



Udvikling af et High Nature Value - HNV-Skovkort for Danmark

Johannsen, Vivian Kvist; Kepfer Rojas, Sebastian; Brunbjerg, Ane Kirstine; Schumacher, Johannes; Bladt, Jesper; Karlsson Nyed, Patrik; Moeslund, Jesper Erenskjold; Nord-Larsen, Thomas; Ejrnæs, Rasmus

Publication date:
2015

Citation for published version (APA):

Johannsen, V. K., Kepfer Rojas, S., Brunbjerg, A. K., Schumacher, J., Bladt, J., Karlsson Nyed, P., ... Ejrnæs, R. (2015). *Udvikling af et High Nature Value - HNV-Skovkort for Danmark*. Frederiksberg: Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet. IGN Rapport



Udvikling af et High Nature Value - HNV-skovkort for Danmark

Vivian Kvist Johannsen, Sebastian Kepfer Rojas, Ane Kirstine Brunbjerg, Johannes Schumacher, Jesper Bladt, Patrik Karlsson Nyed, Jesper Erenskjold Moeslund, Thomas Nord-Larsen og Rasmus Ejrnæs

IGN Rapport
November 2015

Titel

Udvikling af et High Nature Value - HNV-skovkort for Danmark

Forfattere

Vivian Kvist Johannsen¹, Sebastian Kepfer Rojas¹, Ane Kirstine Brunbjerg², Johannes Schumacher¹, Jesper Bladt², Patrik Karlsson Nyed¹, Jesper Erenskjold Moeslund², Thomas Nord-Larsen¹ og Rasmus Ejrnæs²
¹KU, IGN, ²AU, BIOS

Bedes citeret

Johannsen, V.K., Rojas, S.K., Brunbjerg, A.K., Schumacher, Bladt, J., Nyed, Moeslund, J.E., Nord-Larsen, T. og Ejrnæs, R. (2015): Udvikling af et High Nature Value - HNV-skovkort for Danmark. IGN Rapport November 2015, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, Frederiksberg

Udgiver

Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning
Københavns Universitet
Rolighedsvej 23
1958 Frederiksberg C
ign@ign.ku.dk
www.ign.ku.dk

Ansvarshavende redaktør

Claus Beier

ISBN

978-87-7903-726-7

Grafiker

Inger Grønkjær Ulrich

Forsidefoto

Tofte skov. Foto: Rita M Buttenshøn

Publicering

Rapporten er publiceret på www.ign.ku.dk

Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse

Skriftlig tilladelse kræves, hvis man vil bruge instituttets navn og/eller dele af denne rapport i sammenhæng med salg og reklame

Indhold

1	Sammendrag.....	4
2	Introduktion.....	10
3	Datagrundlag.....	10
4	Analyser.....	28
5	HNV-skovkort.....	39
6	Konklusion og perspektiver.....	49
7	Referencer.....	51
8	Appendix 1 Univariate modeller for brutto sæt af proxyer.....	53
9	Appendix 2 Multivariate modeller for brutto sæt af proxyer.....	55
10	Appendix 3 Endelige multivariate modeller for det reducerede proxysæt.....	58
11	Appendix 4 Liste over lag i HNV-skovkort.....	61

1 Sammendrag

1.1.1 Baggrund

Danmark ville fra naturens hånd være præget af skov og derfor har vi i dag en biodiversitet, der i stort omfang knytter sig til levesteder i skove og skovlandskaber. Skovlandskaber rummer udover partier med sammenhængende højskov også skovlysninger, skovenge og brede overgange mellem den sluttede højskov og åbne økosystemer, eksempelvis ved kysterne, ådalene og omkring vådområder. De danske skoves biodiversitet er stærkt påvirket af den historiske udvikling, hvor sammenhængende skov i begyndelsen af 1800-tallet var reduceret til få pct. af landets samlede areal, og hvor forstlig drift siden 1800, på trods af væksten i skovarealet, har medført ødelæggelse af mange af skovens vigtige levesteder.

Sikring af biodiversitet har fået et stigende fokus, med bl.a. støtte til kortlægning af nøglebiotoper og grønne driftsplaner som er udført på såvel private distrikter som i statens skove. Dertil var der en første kortlægning af særligt værdifulde skove (efter Skovlovens § 25) i 2006.

1.1.2 Formål

Formålet med dette projekt, er på grundlag af Biodiversitetskortet og andre tilgængelige datalag at udarbejde et kortgrundlag som ud fra eksisterende data viser hvor vi har de mest værdifulde skove for biodiversiteten og som dermed kan bruges til at prioritere indsatsen for at beskytte skovenes biodiversitet: Et kort over High Nature Value (HNV) i skove. Kortgrundlaget skal konkret kunne anvendes ved prioritering af indsats i skovene og danne baggrund for en planlagt feltkortlægning af naturværdier i de danske skove, som supplement til de kortlagte skovarealer i Habitatområderne.

1.1.3 Metode

HNV-skovkortet bliver til på baggrund af erfaringer med at udarbejde et tilsvarende HNV-land kort for lysåbne arealer som kvalificerer til landbrugsstøtte (Ejrnæs m.fl. 2012, Brunbjerg et al. In press) samt et kortgrundlag for alle landbaserede arealer og naturtyper i det åbne land – Biodiversitetskortet (Ejrnæs m.fl. 2014). De tidligere kort er udarbejdet ved at sammentælle point for levesteder for rødlistede arter (artspoint) og landskabsbaserede indikatorer for levesteder for rødlistede arter (proxypoint). Proxyerne består af en række forskellige indikatorer for god levestedskvalitet. Artsscoren er baseret på rødlistede arter. HNV-land er fra 2015 blevet anvendt som grundlag for tildeling af landbrugsstøtte til naturfremme efter landdistriktsprogrammet (Brunbjerg et al. In press) og Biodiversitetskortet indgår i Naturplan Danmark og som online-værktøj for kommunernes rumlige naturplanlægning (Miljøgis 2015).

For at sikre at HNV-skovkortet omfatter alle de arealer der kan blive brug for i de efterfølgende anvendelser, blev det besluttet at inkludere et samlet areal baseret på en kombination af såvel skovlaget fra kommunernes fælles kortlægning (FOT kortlægningen) der samles af Geodatastyrelsen og kortlægningen af skov baseret på satellitbilleder fra 2011 (Huber & Tøttrup 2012) der anvendte kriterier om skovdække i kortlægningen. Dertil blev der tillagt marker fra GLR (Det Generelle Landbrugsregister) hvor afgrødekoderne indikerer vedplanter (skovrejsning, juletræer etc.), dog undtaget frugtplantager. Det samlede areal der indgår i analysen er dermed 728.575 ha. HNV-skovkortet omfatter således alle arealer der potentielt kan opfattes som skov, også på længere sigt. Til sammenligning er opgørelsen af skovarealet i Danmarks Skovstatistik 620.500 ha (Nord-Larsen et al 2015).

For at kunne give observationer af rødlistede arter en geografisk udbredelse har vi brug for en inddeling af skovarealet i biologisk meningsfulde homogene områder/polygoner, der repræsenterer nogenlunde ensartede skovområder i forhold til økologiske forhold, træarter og alder/struktur. En sådan inddeling af

skovarealet i meningsfulde polygoner tjener også som udgangspunkt for de statistiske analyser som bruges til at udvælge relevante proxyer for biodiversitet. Derfor blev der inden for projektet, baseret på udarbejdede kort over bl.a. kronehøjde, højdevariation og skovtype for de danske skove, (Schumacher et al 2014), fastlagt en opdeling af hele skovarealet i skovpolygoner.

For at kunne udvælge de mest relevante proxyer har vi undersøgt statistisk om de forskellige foreslåede proxyer gav en forbedret forudsigtelse af forekomsten af rødlistede arter. Vi har brugt artsscoren fra Biodiversitetskortet, forekomst af rødlistede arter samt opdelt de rødlistede arter på dyr, planter og svampe og analyseret proxyerne i forhold til hver af de tre artsgrupper.

1.1.4 Data

Datagrundlaget for HNV-skov består dels af en række georefererede proxyer for beskrivelse af skovarealet og dels af en artsscore som er beregnet ved at summere fund af rødlistede arter, hvor fundene er tildelt stigende vægt jo mere truet arten er, jo mere sikker geolokaliseringen af fundet er og jo mindre kendt national udbredelse arten har. Der anvendes data som er op til 20 år gamle, men hvor der sker en nedvægtning af data, der er mere end 10 år gamle.

De georefererede proxyer er inspireret af arbejdet med Biodiversitetskortet og HNV-land, men til brug for HNV-skov har vi suppleret med en række proxyer udviklet ud fra data som ikke har været analyseret tidligere, nemlig data fra Danmarks Skovstatistik (NFI, Johannsen et al 2013, Nord-Larsen et al 2015) samt data om skovstruktur og terræn baseret på LiDAR data (Schumacher et al 2014b).

Vi har i projektet arbejdet med en bruttoliste på 26 forskellige georefererede korttemaer, proxyer. Alle korttemaer/proxyer er konverteret til 0/1-variabler, ved at beslutte hvornår en given værdi i korttemaet/proxyen skal udløse et point i HNV-kortet. Dette blev støttet af analyser hvor værdierne i proxylagene blev sammenholdt med artsdata, herunder artsscoren og fund af særlige arter. Alle proxyer fra bruttolisterne har indgået i analyser for at teste om de kunne bidrage til at forudsige levesteder for truede arter. Dernæst har vi gennem analyserne udvalgt det optimale sæt af proxyer til det endelige kort.

1.1.5 Resultat

Der findes intet entydigt optimalt sæt af proxyer i HNV-skov. Vurderet på andelen af forklaret variation i artsscore og forekomst af rødlistede arter består den optimale kombination af mellem 4 og 9 proxyer, men analyserne viser også at tilføjelsen af flere lag kan medvirke til at differentiere mellem de høje artsscorer, også selvom den samlede model ikke bliver bedre. Vi har besluttet at medtage de 11 bedst rangerende proxyer, når man vurderer dem på tværs af alle de fem afprøvede modeller. Nogle proxyer er gode til at forudsige alle artsgrupper, mens andre således er bedst egnede til at forudsige enten planter, dyr eller svampe. De 11 udvalgte proxylag kombineres i HNV-Skov med 9 artspoint til et samlet HNV-skovkort med et udfaldsrum på 0-20 HNV-point.

Kystnærhed er medtaget fordi meget af vores mest velbevarede natur ligger langs kysterne hvor naturlige forhold har vanskeliggjort en intensiv kultivering. Samtidig er de naturlige processer ved kysterne med til at skabe variation og grundlag for en høj biodiversitet.

Højdevariation afspejler variationen i højde og alder for træerne på skovarealet. Skovbevoksninger med en stor træhøjdevariation forventes at rumme stor variation i træernes alder samt artssammensætning, og dermed mulighed for flere levesteder og følgelig højere biodiversitet.

Vedplanterigdom er et resultat af såvel naturgivne vækstvilkår som den forvaltning der er foregået i skovene. En meget intensiv skovdrift resulterer oftest i et lavt antal arter, mens flere arter afspejler såvel et varieret vækstgrundlag som en skovdrift med et bredere fokus. En høj vedplanterigdom indikerer mulighed for mange forskellige levesteder.

Store træer og gamle træer repræsenterer lang kontinuitet og giver i sig selv levested for en række organismer og bidrager dermed til forekomst af biodiversitet i skovene.

Skovstruktur er baseret på data fra kortlægningen af habitatområderne og registreringer fra svampeatlasset vedr. vedboende svampe. Det giver et korttema der beskriver nogle skovområder med større detalje og værdien er en samlet indikator for hyppighed/forekomst af vedplanterigdom, store og gamle træer, dødt ved og forekomst af poresvampe. Samlet giver korttemaet en identifikation af skovarealer med en meget ekstensiv drift.

Skovkontinuitet baseres på Videnskabernes Selskabs kort over hvor der var skov omkring 1780erne. Hvor der er sammenfald med eksisterende skove kan arealet potentielt have været skovdækket i mere end 200 år, men der kan også have været perioder hvor arealet har været helt ryddet for skov. Datalaget indikerer en højere sandsynlighed for skovkontinuitet, som er af betydning for flere organisme grupper.

Naturandel angiver hvor meget natur, der findes i landskabet omkring et areal. Det er baseret på et kort over alt natur, dvs. alle skove, vandløb, søer og § 3 naturarealer. Den samlede analyse er omsat til fire temaer betinget af procentandelen af natur på ≥ 20 pct., 40 pct., 60 pct. hhv. 80 pct.. Andelen af natur i landskabet er helt afgørende for, hvor stor sandsynlighed der er, for at arter kan spredes fra et sted til et andet, for at mobile arter kan finde egnede rastesteder og fødemuligheder og for at populationer kan udveksle gener. Der er medtaget to proxyer baseret på naturandel, > 40 pct. og > 80 pct. naturandel.

Skovbryn er her defineret som skovarealer i de yderste 120 m i forhold til skovkant. De indre skovbryn forekommer ved større lysåbne arealer i skovene. Korttemaet udløser et point ved forekomst af indre skovbryn. Skovbryn rummer en større variation af levesteder i form af bl.a. arter, størrelser, lys og overgangarter mellem lysåbne naturtyper og skove. Mange arter har derfor tilknytning helt eller delvist til skovbryn.

Habitatnatur er defineret som de områder, der er kortlagt som habitatnatur efter EU's habitatdirektiv (EU 1992). Disse områder er kortlagt med særligt øje for intakt natur, og rummer derfor større sandsynlighed for høj naturværdi end andre områder.

Kortlagt natur sammenfatter alle arealer der er kortlagt som § 3 natur, der primært er lysåbne naturtyper. Derudover indgår alle § 25 skove fra registreringen i 2006, registrerede egekrat samt de af Naturstyrelsens skove, der som følge af naturskogsstrategien er udlagt som naturskove. Grundlaget for dette kortlag er kendskab til arealer med værdi for biodiversitet, og det forventes derfor at have en positiv sammenhæng med forekomst af arter.

En lang række andre proxyer indgik i analyserne, bl.a. terrænhældninger, vådbund, og flere proxyer for skovarealets fordeling i landskabet (fragmentering, skovlandskaber og kerneskov). Dertil blev det afprøvet om biomasse, skovtype (løv/nål) eller kronedække bidrog til at forudsige forekomst af arter. Når de øvrige proxyer var med i analyserne, bidrog disse korttemaer ikke yderligere. Der blev afprøvet forskellige korttemaer/proxyer for dødt ved, da det vides at have en positiv sammenhæng med meget biodiversitet.

Da der generelt er meget lave niveauer af dødt ved i de danske skove og det kun forekommer på 1/3 af prøvefladerne i Danmarks Skovstatistik var det ikke muligt at finde en tydelig differentiering inden for skovarealet. Den version der kom tættest på at bidrage, var i praksis sammenfaldende med skovarealet som sådan. Vurderingen samlet set var at "dødt ved" proxyen baseret på Danmark Skovstatistik er for usikker på grund af stikprøvens geografiske udstrækning og generelle mangel på dødt ved i de danske skove, og at den dermed ikke kunne bidrage til vurderingen af konkrete skovparcellers værdi for biodiversiteten (HNV-skovscore)

En række andre proxyer blev overvejet i processen, hvoraf bl.a. nærhed til sø og vandløb kunne være interessant at inddrage i en fremtidig revision.

Samlet fordeler det kortlagte areal sig efter HNV-skov score som angivet i tabellen nedenfor. Det ses, at der er ca. 3 pct. med HNV-skov med en score på 13 og derover. Der er 7 pct. med en score på 10 til 12. Det skal bemærkes at det samlede areal der indgår i HNV-skovkortet er ca. 110.000 ha større end det skovareal der opgøres af Danmarks Skovstatistik. Dette skyldes bl.a. en del lysåbne arealer og arealer under skovrejsning er medtaget. Indledende analyser af fordelingen af HNV-skovscoren indikerer at størstedelen af dette 'ekstra' areal befinder sig i den lave ende af HNV-skovscoren. Fordelingen er baseret på kortets fulde opløselighed i pixels. Hvis man opgjorde fordelingen på den maksimalt opnåede score indenfor større sammenhængende polygoner ville der være en forholdsvis større andel af arealet som opnåede højere HNV-scorer.

HNV-skov score	Sum areal HNV-skov	pct.	Sum areal Skovareal	pct.
	1000 ha	%	1000 ha	%
0-7	581	80	487	78
8-9	69	10	63	10
10-12	54	7	48	8
13-19	24	3	23	4
Total	729	100	621	100

Fordeling af areal fra HNV-skovkort og arealfordeling baseret på Danmarks Skovstatistik's opgørelse af skovareal inden for HNV-skovkortet.

1.1.6 Validering

For at evaluere udvælgelsen af proxylagene blev der foretaget nogle forskellige test og afprøvninger. Som det første blev der foretaget en systematisk sammenligning med de registreringer der er foretaget med Danmarks Skovstatistik (NFI). Den systematiske afprøvning viste at der er et forventet samspil mellem proxyscoren og flere af registreringerne i Dansk Skovstatistik. Således er der højere værdier af proxyscoren for bevoksninger med uensaldrende drift (Figur 18) og for bevoksninger hvor der er registreret flere etager, mens ensaldrende drift og bevoksninger med kun en etage gennemgående har lavere værdier af proxyscoren. Tilsvarende har ældre bevoksninger gennemgående en højere proxyscore, idet der dog er en meget stor variation, hvilket også afspejler usikkerhed på bestemmelse af alder. Sammenhængen er tydeligst for prøveflader med en høj andel af løvtræer.

Siden 2008 er der foretaget registrering af plantelister på en delmængde af prøvefladerne i Danmarks Skovstatistik. Baseret på disse blev det fundet at en højere HNV-skov score er sammenfaldende med højere andel af skovspecialist arter i plantelisterne registreret i Danmarks Skovstatistik.

For at inddrage eksperterers kendskab til skovområder i evaluering af HNV-skovkortet, blev der udvalgt 14 områder hvor der blev kigget nærmere på resultatet af analyserne, særligt med fokus på den rumlige prioritering ud fra proxylag. De 14 områder spændte over så forskellige skovlandskaber som Grib Skov, Tisvilde Hegn, Draved-Bolderslev i Sønderjylland, Sorø-skovene, Bistrupskovene, Vejlefjord-skovene, Klosterhede Plantage, Tofte Skov m.fl.

Generelt var tilbagemeldingerne fra eksperterne at kortet i store træk fandt de interessante områder i overensstemmelse med kendskabet til dem. Det blev dog påpeget at proxyscoren synes at undervurdere skov med meget lang kontinuitet. Desuden blev der bemærket en tydelig tendens til at proxyscoren lægger vægt på store sammenhængende skovområder og undervurderer små isolerede naturskove. I gennemgangen blev der også peget på den grovere opdeling af de proxylag, der er baseret på faste 4x4 km værdier baseret på prøveflader i Danmarks Skovstatistik. Dette giver dels en opløsning, der præger indtrykket af resultatet, samtidig med at dette ikke kan give lokal information. Alternativer blev afprøvet i projektet, men en tilfredsstillende løsning blev ikke fundet inden for de tilgængelige ressourcer.

Der var enighed blandt eksperterne på evalueringsmødet om at de skævheder som var påpeget for proxylagene i høj grad blev rettet op når proxyerne blev kombineret med artslaget, som viser hvor de truede arter faktisk er fundet. Så lyser de kendte værdifulde skove tydeligt op på kortet.

Det blev dog også bemærket at proxyerne alene faktisk formår at pege på nogle skove, som kunne være interessante i forhold til biodiversitet, men hvor artsscoren ikke fortæller så meget – måske fordi der ikke har været nogen og registrere arter. Som eksempel blev Bolderslev Skov først erkendt som værdifuld naturskov i nyere tid, og den blev netop fanget op af proxyscoren.

1.1.7 Diskussion og konklusion

HNV-skovkortet er den første version målrettet skovene, idet skovene også indgik i arbejdet med Biodiversitetskortet (Ejrnæs et al 2014). Ligesom tidligere prioriteringskort (HNV-Land og Biodiversitetskortet), må HNV-skov ikke opfattes som en kortlægning af naturen i de danske skove. HNV-skov er baseret på de bedste eksisterende data om indikatorer for værdifuld biodiversitetsrig skov, men der er ingen af disse indikatorer som er perfekte. Arterne er ufuldstændigt kortlagt og mange af de anvendte data stammer fra dygtige amatørers frivillige observationer, ikke fra egentlig systematisk kortlægning. Proxyerne er ikke direkte mål for levestedernes tilstand i skovene, men snarere indikatorer for disse, og dermed er disse heller ikke fyldestgørende alene. Det er derfor uundgåeligt at der vil være skove, som er værdifulde levesteder for truet skovnatur, som HNV-skovkortet ikke opfanger – simpelthen fordi der ikke har været kortlæggere forbi og registrere værdierne. Tilsvarende kan der være andre skove, som trods et stort potentiale, alligevel har været drevet så intensivt at der ikke er de værdier som proxylagene kunne pege på.

De enkelte proxylag såvel som skovpolygonlaget er tilgængeligt via MiljøGIS og vil kunne anvendes som grundlag for ansøgninger om tilskud, som grundlag for videre kortlægning og besigtigelser, og som et input til lokal forvaltning.

HNV-skovkortet kan bruges af den enkelte skovejer til identifikation af arealer til særlig opmærksomhed, f.eks. i forbindelse med opdatering af ejendomsspecifikke driftsplaner hvor der er behov for at udpege arealer til særlig beskyttelse, nøglebiotoper eller lignende. Det er også muligt at HNV-skovkortet kan anvendes som grundlag i arbejde med certificering, evt. suppleret med supplerende lokale registreringer.

HNV-skovkortet forventes anvendt i forbindelse med tilskudsordninger til skov. HNV-skovkortet vil også give input til den kommende kortlægning naturmæssigt særligt værdifulde skove (§ 25 efter Skovloven) og genkortlægningen af de skovbevoksede dele af habitatområderne.

Vi anbefaler at opdatere datagrundlaget for både proxylag og for artsdata, så nye data inddrages i kortet. Hyppigheden af opdateringen må afstemmes med frekvens for opdatering og udvikling af de forskellige elementer i datagrundlag for såvel proxyer som artsdata (proxyscore og artsscore). Endvidere forbedres vidensgrundlaget for proxyer hele tiden, senest med fremkosten af næste generation LiDAR-data med høj rumlig opløsning, hvilket forventes at kunne forbedre proxyscoren i en fremtidig revision af kortet.

