skog > 120 år och död ved/ha antogs öka med ökad avsatt areal p.g.a. att skogen på dessa arealer får utvecklas fritt. Rekreationsindex antogs minska med ökad areal avsatt skog p.g.a. att det minskar med ökande andel död ved/ha. Innerskogsarealen antogs gå från störst till minst enligt följande; DTW ≤ 1 m, DTW ≤ 0,5 m och DTW ≤ 0,25 m. Den fasta skyddszonen på 0 respektive 15 m blir aldrig bredare än 30 m och därför fanns ingen innerskogsareal i dessa skyddszonsalternativ.

# MATERIAL OCH METODER

## Studielokal

Studien genomfördes i Krycklans avrinningsområde ( $64^{\circ} 14' N$ ,  $19^{\circ} 46' Ö$ ), ca 5,5 mil väst om Umeå i Västerbottens län, och ligger mellan 114 - 405 m.ö.h. (Laudon et al. 2013). Avrinningsområdet täcks till 87 % av skogsmark, 9 % myrar, 7 % tunna jordar och 1 % håll. Jordarten domineras av järnpodsol (Laudon et al. 2013). Delavrinningsområdet som studerades (figur 1) är 428 ha stort och består av 75 bestånd. Området domineras av vegetationstypen blåbär och fuktighetsklassen frisk-fuktig. Temperatursumman för området är 906,32. Medelåldern för området var 63 år, medelvolymen var  $164 \text{ m}^3 \text{ sk}$  och trädslagsblandningen var 70 % tall, 20 % gran och 10 % björk. Området domineras av ståndortsindex T17.



**Figur 1.** Krycklans avrinningsområde med undersökningsområdet markerat.

*Figure 1.* Krycklans basin with the study area highlighted.

## Datainsamling

Bestandsregistret som användes har skapats med hjälp av *kNN*-Sverige. *kNN*- Sverige är en digital kartprodukt som är skapad av Institutionen för skoglig resurshushållning på SLU (Granqvist Pahlén m. fl. 2004). Genom att satellitbilder kombineras med Riksskogstaxeringens provytedata och digitala kartor skattas volym och höjd per trädslag samt medelålder för alla trädslag tillsammans (Reese et al. 2003). Skattningarna ger aritmetiska medelvärden av pixelvisa uppskattningar för ett område, vilket kan ses som ett

tämligen homogent skogsbestånd. De 75 bestånd som studien baseras på togs fram enligt denna metod. Ståndortsindex, fuktighetsklass, vegetationstyp, stamantal och medeldiameter skattades med hjälp av riksskogstaxeringens fältinventerade provyteuppgifter. I varje område importerades skattningarna från den fältinventerade data.

Tre olika polygonskikt med dynamiska skyddszonbredder baserade på DTW-index (cartographic depth-to-water) och ett polygonskikt med fast skyddszon på 15 meter användes. DTW-index är ett mått på avståndet från markytan till en modellerad grundvattenyta. Ju lägre DTW-index desto närmare markytan förväntas grundvattenytan återfinnas (Risby 2014). DTW-index utformades med hjälp av Digital Elevation Modell (DEM). DEM är en höjdmodell konstruerad med hjälp av laserskanning från flygplan. Det rutnät (grid) som bildades vid laserskanningen bestod av rutor med storleken 4 m<sup>2</sup>. Det generella höjdmåttet för DEM ligger på ± 0,5 m och punkttätheten vid laserskanningen var minst 1 träff/m<sup>2</sup> (Lantmäteriet). DTW bestäms genom att sammanbinda positioner i terrängen där grundvattenytan ligger vid markytan. Detta gjordes genom att bestämma de minsta höjdskillnaderna mellan varje DEM-cell och dess närmaste cell där grundvattenytan ligger vid markytan enligt minsta höjdskillnadsvägen. DTW < 1 m kan klassificeras som frisk/fuktig mark. Noggrannheten i uppskattningen av jordens fuktighet med hjälp av digitala terräng index är ca 90 % (Ågren et al. 2014).

Definition av skyddszonstyperna som användes:

- Den fasta skyddszonbredden på 0 m innebär att ingen skyddszon användes.
- Den fasta skyddszonbredden på 15 m innebär att all areal som låg inom 15 m på vardera sidan om vattendragen avsattes.
- $DTW \leq 1$  m innebär att all areal där djupet till grundvattenytan var mindre än eller lika med 1 m avsattes till skyddszon.
- $DTW \leq 0,5$  m innebär att all areal där djupet till grundvattenytan var mindre än eller lika med 0,5 m avsattes till skyddszon.
- $DTW \leq 0,25$  m innebär att all areal där djupet till grundvattenytan var mindre än eller lika med 0,25 m avsattes till skyddszon.

Skyddszoner som låg där jordarten klassificerades som sediment var i vårt dataset bortklippa med hjälp av en jordartskarta p.g.a. att DTW-index inte ger lika säkra resultat på denna jordartstyp. Detta innebär att vattendrag som ligger där jordarten består av sediment inte har någon skyddszon i våra analyser. I datasetet med skyddszoner var områden klassade som ungskog, hyggen och övriga markslag i skogsbruksplanen bortklippa. Detta innebär att vattendrag som ligger på områden klassade som ungskog, hyggen och övriga markslag i skogsbruksplanen ej har någon skyddszon.

## Databearbetning

Ett delavrinningsområde från Krycklan valdes ut med hjälp av en delavrinningsområdeskarta. Delavrinningsområdet som valdes var det som hade minst andel vattendrag på sediment, ungskog, hyggen och övriga markslag då dessa områden saknade skyddszon runt vattendragen. Bestånd i delavrinningsområdet och bestånd som korsades av

delavrinningsområdets gräns togs med i studien. Bestånd klassade som myrar, vattendrag, vändplan och bestånd 1244 exkluderades p.g.a. att dessa inte innehöll någon beståndsdata.

De olika skyddszonsbredderna (0 m, 15 m,  $DTW \leq 1$  m,  $DTW \leq 0,5$  m och  $DTW \leq 0,25$  m) genererade olika areal skyddszon. Dessa arealer mättes per bestånd och skyddszonstyp med hjälp av verktyget Identity i programvaran ArcGis version 10.1. Beståndsregistret formaterades sedan för att importeras till Heurekas programvara PlanVis version 1.9.9. Det Heurekaformaterade beståndsregistret har en kolumn som står för arealen avsatt skog per bestånd. Denna kolumn heter NCArea och där fördes de avsatta arealerna per bestånd och skyddszontyp in. Formatteringen resulterade i ett beståndsregister för vardera skyddszonstyp. För att mäta arealen innerskog lades en buffertzoon från utsidan av polygonerna på de olika skyddszonerna och 15- respektive 50 meter in i var och en av polygonerna. Detta gjordes med hjälp av verktyget buffer wizard i ArcGis. Arealen innanför bufferzonerna mättes och denna representerar mängden innerskogsareal.

Heureka är ett skogligt beslutsstödssystem. Systemet består huvudsakligen av en interaktiv beståndsimulator som möjliggör optimeringar och simuleringar för långsiktig skoglig planering (Wikström m.fl. 2011). Den av Heurekas programvaror som har använts i studien heter PlanVis och är ett planeringsverktyg för stora och medelstora fastigheter. Programvaran består av en tillväxt- och avkastnings simulator och en optimeringsfunktion. Simulatoren kallas för Treatment Program Generator (TPG). Den genererar alternativa skötselprogram för varje bestånd. I optimeringsfunktionen utformas och löses optimeringsproblem för att välja mellan alternativa skötselprogram (SLU 2013).

En framskridning i PlanVis genomfördes vilket resulterade i att PlanVis först skapade ett antal skötselplaner för varje bestånd över 100 år som följde de uppsatta TPG-inställningarna. PlanVis valde sedan med hjälp av optimeringsfunktionen ut den skötselplan för varje bestånd som var den optimala för målet att maximera nuvärdet. PlanVis användes i studien för att simulera hur den olika mängden avsatt skyddszonsareal påverkar skogens ekonomi och struktur på 100 år.

TPG-inställningarna i PlanVis ställdes in som följande i alla typer av skyddszoner. Övriga inställningar som inte nämns nedan ställdes i defaultläget.

- Areal i varje bestånd som avsätts som skyddszon anges enligt kolumnen NCArea i beståndsregistret.
- Periodmitt användes.

Användningen av periodmitt innebar att alla behandlingsenheter skrevs fram initialt 2,5 år för att ta i beaktande att avverkningar fördelas över en period och att behandlingsenheter som avverkas hinner växa innan avverkningen.

- Decimaltalslösningar tilläts och lösningarna avrundades till heltal.

Att decimaltalslösningar tilläts innebar att delar av ett bestånd kan avverkas i en period medan en annan del kan avverkas i en annan period.

- Målfunktionen i optimeringen var maximalt nuvärde.
- Diskonteringsräntan sattes till 3 %.

Denna ränta kan anses rimlig vad gäller en investering av måttlig risk (Brealey & Myers 2003).

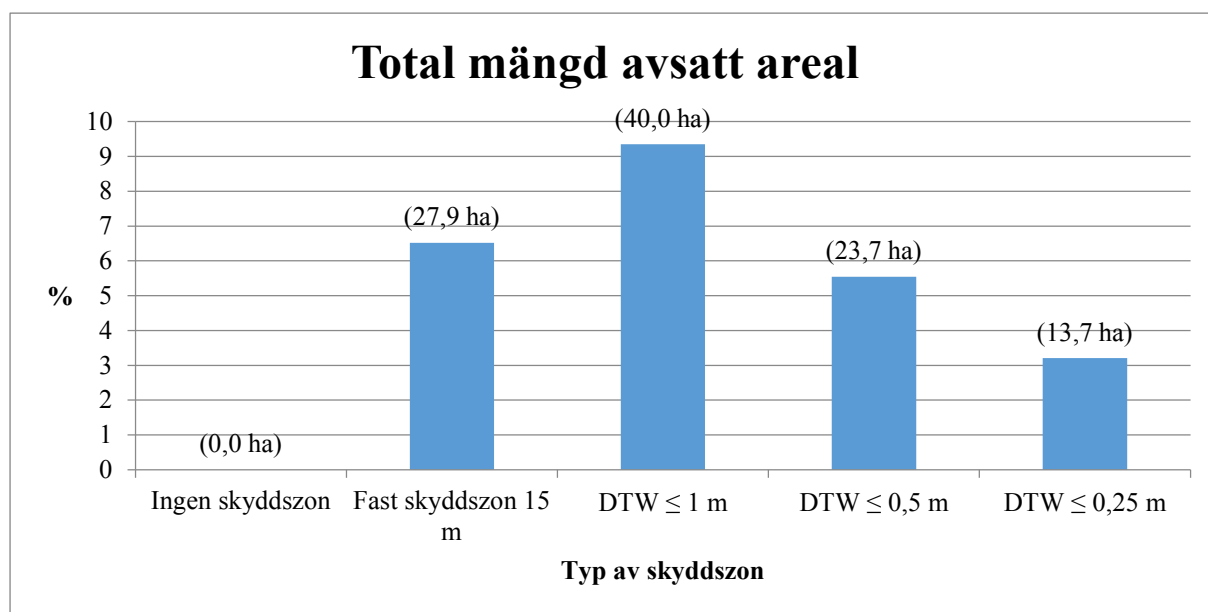
- Mängden död ved simulerades år 0 till 4,3 m<sup>3</sup>/ha i alla bestånd.