2 Introduktion

Danmark er oprindeligt overvejende et skovland med en biodiversitet, der i stort omfang knytter sig til skove og skovens habitater. Skove indgår i skovlandskaber med skovlysninger, skovenge og brede overgange mellem den sluttede højskov og overgange til åbne økosystemer ved kysterne, ådalene og omkring større vådområder. De danske skoves biodiversitet er stærkt påvirket af den historiske udvikling, hvor skovarealet i begyndelsen af 1800-tallet var reduceret til få pct. af landets samlede areal, og hvor forstlig drift på trods af væksten i skovarealet har påvirket mange af skovens vigtige levesteder.

Sikring af biodiversitet har fået et stigende fokus, med bl.a. støtte til grønne driftsplaner, herunder kortlægning af nøglebiotoper i skov. Dertil har der været en første grov kortlægning af naturmæssigt særligt værdifulde skove (efter Skovlovens § 25) i 2006.

2.1 Formål

Formålet med dette projekt er på grundlag af Biodiversitetskortet og andre tilgængelige datalag at udarbejde et kortgrundlag som ud fra eksisterende data viser, hvor vi har de mest værdifulde skove for biodiversiteten og som dermed kan bruges til at prioritere indsatsen for at beskytte skovenes biodiversitet. Et kort over High Nature Value (HNV) i skove. Kortgrundlaget skal konkret kunne anvendes ved prioritering af indsatser i skovene og danne baggrund for en planlagt feltkortlægning af naturværdier i de danske skove, som supplement til de kortlagte skovarealer i Habitatområderne.

Projektet skal dokumentere metoder og kortgrundlag, der aktuelt anvendes i kortlægningen af HNV-skov i Danmark og angive metoder for opdatering, når reviderede datalag og kortgrundlag bliver tilgængelige.

2.2 Baggrund

HNV-skovkortet er blevet til på baggrund af erfaringer med at udarbejde et tilsvarende HNV-land kort for lysåbne arealer, som kvalificerer til landbrugsstøtte (Ejrnæs m.fl. 2012, Brunbjerg et al. In press) samt et kortgrundlag for alle landbaserede arealer, herunder naturtyper i det åbne land – Biodiversitetskortet (Ejrnæs m.fl. 2014). De tidligere kort er udarbejdet som additiv score, hvor en række forskellige landskabsbaserede proxyer for god levestedskvalitet kombineres med en artsscore baseret på rødlistede arter i et simpelt additivt index, hvor hver positiv indikator tæller ét point. HNV-land er fra 2015 blevet anvendt som grundlag for tildeling af landbrugsstøtte til naturfremme efter landdistriktsprogrammet (Brunbjerg et al. In press) og Biodiversitetskortet er tilgængelig som online-værktøj for kommunernes rumlige naturplanlægning (Miljøgis 2015).

3 Datagrundlag

Datagrundlaget for projektet består dels af en række georefererede proxyer for beskrivelse af skovarealet og dels af en artsscore, som er beregnet ved at summere fund af rødlistede arter. Fundene af rødlistede arter er tildelt stigende vægt jo mere truet arten er, jo mere sikker geolokaliseringen af fundet er og jo mindre kendt national udbredelse arten har.

De georefererede proxyer er inspireret af arbejdet med Biodiversitetskortet og HNV-land, men til brug for HNV-skov har vi suppleret med en række proxyer udviklet ud fra data, som ikke har været analyseret tidligere, nemlig data fra Danmarks Skovstatistik, NFI (Johannsen et al 2013, Nord-Larsen et al 2015) samt data om skovstruktur og terræn baseret på LiDAR data (Schumacher et al 2014b).

Som udgangspunkt er der mange forhold, der påvirker såvel den aktuelle som den potentielle biodiversitet i et givet areal. Vi har i projektet arbejdet med en bruttoliste på 26 forskellige georefererede proxyer, som i det følgende beskrives og motiveres kort. Uanset hvilken oprindelig målestok som proxyerne er målt på, er det efterfølgende konverteret til 0/1-variabler, typisk ved at beslutte en tærskelværdi for, hvornår proxyen skal udløse et point i HNV-kortet.

For hvert proxylag er der foretaget analyser, hvor artsdata, særligt fund af rødlistede arter samt Artscore er sammenholdt med de direkte opgjorte værdier for de forskellige skovpolygoner, der indgik i analyserne. For hvert proxylag er angivet en tærskelværdi, der blev fastlagt ved omsætning af de rå datalag til et kort med 0/1 værdier. Tærskelværdierne er baseret på analyser med smoothede gam funktioner mellem proxylværdi og artsscore-median og artsrigdom af rødlistede arter med fokus på A+B arter som de mest præcist georefererede arter (Ejrnæs et al 2014, Brunbjerg et al. In press).

3.1 Kortets geografiske udstrækning

3.1.1 Brutto arealet

For at sikre at HNV-skovkortet omfatter alle de arealer, der kan blive brug for i de efterfølgende anvendelser, blev det besluttet at inkludere et samlet areal baseret på en kombination af såvel skovlaget fra FOT kortlægningen (Geodatastyrelsen 2015) og kortlægningen af skov baseret på satellitbilleder fra 2011 (Huber & Tøttrup 2012). Dertil blev der tillagt marker fra Det Generelle Landbrugsregister (GLR, NaturErhvervsstyrelsen, 2015), hvor afgrødekoderne indikerer vedplanter (skovrejsning, juletræer etc), dog undtaget frugtplantager. Vi har fjernet eventuelle overlap med FOT kortlægningen af 'Lav Bebyggelse' (Geodatastyrelsen 2015) samt overlap med søer registreret enten som § 3 natur, i FOT kortlægningen eller som GLM søer (Naturerhvervsstyrelsen 2014).

Det samlede areal der indgår i analysen er dermed 728.575 ha. Til sammenligning er opgørelsen af skovarealet i Danmarks Skovstatistik 620.500 ha (Nord-Larsen et al 2015).

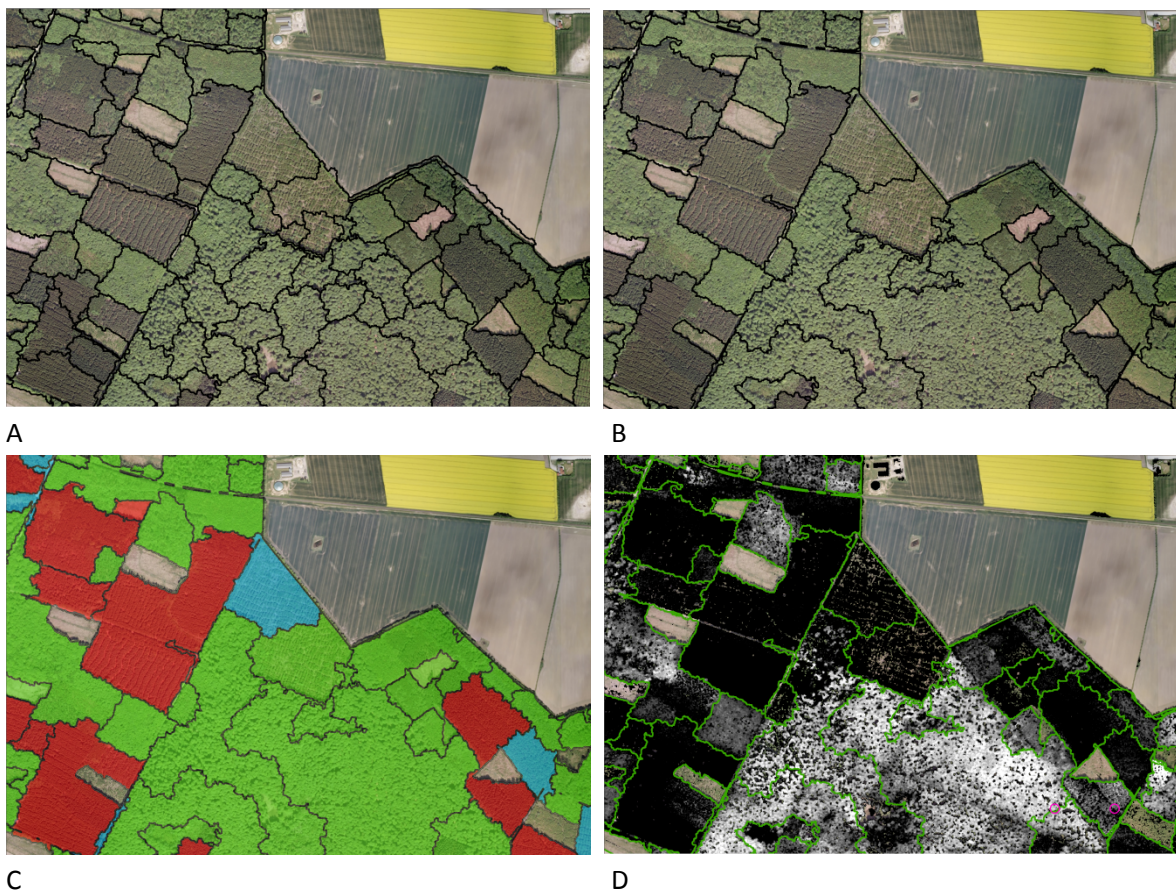
3.1.2 Skovpolygoner

I arbejdet med at udvikle et HNV-skovkort har vi brug for en inddeling af skovarealet i økologisk homogene områder til to forskellige formål. For det første anvender vi disse polygoner til at give artsobservationer en rumlig udstrækning ud over det punkt, hvor arten er observeret. En observeret forekomst af en rødlistet art vil altså tælle point i hele det polygon, hvor fundet er gjort. For det andet bruger vi polygonerne som grundlag i de statistiske analyser, som vi anvender til at screene proxyerne for, om de kan bruges til at forudsige forekomsten af rødlistede arter og dermed indgå i HNV-skovkortet.

I Biodiversitetskortet (Ejrnæs m.fl. 2014) blev anvendt en opdeling af skovene baseret på eksisterende skovkort (Geodatastyrelsen 2015) opdelt efter kendte veje og vandløb. I HNV-skov har vi arbejdet for at få en mere biologisk meningsfuld opdeling i polygoner, der repræsenterer nogenlunde ensartede skvområder i forhold til træart og alder/struktur. En sådan opdeling af skovarealet kan ikke opnås alene ud fra tilgængelig viden om veje, spor og andre ledelinjer i kortlægningen. Derfor blev der inden for projektet fastlagt en opdeling af hele skovarealet i skovpolygoner.

Grundlaget for opdelingen er LiDAR data - altså flybåren laserscanner (ALS) data, indsamlet af COWI I 2006/2007 med en måletæthed på 0,5 pulse pr. m². Programmet eCognition blev anvendt (Baatz & Schäpe 2000) til en "multiresolution segmentation". Opdelingen i polygoner blev baseret på kronehøjdemodellen (se nærmere senere). Der blev brugt en vægtning af kronehøjdemodellen (CHM): 1, med Intensitet: 0.2;

Kontrol af polygon størrelse: Scale factor: 130; Indflydelse af farve på opdelingen: Shape criterion: 0.3 og kriterie for, hvor kompakt en polygon kan være med Compactness criterion: 0.9. Proces og resultater kan ses i Figur 1.



Figur 1 A) Rå opdeling baseret på højdemodellen og den automatiske proces B) Samling af polygoner med ensartede højde og variations strukturer og træarts klassifikation C) Trætype klassifikation D) Detaljerede data fra LiDAR

Den samlede opdeling af skovarealet blev hovedsagligt baseret på denne automatiske proces og suppleret med opdeling efter marker for de arealer, der på tidspunktet for indsamling af LiDAR data ikke var trædækkede (f.eks. skovrejsning). Samlet indgår der 715.289 polygoner i alt for det samlede bruttoareal. Heraf er der 411.805 polygoner med trædække på mere end 80 pct. af polygonens areal, hvilket afspejler at der i det samlede kortlagte areal indgår en del lysåbne arealer, f.eks. arealer under skovrejsning.

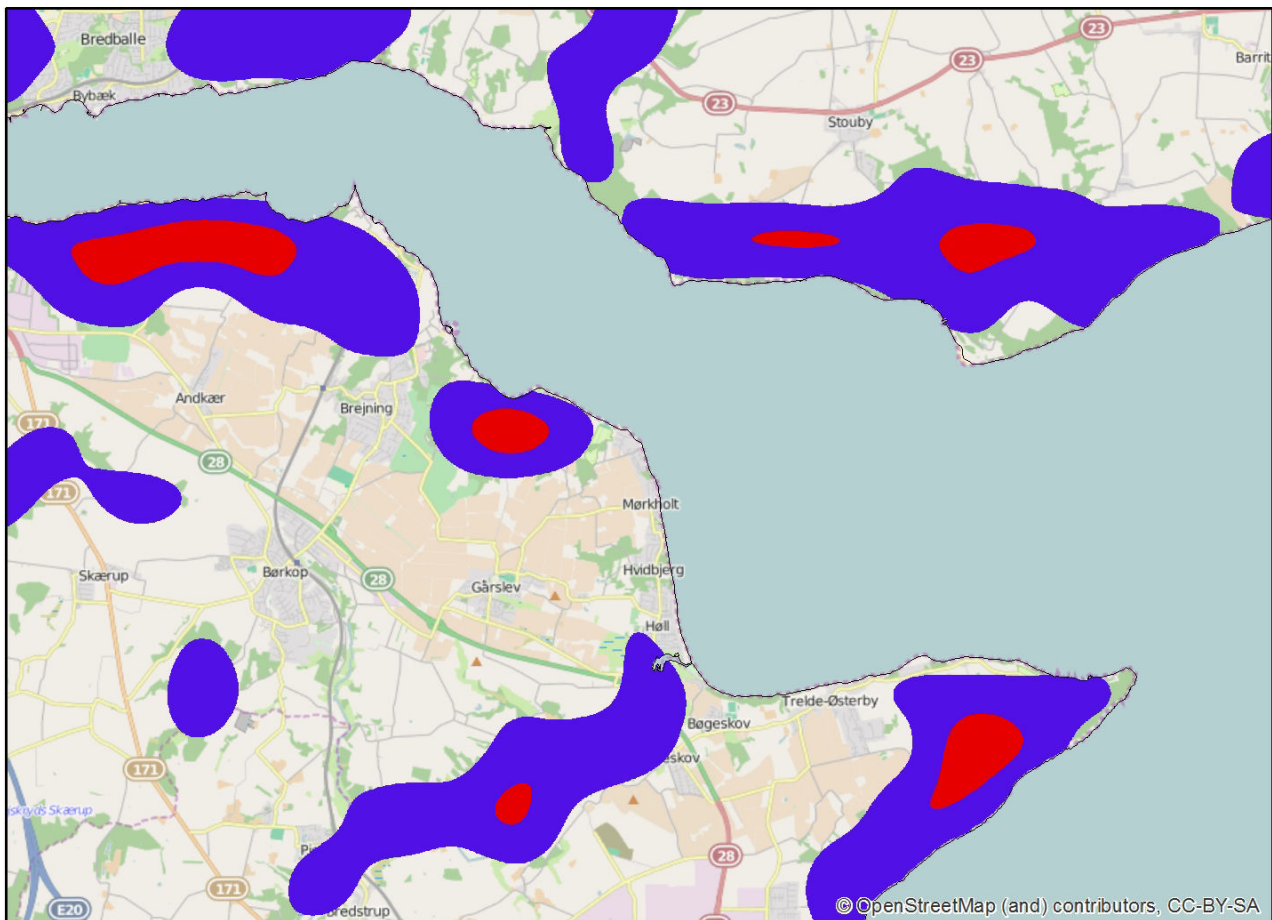
Kortlægningen af skovpolygonerne er baseret på data fra 2007 og med en hovedsagelig automatisk proces. Der vil være usikkerheder i så stort et materiale, men samlet set viste stikprøver med visuel evaluering, at opdelingen giver mening ud fra formålet om at opdele skovarealet i polygoner med rimeligt ensartede skovøkologiske forhold. Skovpolygonerne anvendes som grundlag for de senere analyser til udvælgelse af proxyer og fordeling af artsfund i skovarealet.

3.2 Naturandel

Indikatoren naturandel angiver hvor meget natur, der findes i landskabet omkring et areal (Figur 2). Det er baseret på et kort over al natur, dvs. alle skove, vandløb, søer og § 3 naturarealer. For alle celler i et landsdækkende kvadratnet på 1x1 km er procentdelen af natur beregnet. Herefter er dette lag interpoleret

(funktionen Spline i Arcgis 10.2.2, Weight =0,5, number of points = 9) for at opnå et landsdækkende kort over naturandelen i landskabet. Slutteligt er kortet oversat til fire proxylag der tæller point ved naturandel på ≥ 20 pct., 40 pct., 60 pct. hhv. 80 pct..

Andelen af natur i landskabet er helt afgørende for, hvor stor sandsynlighed der er, for at arter kan spredes fra et sted til et andet, for at mobile arter kan finde egnede rastesteder og fødemuligheder og for at populationer kan udveksle gener. Derfor forventes andelen af natur i landskabet at have betydning for den lokale biodiversitet.



Figur 2 Figuren viser proxyen naturandel ved Vejle Fjord. Her vises to niveauer af Naturandel: Naturandel > 40 pct. (blå) og > 80 pct. (rød).

3.3 Kystnærhed

Kystnærhed er defineret som alle de arealer, der ligger i en afstand på 1 km fra kystlinjen (Figur 3).

Kystlaget er medtaget fordi meget af vores mest velbevarede natur ligger langs kysterne, hvor naturlige forhold har vanskeliggjort en intensiv kultivering. Samtidig er de naturlige processer ved kysterne i form af erosion, landhævning, sandflugt, udstrømmende grundvand og dannelse af revler, krumodder, laguner og strandsøer med til at skabe variation og grundlag for en høj biodiversitet, herunder hvilke arter der findes i de kystnære områder.



Figur 3 Figuren viser proxym kystnærhed ved Vejle Fjord. Rød signatur indikerer forekomst af proxym.

3.4 Skovlandskab

En del af de arealer, der indgår i den samlede kortlægning af HNV-skov omfatter også egentlige lysåbne arealer som del af det samlede skovareal samt arealer udlagt til skovrejsning. Derfor blev der inddraget klassifikationen til skovlandskab, hvor ikke skovdækkede arealer får en værdi efter hvor meget skovareal, der er i nærheden (Johannsen et al 2014). I metoden reduceres værdien af landbrugsarealer og bebyggelse. Skovarealet i sig selv gives den maksimale værdi på 12. Proxylaget har en opløsning på 30x30 m og udløser et point ved skovlandskabsværdi > 10.

Skovlandskaber har betydning for arter, som tiltrækkes af landskabet på grænsen mellem åbne arealer og egentlig skov.

3.5 Fragmentering

Det danske skovareal er meget fragmenteret som en følge af mange faktorer, herunder historiske ejerforhold og arealanvendelse, samt ikke mindst den generelt høje udnyttelse af landjorden i Danmark. En række indikatorer kan på landskabsniveau beskrive forholdet mellem skoves areal og deres omkreds, fordelingen af skove i et område og en række andre forhold.

Skovenes fragmentering har betydning særligt for de mobile arter, bl.a. insekter, fugle og pattedyr. For nogle arter er en høj fragmentering positivt, mens fragmentering for andre arter er negativt. Det var derfor ikke muligt at fastlægge tærskelværdier for de afprøvede proxytag i denne sammenhæng og de indgik ikke i udvælgelsen af proxytag til det endelige HNV-skovkort.

3.6 Kerneskov

Kerneskov er her defineret som skovarealer med mere end 120 m til nærmeste skovkant, såvel indre som ydre. Kortlægningen af kerneskov er baseret på skovkortlægningen fra 2011 (Huber & Tøttrup 2012) og analysen er udført med programmet GUIDOS (Vogt 2010) med en opløsning på 30x30 m. Proxytaget udløser et point ved forekomst af kerneskov. For polygoner gives scoren 1 hvis overlap mellem skovpolygon og taget for kerneskov er $> 500 \text{ m}^2$ eller mere end 50 pct. af hver skovpolygon.

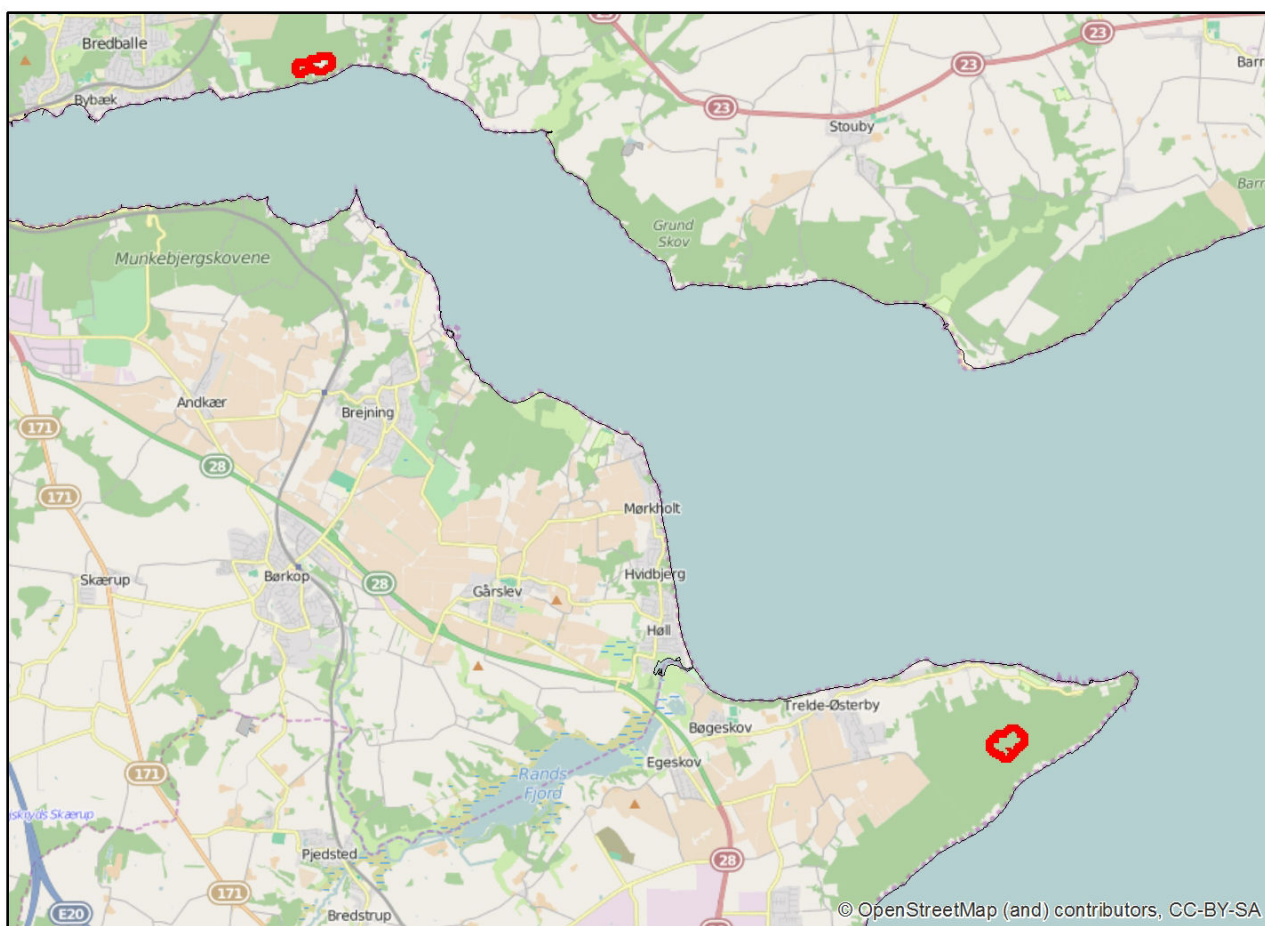
Kerneskov vil være mindre påvirket af vind og luftbårne stoffer end skovkanterne, ligesom andre forstyrrelser (trafik) oftest vil være mindre. Dette vil være til fordel for en række arter.