Data för mängd död ved i studieområdet saknades vilket gjorde att simulering av detta i PlanVis var nödvändig. Mängden död ved vid år 0 sattes till 4,3 m<sup>3</sup>/ha då detta är en rimlig nivå vad gäller genomsnittsmängden död ved över hela landet (Skogsstyrelsen 2013).

- Grot-uttag tilläts vid slutavverkning.

Grot-uttag tilläts vid slutavverkning då det vid drygt 30 % av all areal som slutavverkats i Sverige år 2012 tagits ut grot (Skogsstyrelsen 2013) och detta kan då anses vara en realistisk åtgärd.

## RESULTAT



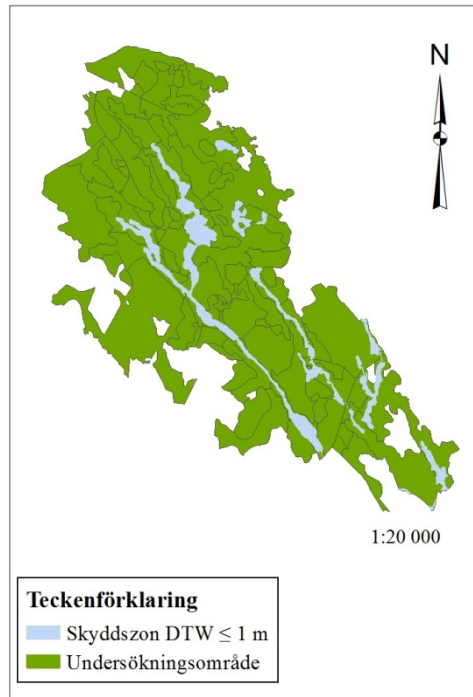
**Figur 2.** Totala mängden avsatt areal för varje typ av skyddszon presenterad i procent av studieområdets totala areal (428 ha).

*Figure 2.* The total amount set aside acreage for each type of buffer zone presented in percent of the study area's total acreage (428 ha).

Störst mängd avsatt areal återfinns i skyddszonen där avståndet till grundvattenytan är mindre eller lika med 1 m ( $DTW \leq 1$  m). Näst mest mängd avsatt areal hittas i den fasta skyddszonen på 15 m. Därefter följer den skyddszone där avståndet till grundvattenytan är mindre eller lika med 0,5 m ( $DTW \leq 0,5$  m) och minst mängd avsatt areal har den skyddszone där avståndet till grundvattenytan är mindre eller lika med 0,25 m ( $DTW \leq 0,25$  m) (Figur 2).

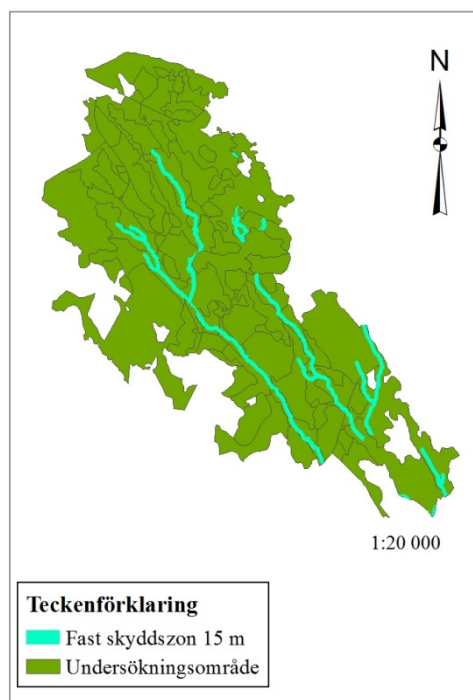
Skyddszonernas geografiska täckning visas i figur 3 – 7 nedan.





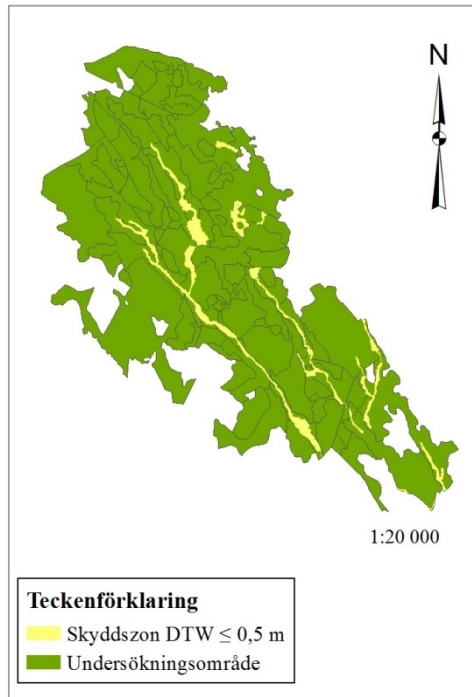
**Figur 3.** Karta över den avsatta arealen i undersökningsområdet då skyddszon DTW  $\leq 1$  m används.

*Figure 3. Map of the reserved area in the study area as buffer zone DTW  $\leq 1$  m are used.*



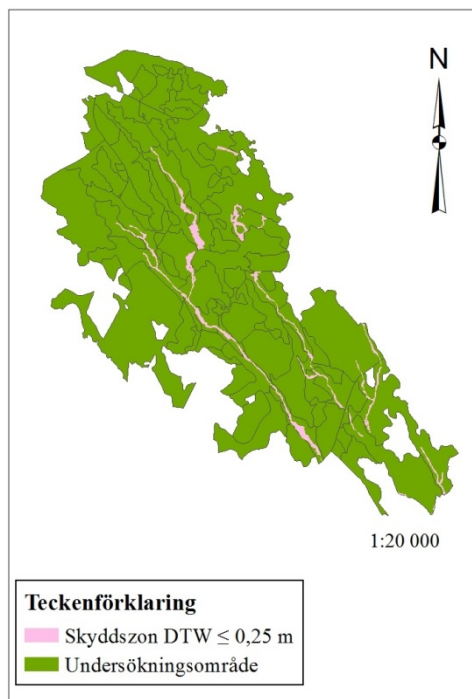
**Figur 4.** Karta över den avsatta arealen i undersökningsområdet då den fasta skyddszonen på 15 meter används.

*Figure 4. Map of the reserved area in the study area when the solid buffer zone of 15 meters is used.*



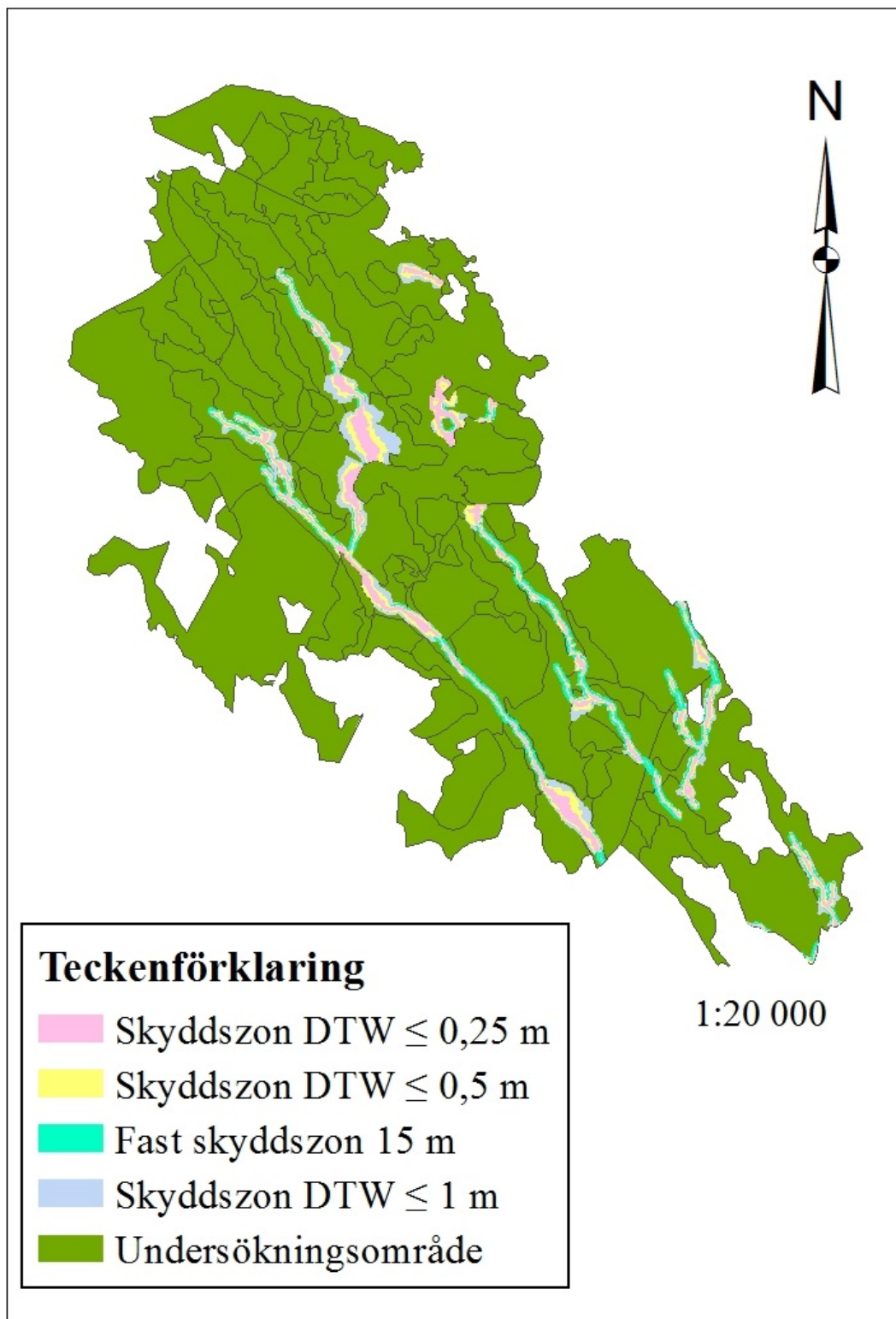
**Figur 5.** Karta över den avsatta arealen i undersökningsområdet då skyddszon DTW  $\leq 0,5$  m används.