3.7 Skovbryn - ydre og indre

Skovbryn er her defineret som skovarealer i de yderste 120 m i forhold til skovkant. De indre skovbryn forekommer ved større lysåbne arealer i skovene **Error! Reference source not found.** (Figur 4).

Kortlægningen af skovbryn er baseret på skovkortlægningen fra 2011 (Huber & Tøttrup 2012) og analysen er udført med programmet GUIDOS (Vogt 2010) med en opløsning på 30x30 m. Proxylaget udløser et point ved forekomst af skovbryn. For polygoner gives scoren 1 hvis overlap mellem skovpolygon og laget for skovbryn er $> 500 \text{ m}^2$ eller mere end 50 pct. af hver skovpolygon.

Skovbryn rummer en større variation af levesteder i form af bl.a. arter, størrelse af træer, lys og overgangsarter mellem lysåbne naturtyper og skove. Mange arter har derfor tilknytning helt eller delvist til skovbryn.



Figur 4 Figuren viser proxyen indre skovbryn (med rød signatur) ved Vejle Fjord. Denne proxy markerer, hvor der er større skovlysninger og er baseret på skovkortlægningen fra 2011 (Huber & Tøttrup 2012).

3.8 Terrænskråninger

Skråninger er defineret som arealer, der efter modellering af den digitale højdemodel på en 9,6x9,6 m skala, har en gennemsnitlig hældning på mere end 15 grader. Skrånende terræn er medtaget som potentiel

indikator for biodiversitet, fordi skrånende arealer er vanskeligere at udnytte driftsmæssigt end fladt terræn, og dermed har en øget sandsynlighed for at rumme vigtige levesteder for arter.

3.9 Topografisk fugtighedsindeks

Det topografiske fugtighedsindeks afspejler den potentielle fugtighed i et givet areal, hvis man antager, at det kun er landskabets terræn, der betyder noget for, hvor vandet løber hen. Således indregnes faktorer som jordbundstype og fordampning ikke. Indekset er beregnet på 3,2x3,2 m skala og siden skaleret op til 9,6x9,6 m. Detaljerne i udregningen er beskrevet i Moeslund et al. (2013). For at udpege særligt fugtige jorde anvendte vi en tærskelværdi på $TWI > 15$. Alt over afskæringsgrænsen blev betragtet som særligt fugtigt. Denne indikator blev testet, fordi særligt fugtige jorde kan være svære at opdyrke, og således potentielt rumme en højere naturværdi, end veldrænede jorde.

Kort over lavbundslande er baseret på jordbundsanalyser, særligt i landbrugslande, mens kortet for topografisk fugtighedsindeks er baseret på LIDAR data og deraf den digitale terrænmodel (Moeslund et al 2013).

3.10 Lavbund

Lavbundslandet er defineret som kortlagte lavbundslande ("Wetlands" fra Greve et al. 2014). Disse optræder typisk i ådalene og langs kysterne på våd bund, men de kan også være afvandet i varierende grad og under forskellige former for driftsmæssig udnyttelse.

Lavbund er medtaget som indikator for biodiversitet, fordi lavbundslandene har været vanskeligere at opdyrke end højbundslandene og derfor alt andet lige har større sandsynlighed for at huse rødlistede arter. Lavbundslandene er samtidig de områder, hvor hovedparten af grundvandsudstrømningen sker, og rent grundvand er en vigtig økologisk forudsætning for en lang række arter knyttet til våde økosystemer. Endelig skaber den hydrologiske dynamik på lavbundsarealer med svingende vandstand og periodevise oversvømmelser fysisk variation og dermed levesteder for en varieret flora og fauna.

Kortlaget er baseret på historiske lag, hvor nøjagtigheden i skovområder ikke kendes.

3.11 Kronehøjde

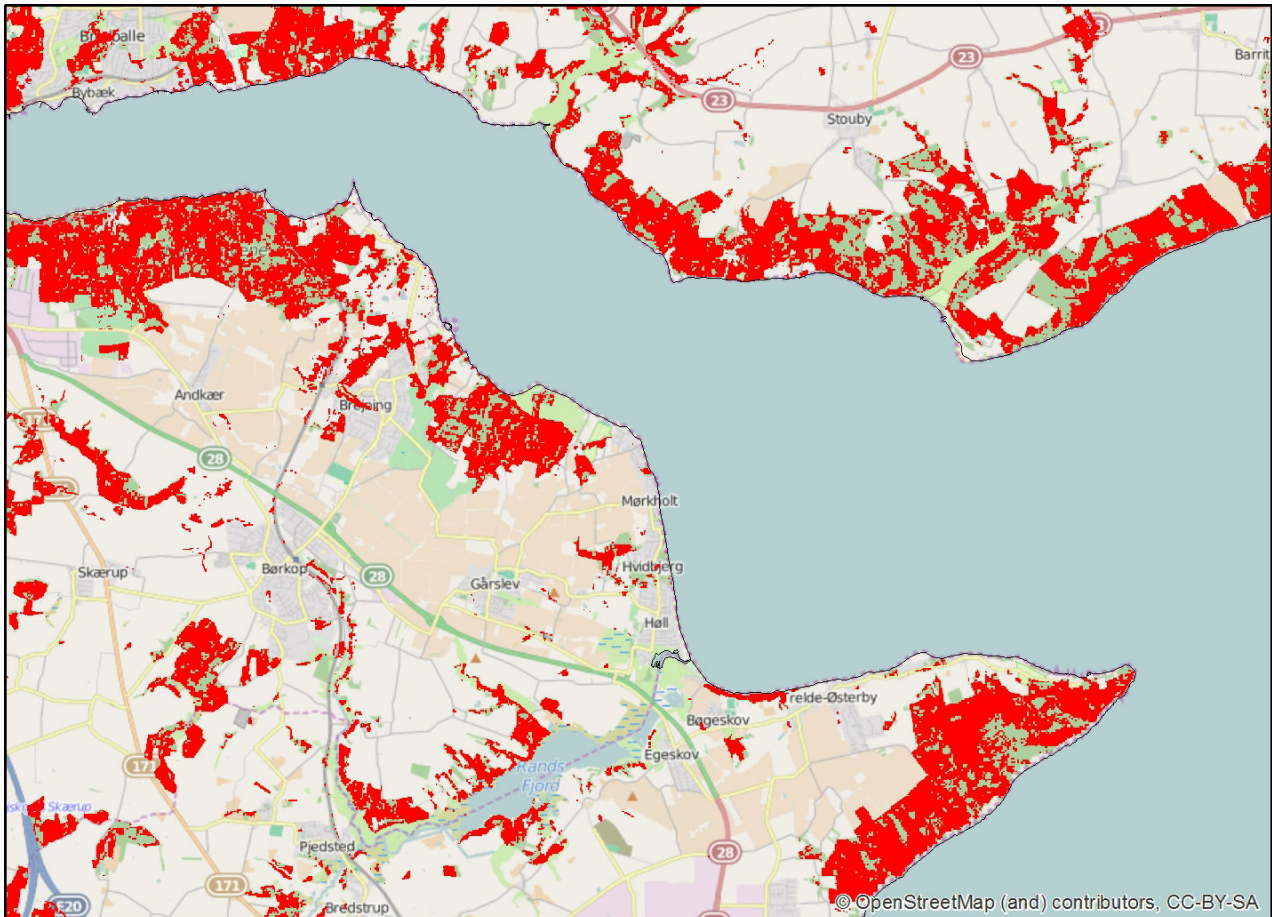
Kronehøjdemodellen (CHM) er baseret på laserscanner data optaget fra fly (LiDAR)(COWI I 2006/2007). Kronehøjdemodellen blev beregnet på 1,6x1,6 m skala efter samme fremgangsmåde som i Khosravipour (2013). Detaljerne i fremgangsmåden fremgår af Schumacher et al. (2014b).

Højden på træernes kroner afspejler alderen frem til træernes modenhed. Højdevæksten aftager med alderen og i praksis stopper højdevæksten når træerne når modenhed. Højden varierer desuden med vækstforhold og med træarter. Som udgangspunkt forventes høje, og dermed ældre træer, at have større mængde biodiversitet tilknyttet dels fordi gamle træer afspejler kontinuitet dels som følge af mere kompleks kronestruktur, der giver flere levesteder. Tærskelværdien blev fastlagt til 15 m for at udløse et point i proxylaget.

3.12 Træhøjdevariation

Den vertikale variation af kronetaget for et givet skovareal afspejler variationen i højde og dermed alder for træerne på arealet (Figur 5). Træhøjdevariationen er defineret som standard afvigelse af træhøjder på 25x25 m skala. Denne proxy er baseret på LiDAR data. Beregningsdetaljer findes i Schumacher et al. (2014b). Tærskelværdien blev fastlagt til 5 m for at udløse et point i proxylaget.

Skovbevoksninger med en stor træhøjdevariation forventes at rumme stor variation i træernes alder samt artssammensætning, og dermed mulighed for flere levesteder og følgelig højere biodiversitet.



Figur 5 Figuren viser proxyen træhøjdevariation ved Vejle Fjord. Rød signatur indikerer forekomst af proxyen.

3.13 Kronedække

Baseret på registreringer i Danmarks Skovstatistik (NFI) kan der beregnes et gennemsnitligt kronedække for skovene. Tilsvarende kan der baseret på LiDAR data beregnes et kronedække. Der blev udarbejdet to alternative lag for kronedække, hvor det ene er baseret på gennemsnitlige værdier for hver 4x4 km celle og det andet er baseret på 25x25 m pixel beregninger baseret på LiDAR data.

Kronedække er et resultat af flere forhold, hvori såvel træartssammensætning og forvaltning/skovdrift har en afgørende betydning. Lysforhold i skoven har betydning for hvilken variation af levesteder, der kan forekomme, men effekten på forskellige artsgrupper er ikke entydig. Tærskelværdien blev fastlagt til 50 pct.

kronedække i et polygon for at udløse et point i proxylaget, da metoden forudsætter en opdeling i 0/1 værdier.

3.14 Biomasse

Stående levende biomasse, stamme og grene, er modelleret for 25x25 m pixler. Det svarer ca. til størrelsen på prøvefladerne, der ligger til grund for Danmarks Skovstatistik, der blev anvendt til at estimere modellen ud fra. For hver 25x25 m pixel er data fra LiDAR indsamlet og biomassen beregnet baseret på dette. En tidligere udviklet model (Nord-Larsen and Schumacher 2012) blev anvendt til at beregne biomassen for hver pixel (Schumacher et al. 2014b).

En lav biomasse er udtryk for en åben og/eller ung bevoksning. Typisk indeholder sådanne bevoksninger få levesteder for biodiversitet. Omvendt kan vedmasserige bevoksninger være tætte og mørke. Det er derfor ikke sikkert at der er en lineær sammenhæng mellem biomasse og mængden af levesteder og dermed potentiale for biodiversitet. Tærskelværdien blev fastlagt til > 80 t/ha kronedække for at udløse et point i proxylaget, da metoden forudsætter en opdeling i 0/1 værdier.

3.15 Dødt ved

I Danmarks Skovstatistik måles forekomst af dødt ved med mindste diameter > 10 cm i alle prøveflader. Der er stor variation både lokalt og mellem bevoksninger, og generelt er niveauet lavt sammenlignet med kendte danske lokaliteter med høj frekvens af rødlistede arter, mens niveauet i gennemsnit ligner en række europæiske lande (Johannsen et al 2015). Samlet er der kun 5,2 m³/ha og det er kun registreret dødt ved på 1/3 af prøvefladerne i Danmarks Skovstatistik. Derfor er der i projektet afprøvet en række forskellige metoder til at lave en kortlægning af hyppigheden af dødt ved. Det var ikke muligt at sammenkæde forekomsten med andre kortlag. Det er dog muligt at beregne en gennemsnitlig mængde dødt ved for hver 4x4 km celle for hele landet. Der blev fokuseret på total mængde dødt ved, dvs. såvel stående som liggende og samlet for løv og nål.

Dødt ved er levested for en lang række organismer og dermed en forudsætning for et rigt og varieret plante- og dyreliv i skovene. Tærskelværdien blev fastlagt til >0 m³/ha for at udløse et point i proxylaget. For analyser for polygoner gives scoren 1 hvor skovpolygoner er sammenfaldende med proxylaget.

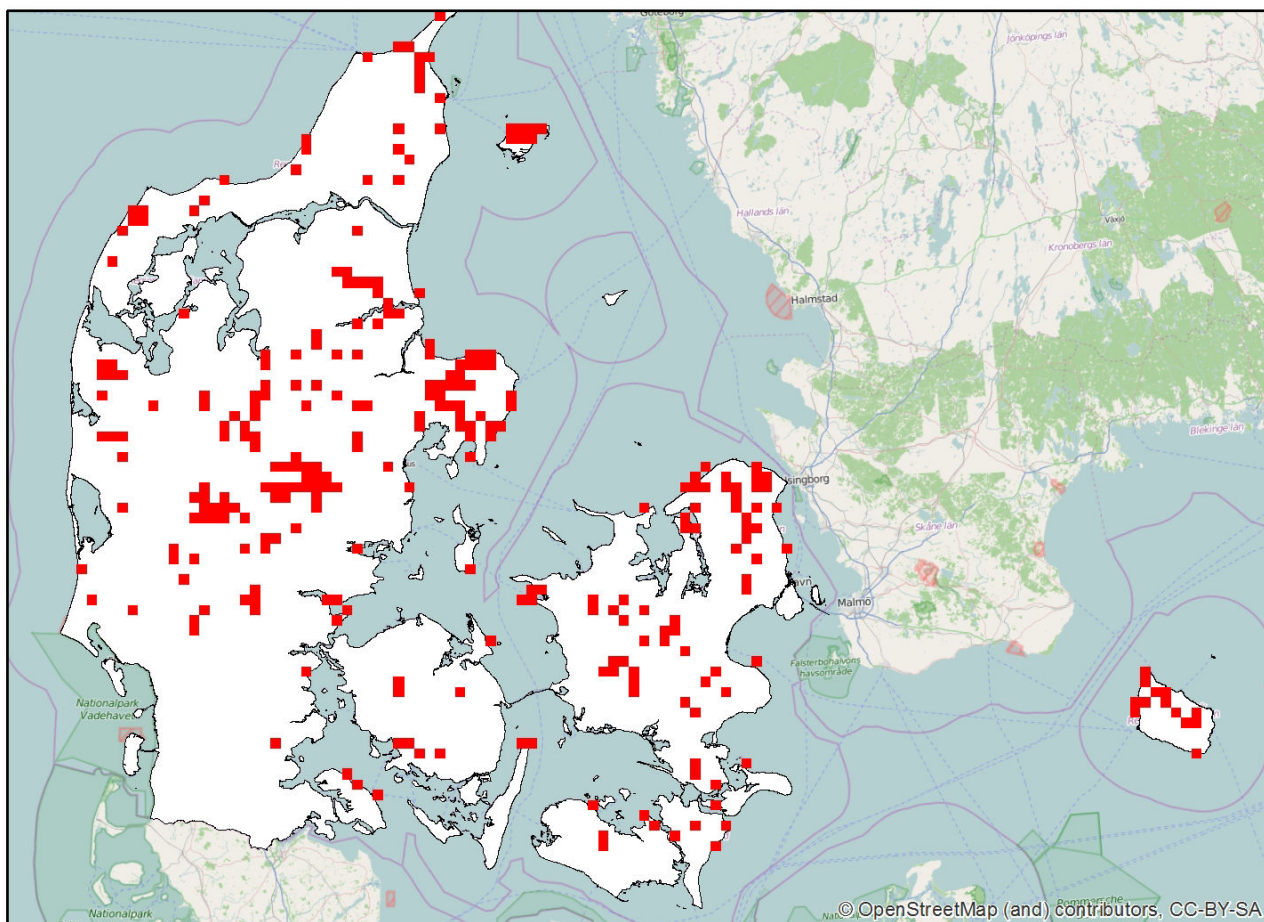
3.16 Løv/nål

En central information om skovene er træartssammensætningen, herunder om det er løv eller nål. Der er blevet lavet en kortlægning baseret på LiDAR data og infrarøde farvebilleder (CIR). Flere informationer om kortets udvikling og usikkerhed kan findes i Schumacher & Nord-Larsen (2014) og Schumacher et al. (2014b). Hver pixel på 25x25 m blev klassificeret som enten løv eller nål, når en af disse dækkede mere end 75 pct. af arealet. Ellers blev den klassificeret som blandet.

Hovedparten af de hjemmehørende træer er løvtræer, og dermed forventes skovarealer med hovedvægt af løvtræer at give flere muligheder for levesteder. Løv udløser et point i proxylaget. For analyser for polygoner gives scoren 1, hvor skovpolygoner har mere end 75 pct. løv.

3.17 Vedplanterigdom

I Danmarks Skovstatistik registreres arter af alle vedplanter i prøvefladerne. De arter, der registreres, er et resultat af såvel naturgivne vækstvilkår som den forvaltning, der er foregået i skovene. En meget intensiv og økonomisk orienteret skovdrift resulterer oftest i et lavt antal arter, mens flere arter afspejler såvel et varieret vækstgrundlag som en skovdrift med et andet fokus end intensiv skovdrift. Der blev beregnet gennemsnitlige værdier for hver 4x4 km celle. En høj vedplanterigdom indikerer mulighed for mange forskellige levesteder. Tærskelværdien blev fastlagt til $>0,75$ for at udløse et point i proxylaget. For analyser for polygoner gives scoren 1, hvor skovpolygoner er sammenfaldende med proxylaget.



Figur 6 Figuren viser proxyen vedplanterigdom i for hele Danmark. Denne proxy markerer, hvor der er forholdsvis høj vedplanterigdom ifølge Danmarks Skovstatistik (National Forest Inventory). Rød signatur indikerer forekomst af proxyen. I denne figur medtages hele landet, da opløsningen er 4x4 km.

3.18 Plantetal

Sammensætningen af plantearter på et areal er en god indikator for arealets driftshistorie og fysiske modificering (dræning og eutrofiering), fordi planter er stedfaste og har forskellige økologiske præferencer. Til udvikling af Biodiversitetskortet anvendte Ejrnæs et al (2014) et system til vurdering af naturtilstand, som tidligere er udviklet af Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet Fredshavn & Ejrnæs (2006). Systemet ligger til grund for vurdering af naturtilstand efter Miljømålsloven (Anonym 2013). Det grundlæggende princip er, at hver planteart har fået tildelt en plantescore fra -1 til 7 afhængigt af artens

følsomhed overfor påvirkninger, der forringer naturtilstanden, hvor -1 gives til arter der indikerer dårlig naturtilstand, mens 7 gives til arter der indikerer god naturtilstand. Disse plantescorer er baseret på ekspertvurdering af arternes følsomhed over for kendte påvirkninger som eutrofiering, dræning og opdyrkning. Sagt helt firkantet scorer arter som næsten udelukkende forekommer på naturarealer med lang kontinuitet og uden dræning og gødsning højt, mens arter som tolererer eller ligefrem har fordel af gødsning, dræning og opdyrkning scorer lavt. Når man beregner middelscoren for en planteliste, gennemsnittet af de forekommende karplanters scorer, kan man altså få en indikation på sandsynligheden for, at det pågældende areal har en god naturtilstand.

Datagrundlaget er myndighedernes planteregistreringer i Naturdatabasen på Danmarks Miljøportal og dækker tidligere amtslige data, kommunale besigtigelser, samt Devano kortlægningsdata fra 1999 og frem. For Devano kortlægningsdata for lysåbne naturtyper er der kun anvendt data fra 2010 og frem, svarende til den nationale genkortlægning af naturtyper i Natura 2000-områderne.

Tre indikatorlag blev testet under udviklingen af HNV-skovkortet; et der angiver arealer med en gennemsnitlig plantescor på mindst 2,5 (Plantetal 1), et for arealer med en middelscore på mindst 3,25 (Plantetal 2) og et for arealer med en middelscore på mindst 3,75 (Plantetal 3). Proxylaget giver point for de 3 plantetal, hvor de er over de angivne artsscorer.