*Figure 5. Map of the reserved area in the study area as buffer zone DTW  $\leq 0.5$  m are used.*



**Figur 6.** Karta över den avsatta arealen i undersökningsområdet då skyddszon DTW  $\leq 0,25$  m används.

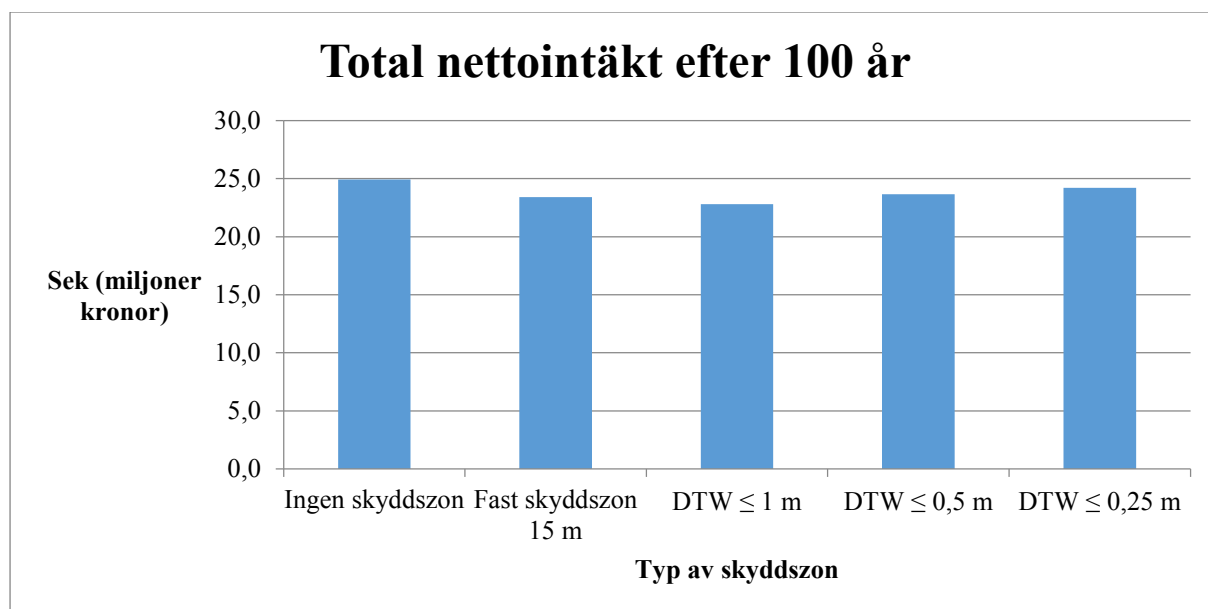
*Figure 6. Map of the reserved area in the study area as buffer zone DTW  $\leq 0.25$  m are used.*



**Figur 7.** Karta över den avsatta arealen i undersökningsområdet då samtliga skyddszoner är markerade. De täcker delvis varandra och är sorterade med den skyddszon med störst avsatt areal underst.

*Figure 7.* Map of the reserved area in the study area as all zones are selected. They partially cover each other and are sorted with the protection zone with the greatest reserved area at the bottom.

Den totala nettointäkten efter 100 år för studieområdet är störst då ingen skyddszon skapats och därmed ingen areal avsatts. Näst störst nettointäkt har skyddszon DTW ≤ 0,25 m därefter DTW ≤ 0,5 m och sedan den fasta skyddszone på 15 m. Minst total nettointäkt efter 100 år har skyddszon DTW ≤ 1 m (Figur 8).



**Figur 8.** Total nettointäkt för studieområdet efter 100 år redovisad i miljoner kronor per typ av skyddszon.

*Figure 8. Total net revenue for the study area after 100 years reported in million kronor per type of buffer zone.*

**Tabell 2.** Nuvärde per typ av skyddszon

*Table 2. Present value per type of buffer zone*

Typ av skyddszon	Nuvärde (sek/ha)	Totalt nuvärde (sek)
Ingen skyddszon	27 584	11 795 195
Fast skyddszon 15 m	25 389	10 856 372
DTW ≤ 1 m	24 696	10 560 373
DTW ≤ 0,5 m	25 883	11 067 806
DTW ≤ 0,25 m	26 600	11 374 469

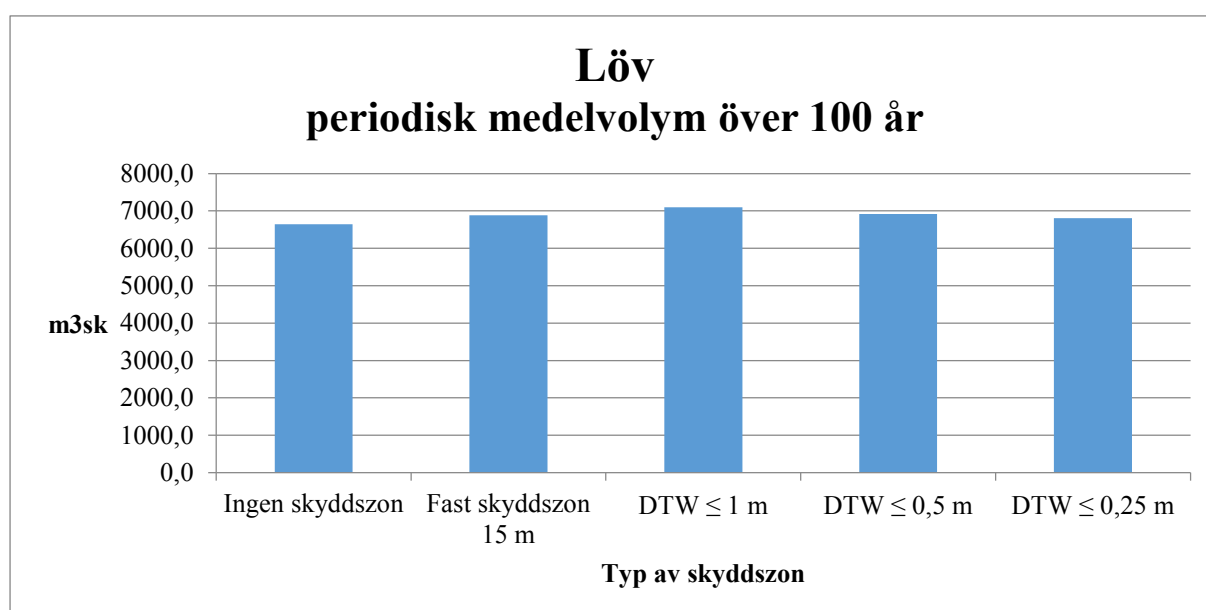
Minskningen från den skyddszon som har högst nuvärde(ingen skyddszon) till den som har lägst nuvärde (DTW ≤ 1 m) är drygt 10 % (tabell 2 och 4).

**Tabell 3.** Skillnad i nuvärde mellan ingen skyddszon (IS) och de olika skyddszonstyperna

**Table 3.** Difference in present value between no buffer zone and the different types of buffer zones

Typ av skyddszon	Skillnad i nuvärde mot IS (sek/ha)	Skillnad i totalt nuvärde mot IS (sek)
Ingen skyddszon	0	0
Fast skyddszon 15 m	2 195	938 823
DTW $\leq$ 1 m	2 888	1 234 822
DTW $\leq$ 0,5 m	1 701	727 389
DTW $\leq$ 0,25 m	984	420 726

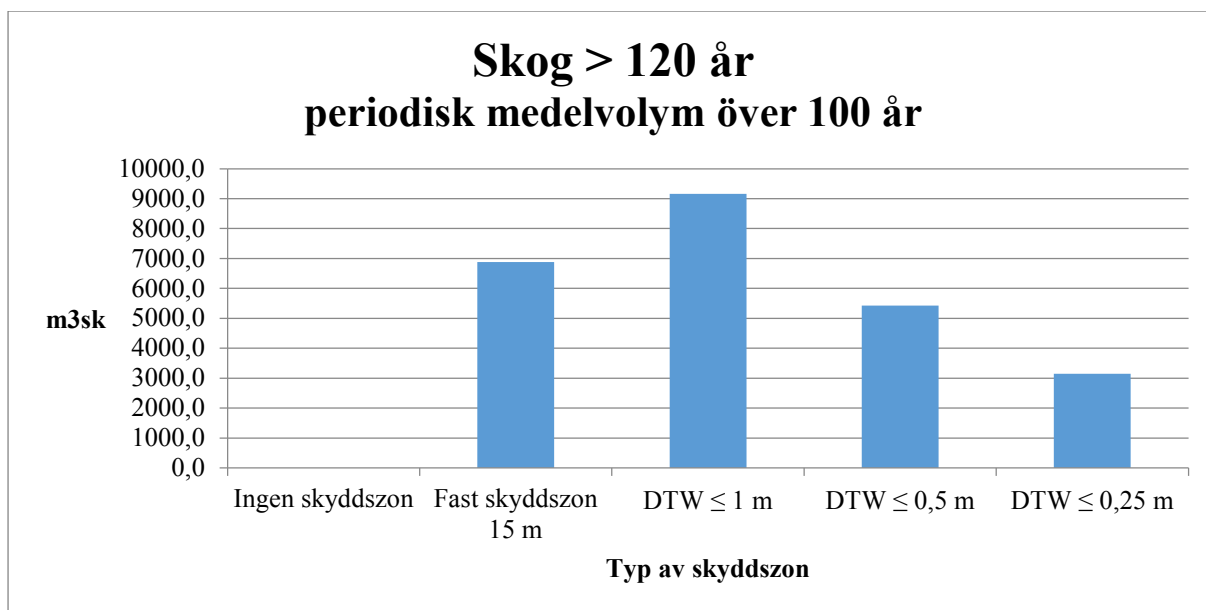
Minskningen av nuvärdet mellan ingen skyddszon och de andra skyddszonstyperna kan ses som kostnaden för den hänsyn som tas i form av skydds-zoner (tabell 3 och 4).



**Figur 9.** Periodiskt medelvärde av volymen lövträd över 100 år för studieområdet per skyddszonstyp.

**Figure 9.** Periodic average of the volume of deciduous trees over 100 years for the study area per type of buffer zone.

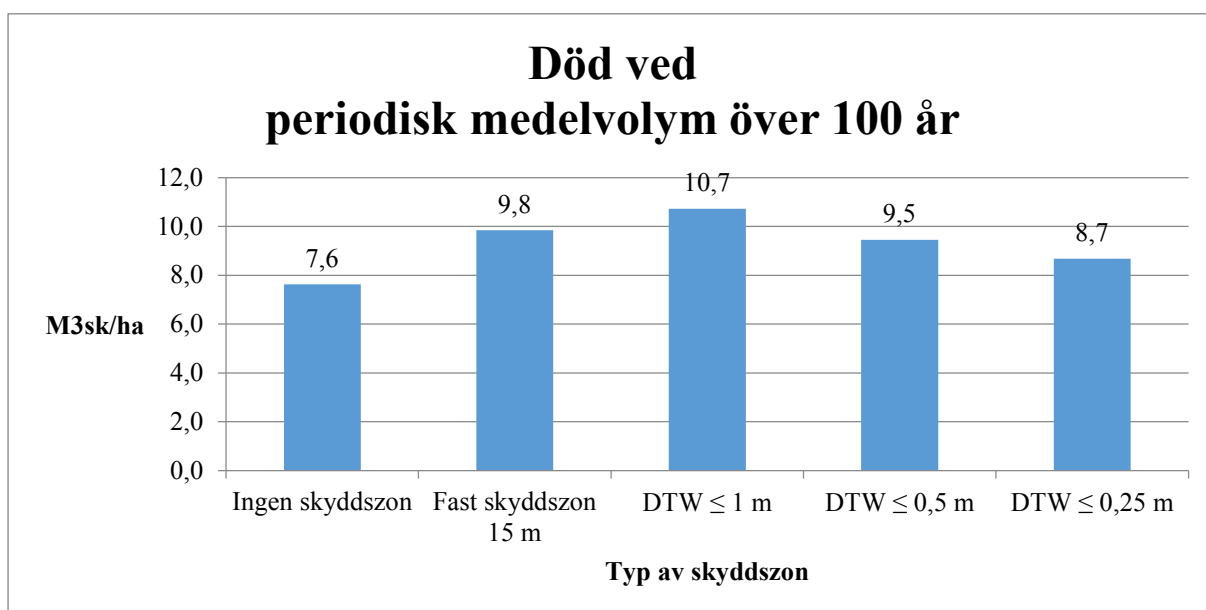
Periodisk medelvolum av löv är minst då ingen skyddszon används och störst då DTW  $\leq$  1 m använts. DTW  $\leq$  0,5 m ger högre volym löv än den fasta skydds-zonen på 15 m (figur 9 och tabell 4) vilket visar att volymen löv inte helt följer mängden avsatt areal (figur 2).



**Figur 10.** Periodiskt medelvärde av volymen skog > 120 år för studieområdet per skyddszone.

*Figure 10.* Periodic average of the volume of forest > 120 years for the study area per type of buffer zone.

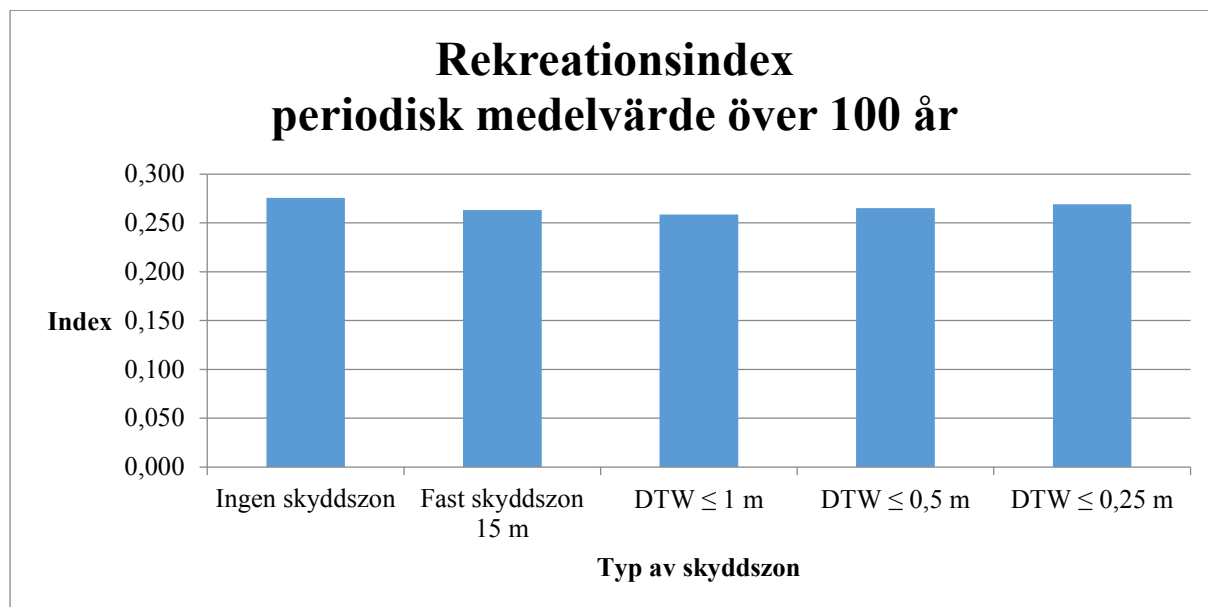
Den periodiska medelvolumen av skog > 120 år (figur 10 och tabell 4) följer samma mönster som mängden avsatt areal. Större mängd avsatt areal ger större periodisk medelvolum skog > 120 år (figur 2). Den skyddszone som har högsta periodiska medelvolumen skog över 120 år (DTW ≤ 1 m) har 66 % mer volym än skyddszone med den lägst uppmätta (DTW ≤ 0,25 m).



**Figur 11.** Periodiskt medelvärde av volymen död ved/ha för studieområdet per skyddszone.

*Figure 11.* Periodic average of the volume of dead wood/ha for the study area per type of buffer zone.

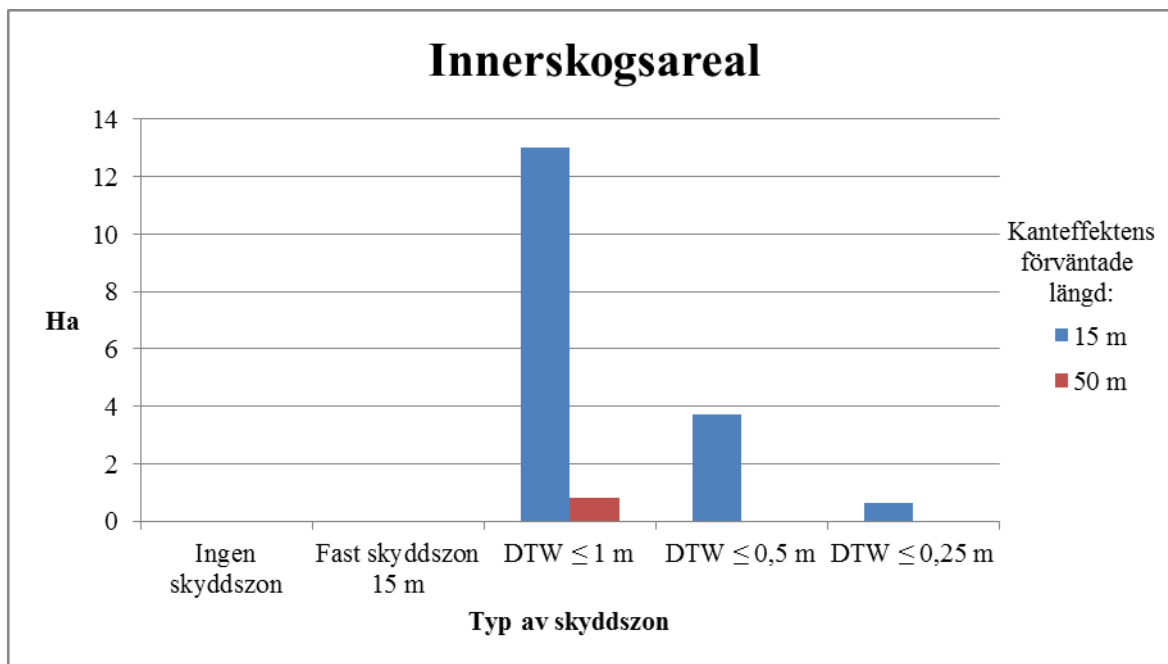
Det skiljer ungefär 3,1 m<sup>3</sup>sk/ha död ved mellan den typ av skyddszon där det skapas minst (ingen skyddszon) och där det skapas mest (DTW ≤ 1) (figur 11 och tabell 4).



**Figur 12.** Periodiskt medelvärde av rekreatiönsindex för studieområdet per skyddszonstyp.

*Figure 12.* Periodic average of recreation index for the study area per type of buffer zone.

Rekreatiönsindexets värde följer liknande mönster som den döda veden fast inverterat, vilket betyder att den skyddszon som har mest volym död ved har lägst rekreatiönsindex (figur 12 och tabell 4). Rekreatiönsindex kan ligga mellan 0 – 1 där 1 anger högsta rekreatiönsvärdet på skogen och 0 anger det lägsta.