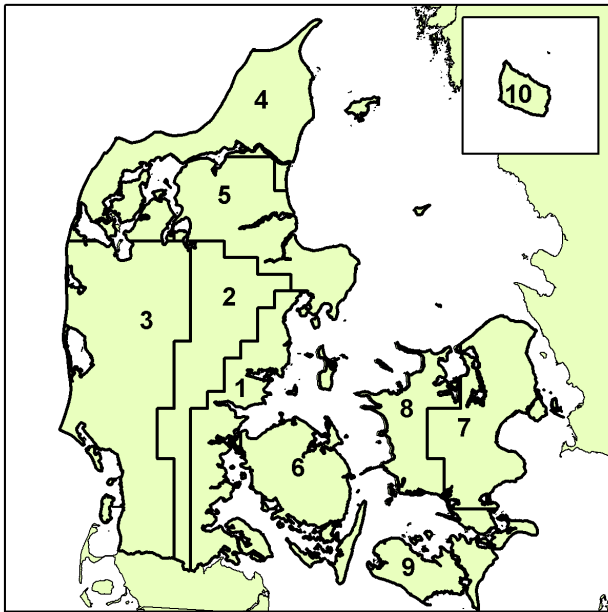
3.19 Store og gamle træer

Baseret på registreringer i Danmarks Skovstatistik (NFI) kan der beregnes et gennemsnitligt antal store og gamle træer pr ha. Der er stor variation både mellem prøveflader og mellem bevoksninger. Der blev i projektet set på to forskellige måder at definere store og gamle træer på. Den ene metode ser på hvor mange træer med diameter i brysthøjde > 60 cm der er. Alternativt blev forskellige træarters størrelse vurderet i forhold til hvilken vækstregion de vokser i. Dette for at få en indikation af antal gamle træer. Diameter grænserne for træarterne i de forskellige vækstregioner fremgår af Tabel 1 og vækstregionerne af Figur 7. Gennemsnitlig hyppighed af store og gamle træer blev beregnet for hver 4x4 km celle for hele landet (Figur 8).

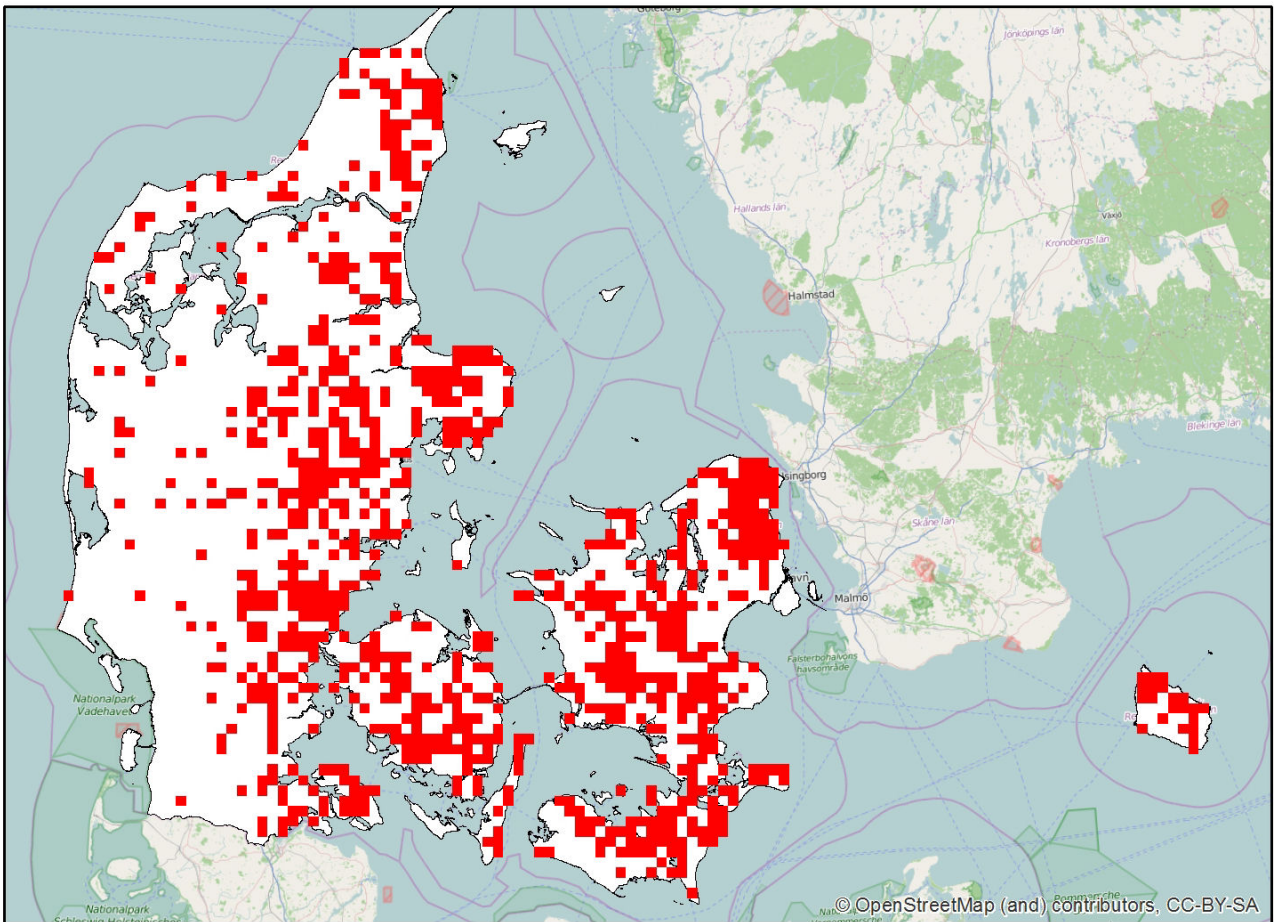
Store og gamle træer repræsenterer lang kontinuitet og giver i sig selv et levested for en række organismer og bidrager dermed til forekomst af biodiversitet i skovene. Tærskelværdien blev fastlagt til >0 stk/ha for at udløse et point i proxylaget for både store og for gamle træer. For analyser for polygoner gives scoren 1 hvor skovpolygoner er sammenfaldende med proxylaget.

Træart	Vækstregion Sjælland, øerne og Østjylland	Vækstregion Nordjylland syd for Limfjorden og Bornholm	Vækstregion Nordjylland nord for Limfjorden	Vækstregion Vestjylland
Bøg / Eg (cm)	80	60	60	50
Andet løv (cm)	60	50	50	40
Nåletræer (cm)	50	50	40	40

Tabel 1 Størrelsesgrænser for gamle træer i forskellige vækstregioner i Danmark.



Figur 7 Inddelingen af Danmark i vækstregioner (baseret på Jacobsen 1976).

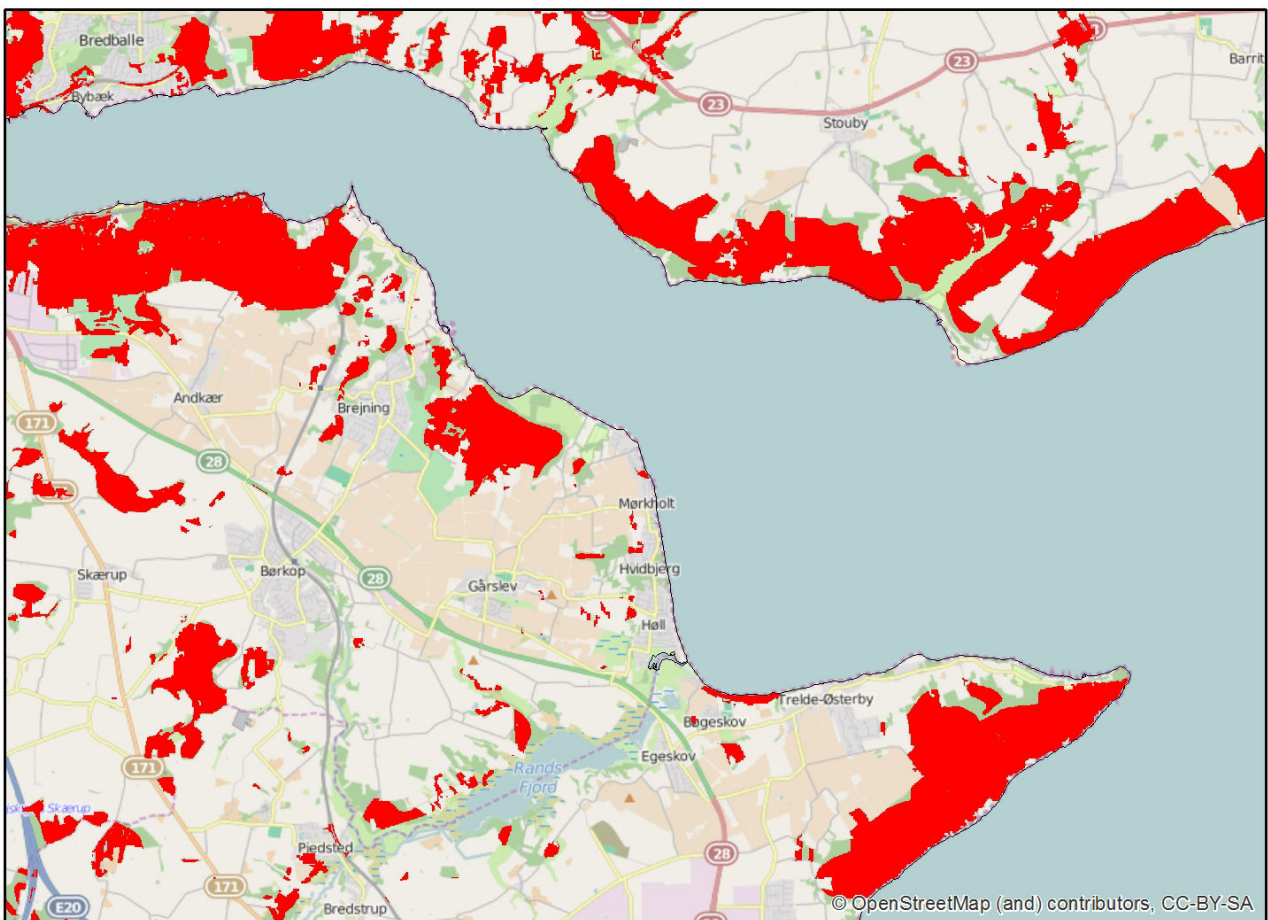


Figur 8 Figuren viser proxyen store træer for hele Danmark. Denne proxy angiver i hvilke 4x4 km celler, der findes mindst 1 træ med en diameter i brysthøjde på over 60 cm pr ha (markeret med rød signatur) som eksempel på disse proxyer. Beregningen af denne proxy tager udgangspunkt Danmarks Skovstatistik (National Forest Inventory).

3.20 Skovkontinuitet

Videnskabernes Selskabs kort, som viser, hvor der var skov omkring 1780erne, danner grundlag for en indikation af mulig tidlig kontinuitet (Figur 9). Hvor der er sammenfald med eksisterende skove, kan arealet have været skovdækket i mere end 200 år, men der kan også have været perioder, hvor arealet har været helt ryddet for skov. Selvom der har været skov i hele perioden, kan det ikke afgøres hvilken form for skovdrift, der har været på arealet, hvilket kan have medført bl.a. hugster, renafdrifter og træartsskifte såvel som urørte skovarealer og gamle driftsformer.

Samlet indikerer datalaget en højere sandsynlighed for skovkontinuitet, som er af betydning for flere organismegrupper. Proxylaget giver et point, hvor der er skov med sammenfald med Videnskabernes Selskabs kort. For analyser for polygoner gives scoren 1, hvis overlap mellem skovpolygon og laget for skovkontinuitet er $> 500 \text{ m}^2$ eller mere end 50 pct. af hver skovpolygon.



Figur 9 Figuren viser proxyen skovkontinuitet ved Vejle Fjord. Denne proxy repræsenterer, hvor der er sammenfald mellem Videnskabernes Selskabs skovkort fra omkring 1780erne og nuværende skove (angivet med rød signatur).

3.21 Skovstruktur

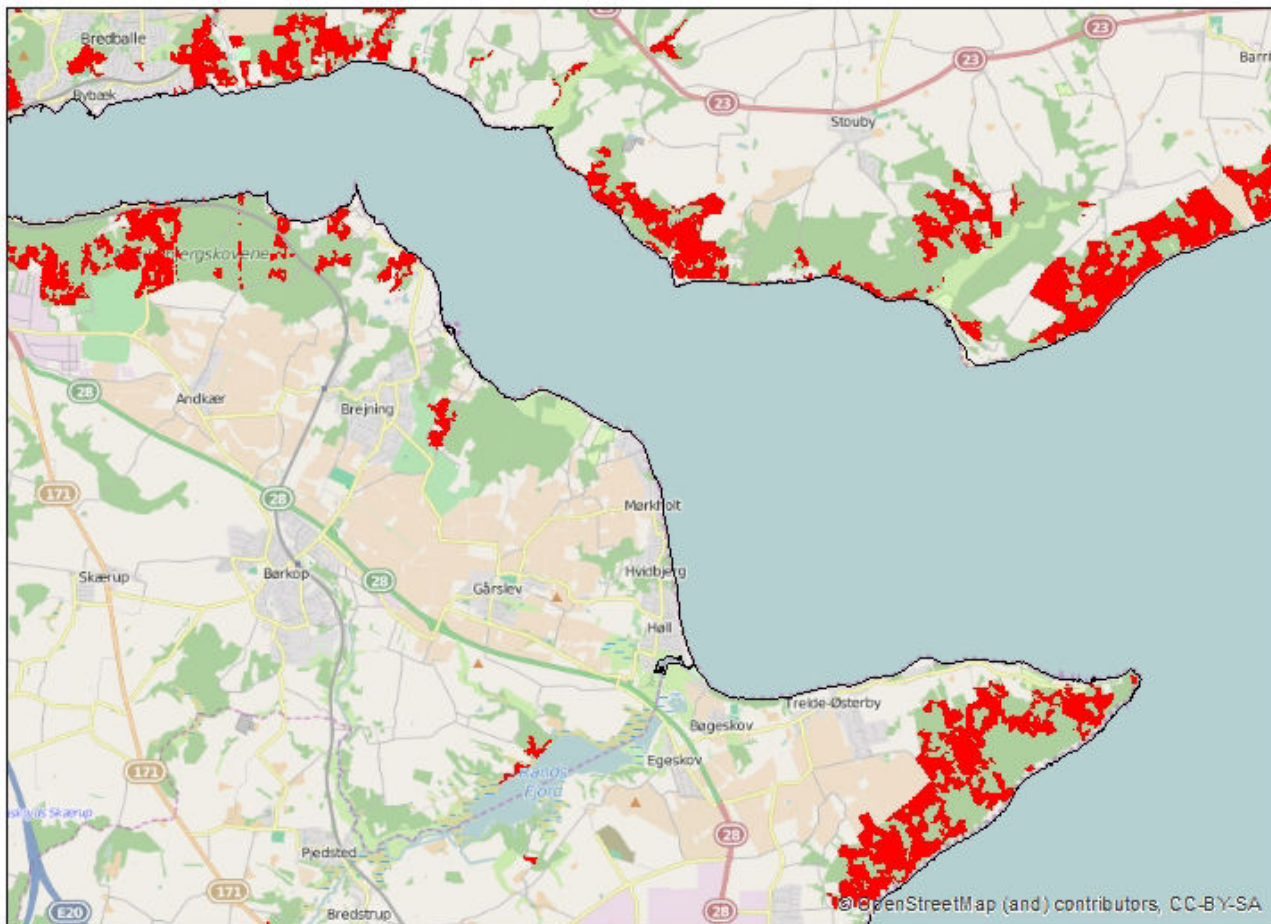
Baseret på data fra kortlægningen af habitatområderne og registreringer fra svampeatlasset vedr. vedboende svampe, er det muligt at lave et kortlag, der beskriver nogle skovområder med større detalje. Kortlægningen af habitatområderne giver information om f.eks. forekomst af store træer, spættehuller m.m. Disse data findes i denne form kun i habitatområderne for udvalgte habitatnaturtyper og er således ikke landsdækkende. Derfor suppleres indikatoren med forekomsten af poresvampe fra svampeatlasdata som indikator for forekomst af dødt ved. Samlet giver det en identifikation af skovarealer med en meget ekstensiv drift.

Indikatoren angiver arealer, der opfylder mindst ét af følgende kriterier:

1. Mindst 5 arter af vedplanter i en 15 m cirkel
2. Forekomst af mindst én art af poresvamp
3. Mindst 6 strukturpoint jf. nedenstående Tabel 2

Tabel 2 Strukturpoint fra kortlægning i habitatområder. Hule træer, træer med mos/lav bevoksning, dødt ved samt store træer, vurderet samlet fra *hele arealet* (ingen=<1/ha, få=<5/ha, mange=>5/ha).

Struktur	1-5/ha	>5/ha
Træer med spættehuller	1	2
Træer med større hulheder (end spættehuller)	2	4
Kraftig bevoksning m. laver/mosser (i >2m's højde)	1	2
Dødt stående træ (dbh > 25 cm, højde > 2 m)	2	4
Dødt liggende ved (> 25 cm i diameter, længde > 5m)	2	4
Store træer med diameter (DBH) >80cm (eg, bøg)	1	2
Store træer med diameter (DBH) >70cm (ask, elm, gran)	1	2
Store træer med diameter (DBH) >60cm (skovfyr)	1	2
Store træer med diameter (DBH) >40 cm (lind, bævreasp og andre arter)	1	2

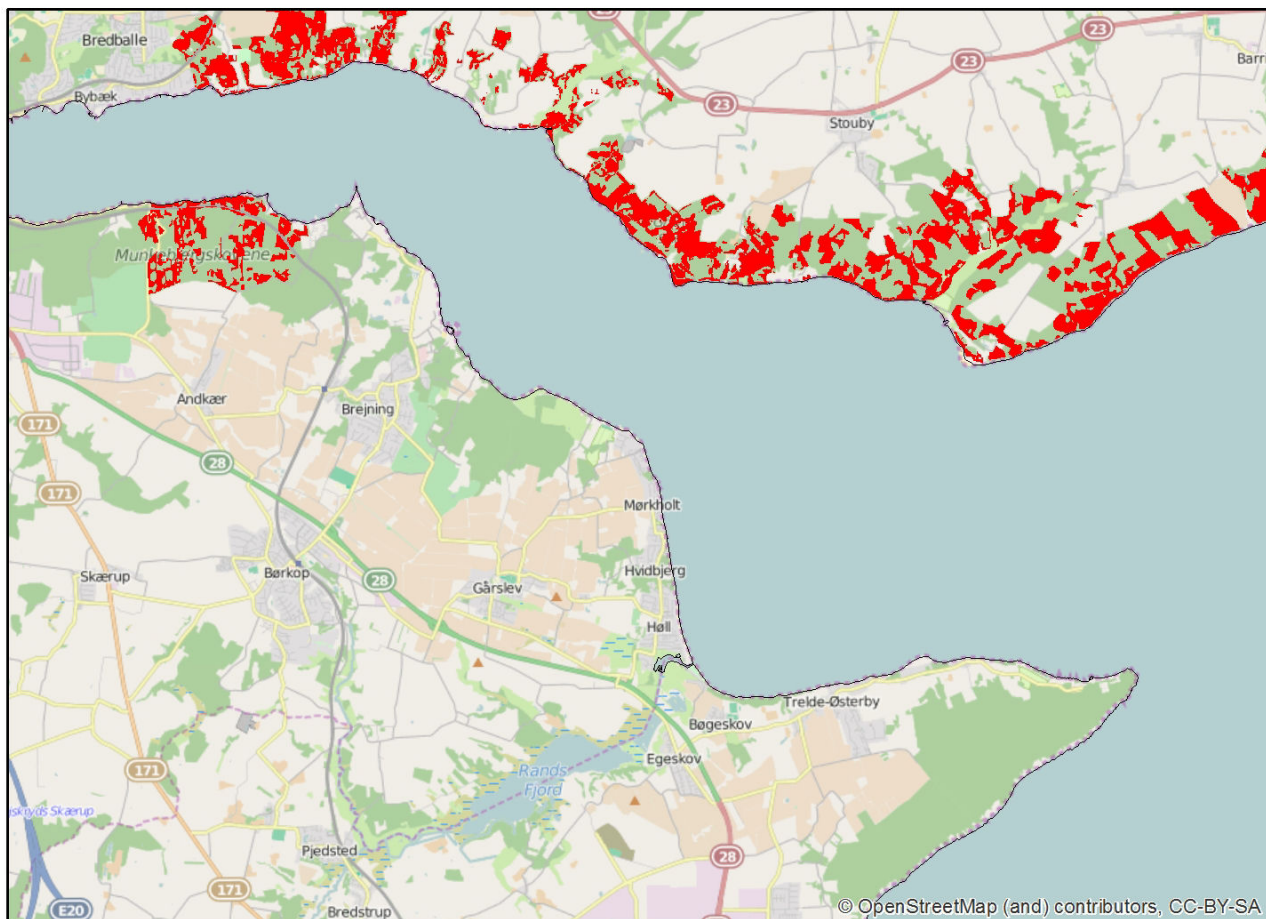


Figur 10 Figuren viser proxyen skovstruktur (med rød signatur) ved Vejle Fjord.

3.22 Habitatnatur

Indikatoren habitatnatur er defineret som de områder, der er kortlagt som habitatnatur efter EU's habitatdirektiv (EU 1992).

Disse områder er kortlagt med særligt øje for habitat natur, og rummer derfor større sandsynlighed for høj naturværdi end andre områder (Figur 11). Proxylaget giver point for de kortlagte arealer. For analyser for polygoner gives scoren 1, hvis overlap mellem skovpolygon og laget for habitatnatur er $> 500 \text{ m}^2$ eller mere end 50 pct. af hver skovpolygon.

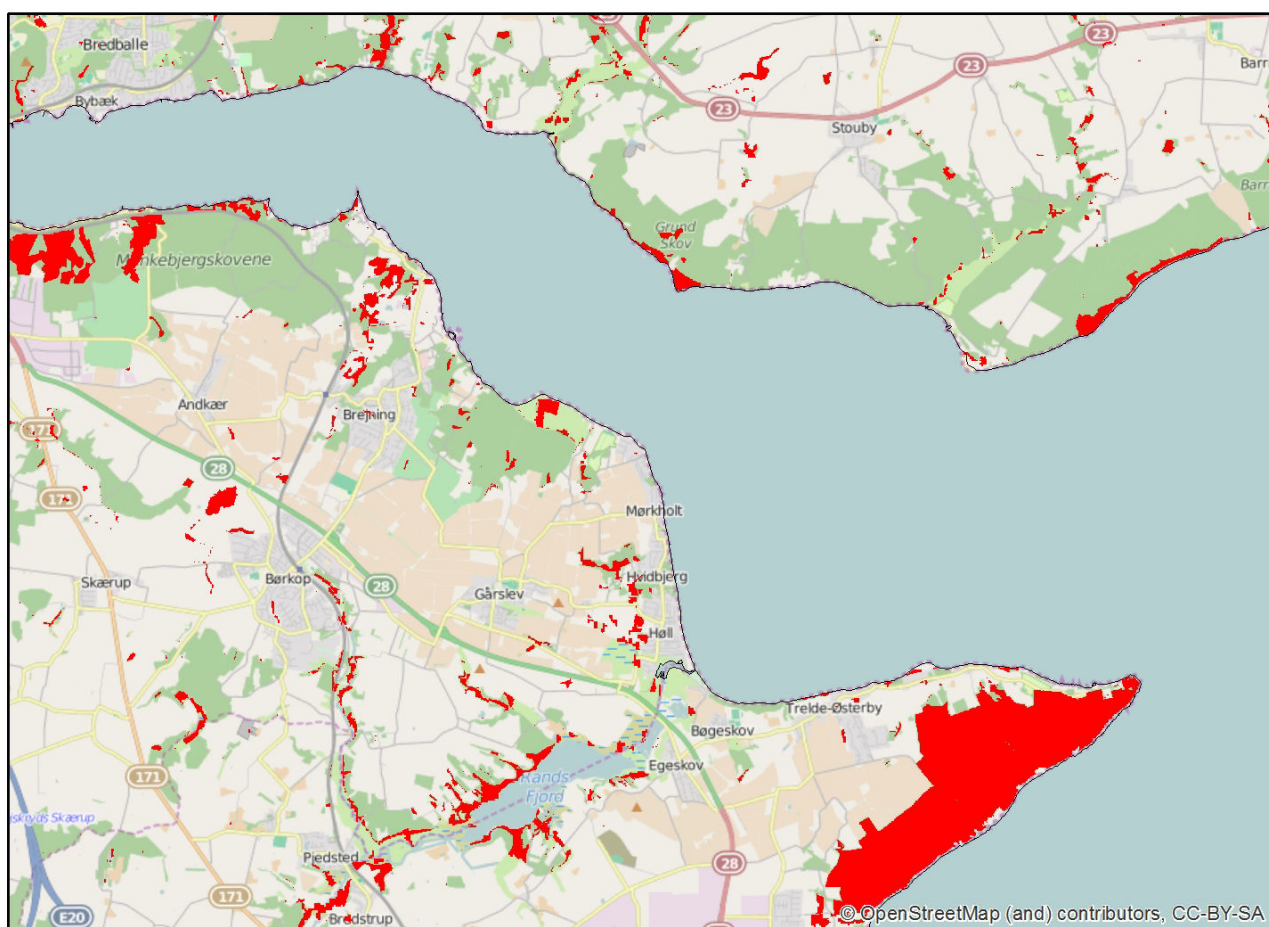


Figur 11 Figuren viser proxyen habitatnatur (med rød signatur) ved Vejle Fjord.

3.23 Kortlagt natur og beskyttelse

I laget kortlagt natur indgår alle arealer, der er kortlagt som § 3 natur. Derudover indgår de § 25 skove, der tidligere er registreret som naturmæssig værdifuld skov, samt skove, der ved naturskogsstrategiens udmøntning på Naturstyrelsens skovarealer er udlagt som naturskove (data udtrukket fra Proteus af Erik Kristensen, Naturstyrelsen 23/7-2013) eller kortlagt som egekrat (jf. skovlovens § 26, lovbekendtgørelse nr. 678 af 14. juni 2013).

Grundlaget for dette kortlag er kendskab til arealer med værdi for biodiversitet, og det forventes derfor at have en positiv sammenhæng med forekomst af arter. Proxylaget giver point for de kortlagte arealer. For analyser for polygoner gives scoren 1, hvis overlap mellem skovpolygon og laget for habitatnatur er > 500 m² eller mere end 50 pct. af hver skovpolygon.



Figur 12 Figuren viser proxyen kortlagt natur (med rød signatur) ved Vejle Fjord.

3.24 Artsslag

Artsscoren følger beregningsmetoderne i Biodiversitetskortet (Ejrnæs m.fl. 2014) med én undtagelse. Vi har valgt at medtage artsfund, som er op til 20 år gamle, fordi disse stadigvæk kan være væsentlige indikatorer for en god naturtilstand på arealerne. Det skyldes, at der ikke foregår nogen systematisk og tilbagevendende artskortlægning i Danmark, så selv gamle data kan være bedre end ingen data.

Eksempelvis er hovedparten af artsfund af rødlistede karplanter fra den seneste atlasundersøgelse (Atlas Flora Danica) mere end 10 år gamle. Vi har dog besluttet at indføre en nedvægtning af artsdata, som er ældre end 10 år, fordi disse alt andet lige er mindre sikre indikatorer for god tilstand. I praksis nedvægter vi

data, som er 11-15 år til 75 pct. af deres fulde vægt og data som er 16-20 år til 50 pct. vægt. Data ældre end 20 år tages ikke i betragtning. I øvrigt vægtes arterne således, at der tildeles stigende vægt efter observationernes sikkerhed og efter arternes trøethed og vægtningen følger metoden i Biodiversitetskortet (Ejrnæs m.fl. 2014).

Datagrundlaget er Danmarks Svampeatlas, data fra hjemmesiden www.fugleognatur.dk (Naturbasen 2015), Atlas Flora Danica samt myndighedernes data i Danmarks Miljøportal i form af kommunale og statslige besigtigelser, Novana overvågningen, Devano kortlægning, kortlægning af levesteder, Artsfund. Desuden er der anvendt databaserede ekspertvurderinger af artsgrupperne sommerfugle, træbukke, torbister, smældere, svirrefluer, padder, karplanter (se Ejrnæs m.fl. 2014 for yderligere dokumentation) . Vi har ikke anvendt data for akvatiske arter.

3.25 Responsvariable til analyserne

Som responsvariable til analyserne har vi anvendt artsdata fra Biodiversitetskortets artslag, fordi de opdaterede artslag for 2015 endnu ikke har været klar. I praksis vil det nye artslag for 2015 dog være næsten identisk med det lag, som blev brugt i 2014 til udarbejdelsen af Biodiversitetskortet, idet der kun er foretaget få opdateringer (se nedenfor).

Først og fremmest har vi taget udgangspunkt i artsscoren fra Biodiversitetskortet. Denne er fremkommet ved at tage en vektor bestående af summen af alle vægtede artsobservationer og opdele denne i 9 trin, som hver tæller et artspoint. Vi har for hvert polygon i analysedatasættet beregnet en median artsscore for de pixels, som indgår i hvert polygon.

Dernæst har vi for hvert polygon tildelt point for en sikkert lokaliseret forekomst af en rødlistet art.

For at kunne analysere om der er proxyer, som er vigtige for nogle arter og ikke andre, har vi opdelt de rødlistede arter i dyr, planter og svampe. Dyrene har så mange positive observationer i polygonerne, at de er repræsenteret i kortet med antal rødlistede dyr per polygon, mens planterne og svampene er repræsenteret som binomiale variable – altså tilstedeværelse eller fravær af rødlistede arter i hvert polygon.

4 Analyser

Grundlæggende var opgaven i dette projekt at udarbejde et HNV-skovkort, der metodemæssigt og anvendelsesmæssigt følger samme metodik som anvendt i HNV-land (Ejrnæs et al 2012, Brunbjerg et al. In press) og Biodiversitetskortet (Ejrnæs et al 2014). Vi har derfor arbejdet ud fra samme målsætning: At udvælge et antal indikatorer ud fra tilgængelige data, som til sammen giver det bedst mulige overblik over skovarealers nuværende værdi som levested for truet biodiversitet. For at opnå dette har vi valgt at bruge eksisterende viden om forekomst af rødlistede arter, overført til afgrænsede skovpolygoner. Desuden har vi screenet en lang række potentielle proxyer for skovpolygoners værdi som levested for truede arter ved at teste om proxyerne hver for sig og i kombination kan forudsige forekomsten af rødlistede arter. Dette arbejde har resulteret i to scorere: En artsscore som bygger på summen af vægtede artsforekomster (højere vægt gives de mest truede arter og de sikreste forekomstoplysninger) og en proxyscore som bygger på summen af de udvalgte proxylag. Summen af artsscoren og proxyscoren danner grundlaget for en HNV-skov-score. Til brug for analyserne af proxyerne har vi udvalgt en delmængde af de samlede skovpolygoner. For det første har vi sorteret de mindste (< 0,1 ha) og største (> 100 ha) polygoner fra for at undgå, at de

lidt tilfældige små polygoner og de få meget store polygoner påvirkede screeningen af proxyer. Desuden har vi udtaget en stikprøve, som var balanceret, sådan at der var lige mange skovpolygoner med sikre forekomster af rødlistearter som uden sikre forekomster. Ved den tilfældige stikprøvetagning sikrede vi os, at polygoner med og uden rødlistearter var sammenlignelige med hensyn til størrelse og skovtype. Efter denne tilfældige udvælgelse af et balanceret datasæt, har vi nu 127.848 skovpolygoner, hvor vi for hver polygon kender forekomsten af rødlistearter og ved hvilke proxyer som tæller positivt i polygonen.

4.1 Proxyer og artslag til screeningen

Til screeningen har vi anvendt et 0/1-lag for hver proxy overført til skovpolygonlaget samt fem forskellige måder at repræsentere de rødlistede arter på, nemlig: 1) en samlet vægtet score for arter, 2) sikker forekomst af mindst én rødlistearter, 3) antal forekommende rødlistede dyr, 4) forekomst af mindst én rødlistet plante, 5) forekomst af mindst én rødlistet svamp. Disse 5 responsvariable anvendes gennemgående i de følgende analysers forskellige modeller. De potentielle proxyer repræsenterer så at sige en hypotese om, at den valgte proxy siger noget meningsfuldt om polygonets egnethed for rødlistearter og det er den, vi tester statistisk i analyserne. Alle proxyer er repræsenteret i form af 0/1 variable – enten tæller de point eller også gør de ikke. Det betyder også at proxyerne er på samme skala, og dermed kan effektstørrelserne af proxyerne på responsvariablene sammenlignes indenfor den samme model.

4.2 Screening og rangordning af proxyer

Screeningen er foregået i to faser: Først er proxyerne screenet enkeltvist i univariate modeller – én for hver af de fem artsrespons - for om en positiv proxyværdi medførte en signifikant forøget artsscore eller øget sandsynlighed for forekomst af rødlistearter. Proxyer, der ikke viste en signifikant positiv effekt, er blevet udelukket fra videre overvejelse. De proxylag, som klarede de univariate test, blev derefter testet sammen i en multivariat model – én model for hver af de fem forskellige artsresponsvariable. Analyserne er kørt i R og modellerne er kørt som generalized least squares regression (Aitken 1934) med logistisk regression for presence/absence data (svampe, planter og A/B-arter), poisson regression for artsantal (dyr) og normal gaussian regression for median artsscore.

Indledningsvist blev alle proxyer testet for stærke indbyrdes korrelationer (Zuur et al. 2010). Plantetal 2 samt biomasse (baseret på Danmarks Skovstatistik) blev på denne baggrund sorteret fra forud for de multivariate analyser. Eftersom sandsynligheden for at finde rødlistearter stiger med arealet på polygonet, har vi korrigeret datasættet for arealeffekten, inden vi har testet for effekten af proxyerne. Til brug for såvel de univariate som multivariate modeller har vi indledningsvist estimeret effekten af polygonarealet på de fem valgte responsvariable, ved at tage logaritmen til polygonareal og estimere effekten af den bedste lineære model. Disse effekter (alle fem var signifikante og positive) er lagt ind som offset (tvungne variable og effekter) i modellerne inden test af proxyerne.

Vi har undersøgt, om der er en forstyrrende effekt af rumlig autokorrelation (at polygoner, der ligger tæt på hinanden ligner hinanden mere end polygoner langt fra hinanden), ved at fjerne polygoner med mindre end 500 m indbyrdes afstand fra datasættet og køre modellerne på det reducerede datasæt. Resultatet af denne test bekræftede resultaterne fra det fulde datasæt i form af signifikans og rangorden af proxyer (ikke vist). Vi har derfor fortsat med screeningen på det fulde datasæt.

Resultaterne fra de første univariate og multivariate modeller kan ses i appendix 1 og 2 (Tabel 8- Tabel 10).

De univariate modeller og de multivariate modeller med forskellige responsvariabler giver lidt forskellige resultater for effekt og signifikans af proxyerne, hvilket fremgår af rangordningen af proxyerne efter faldende effekt på responsvariablerne (Tabel 3). Vi har lavet rangordningen for at kunne vælge hvilke proxyer, som skulle inddrages i den endelige model, og proxyerne er rangordnet efter faldende effekt i modellen. Alle proxyer som kvalificerer som signifikante i en af de multivariate modeller, får en ranglisteplacering for hver responsvariabel, også de som blev sorteret fra i de univariate modeller. I alt 26 proxyer bliver således rangordnet. Til udvælgelsen af proxyer har vi prioriteret, at vi ønsker at medtage proxyer, som er vigtige for en af artsgrupperne eller for de samlede rødlistearter, ligesom vi ønsker at medtage proxyer, som er gode for alle grupper. Derfor har vi rangordnet proxyerne efter deres gennemsnitlige rang i de fem modeller for de 5 sæt af artsdata, men sådan at proxyer, som er blandt de tre bedste i en af de fem modeller, rangeres for sig selv i øverste gruppe og resten af proxyerne rangeres efterfølgende (Tabel 3).

	Artsscore median	Alle rødlistede P/A	Rødlistede svampe P/A	Rødlistede Dyr	Rødlistede planter P/A	Bedste rang	Middelrang	Rang
Habitatnatur	1	2	4	1	2	1	2	1
Naturandel80	5	6	10	3	1	1	5	2
Skovstruktur	2	8	1	14	6	1	6.2	3
Kyst	4	1	3	21	4	1	6.6	4
Naturandel40	3	4	15	4	19	3	9	5
Naturandel20	7	3	21	6	12	3	9.8	6
Højdevariation	9	15	2	18	15	2	11.8	7
Dødt ved	11	12	24	2	11	2	12	8
Indre skovbryn	17	21	18	11	3	3	14	9
Kortlagt natur	8	9	5	10	5	5	7.4	10
Naturandel60	6	5	14	7	20	5	10.4	11
Store træer	15	7	6	20	13	6	12.2	12
Skovkontinuitet	14	10	8	21	8	8	12.2	13
Vedplanterigdom	12	19	19	5	7	5	12.4	14
Plantetal3	10	11	16	13	16	10	13.2	15
Kronedække	13	16	9	8	23	8	13.8	16
Plantetal1	18	17	20	12	9	9	15.2	17
Lavbund	16	13	22	15	10	10	15.2	18
Skovlandskab	19	18	11	16	18	11	16.4	19
Skovtype	20	24	7	21	14	7	17.2	20
Skråning	25	24	12	9	24	9	18.8	21
Ydre skovbryn	22	14	25	17	24	14	20.4	22

Tabel 3 Rangering af proxyer baseret på effektstørrelsen fra multivariate tests af proxyer mod hhv artsscoren, +/- forekomst af rødlistede-arter, forekomst af rødlistede svampe (P/A), dyr og planter (P/A). For hver responsvariabel rangeres proxyerne efter effektstørrelse (den største effekt scorer 1). Den samlede minimums og middelscore samt endelig rangering baseret herpå er vist. **Fed signatur** indikerer øverste rang-gruppe (proxyer som er blandt de tre bedste i mindst en af modellerne). Grå indikerer proxyer, der ikke indgår i den bedste multivariate model (negative effekter eller ikke signifikante i univariate eller multivariate modeller).

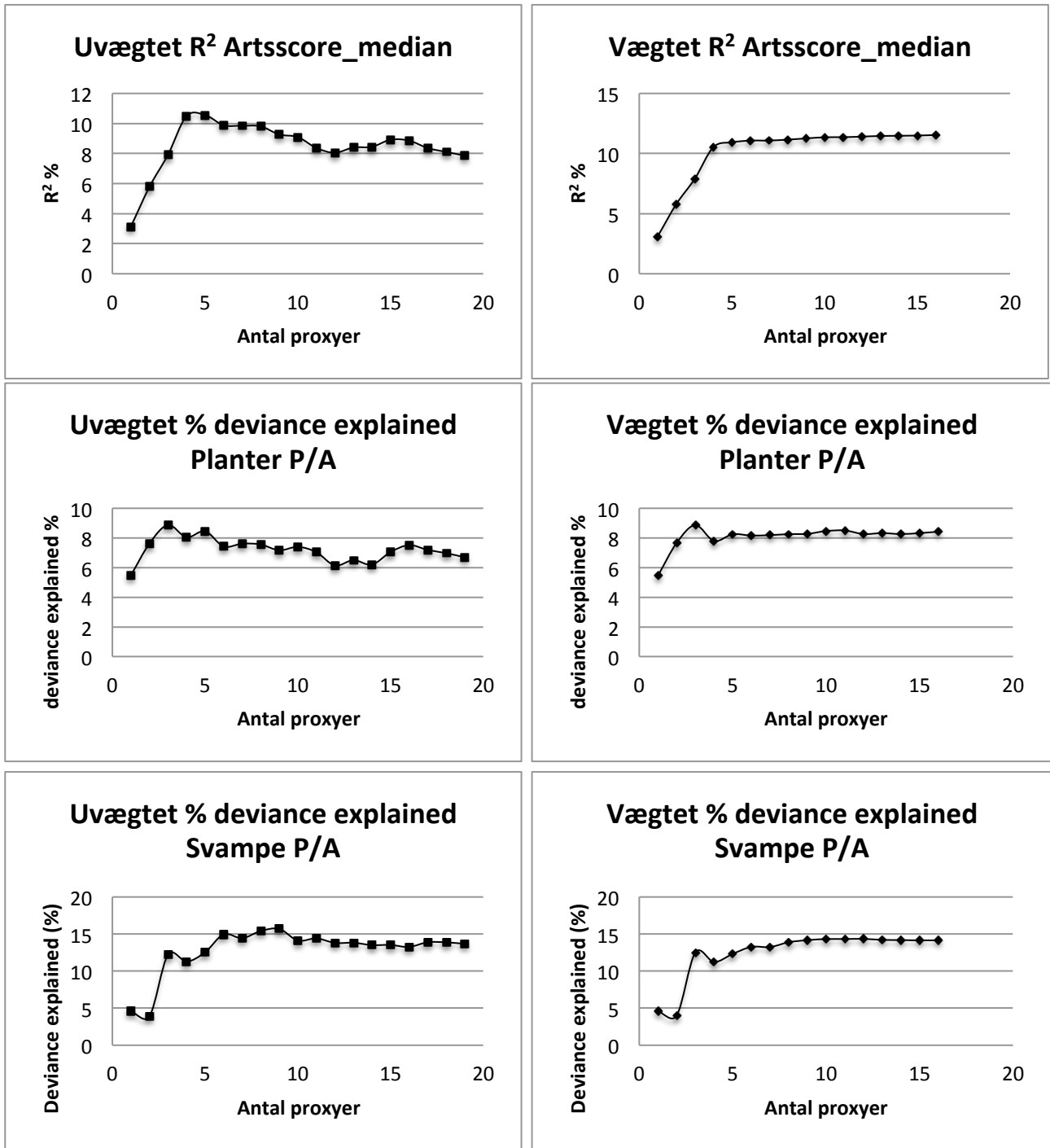
Nogle proxyer udvælges som signifikante i alle fem modeller, de er altså gode til at forudsige rødlistearter, uanset om man kigger på artsscore eller på forskellige artsgrupper. Det gælder for habitatnatur og naturandel 80, som har høj rang i alle modeller og kortlagt natur med lidt lavere rang. Skovstruktur og kyst er desuden højt rangerende undtagen for antal rødlistede dyr. Så er der variabler, som især er gode for enten den ene eller anden artsgruppe. Det er f.eks. naturandel 20, 40 og 60, som er blandt de højest rangerende proxyer for alle responsvariabler som indeholder dyr og højdevariation, som er god for svampe samt indre skovbryn, som er god for planter.

Baseret på det første sæt af modeller og en ekstern evaluering af proxyerne, besluttede vi at reducere antallet af naturandelsproxyer til to: Naturandel 40 og 80 som i Biodiversitetskortet (Ejrnæs m.fl. 2014) samt udelade proxyen "dødt ved" af videre betragtning. Begrundelsen for det første er, at vi ikke ønsker at tillægge landskabets egenskaber for stor vægt, idet disse primært synes at være relevante for dyrene og for det andet, at vi er enige i vurderingen af at "dødt ved" proxyen baseret på Danmarks Skovstatistik er for usikker på grund af stikprøvens geografiske udstrækning og generelle mangel på dødt ved. Hermed er vi nede på 19 potentielle proxyer og de multivariate modeller for disse proxyer kan ses i appendix 3, Tabel 11, mens den tilhørende tabel med rangordning af proxyer kan ses i Tabel 4.

	Artsscore median	Rødlistede arter P/A	Rødlistede svampe P/A	Rødlistede dyr	Rødlistede planter P/A	Bedste rang	Middelrang	Rangering
Habitatnatur	3	3	4	2	2	2	2.8	1
Naturandel80	4	4	10	3	1	1	4.4	2
Skovstruktur	2	6	1	11	6	1	5.2	3
Naturandel40	1	1	14	1	15	1	6.4	4
Kyst	5	2	3	18	5	2	6.6	5
Højdevariation	7	11	2	15	12	2	9.4	6
Indre skovbryn	14	18	17	7	3	3	11.8	7
Kortlagt natur	6	7	5	8	4	4	6	8
Store træer	11	5	6	17	11	5	10	9
Vedplanterigdom	8	15	18	4	7	4	10.4	10
Skovkontinuitet	12	8	8	18	8	8	10.8	11
Kronedække	10	12	9	5	19	5	11	12
Plantetal3	9	9	15	10	14	9	11.4	13
Skovlandskab	13	14	11	12	16	11	13.2	14
Plantetal1	16	16	19	9	9	9	13.8	15
Lavbund	15	13	21	13	10	10	14.4	16
Skovtype	17	21	7	18	13	7	15.2	17
Skråning	22	21	12	6	21	6	16.4	18
Ydre skovbryn	19	10	22	14	21	10	17.2	19

Tabel 4 Rangering af proxyer (efter evaluering og reduktion af antal) baseret på effektstørrelsen fra multivariate tests af proxyer mod hhv artsscoren, +/- forekomst af rødlistede-arter, forekomst af rødlistede svampe (P/A), dyr og planter (P/A). For hver responsvariabel scores proxyerne efter effektstørrelse (den største effektstørrelse scorer 1). Den samlede minimums og middelscore samt endelig rangering baseret herpå er vist. **Fed signatur** indikerer øverste rang-gruppe (proxyer som er blandt de tre bedste i mindst en af modellerne). Grå indikerer proxyer, der ikke indgår i den bedste multivariate model (negative effekter eller ikke signifikante i univariate eller multivariate modeller).