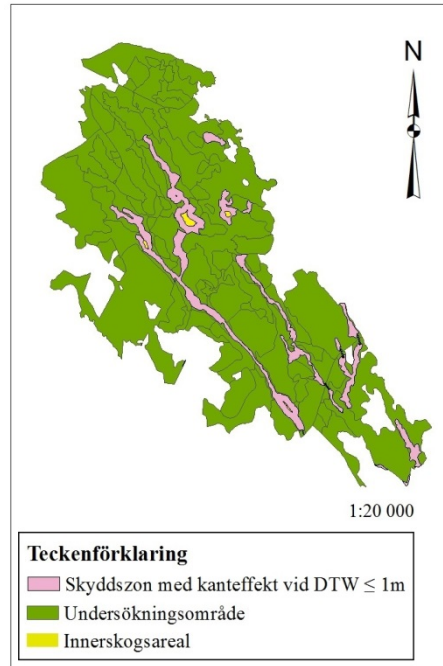
**Figur 13.** Den totala mängden innerskogsareal för studieområdet per skyddszonstyp och förväntad längd på kanteffekten in i skyddszonen.

*Figure 13.* The total amount of interior forest area for the study area per type of buffer zone and the expected length of the edge effect into the buffer zone.

Någon innerskogsareal när den förväntade kanteffekten sattes till 50 m in i skyddszonen kunde endast uppmätas då skyddszonen DTW ≤ 1 m användes. Vid en förväntad kanteffekt på 15 m kunde innerskogsareal mätas på följande tre varierande skyddszoner från störst till lägst areal; DTW ≤ 1 m, DTW ≤ 0,5 m och DTW ≤ 0,25 m (figur 13 och tabell 4). Vid en skyddszon på 0 respektive 15 m blir det ingen innerskogsareal om kanteffektens förväntade längd är 15 m eller mer.

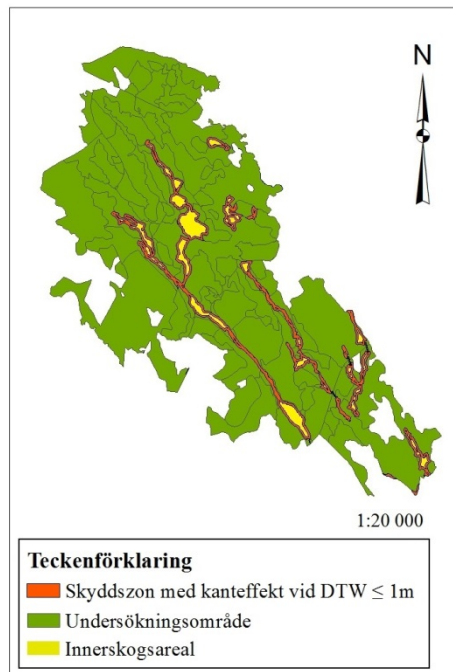
Innerskogsarealens geografiska täckning syns i figur 14 – 17 enligt nedan.





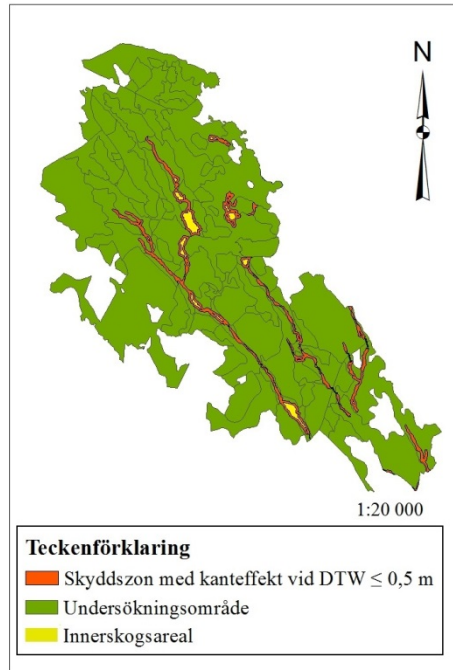
**Figur 14.** Innerskogsareal som skapas då skyddszone DTW ≤ 1 m används med förväntad kanteffekt på 50 m in i skyddszone.

*Figure 14. Inner forest area created when the buffer zone DTW ≤ 1 m is used with expected edge effect of 50 m into the buffer zone.*



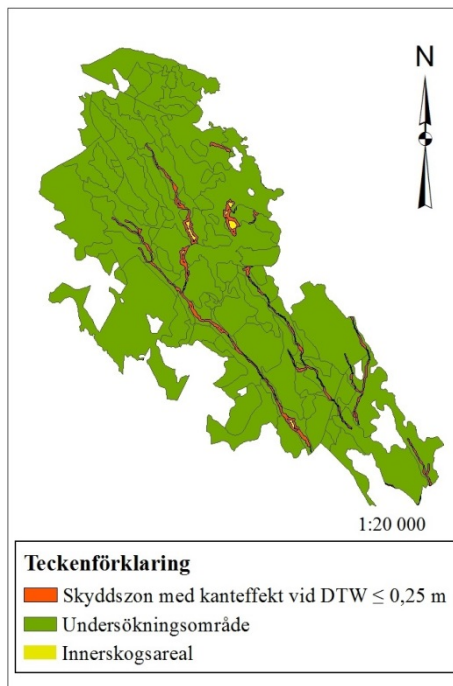
**Figur 15.** Innerskogsareal som skapas då skyddszone DTW ≤ 1 m används med förväntad kanteffekt på 15 m in i skyddszone.

*Figure 15. Inner forest area created when the buffer zone DTW ≤ 1 m is used with expected edge effect of 15 m into the buffer zone.*



**Figur 16.** Innerskogsareal som skapas då skyddszon DTW ≤ 0,5 m används med förväntad kanteffekt på 15 m in i skyddszonen.

*Figure 16. Inner forest area created when the buffer zone DTW ≤ 0,5 m is used with expected edge effect of 15 m into the buffer zone.*



**Figur 17.** Innerskogsareal som skapas då skyddszon DTW ≤ 0,25 m används med förväntad kanteffekt på 15 m in i skyddszonen.

**Figure 17.** Inner forest area created when the buffer zone  $DTW \leq 0,25$  m is used with expected edge effect of 15 m into the buffer zone.

Alla mätta variabler, nuvärde, löv, död ved, rekreatiionsindex, innerskogsareal och skog över 120 år minskar eller ökar om vi jämför dessa mot att inte ha någon skyddszon (tabell 4).

**Tabell 4.** Sammanfattande tabell som visar förändringen av de olika variablerna jämfört med att inte ha någon skyddszon.

*Table 4. Summary table showing the change of the variables compared to having no buffer zone.*

Typ av skyddszon	Nuvärde <sup>1</sup> (%)	Löv <sup>2</sup> (%)	Död ved <sup>3</sup> (%)	Rekreatiionsindex <sup>4</sup> (%)	Innerskogsareal <sup>5</sup> 15 m & 50 m (%)	Skog >120 år <sup>6</sup> (m <sup>3</sup> sk)
Ingen skyddszon	0	0	0	0	0 & 0	0
Fast skyddszon 15 m	-7,9	+3,5	+22,5	-4,5	0 & 0	+6875
$DTW \leq 1$ m	-10,4	+6,2	+28,9	-6,2	+0,3 & +0,19	+9155
$DTW \leq 0,5$ m	-6,2	+4,1	+19,3	-3,8	+0,86 & 0	+5426
$DTW \leq 0,25$ m	-3,6	+2,4	+12,2	-2,4	+0,15 & 0	+3141

<sup>1</sup>) Förändringen av nuvärde (tabell 2) för varje skyddszonstyp i jämförelse med att inte ha någon skyddszon.

<sup>2</sup>) Förändringen av periodiskt medelvärde av volymen löv över 100 år för studieområdet per skyddszonstyp (figur 9) jämfört med att inte ha någon skyddszon.

<sup>3</sup>) Förändringen av periodiskt medelvärde av volymen död ved/ha för studieområdet per skyddszonstyp (figur 11) jämfört med att inte ha någon skyddszon.

<sup>4</sup>) Förändringen av periodiskt medelvärde av rekreatiionsindex för studieområdet per skyddszonstyp (figur 12) jämfört med att inte ha någon skyddszon.

<sup>5</sup>) Förändringen av den totala mängden innerskogsareal för studieområdet per skyddszonstyp och förväntad längd på kanteffekten in i skydds-zonen (figur 13).

<sup>6</sup>) Förändringen av det periodiska medelvärdet av volymen skog > 120 år för studieområdet per skyddszonstyp (figur 10) jämfört att inte ha någon skyddszon.

# DISKUSSION

## Studiens resultat

Resultaten i denna studie visar att nettointäkterna och nuvärdet för de olika skyddszonerna följer ett liknande mönster som mängden avsatt areal per skyddszon. D.v.s. ju större areal avsättning desto mindre nettointäkt och nuvärde. Detta stämmer överens med den uppsatta hypotesen. Var avsättningarna placeras i terrängen kan man tänka sig får stor betydelse för hur stor den ekonomiska förlusten blir. Eftersom vi i vår studie använt beståndsmedelvärden har inte någon spatial analys gjorts och därmed har vi inte tagit hänsyn till var i bestånden avsättningarna placeras eller vilka skillnader vad gäller skogliga data som finns närmast vattendrag och skog som finns i resten av avdelningen. Ett antagande kan göras om att skogen närmast vattendragen har ett högre virkesvärde än närliggande skog på fastmark vilket leder till att den ekonomiska kostnaden per skyddszon bli högre än vad vårt resultat visar. Detta antagande styrks av att Risby (2014) hittade nästan dubbelt så höga virkesvolymen i skyddszonen  $DTW \leq 0,25$  m som ligger närmast vattendragen i Krycklans avrinningsområde. Jonsson (1998) såg att bruttovärdet (kr/m<sup>3</sup>sk) var högst de närmaste 5 metrarna från bäcken av totalt 30 m undersökta. Antagandet beror dock även av virkespriserna för löv då Risby (2014) och Jonsson (1998) påvisar en högre andel volym löv nära vattendrag.

Skyddszonernas kostnader bör sättas i relation till kostnaden för att inte ha dem. Förutom de extra kostnader som tillkommer vid eventuella körskador, se nedan, så är den ekonomiska kostnaden för den enskilda markägaren att inte ha någon skyddszon noll. Däremot finns det samhällsekonomiska kostnader som kan uppstå så som t.ex. förorenat vatten. Hur man sätter ett pris på naturen besvaras inom ämnet naturresursekonomi. Vad rent vatten kostar kan räknas fram genom att bl.a. titta på vad det kostar att rena ett förorenat vatten. Staden New York har t.ex. sparat uppskattningsvis 6 miljarder dollar på att ha behållit skyddszoner mot jord- och skogsbruk i stadens avrinningsområde, jämfört med att ha ersatt dessa med reningsverk (Brauman et al. 2007). Att befolkningen i en stad besöker skyddszoner för rekreation, motion och/eller olika fritidsintressen torde vara positivt för folkhälsan och därmed också för samhällsekonomin. Enligt en bok skriven av amerikanska National Park Service kan floder, vandringsleder och s.k. greenway corridors (definieras som linjära öppna utrymmen som ansluter fritids-, kultur- och miljöområden) ha fler värden än miljöskydd, rekreation och estetiska. Dessa miljöer har också potential att höja fastighetspriser och kommunala skatteintäkter samt stödja lokal utveckling genom nyföretagande och fler arbetstillfällen (U.S. department of the interior national park service 1995). Kanske kan skyddszoner runt vattendragen i ett skogsområde leda till liknande effekter. Från en annan synvinkel behöver man inte sätta ett ekonomiskt värde på t.ex. den högre biologiska mångfalden som kan finnas i strandzonen för det anses finnas en moralisk skyldighet att skydda den.

Simuleringarna i denna studie visar att alla olika skyddszonstyper ger en större periodisk medelvolym löv än att inte ha någon skyddszon. Den uppsatta hypotesen om att mängden löv följer avsatt areal stämde till stora delar. Dock har den fasta skyddszonen på 15 m lägre volym löv än skyddszonen  $DTW \leq 0,5$  m trots att den fasta skyddszonen har en större mängd avsatt areal. Detta kan indikera att en skyddszon utformad med  $DTW \leq 0,5$  m är bättre vad gäller lövproduktionen än den fasta skyddszonen på 15 m. Även om vår studie baseras på beståndsmedelvärden syns alltså en skillnad. Anledningen till det antas vara att det m.h.a.

DTW-index i större utsträckning avsätts fuktig/blöt mark och att det i dessa bestånd finns en hög lövandel. Det har visats sig att det finns ett högre inslag av löv nära vattendrag och där grundvattenytan ligger nära markytan (Jonsson 1998; Risby 2014). Om det i studien hade tagits hänsyn till detta hade skillnaderna i volym löv mellan olika skyddszonstyper troligtvis blivit större. En större volym löv skulle kunna leda till mer habitat för organismer som är beroende av lövträd (Essen et al. 1997) samt att en större del av förnan som hamnar i vattnet är löv och kan fungera som föda åt fisk (Zinko 2005).

Mängden skog över 120 år följer i vår studie ett liknande mönster som mängden avsatt areal, alltså större mängd avsatt areal ger mer skog över 120 år. Detta antagligen för att skog på den avsatta arealen lämnas till fri utveckling i PlanVis-inställningar. Vilket innebär att skog som står i skyddszonerna inte får avverkas och därmed tillåts bli äldre än 120 år. Resultatet följer den uppsatta hypotesen. En större mängd gammal skog leder till att det skapas mer livsmiljöer för organismer som är beroende av detta för sin fortplantning och överlevnad (Essen et al. 1997).

Volymen död ved ökar i studien enligt hypotesen med mängden avsatt areal. Detta troligtvis för att skog i avsättningarna lämnas till fri utveckling i simuleringarna. I simuleringarna tillåts ingen skogsskötsel inom skyddszonerna vilket gör att all producerad död ved lämnas kvar i avsättningen. I studien är data för mängden död ved vid initialt tillstånd simulerat till 4,3 m<sup>3</sup>/ha i alla bestånd och skyddszonstyper. Eftersom detta är en jämförande studie mellan skyddszonstyper tros detta inte ha någon större inverkan på slutsatserna som dras angående mängden död ved. Att öka mängden död ved ger flera ekologiska vinster (Samuelsson & Ingelög 1996; Siitonen 2001; Bilby & Bisson 2001; Naiman & Decamps 1997). Eftersom det finns ett högre inslag av löv nära vattendrag (Jonsson 1998; Risby 2014) innebär det även att den döda veden skulle bestå av en större andel löv om avsättningar skedde runt vattendrag jämfört med längre upp på fastmark. Detta skulle leda till en större spridning i den döda vedens egenskaper.

Rekreatationsindex är ett försök att sätta ett värde på hur bra en skog är för mänsklig rekreation, ju högre värde desto bättre rekreationsskog. Funktionen som styr rekreatationsindex i PlanVis gör att med ökad mängd död ved, liggande stockar, skörderester, tall- och granandel, stamantal och markskador minskar indexet för rekreation. Med större skiktning av skogen ökar rekreatationsindex. Den utformade funktionen i PlanVis baseras på två studier som tyder på att det mänskliga rekreatationsvärdet styrs av dessa faktorer. (Lindhagen & Hörnsten 2000; Eriksson & Lindhagen 2001). Resultatet i vår studie visar att rekreatationsindex enligt uppsatt hypotes sjunker med mängden avsatt areal. Större mängd avsatt areal leder till större mängd död ved vilket i sin tur leder till ett sänkt rekreatationsindex. Att inte ha någon skyddszon ger ett högre rekreatationsindex än alla olika skyddszonstyper. Resultatet kan anses vara missvisande då alla skyddszonstyper kommer lämnas till fri utveckling och förmodligen aldrig kommer innehålla någon ungskogsfas. Vilket anses vara något positivt för rekreationen (Lindhagen & Hörnsten 2000). Samtidigt innehåller alla olika skyddszoner större mängd död ved än ingen skyddszon vilket anses vara negativt för rekreationsskogar (Lindhagen & Hörnsten 2000). PlanVis default-inställningar har väldigt hårda krav på hur nedbruten veden ska vara för att anses icke-störande för rekreation. Detta hårda krav kan anses vara felaktigt då långt gången nedbryten ved som mer liknar ett urskogstillstånd kan anses ge ett mindre störande intryck i en rekreationsskog än färsk död ved. I PlanVis rekreatationsindex tas inte hänsyn till hur den mänskliga uppfattningen blir av landskapsbilden med eller utan skyddszoner vid vattendrag. Något som är en viktig del när utformning av

rekreationsområden görs i urbana miljöer (Fischer & Fischenich 2000) och talar för att rekreationsindexet skulle bli högre med de olika skyddszonstyperna.

Resultatet av storleken på innerskogsarealen per skyddszon följer uppsatt hypotes. När kanteffekten förväntades nå 50 m in i skyddszonerna uppmättes en innerskogsareal endast i skyddszon  $DTW \leq 1m$ . Vid en förväntad kanteffekt på 15 m uppmättes innerskogsareal i samtliga skydds-zoner utformade med DTW-index. Att kanteffekten för växter skulle nå 50 m in i skydds-zonen stärks av flera studier (Murcia 1995; Ries et al. 2004) vilket kan tolkas som att en skydds-zon bör vara över 50 m för att det ska finnas areal i skydds-zonen som kan anses vara helt stabil och opåverkad av skogsbruk. Att skydds-zoner utformade med DTW-index på vissa ställen längs vattendrag kan bli så breda att kärnan av skydds-zonen inte påverkas av kanteffekter kan anses vara en ekologisk fördel gentemot en fast skydds-zon. Detta p.g.a. att det då finns areal där arter ej blir påverkade av skogsbruksåtgärder (Murcia 1995; Ries et al. 2004; Hylander 2005). Det negativa med skydds-zoner som är utformade med DTW-index är att det finns ställen längs vattendragen som får en väldigt smal eller ingen skydds-zon där det är väldigt torrt och grundvattenytan ligger långt från markytan. Detta kan leda till att man förlorar beskuggning av vattendraget som kan missgynna öring och smådjur (Bleckert m.fl. 2010). Att delar av vattendragen blir utan skydds-zoner kan också innebära att skydds-zonernas funktion som spridningskorridorer (Zinko 2005) försämras då skydds-zonerna blir fragmenterade. En lösning på dessa risker kan vara att komplettera skydds-zoner med en minimirekommendation på 5 m skydds-zonsbredd. I enlighet med blå målklassnings kategori *vattenmiljö med generell vattenhänsyn* (Bleckert m.fl. 2010).

Det är viktigt att komma ihåg att resultaten är framtagna med simuleringar och optimeringar. Dessa bygger på funktioner vars brister kan ha påverkat vårt resultat.

I Sverige är många stora skogsbruksaktörer FSC-certifierade (FSC 2014) och har krav på sig att de ska följa FSC:s regler. Skydds-zoner ska enligt FSC bl.a. om möjligt vara topografiskt, hydrologiskt och ekologiskt betingade (FSC 2010). Skydds-zoner skapade med hjälp av DTW-index tar hänsyn till topografiska och hydrologiska aspekter när de utformas och uppfyller därmed troligtvis FSC:s krav på ett mer tillfredställande sätt än vad en fast skydds-zon gör.

Bra skydds-zoner kan tänkas bidra till att EU:s ramdirektiv för vatten (Vattenmyndigheten 2013) uppnås. Skydds-zoner är ofta permanenta utströmningsområden (Dawson & Ehleringer 1991) med en högre artrikedom av kärlväxter (Kuglerova et al. 2014). När skydds-zoner tas fram med DTW-index sparas dessa områden och i förlängningen kan det leda till en ökad biologisk mångfald. Den högre artrikedomen föreslås bero på högre pH och kvävetillgång (Kuglerova et al. 2014), mindre torkstress (Jansson et al. 2007) samt högre tillgång på baskatjoner (Giesler et al. 1998). Tidigare skogsskötsel och markanvändning kan dock inte uteslutas vara orsak eller bidrag till den ökade artrikedomen. Vid avsättning av hänsynsytor så som skydds-zoner kan det handla om att prioritera hänsyn p.g.a. den s.k. intrångsbegränsningen, vilket är en bestämmelse om äganderätten och står i 2 kap. § 15 regeringsformen. Skogsstyrelsens tolkning är att staten kan kräva att en skogsägare ska lämna viss hänsyn till natur- och kulturmiljövårdens intressen utan ersättning. Den krävda hänsynen får vara högst 10 % av skogsobjektets nettovärde för de första 250 000 kr, högst 5 % av beloppet däröver upp till 2 000 000 kr och högst 2 % av virkesvärdet som överstiger 2 000 000 kr (Hansson 2014; Skogsstyrelsen 2014c; Skogsstyrelsen 2014e). Enligt Fischer & Fischenich (2000) har skydds-zoner ett högre värde än andra typer av korridorer p.g.a. att de

innehåller många olika typer av habitat och hög tillgång på mat och vatten. När en prioritering av hänsyn får göras ska enligt 7 kap. 30 § föreskrift (7:33) SvL bl.a. skydds-zoner mot sjöar och vattendrag prioriteras (Skogsstyrelsen 2014d). Vid viltvårdsinsatser är det viktigt att skapa mat, skydd och vatten åt viltet (Jaktvårds-kretsar 2013). Allt det kan potentiellt skapas genom att avsätta skydds-zoner utmed vatten.