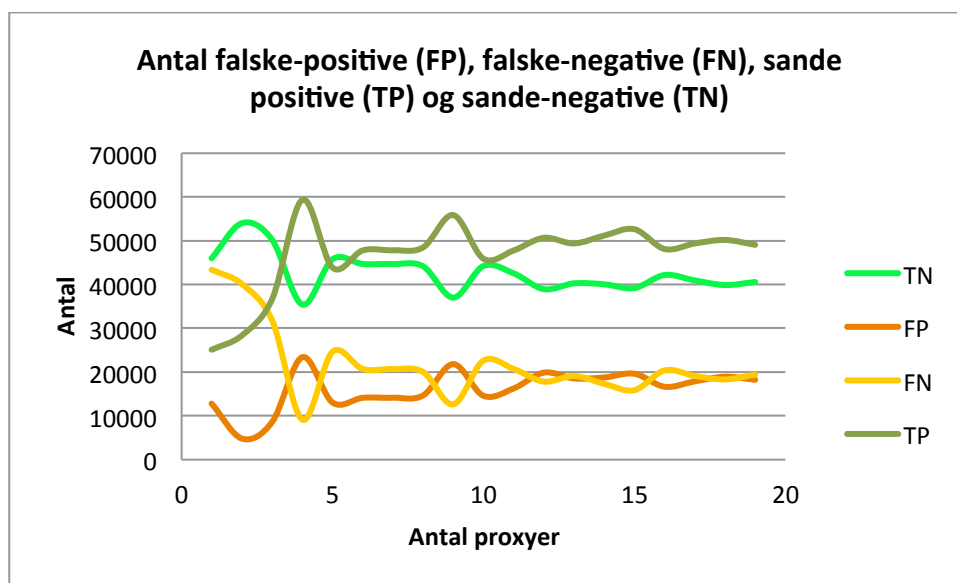
For at afgøre hvilke og hvor mange proxyer, som vil give den optimale prædiktion af levesteder for rødlistearter, samt vurdere om proxyerne kan benyttes uvægtet (hver proxy tæller 1 point) eller om det vil give en bedre model af benytte model-estimerede vægte, har vi lavet en serie modelforudsigelser baseret på henholdsvis proxyvektorer med 1-19 proxyer uden vægte (1 point hver) og modelforudsigelser baseret på proxyvektorer dannet ved brug af vægtene fra modellen af den mediane artsscore, således at nogle proxyer vægter højere end andre proxyer (Figur 13). I begge tilfælde er proxyerne tilføjet i rækkefølge efter deres rangorden (Tabel 1), dog har kun 16 proxyer indgået i den multivariate model for den mediane artsscore, så de vægtede kurver er kun baseret på 1-16 proxyer.



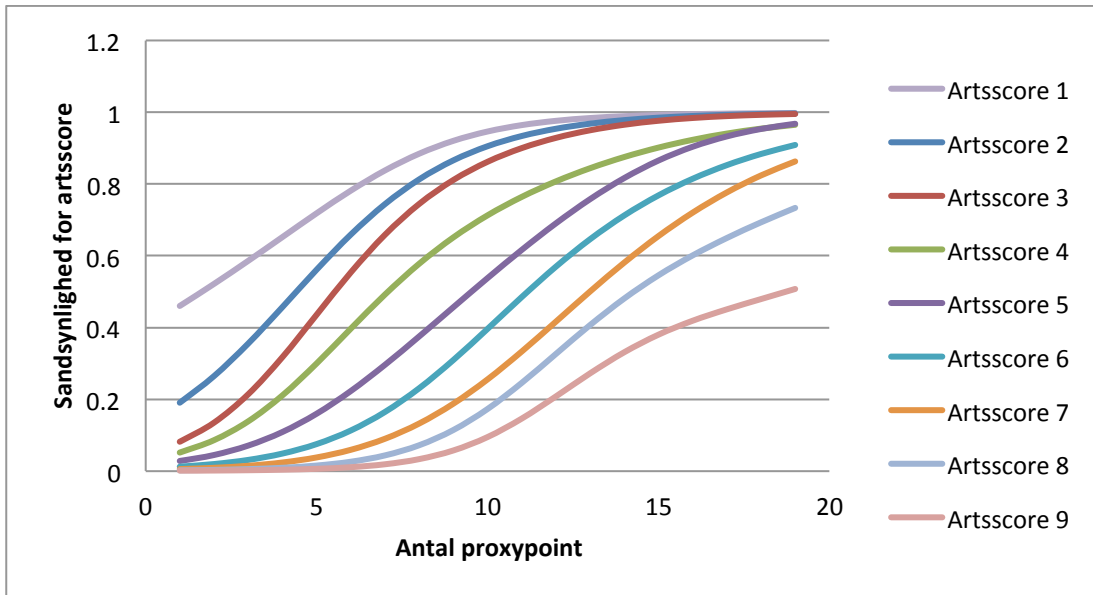
Figur 13 Udvikling i proxyscorens evne til at forudsige forekomst/rigdom af rødlistede arter som funktion af antallet af forskellige proxyer som indgår i proxyscoren. Proxyerne er tilføjet efter faldende rangorden (X-aksen) (Tabel 4). Evnen til at forudsige rødlistearter er angivet som pct. forklaret variation på Y-aksen. For henholdsvis artsscoren, planter og svampe viser vi en graf for en uvægtet proxyscore (alle proxyer tæller 1 point hver) og en vægtet proxyscore (proxyerne vægtes efter deres estimerede effekt i en multivariat model).

Baseret på evaluering af den uvægtede hhv. vægtede proxyvektor har vi besluttet at arbejde videre med den uvægtede. For det første er fordelingen ved at bruge vægte forholdsvis beskeden endda i forudsigelsen af "artsscore", hvorfra vægtene kommer. For det andet afhænger vægtene meget af hvilken artsgruppe, vi skal forudsige levestedets egnethed for, og derfor er det ikke entydigt, hvilke vægte man konkret skulle anvende. Kurverne i Figur 13, som viser pct. forklaret variation for de forskellige artsgrupper, ligger på omkring 8 pct., 10 pct. respektive 15 pct. afhængig af artsgruppe. Dette resultat kan synes beskedent, men man skal huske, at kortlægningen af arter er ufuldstændig, så der vil være mange polygoner, hvor der findes rødlistearter, men hvor denne oplysning mangler i vores datasæt, fordi ingen har registreret arterne endnu. Desuden er proxyerne indikatorer for tilstande, som vi ikke har landsdækkende data for, eksempelvis er kystnærhed en indikator for ekstensiv drift, hvilket vi ikke har data for.

Som supplerende beslutningsgrundlag for at vælge hvor mange proxyer, som skal indgå i det endelige HNV-skovkort, har vi set på udvikling af falske positive (polygoner hvor der ikke er kendskab til rødlistearter, men hvor proxyvektoren forudsiger dette) og falske negative (polygoner hvor vi ved, at der er rødlistearter, men proxyvektoren ikke kan forudsige dette) som funktion af inddragelsen af flere proxyer (Figur 14). Endelig har vi lavet en serie af modeller for sandsynligheden for at opnå en stigende artsscore (flere rødlistearter eller mere truede arter) som funktion af den samlede proxyscore (Figur 15).



Figur 14 Antal falske positive (FP), falske negative (FN), sande positive (TP) og sande negative (TN)



Figur 15 Sandsynligheden for at et givet polygon opnår fra 1-9 artsscorepoint som funktion af antallet af proxypoint i polygonet.

Der findes intet entydigt optimalt sæt af proxyer i den endelige proxyvektor. Vurderet på forklaret variation topper kurverne mellem 4 og 9 proxyer (Figur 14), antal rigtige forudsigelser af forekomst af A/B-arter har også en top ved henholdsvis 4 og 9 proxyer (Figur 15), men stigende proxypoint (også i intervallet fra 10-19 point) ser på den anden side ud til at kunne medvirke til at differentiere mellem scoreværdierne for artsscoren, især de høje artsscorer. Vi har besluttet at medtage de 11 bedst rangerende proxyer. De vil blive kombineret med 9 artspoints til et samlet HNV-skovkort med 0-20 HNV-points.

4.3 Liste over lag i HNV-skovkort

Den endelige udvælgelse af proxyer, der indgår som grundlag for HNV-skovkortets fremgår af Tabel 5. Det er vigtigt at huske fokus for dette produkt i forståelsen af udvælgelsen: At finde et enkelt sæt af proxyer, der bidrager til at identificere skovområder af værdi for biodiversitet på tværs af organismegrupper, uden at det er målet med dette arbejde at lave en præcis forudsigelse af det præcise omfang af levesteder.

Tabel 5 Oversigt over proxy selektion

Proxy navn	Inkluderes i det endelige kort	Udgår pga samvariation eller uklar betydning	Udgår pga negativ eller manglende korrelation med artsdata	Fravalgt på grund af ringe eller skæv effekt
Naturandel 20				X
Naturandel 40	X			
Naturandel 60				X
Naturandel 80	X			
Kystnærhed	X			
Skovlandskab			x	
Fragmentering			x	
Kerneskov			x	
Indre skovbryn	X			
Ydre skovbryn			x	
Terrænskråning			x	
Topografisk fugtighed			x	
Lavbund			x	
Kronehøjde			x	
Træhøjdevariation	X			
Kronedække				X
Skovtæthed			x	
Biomasse		X		
Dødt ved		X		
Skovtype (løv/nål)			x	
Vedplanterigdom	X			
Plantetal1			X	
Plantetal2		X		
Plantetal3			X	
Store træer	X			
Gamle træer			X	
Skovkontinuitet	X			
Skovstruktur	X			
Habitatnatur	X			
Kortlagt natur	X			

5 HNV-skovkort

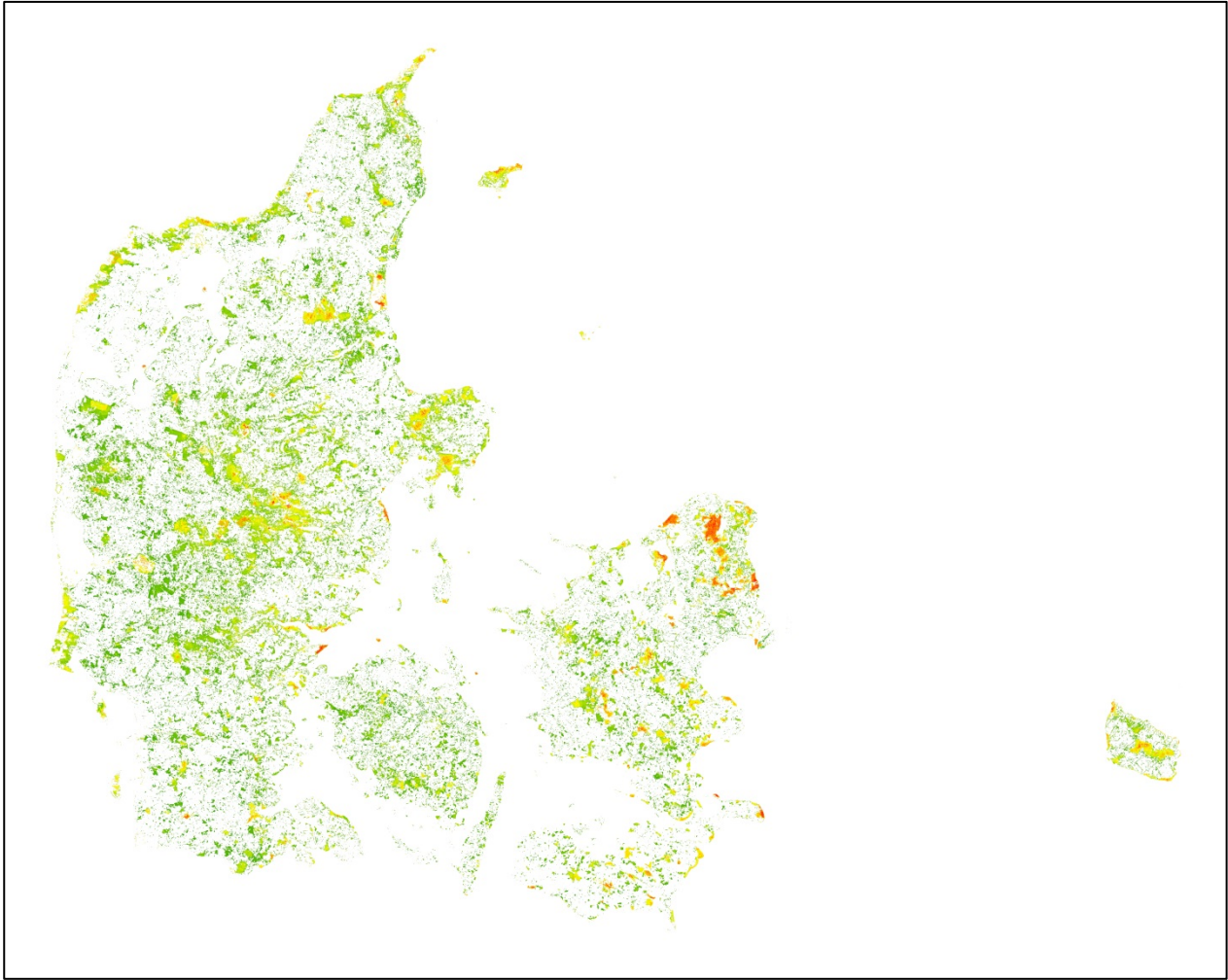
Det samlede HNV-skovkort består af de 11 proxylag, der indgår i proxycoren og de 9 artspoint, der indgår i artsscoren, som tilsammen giver op til maksimalt 20 point.

Samlet fordeler det kortlagte areal sig efter HNV-skov score som angivet i Tabel 6. Det ses, at der er ca. 3 pct. med HNV-skov med en score på 13 og derover. Der er 7 pct. med en score på 10 til 12. Det skal bemærkes at det samlede areal der indgår i HNV-skovkortet er ca. 110.000 ha større end det skovareal der opgøres af Danmarks Skovstatistik. Dette skyldes bl.a. en del lysåbne arealer og arealer under skovrejsning er medtaget. Indledende analyser af fordelingen af HNV-skovscoren indikerer at størstedelen af dette 'ekstra' areal befinder sig i den lave ende af HNV-skovscoren. Fordelingen er baseret på kortets fulde opløselighed i pixels. Hvis man opgjorde fordelingen på den maksimalt opnåede score indenfor større sammenhængende polygoner ville der være en forholdsmæssig større andel af arealet som opnåede højere HNV-scoringer.

En mere detaljeret beregning af fordelingen af arealet efter såvel proxyscore som artsscore fremgår af Tabel 7 og et samlet kort er gengivet i Figur 16 HNV-skovkort for hele landet.

Tabel 6 Fordeling af areal fra HNV-skovkort og arealfordeling baseret på Danmarks Skovstatistik's opgørelse af skovareal inden for HNV-skovkortet.

HNV-skov score	Sum areal HNV-skov	pct.	Sum areal Skovareal	pct.
	1000 ha	%	1000 ha	%
0-7	581	80	487	78
8-9	69	10	63	10
10-12	54	7	48	8
13-19	24	3	23	4
Total	729	100	621	100



Figur 16 HNV-skovkort for hele landet.

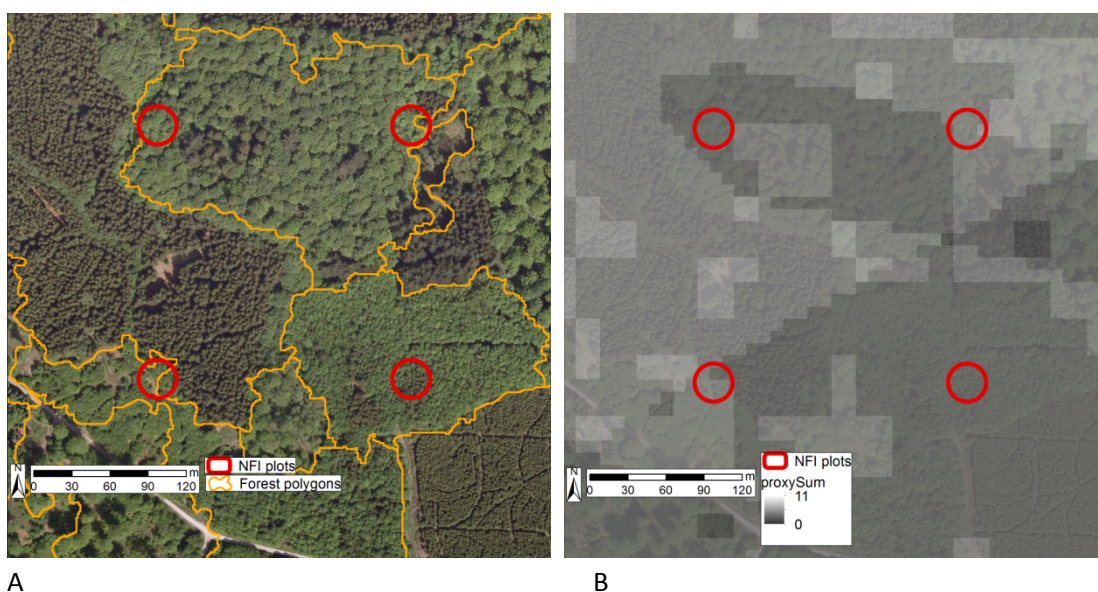
Tabel 7 Fordeling af areal i HNV-skovkort efter forskellige kombinationer af proxyscore og Artscore (i 100 ha)

100 Ha	Proxyscore												
Artscore	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total 100 Ha	Total %
0	443	542	419	284	149	61	19	4	0	0	0	1921	26
1	404	472	367	227	123	53	16	3	0	0	0	1665	23
2	170	273	269	224	121	43	10	2	0	0	0	1114	15
3	40	106	170	188	146	85	33	10	2	1	0	781	11
4	10	65	132	153	137	95	43	13	4	1	0	653	9
5	4	27	72	103	96	60	27	7	2	1	0	399	5
6	1	14	40	59	74	60	30	12	3	1	0	293	4
7	0	6	21	41	46	40	21	9	3	1	0	187	3
8	0	2	10	18	28	28	18	10	4	1	0	121	2
9	0	2	7	20	24	32	31	21	11	3	0	151	2
Total 100 Ha	1073	1508	1507	1316	945	558	248	91	30	9	0	7286	100
Total %	15	21	21	18	13	8	3	1	0	0	0	100	

5.1 Validering af kortet

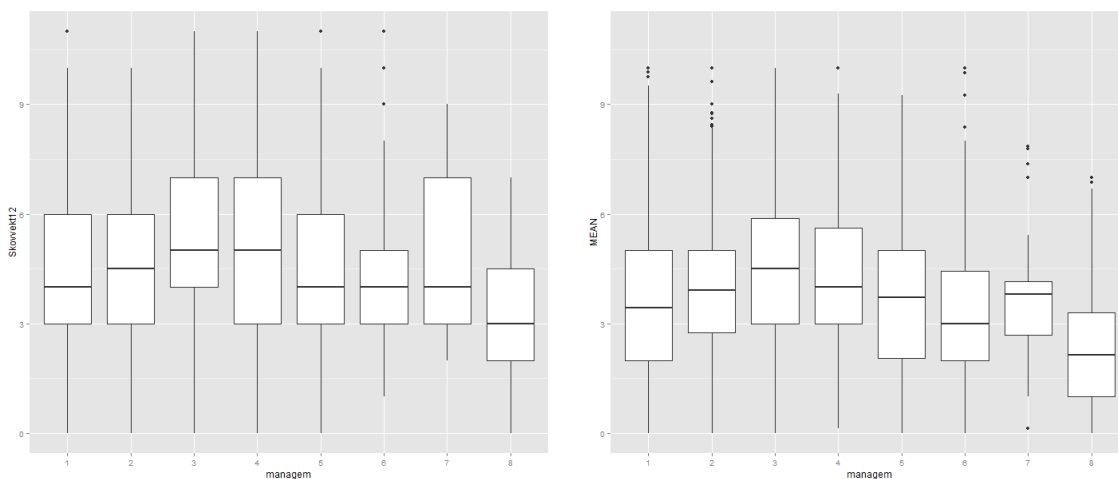
5.1.1 Systematisk test

For at evaluere udvælgelsen af proxylagene blev der foretaget nogle forskellige test og afprøvninger. Som det første blev der foretaget en systematisk sammenligning med de registreringer, der er foretaget med Danmarks Skovstatistik (NFI). For prøvefladerne i Danmarks Skovstatistik og for skovpolygonerne beregnes den gennemsnitlige værdi af proxyscoren og det sammenholdes med en række variable registreret på de samme polygoner/prøvefladerne (Figur 17).



Figur 17 Systematisk sammenligning mellem hhv A) skovpolygonerne og B) afgrænsede prøveflader

Den systematiske afprøvning viste, at der er et forventet samspil mellem proxyscoren og flere af registreringerne i Danmarks Skovstatistik for alle år hvor den har målt. Således er der tendenser til højere værdier af proxyscoren for bevoksninger med uensaldrende drift (Figur 18) og for bevoksninger, hvor der er registreret flere etager, mens ensaldrende drift og bevoksninger med kun en etage gennemgående har lavere værdier af proxyscoren. Tilsvarende har ældre bevoksninger gennemgående en højere proxyscore, idet der dog er en meget stor variation, hvilket også afspejler usikkerhed på bestemmelse af alder. Sammenhængen er tydeligst for prøveflader med en høj andel af løvtræer (Figur 19).