När DTW-index används till att ta fram skydds-zoner avsätts mark som är blöt eller fuktig, sådan mark har dålig bärighet och består ofta av finkornigt material (Magnusson 2009). Skogsmaskinerna behöver då inte köra på marker med dålig bärighet där det lättare uppstår körskador och risken minskar för att t.ex. eroderat material forslas ut i vattnet (Ring et al. 2008). Körskador leder till kostnader i form av nedsatt virkesproduktion, maskinflyttar, maskinstillestånd och lagningsarbete (Skogsindustrierna 2014). Dessa kostnader har dock inte jämförts med att istället ha högentensiv skogsproduktion där hänsyn till vattnet inte tas utan det helt enkelt leds om och marken avvattnas istället. Körskador kan tänkas leda till att maskinförarna får sämre omdöme i uppföljningar och skogsbruket i stort får ett sämre anseende.

Studien ger indikatorer på hur de aktuella skydds-zonerna påverkar skogens struktur och ekonomi sett över 100 år men materialet är för litet för att utifrån resultatet kunna dra några generella slutsatser. Denna studie tyder på att det genom DTW-index går att skapa kostnadseffektiva skydds-zoner som ger en hög miljömässig nytta. Detta genom att det tas hänsyn till hydrologiska och topografiska aspekter samtidigt som arealen där körning med skogsmaskiner förbjuds minimeras. Vid användning av DTW-index avsätts mark som är blöt eller fuktig och därmed har dålig bärighet. DTW-index tar dock inte hänsyn till att mark med stark lutning, torvjordar och jordar med hög andel finmo- och mjälapartiklar är erosionskänsliga (Magnusson 2009). Sådana marker i anslutning till vattendrag kan därför behöva sättas av eller markeras ut vilket går att göra med kompletterande GIS-skikt med topografi- och jordartskarta. En helt fjärrstyrd planering av utbredning av skydds-zoner är dock inte trolig i den närmsta framtiden. DTW-index kan istället användas som underlag till en blå målklassning där även hänsyn tas till t.ex. förekomst av rödlistade arter, mängd död ved i vattnet, vandringshinder, igenslamning, markskador, vattenkvalité och kulturlämningar. Skydds-zonernas hydrologiska funktion har inte granskats i denna studie. Deras ekologiska funktion har endast delvis studerats. Resultaten visar att de ekologiska variablerna vi mätt påverkas till stor del av hur stor den avsatta arealen är vilket avgörs av vilken nivå av DTW-index som används eller vilken bredd den fasta skydds-zonen har.

## Studiens utförande

En svaghet i denna studie är att vi använt oss av beståndsmedelvärden när vi gjort våra analyser vilket innebär att vi ej tagit hänsyn till heterogenitet i varje bestånd. Det gör att vi inte tagit hänsyn till att vegetation vid vattendrag kan skilja sig markant från vegetation längre bort från vattendrag. En skillnad som finns i verkligheten (Jonsson 1998; Risby 2014) och kan påverka utfallet av studien. Vi har alltså inte tagit i beaktning vart avsättningen för skydds-zon sker i varje bestånd utan det är enbart när vi mätt arealen för varje skydds-zon som vi tagit rumslig hänsyn. I de erhållna polygonskikten med olika skydds-zonstyper saknades skydds-zon på ungskog, hyggen och övriga markslag. Detta är något som troligtvis inte har någon större betydelse för våra resultat då det här är en jämförande studie mellan olika skydds-zonstyper och alla skydds-zonstyper saknar skydds-zon på dessa markslag. Att DTW-index i nuläget inte ger säkra resultat på sedimentmarker (Risby 2014) är negativt då

finkornigt materiel som sediment ofta har dålig bärighet (Magnusson 2009) och dessa områden därmed är viktiga att få med när skyddszoner utformas.

## Slutsatser

För att kunna utarbeta lagar och regler kring skyddszoners utformning krävs att de ekonomiska, hydrologiska, ekologiska och sociala konsekvenserna av olika skyddszoner på lång sikt reds ut. Den här studien visar att det med hjälp av Heureka går att, på ett relativt enkelt sätt, simulera och jämföra olika typer av skyddszoner med avseende på både ekonomi och ekologi. Med programmet ArcGIS går det att visualisera skyddszonernas geografiska utbredning och deras innerskogsareal. Denna studie tyder på att skyddszonernas utformning avgör skyddszonernas areal, undersökningsområdets ekonomiska utfall, rekreationsindex, innerskogsareal samt volym löv, skog > 120 år och död ved. Skyddszoner utformade efter markens DTW-index är topografiskt och hydrologiskt betingade. Detta skulle kunna bidra till att på ett bra sätt förvalta vattenresursen samtidigt som skogsbruk bedrivs på ett lönsamt sätt. Huruvida just utformningen på skyddszonerna leder till en förbättrad hydrologisk och ekologisk funktion får framtida forskning visa. Det finns behov av att göra studier på vattenkvaliteten när skyddszoner utformade med DTW-index används. Den ekologiska funktionen i skyddszoner utformade med DTW-index borde också undersökas, t.ex. genom jämförande artinventering. Ytterligare frågetecken finns också runt hur stor andel av ett vattendrags längd som bör ha en intakt skyddszon. För att kunna göra mer rättvisande analyser av rekreationsindex skulle en vidareutveckling vara nödvändig där hänsyn tas till den mänskliga uppfattningen av landskapsbilden med eller utan skyddszoner vid vattendrag. Hur många människor som använder ett skogsområde till rekreation är också en variabel som kanske påverkar skogens rekreationsindex. Det ekonomiska utfallet påverkas av skillnader i värdet av skogen som står närmast vattendraget jämfört med skog som står längre upp på fastmark, vilket inte är helt klarlagt. Vid en utveckling av vår studie kan man tänka sig att mer exakta skogliga data än beståndsmedelvärden baserade på satellitdata och fältinventeringar kan användas. Detta eftersom de skattningar vi använt ger säkrare resultat på större areor än på beståndsnivå (Reese et al. 2002). Man bör också lägga in en rumslig precisering om vart i bestånden avsättningarna placeras. Det går även utveckla studien genom att tillåta en viss skogsskötsel i skyddszonerna och se vilka konsekvenser det får. I simuleringarna som gjorts i PlanVis kan man tänka sig att en markägare kan ha andra mål med sin skog än att maximera nuvärde som t.ex. högre biologisk mångfald. Målfunktionen i studien kan då modifieras utefter detta. Man kan också tänka sig att markägare ofta har ett visst krav på att avverkningar ska ske med en viss jämnhet över tid och att detta kan läggas in som en optimeringsrestriktion i PlanVis. För att få resultat som kan användas till att dra generella slutsatser finns behov av att göra liknande studier i en större skala och som tar större spatial hänsyn. Intressant vore även att göra en naturresursekonomisk analys av värdet på skyddszoner i skogslandskapet.





## REFERENSER

- Anon. (2002). Skog för naturvårdsändamål - uppföljning av frivilliga avsättningar - områdesskydd samt miljöhänsyn vid föryngringsavverkning. (Skogsstyrelsen, Rapportserie 2002:2). Jönköping: Skogsstyrelsens förlag. Tillgänglig: <http://shop.skogsstyrelsen.se/sv/publikationer/meddelanden/skog-for-naturvardsandamal-uppfoljning-av-frivilliga-avsattninga.html> [2014-04-16].
- Barling, R. & Moore, I. (1994). Role of buffer strips in management of waterway pollution: A review. *Environmental Management*, vol. 18, ss. 543-558.
- Berka, C., Schreier, H. and Hall, K. (2001). Linking water quality with agricultural intensification in a rural watershed. *Water Air Soil Pollut*, vol.127 ss. 389–401.
- Bilby R. & Bisson P. (2001). Function and distribution of large woody debris. I: Naiman, R. & Bilby, R. *River ecology and management*. New York: Springer-Verlag, ss. 324-346.
- Bleckert, S. (red.), Degerman, E. & Henriksson, L. (2010). *Skogens vatten: Vattenhänsyn i skogsbruket*. Värnamo: Fälth & Hässler.
- Bleckert, S., Degerman, E. & Henriksson, L. (2011). *NPK+ och blå målklassning – enkla verktyg för skoglig vattenplanering*. Solna: WWF
- Brauman, K., Daily, G., Duarte, T. & Mooney H. (2007). The nature and value of Ecosystem Services: an overview highlighting hydrologic services. I: *Annual review of environment and resources*. 32. uppl. Palto Alto. Annual reviews. ss. 67-98.
- Brealey, A. R. & Myers, C. S. (2003) *Principles of corporate finance*. 7. uppl. Blacklick: McGraw-Hill higher education.
- Chan, K., Shaw, R., Cameron, D., Underwood, E. and Daily G. (2006). Conservation planning for ecosystem services. *PLOS Biology*, vol. 4, ss. 2138-2152.
- Dawson, T. E. & Ehleringer, J. R. (1991). Streamside trees that do not use stream water. *Nature*, vol. 350, ss. 335-337.
- Ederlöf, E. (2012). *Kant- och skyddszoner vatten och våtmark*. Skogsstyrelsen. Tillgänglig: [http://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art74/7398774-366491-kant\\_o\\_skyddszoner\\_vatten\\_o\\_vatmark.pdf](http://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art74/7398774-366491-kant_o_skyddszoner_vatten_o_vatmark.pdf) [2014-03-12]
- Eriksson, A. (2013). *Instruktion för fältarbete med Polytax P0/1*. Skogsstyrelsen.
- Essen, P.A., Ehnström, B., Ericsson, L. & Sjöberg, K. (1997) Boreal forests. *Ecological Bulletins*, vol. 46, ss. 16-47.
- Fischer, A. R & Fischenich, C. J. (2000) *Design recommendations for riparian corridors and vegetated buffer strips*. EMRRP Technical Notes Collection. Vicksburg: U.S. Army Engineer Research and Development Center
- FSC (2010). *Svensk skogsbruksstandard enligt FSC med SLIMF-indikatorer V2-1 050510*. <http://se.fsc.org/svensk-skogsbruksstandard.265.htm> [2014-03-13]

- FSC (2014) *Medlemmar*. <http://se.fsc.org/medlemmar.295.htm> [2014-04-04]
- Giesler, R., Högberg, M. & Högberg, P. (1998). Soil chemistry and plants in fennoscandian boreal forest as exemplified by a local gradient. *Ecology*, vol. 79, ss. 119-137.
- Granqvist Pahlén, T., Nilsson, M. & Egberth, M. (2004). kNN-Sverige ger en heltäckande bild av skogen. *Miljötrender*, vol. 3-4, ss. 4-5
- Henriksson, L. (2007). *Skogsbruk vid vatten*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Houlahan, J. & Findlay, C. (2004). Estimating the 'critical' distance at which adjacent land-use degrades wetland water and sediment quality. *Landscape Ecol*, vol. 19, ss. 677-690.
- Hylander, K. (2005). Aspects modifies the magnitude of edge effects on bryophyte growth in boreal forests. *Journal of Applied Ecology*, vol. 42 ss. 518-525.
- Ice, G. G., Skaugset, A. & Simmons, A. (2006). Estimating areas and timber values of riparian management on forest lands. *Journal of the American water resources association*, vol. 42, ss. 115-124.
- Jansson, R., Laudon, H., Johansson, E. & Augspurger, C. (2007). The importance of groundwater discharge for plant species number in riparian zones. *Ecology*, vol. 88, ss.131-139.
- Jonsson, Ö. (1998). *Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog - En studie av tre bäckar i Västerbotten*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: <http://stud.epsilon.slu.se/4464/> [2014-04-16]
- Kuglerova, L. (2010). *Effects of forest harvesting on the hydrology of boreal streams - The importance of vegetation for the water balance of a boreal forest*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. Tillgänglig: <http://stud.epsilon.slu.se/1095/> [2014-04-16]
- Kuglerova, L., Jansson, R., Ågren, A., Laudon H. & Malm-Renöfält, B. (2014) Groundwater discharge creates hotspots of riparian plant species richness in a boreal stream network. *Ecology*, vol. 95, ss. 715-725.
- Lantmäteriet. *Fakta om laserskanning*. <http://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/Hojddata/Fakta-om-laserskanning/> [2014-03-12]
- Laudon, H. & Buffam I. (2008). Impact of changing DOC concentrations on the potential distribution of acid sensitive biota in a boreal stream network. *Hydrology and Earth System Science*, vol. 12, ss. 425-435.
- Laudon, H., Taberman I., Ågren A., Futter M., Ottosson-Löfvenius M. & Bishop K. (2013). The Krycklan Catchment Study - A flagship infrastructure for hydrology, biogeochemistry, and climate research in the boreal landscape. *Water resources research*. Vol. 49 ss. 7154-7158.
- Lindhagen, A. & Hörnsten, L. (2000) Forest recreation in 1977 and 1997 in Sweden: changes in public preferences and behaviour. *Forestry*, vol. 73, ss. 143-153
- Magnusson, T. (2009). *Skogsbruk, mark och vatten*. 2 uppl. Skogsstyrelsens förlag.

- Miljömålsberedningen (2013). *Långsiktig hållbar markanvändning*. Stockholm. Miljödepartementet. (SOU 2013:43).
- Mitsch, W., Day, J., Gilliam, J., Groffman, P., Hey, D., Randall, G. and Wang, N. (2001). Reducing nitrogen loading to the Gulf of Mexico from the Mississippi River Basin – Strategies to counter a persistent ecological problem. *Bioscience* Vol. 51, ss. 373-388.
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests - implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 10, ss. 58-62.
- Naiman R. & Décamps H. (1997). The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual review of ecology and systematics*, vol. 28, ss. 621-658.
- Naturvårdsverket (2007). *Återställning av älvar som använts för flottning - En vägledning för restaurering*. (Naturvårdsverket Rapport 5649). Stockholm: Naturvårdsverket
- Nyberg, P. & Eriksson, T. (2001). *Skyddsridåer längs vattendrag SILVA*. (Fiskeriverket informerar, 2001:6). Göteborg: Fiskeriverket
- Postel, S., Carpenter S. and G.C. Daily (red) (1997). *Nature's services – social dependence on natural ecosystems*. Washington: D.C: Island Press.
- Povari, P., Verta, M., Munthe, J. & Haapanen, M. (2003). Forestry practices increase mercury and methyl mercury output from boreal forest catchments. *Environmental Science Technology*, vol. 37, ss. 2389-2393.
- Reese, H. Nilsson, M. Granqvist Pahlén, T. Hagner, O. Joyce, S. Tingelöf, U. Egberth, M. Olsson, H. (2003) Countrywide estimates of forest variables using satellite data and field data from the national forest inventory. *Ambio: A journal of the human environment*, vol. 32, ss. 542-548
- Reese, H., Nilsson, M., Sandström, P. & Olsson, H. (2002) Applications using estimates of forest parameters derived from satellite and inventory data. *Computers and electronics in agriculture*, vol. 37, ss. 37-55
- Ries, L., Fletcher, R.J., Battin, J. & Sisk, T.D. (2004) Ecological responses to habitat edges - mechanisms, models, and variability explained. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, vol. 35, ss. 491–522.
- Ring, E., Löfgren, S., Sandin, L., Högbom L. & Goedkoop, W. (2008). Skogsbruk och vatten – en kunskapsöversikt (Redogörelse nr 3). Skogforsk.
- Risby, E. (2014) *Beräkning av areal och stående timmervolym i skyddszoner skapade från DTW-index*. Thesis. (Master). Sveriges lantbruksuniversitetet.
- Samuelsson J. & Ingelög T. (red.) (1996). *Den levande döda veden – bevarande och nyskapande i naturen*. Uppsala: TK i Uppsala AB.
- Siitonen J. (2001) Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins*, vol. 49, ss.11-41.

Skogsindustrierna (2013). *Reservat och frivilliga avsättningar: effekterna på avverkningsmöjligheterna av arbetet med formellt skydd av skog*. Skogsindustrierna.

Skogsindustrierna (2014). *Branschgemensam miljöpolicy – om körskador på skogsmark*. Skogsindustrierna. Tillgänglig:

[http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=88b35733-7d0e-49fc-b807-c2e03fc60799&FileName=Branschgemensam-miljopolicy.pdf](http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=88b35733-7d0e-49fc-b807-c2e03fc60799&FileName=Branschgemensam-miljopolicy.pdf) [2014-04-04]

Skogsstyrelsen (2011). *Skogs- och miljöpolitiska mål - brister, orsaker och förslag på åtgärder*. Jönköping. Skogsstyrelsens förlag. (Meddelande 2011:2).

Skogsstyrelsen (2013) *Skogsstatistisk årsbok 2013*. Mölnlycke: Skogsstyrelsen

Skogsstyrelsen (2014a). Dialog om miljöhänsyn. [Online] Tillgänglig:

<http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Projekt/Pagaende-projekt/Dialog-om-miljohansyn/Dialog-om-miljohansyn/> [2014-04-11]

Skogsstyrelsen (2014b). Miljöhänsyn ändrade regler 1 mars 2014. [Online] Tillgänglig:

<http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Lagen/Skogsvardslagen/Miljohansyn-andrade-regler-2012/> [2014-04-11]

Skogsstyrelsen (2014c). *Översyn av föreskrifter och allmänna råd till 30 § SvL Del 2*.

(Meddelande 2014:1) Skogsstyrelsen. Tillgänglig:

[http://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art5/22427305-696887-Meddelande\\_30\\_\\_\\_\\_.pdf](http://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art5/22427305-696887-Meddelande_30____.pdf) [2014-04-10]

Skogsstyrelsen (2014d). Skogsvårdslagstiftningen - Gällande regler 1 april 2014.

Skogsstyrelsen. [Online] Tillgänglig:

<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/svl/SVL%202014.pdf> [2014-03-14]

Skogsstyrelsen (2014e). Miljöhänsyn som skogsägare måste ta utan ersättning från staten.

[Online] Tillgänglig: [http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-](http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Lagen/Skogsvardslagen/Miljohansyn-som-maste-tas-/)

[bruka/Lagen/Skogsvardslagen/Miljohansyn-som-maste-tas-/](http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Lagen/Skogsvardslagen/Miljohansyn-som-maste-tas-/) [2014-04-10]

Stål, P., Christiansen, L., Wadstein, M., Grönvall, A. & Olsson, P. (2012). *Skogsbrukets frivilliga avsättningar*. (Rapport 2012:5) Jönköping: Skogsstyrelsens förlag.

Swanson, F. & Lienkaemper, G. (1978). *Physical consequences of large organic debris in pacific northwest streams*. (General Technical Report PNW). Portland: USDA Forest Service. 69.

U.S. department of the interior national park service. (1995). *Economic impacts of protecting rivers, trails, and greenway corridors*. 4 ed. U.S. department of the interior national park service.

Vattenmyndigheten. (2013) *Vattenförvaltningens mål*.

<http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/om-vattenmyndigheterna/vattenforvaltningens-mal/Pages/default.aspx> [2014-04-02]

Verhoeven, J., Arheimer, B., Yin, C. and Hefting, M. (2006). Regional and global concerns over wetlands and water quality. *Trends in ecology and evolution*, vol. 21 ss. 96-103.

Wikström, P. Edenius, L. Elfving, B. Eriksson, L. Lämås, T. Sonesson, J. Öhman, K. Wallerman, J. Waller, C. Klintebäck, F. (2011). The heureka forestry decision support system: an overview. *Mathematical and Computational Published Forestry & Natural-Resource Sciences*, vol. 3, ss. 87-94.

Zinko, U. (2005). *Strandzoner längs skogsvattendrag*. Umeå: WWF.

Ågren, M. A., Lidberg, W., Strömgren, M., Oglivie, J. & Arp, A.P. (2014) Evaluating digital terrain indices for soil wetness mapping-a swedish case study. *Hydrology and earth system sciences*, vol. 11, ss. 4103-4129.