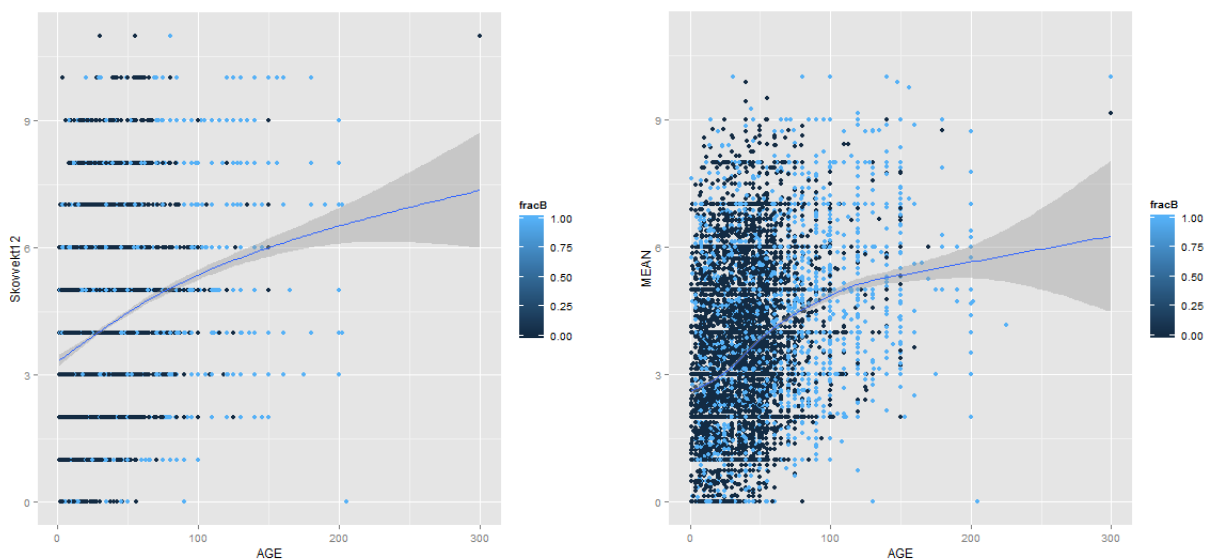


A

B

Figur 18 Proxyscore i forhold til forskellige driftsformer ift. A) skovpolygoner B) NFI prøveflader.

1: Ensaldrende plantning/såning, 2: Ensaldrende naturlig fornyelse, 3: Uensaldrende drift, 4: Uensaldrende naturskov, 5: Gammel driftsform, 6: Værnskov, 7: Andet, 8: Ukendt

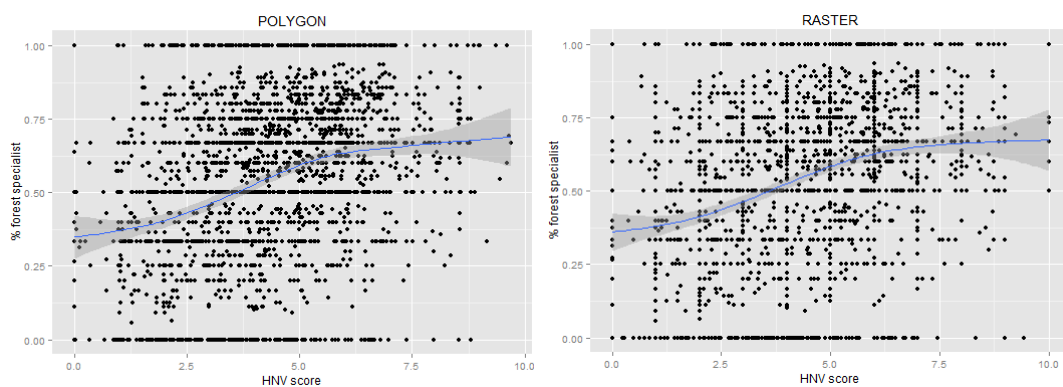


A

B

Figur 19 Proxyscore i forhold til alder af skoven ift. A) skovpolygoner B) NFI prøveflader. Farveskala indikerer andel af løv hhv. nål, således at lysere blå indikerer mere løv.

Siden 2008 er der foretaget registrering af plantelister på en delmængde af prøvefladerne i Danmarks Skovstatistik. Baseret på disse er det vurderet, hvor stor en del af planterne, der er skov specialister, dvs. med skov som det primære levested. Sammenligningen med proxyscoren kan ses i Figur 20. Det ses at en højere score er sammenfaldende med højere andel af skovspecialist arter i plantelisterne.



A

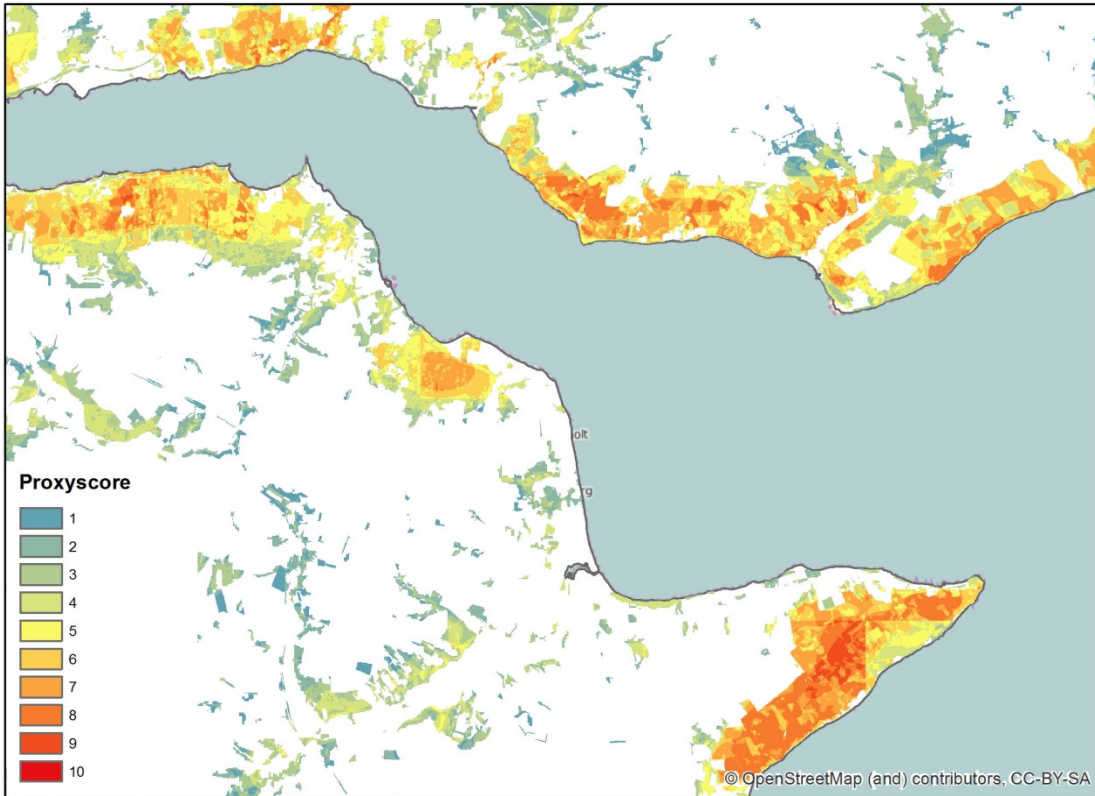
B

Figur 20 Andel af skovspecialist plantearter registreret i Danmarks Skovstatistik (NFI) i forhold til proxyscore. A) skovpolygoner B) NFI prøveflader.

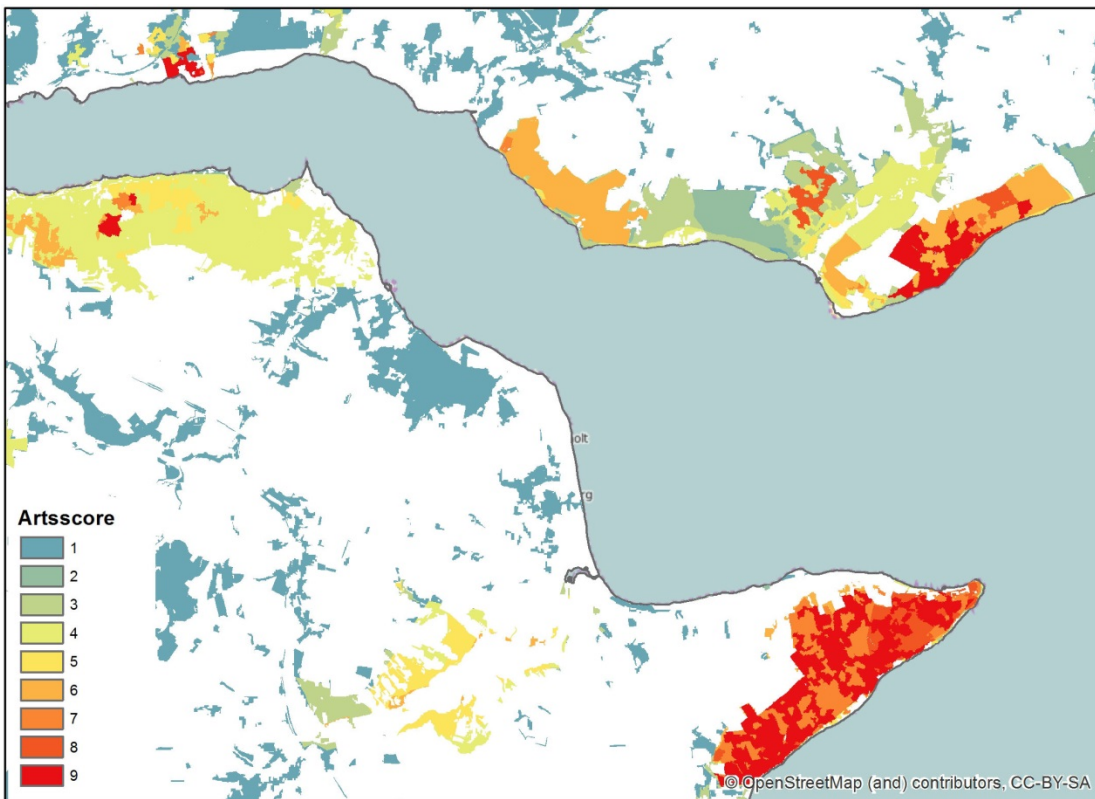
5.1.2 Ekspertvurderinger

For at inddrage eksperterens kendskab til skovområder i evaluering af HNV-skovkortet blev der udvalgt 14 områder, hvor der blev kigget nærmere på resultatet af analyserne, særligt med fokus på den rumlige prioritering ud fra de 12 bedste proxylag fra de første multivariate modeller. De 14 områder spændte over så forskellige skovlandskaber som: Grib Skov, Tisvilde Hegn, Draved-Bolderslev i Sønderjylland, Sorø-skovene, Bistrupskovene, Vejle fjord-skovene, Klosterhede Plantage, Tofte Skov m.fl.

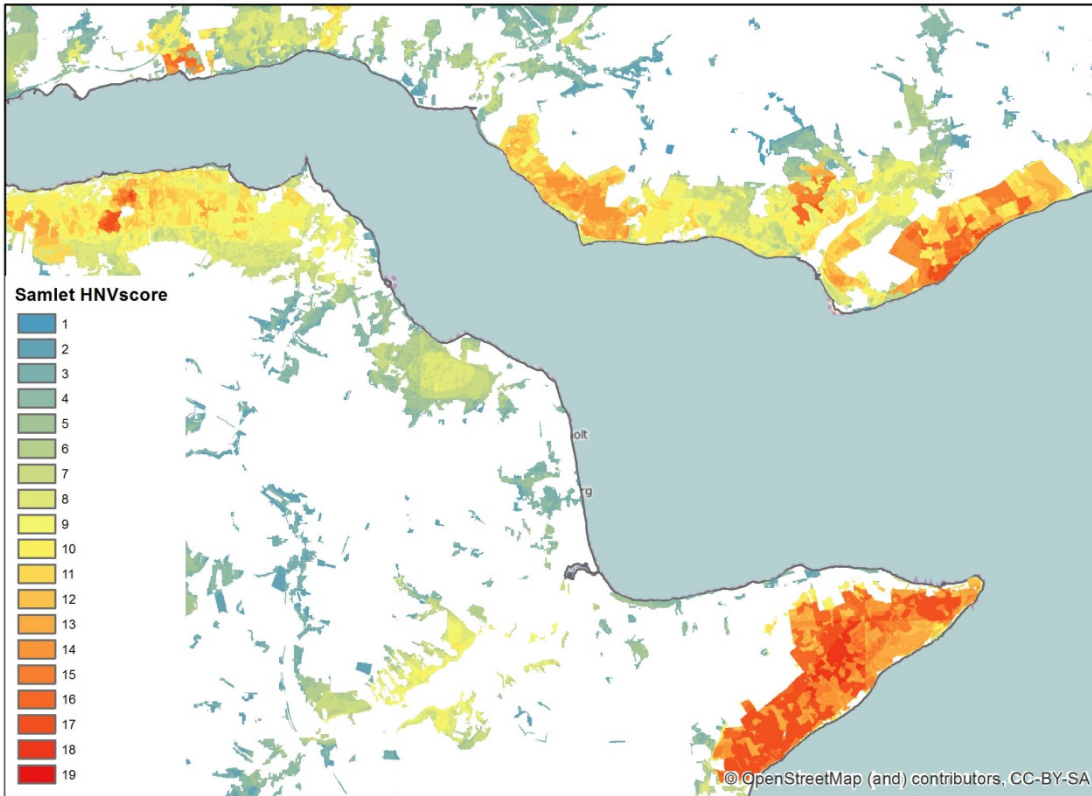
Som eksempel på to områder for det endelige HNV-skovkort er angivet Vejle Fjord, se Figur 21 - Figur 23, og Nordsjælland, se Figur 24 - Figur 26. For disse vises såvel proxyscore, artsscore og den kombinerede HNV-skov score.



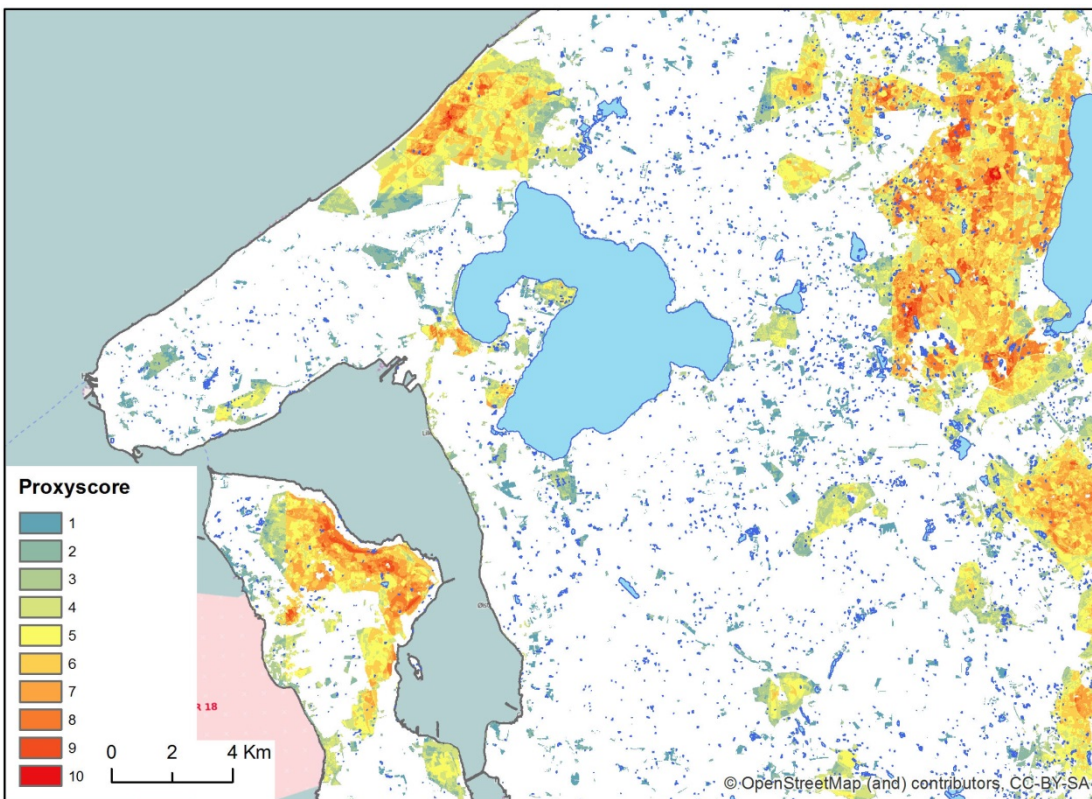
Figur 21 Figuren viser den beregnede proxyscore ved Vejle Fjord.



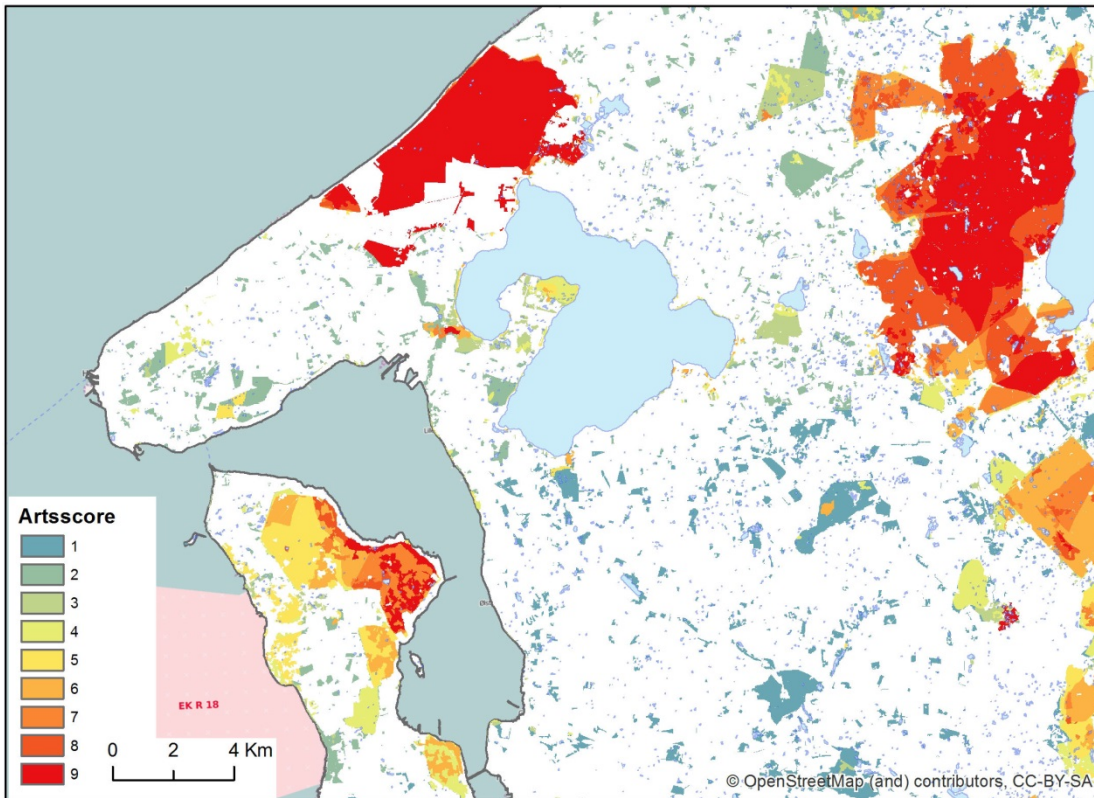
Figur 22 Figuren viser den beregnede artsscore ved Vejle Fjord.



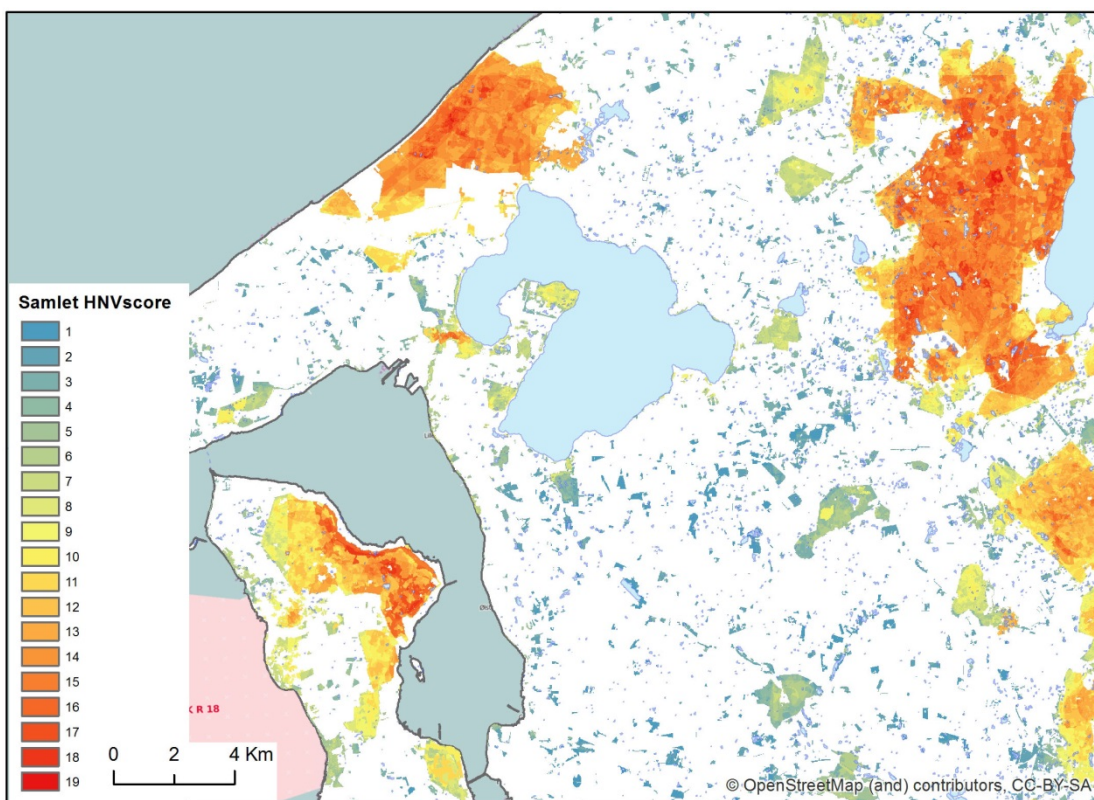
Figur 23 Figuren viser det samlede HNV-skov-kort (dvs. artsscore plus proxyscore) ved Vejle Fjord.



Figur 24 Figuren viser den beregnede proxyscore i Nordsjælland



Figur 25 Figuren viser den beregnede artsscore i Nordsjælland



Figur 26 Figuren viser det samlede HNV-skov-kort (dvs. artsscore plus proxyscore) i Nordsjælland

Generelt var tilbagemeldingerne fra eksperterne, at proxyscoren (der blev udsendt før mødet) og artsscoren (der blev præsenteret på mødet) i store træk fandt de biodiversitets interessante skovområde i overensstemmelse med eksperternes kendskab til dem.

Det blev dog påpeget, at proxyscoren synes at undervurdere skov med meget lang kontinuitet, herunder gammel naturskov, naturlige lindeskove, og skove med urskovsagtigt præg sammenlignet med nåletræsplantager ved kysterne, som eksempelvis Tisvilde Hegn. Desuden blev der bemærket en tydelig tendens til at proxyscoren lægger vægt på store sammenhængende skovområder og undervurderer små isolerede naturskove. Tilsyneladende fanger proxyscoren ikke, at skov som grænser op til naturområder, som ikke er skov (f.eks. søer), kan være særligt værdifulde.

Der var en bekymring for om ældre klit- og hedeplantager, samt gammel nåleskov fik for høje værdier i proxyscoren. Det var bl.a. Tisvilde Hegn, der havde høje værdier. Det blev dog bemærket at netop Tisvilde Hegn faktisk er kendt som et skovområde med mange rødlistede arter.

Et tema, der ikke indgår i proxyerne, er skovbryn mod søer. Disse kan i mange tilfælde byde på særlige levesteder i skovene, som det ud fra ekspertkendskab kunne overvejes at indarbejde i kommende revisioner af HNV-skovkortlægning. Det kom bl.a. til udtryk i skovkanter langs de større søer, som vides at være ganske rige levesteder.

I gennemgangen blev der også peget på den grovere opdeling af de proxylag, der er baseret på faste 4x4 km værdier baseret på prøveflader i Danmarks Skovstatistik. Dette giver dels en opløsning, der præger indtrykket af resultatet, samtidig med at dette ikke kan give lokal information. Alternativer blev afprøvet i projektet, men en tilfredsstillende løsning blev ikke fundet inden for de tilgængelige ressourcer.

Der var enighed blandt eksperterne på evalueringsmødet om, at de skævheder, som var påpeget for proxylagene, i høj grad blev rettet op, når proxyerne blev kombineret med artslaget, som viser hvor de truede arter faktisk er fundet. Så får de kendte værdifulde skove pludselig en tydeligt høj score på kortet.

Det blev dog også bemærket, at proxyerne alene faktisk formår at pege på nogle skove, som kunne være interessante, men hvor artsscoren ikke fortæller så meget, måske fordi der ikke har været nogen og registrere arter. Som eksempel blev Bolderslev Skov først erkendt som værdifuld naturskov i nyere tid, og den blev netop fanget op af proxyscoren.

5.2 Styrker, svagheder og udviklingsmuligheder

En række forhold er blevet identificeret som værende mulige styrker og svagheder i denne første version af HNV-skovkortet. I det følgende gennemgås nogle af disse med henblik på det fremtidige udviklingspotentiale.

Udviklingen og implementeringen af kortlægningen af skovpolygoner baseret på ALS data viste sig at kunne give en opdeling af skovarelet, som kommer tættere på økologisk homogene bevoksninger end tidligere landsdækkende skovkort. Dette er en styrke i forhold til at kunne give artsfund en meningsfuld geografisk udstrækning.

For at inddrage den information fra Danmarks Skovstatistik, er en del proxylag baseret på gennemsnitlige værdier på faste 4x4 km prøvefladedata. Der er arbejdet videre med metoder for en højere/mere jævn

opgørelser af disse informationer, evt. i kobling med LiDAR data eller som 'moving window'-beregning baseret på Danmarks Skovstatistik med pixelstørrelse: 25x25 m baseret på 4x4 km omkring hver pixel. Det ville give en udjævning af den stikprøve som Danmarks Skovstatistik er.

En række af de potentielle proxyer kunne med fordel udvikles yderligere i fremtidige projekter baseret på bedre rådata eller mere avancerede metoder. Nogle blev afsøgt i projektet, men var uden for rammerne. Det gælder eksempelvis skovstruktur, hvor vi håber at højopløselige LiDAR vil gøre det muligt i fremtiden at gennemføre en langt mere biologisk meningsfuld kortlægning af skovstruktur med fokus på forekomst af naturlige processer og elementer som faldne træer, lysbrønde, naturlige skovlysninger, dødt ved, rigt udviklet og varieret underskov, små indre skovbryn og størrelsesvariation blandt vedplanterne. Der er dog behov for at arbejde videre med disse muligheder, ud over hvad der kunne nås inden for dette projekts rammer.

Der er i udviklingen af HNV-skovkortet ikke inddraget samspil og vekselvirkninger mellem forskellige proxyer. Dette samspil kan tage to former. Den ene er en egentlig interaktion, eksemplificeret ved at skrænter eksempelvis kunne have større værdi i gammel løvskov ved kysterne end i ung nåleskov inde i landet. Den anden vekselvirkning kan bestå i at en skovpolygons umiddelbare omgivelser spiller ind på polygonens kvalitet som levested, eksempelvis kunne en skovpolygon med skovbryn være mere værdifuldt hvis naboarealet er sø, vandløb eller § 3-areal end hvis naboarealet er en mark eller en vej.

Der er store regionale forskelle inden for Danmark i de meget grundlæggende vækstvilkår som jordbund, klima og deposition (såvel kvælstof og svovl fra industri/landbrug som saltdeposition fra Vesterhavet). Disse forhold kan tænkes at have indflydelse på, hvorledes de forskellige proxyers effekt/samspil er med de organismegrupper, der undersøges. Proxylaget for løv/nål og vedplanterigdom kunne i teorien afspejle dette. Men da skovene er resultatet af historik og forvaltning, er det ikke kun vækstvilkår, der afgør træartssammensætningen men også den hidtidige forvaltning. Derfor skal man være varsom med at indbygge en differentiering, som ikke er naturgiven, men snarere kultur- og forvaltningsbestemt.

Screening og rangordning af proxyer kunne være gennemført også på lokale/regionale skalaer, hvilket projektet dog ikke levede tid og ressourcer til.

Artsdata er baseret på observationer fra mange forskellige kilder, hovedparten stammer fra frivilliges observationer (Citizen Science), eventuelt overlejret med eksperter vurderinger. Der findes altså ingen systematisk kortlægning eller gennemgang af skovene med henblik på rødlistede arter. En kommende gennemgang af skovene ift. registrering af § 25 skove (særligt værdifulde skove efter Skovlovens § 25) vil potentielt kunne bidrage til kortlægningen af rødlistearter, men det forudsættes at artsregistreringer indgår i kortlægningen eller at kortlægningen foregår i samarbejde med de foreninger, som organiserer de frivillige eksperter. Endelig kan vi håbe, at et HNV-skovkort vil inspirere skovejere til at sætte skub i kortlægningen af truede arter i deres skove, fordi dette nu eller i fremtiden kan ende med at give flere muligheder for støtte til forvaltning.

5.3 Anvendelse og rettigheder

De enkelte proxylag, såvel som skovpolygonlaget, er tilgængeligt via MiljøGIS og vil kunne anvendes som grundlag for ansøgninger om tilskud (i MiljøGIS), som grundlag for videre kortlægning og besigtigelser, og som et input til lokal forvaltning.

Referencer og rettigheder fremgår af metadata for anvendte datalag samt ved reference til denne rapport.

6 Konklusion og perspektiver

HNV-skovkortet er den første version målrettet skovene, idet skovene også indgik i arbejdet med Biodiversitetskortet (Ejrnæs et al 2014). Ligesom tidligere prioriteringskort (HNV-land og Biodiversitetskortet), må HNV-skov ikke opfattes som en kortlægning af naturen i de danske skove. HNV-skov er baseret på de bedste eksisterende data om indikatorer for værdifuld biodiversitetsrig skov, men der er ingen af disse indikatorer som er perfekte. Arterne er ufuldstændigt kortlagt og mange af de anvendte data stammer fra dygtige amatørers frivillige observationer, ikke fra egentlig systematisk kortlægning. Proxyerne er ikke direkte mål for levestedernes tilstand i skovene, men snarere indikatorer for disse, og dermed er disse heller ikke fyldestgørende alene. Det er derfor uundgåeligt at der vil være skove, som er værdifulde levesteder for truet skovnatur, som HNV-skovkortet ikke opfanger – simpelthen fordi der ikke har været eksperter forbi og registrere værdierne. Tilsvarende kan der være andre skove, som trods et stort potentiale, alligevel har været drevet så intensivt at der ikke er de værdier som proxylagene kunne pege på.

HNV-skovkortet kan bruges af den enkelte skovejer til identifikation af arealer til særlig opmærksomhed, f.eks. i forbindelse med opdatering af ejendomsspecifikke driftsplaner, hvor der er behov for at udpege arealer til særlig beskyttelse, nøglebiotoper eller lignende. Det er også muligt, at HNV-skovkortet kan anvendes som grundlag i arbejde med certificering, evt. suppleret med supplerende lokale registreringer.

HNV-skovkortet forventes anvendt i forbindelse med støtteordninger til skov. Den præcise anvendelse er endnu ikke fastlagt, men da kortet bliver tilgængeligt i GIS format vil det kunne understøtte såvel ansøgning som sagsbehandlingen.

HNV-skovkortet vil også give input til den kommende kortlægning af Danmarks skove for særligt værdifulde skove (§ 25 efter Skovloven) og genkortlægningen af skovnaturtyper i habitatområderne.

Det er yderst vigtigt at forstå at kortet alene peger på skove som af den ene eller anden grund vurderes at være værdifulde levesteder. Kortet fortæller ikke hvilke virkemidler som er bedst egnede til at understøtte den biodiversitet som findes på levestedet. Eftersom der også findes lysåbne partier af skovene som har store biodiversitetsværdier, eksempelvis skovlysninger, så kræver en målrettet anvendelse af kortet i sammenhæng med støtteordninger, at der tages de nødvendige hensyn i den forvaltning der støttes.

6.1 Udvikling og vedligeholdelse

Der vil være grundlag for at opdatere datagrundlaget for både proxylag og for artsdata.

Den anvendte kortlægning er baseret på ALS data fra 2007. Det vil således være relevant med en opdatering baseret på de nye ALS data, som er blevet tilgængelige mens dette projekt har været i gang.

Det vil være relevant med udvikling af metoder til kombination af kortlægningsdata (f.eks. ALS og satellitbilleder) mhp. at få mere lokal information om elementer som store træer og lignende, så man undgår de mere grove opdelinger på 4x4 km celler i proxylagene. Tilsvarende kunne man med fordel analysere værdien af naboskaber f.eks. skovbryn mod søer og marine kyster eller § 3-arealer, skov omkring vandløb mv.

Vi anbefaler at opdatere datagrundlaget for både proxylag og for artsdata, så nye data inddrages i kortet. Hyppigheden af opdateringen må afstemmes med frekvens for opdatering og udvikling af de forskellige elementer i datagrundlag for såvel proxyer som artsdata (proxyscore og artsscore). Endvidere forbedres vidensgrundlaget for proxyer hele tiden, senest med fremkosten af næste generation LIDAR-data med høj rumlig opløsning, hvilket forventes at kunne forbedre proxyscoren i en fremtidig revision af kortet.

7 Referencer

- Anonym (2003). Miljømålsloven. <http://retsinformation.w0.dk/Forms/R0710.aspx?id=127102>
- Aitken, A. C. (1934). "On Least-squares and Linear Combinations of Observations". Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 55: 42–48.
- Baatz, M. & Schäpe (2000), A. Strobl, J. (Ed.), Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000, Karlsruhe, Herbert Wichmann Verlag, 2000, 12-23
- Brunbjerg, A. K., Bladt, J., Brink, M., Fredshavn, J., Mikkelsen, P., Moeslund, J.E., Nygaard, B., Skov, F. & Ejrnæs, R. (2015) Development and implementation of a High Nature Value (HNV) farming indicator for Denmark. Ecological Indicators, *In press*
- Ejrnæs, R., Skov, F., Bladt, J., Fredshavn, J.R. & Nygaard, B. (2012). Udvikling af en High Nature Value (HNV) indikator. Rangordning af arealer efter naturværdi og potentiale. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 40 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 40 <http://www.dmu.dk/Pub/SR40.pdf>
- Ejrnæs, R., Petersen, A.H., Bladt, J., Bruun, H.H., Moeslund, J.E., Wiberg-Larsen, P. & Rahbek, C. (2014). Biodiversitetskort for Danmark. Udviklet i samarbejde mellem Center for Makroøkologi, Evolution og Klima på Københavns Universitet og Institut for Bioscience ved Aarhus Universitet. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 96 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 112 <http://dce2.au.dk/pub/SR112.pdf>
- EU (1992). Council Directive 92/43/EEC of 21 may 1992.
- NaturErhvervsstyrelsen (2015) Det Generelle Landbrugsregister. www.natureerhverv.dk
- Geodatastyrelsen (2015) Kortlægning - <http://www.geodanmark.dk/>
- Greve MH, Christensen OF, Greve MB & Kheir RB (2014). Change in peat coverage in Danish cultivated soils during the past 35 years. Soil Science 179(5): 250-257
- Huber, S. Tøttrup, C. (2012). National Danish Forest Mapping 2012. Documentation. Technical Note. September 2012. GRAS-DK. 18 pp.
- Jacobsen, N.K. 1976: Natural-geographical regions of Denmark. Geografisk Tidsskrift 75:1-7.
- Johannsen, VK, Hjorth Caspersen, O & Olsen, JL (2014) Skovareal og skovlandskaber i Danmark, - et input til Naturplan Danmark. SKOVEN 8 2014, 351-353.
- Johannsen VK, Nord-Larsen T, Riis-Nielsen T, Suadicani K, & Jørgensen BB (2013): Skove og plantager 2012, Skov & Landskab, Frederiksberg, 2013. 189 s. ill.
- Johannsen, VK, Nielsen K, Fritzboøger B, Buchwald E, Serup H, Møller PM, Schmidt IK, Rojas SK, Nord-Larsen T, Larsen JB, Jørgensen BB, Vesterdal L, Rune F, Halse AY, Riis-Nielsen T, Arndal MF (2015): Opgørelsesmetoder og udvikling i dødt ved. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns

Universitet, Frederiksberg. 200 s. ill. Khosravipour, A.; Skidmore, A. K.; Isenburg, M.; Wang, T. & Hussin, Y. A. (2013), Development of an algorithm to generate a Lidar pit-free canopy height model, SilviLaser 2013

McGaughey, R. J., (2012), FUSION/LDV: Software for LIDAR Data Analysis and Visualization, FUSION Version 3.21 United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 2012

Miljøgis (2015): <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?profile=miljoegis-plangroendk>

Moeslund JE, Arge L, Bøcher PK, Dalgaard T, Ejrnæs R, Odgaard MV, Svenning JC (2013). Topographically controlled soil moisture drives plant diversity patterns within grasslands. Biodiversity and Conservation. Volume 22, Issue 10, pp 2151-2166.

Naturbasen (2015): Data fra www.fugleognatur.dk er benyttet i henhold til licens B07/2015 .

Nord-Larsen T., Johannsen VK, Riis-Nielsen T, Thomsen IM og Jørgensen BB (2015): Skove og plantager 2014, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Skov & Landskab, Frederiksberg. xx s. ill.

Nord-Larsen, T. & Schumacher, J. (2012), Estimation of forest resources from a countrywide laser scanning survey and NFI data, Remote Sensing of Environment 119 (2012) 148–157.

Schumacher J. & T. Nord-Larsen (2014a), Wall-to-wall tree type classification using airborne lidar data and CIR images, International Journal of Remote Sensing, 35:9, 3057-3073

Schumacher, J., Nord-Larsen, T, Caspersen, O.H., Nyed-Karlsson, P., Johannsen, V.K. 2014b. University of Copenhagen, Department of Geoscience and Natural Resource Management, Section for Forest, Nature and Biomass & Section for Landscape Architecture and Planning. 66 pp

Vogt P. (2010). User Guide of GUIDOS. Institute for Environment and Sustainability (IES), European Commission, Joint Research Centre (JRC), TP 261, I-21027 Ispra (VA), Italy. Release: Version 1.3, February 2010

Zuur AF, Ieno EN, and Elphick CS (2010), A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods in Ecology and Evolution 2010, 1, 3–14

8 Appendix 1 Univariate modeller for brutto sæt af proxyer

Table 8 Univariate tests af proxyer mod hhv +/- forekomst af rødlistede-arter og artsscoren. Negative eller ikke signifikante effekter er fremhævet med gråt. P-værdier (NS >0.05, * <0.05, ** <0.01, *** <0.001).

Model Modeltype Responsvariabel Proxy	Univariate modeller					
	Least squares			Logistisk		
	Artsscore median			Rødlistede arter P/A		
	Effekt	t	P	Effekt	z	P
Dødt ved	1,26	75,91	***	0,87	62,69	***
Habitatnatur	2,78	138,20	***	2,21	81,11	***
Indre skovbryn	2,13	33,72	***	1,35	20,62	***
Kerneskov	1,21	74,44	***	0,78	55,54	***
Kortlagt natur og beskyttelse	1,00	69,07	***	0,66	54,50	***
Kronedække (Lidar)	0,43	30,17	***	0,17	14,79	***
Kronedække (NFI)	1,04	73,31	***	0,68	58,71	***
Kronehøjde	0,72	34,37	***	0,48	27,88	***
Kyst	0,68	34,46	***	0,81	47,88	***
Lavbund	0,44	30,93	***	0,30	26,35	***
Naturandel20	2,36	138,54	***	2,28	115,60	***
Naturandel60	2,40	187,42	***	1,89	140,30	***
Naturandel40	2,43	190,21	***	2,06	157,00	***
Naturandel80	2,47	148,40	***	1,89	98,04	***
Plantetal1	1,87	105,30	***	1,22	72,27	***
Plantetal3	2,13	73,46	***	1,58	49,63	***
Skovkontinuitet	1,09	73,92	***	0,88	69,65	***
Skovlandskab	1,24	88,46	***	0,94	79,36	***
Skovstruktur	2,50	154,60	***	1,44	86,02	***
Skovtype (løv/nål)	0,10	6,41	***	0,02	1,81	NS
Skråning	0,05	2,48	*	-0,01	-0,49	NS
Store træer	1,03	74,47	***	0,84	73,26	***
Topografisk fugtighedsindeks	-0,08	-4,52	***	0,01	0,49	NS
Træheterogenitet	1,05	72,48	***	0,66	54,71	***
Vedplanterigdom	1,32	81,42	***	0,84	60,36	***
Ydre skovbryn	0,33	17,25	***	0,45	29,28	***

Tabel 9 Univariate tests af proxyer mod hhv forekomsten af rødlistede dyr, +/- forekomst af rødlistede svampe og planter. Negative eller ikke signifikante effekter er fremhævet med gråt. P-værdier (NS >0.05, * <0.05, ** <0.01, *** <0.001).

Model Modeltype Respons variabel Proxy	Univariate modeller								
	Least squares, poisson			Logistisk			Logistisk		
	Rødlistede dyr			Rødlistede svampe P/A			Rødlistede planter P/A		
	Effekt	z	P	Effekt	z	P	Effekt	z	P
Dødt ved	0,35	149,60	***	0,27	4,42	***	0,59	10,35	***
Habitatnatur	0,34	146,60	***	1,46	32,16	***	1,63	41,13	***
Indre skovbryn	0,32	48,80	***	0,70	6,28	***	1,43	16,48	***
Kerneskov	0,14	72,85	***	0,70	15,72	***	0,20	4,80	***
Kortlagt natur og beskyttelse	0,12	65,95	***	0,78	17,28	***	1,05	26,48	***
Kronedække (Lidar)	-0,01	-5,08	***	0,92	16,28	***	0,03	0,69	NS
Kronedække (NFI)	0,21	116,40	***	0,71	13,42	***	0,11	2,70	**
Kronehøjde	-0,06	-21,95	***	1,05	22,71	***	0,19	3,61	***
Kyst	-0,20	-74,87	***	0,78	15,59	***	0,50	10,70	***
Lavbund	0,02	13,24	***	0,44	9,78	***	0,69	17,51	***
Naturandel20	0,41	157,10	***	1,34	11,99	***	0,99	13,23	***
Naturandel60	0,38	216,40	***	0,74	16,32	***	0,89	22,41	***
Naturandel40	0,39	206,50	***	1,00	16,43	***	0,82	17,33	***
Naturandel80	0,38	190,50	***	0,65	14,11	***	1,32	33,97	***
Plantetal1	0,24	112,80	***	1,11	24,85	***	1,38	35,52	***
Plantetal3	0,25	77,65	***	0,89	15,68	***	1,10	21,46	***
Skovkontinuitet	-0,04	-23,60	***	1,24	27,02	***	0,67	17,35	***
Skovlandskab	0,17	91,25	***	0,83	14,28	***	0,46	10,57	***
Skovstruktur	0,19	94,10	***	3,05	47,18	***	1,30	33,65	***
Skovtype (løv/nål)	-0,07	-37,81	***	0,81	18,18	***	0,11	2,63	**
Skråning	0,06	22,17	***	0,57	11,56	***	0,13	2,40	*
Store træer	0,06	33,53	***	1,04	20,78	***	0,50	12,57	***
Topografisk fugtighedsindeks	-0,02	-10,19	***	-0,12	-2,58	*	0,13	3,12	**
Træheterogenitet	0,05	29,39	***	1,29	28,07	***	0,34	8,66	***
Vedplanterigdom	0,29	151,00	***	0,42	9,15	***	0,80	20,36	***
Ydre skovbryn	0,03	11,71	***	0,18	2,36	*	-0,09	-1,61	NS

9 Appendix 2 Multivariate modeller for brutto sæt af proxyer

Tabel 10 Multivariate tests af proxyer mod hhv i) artsscoren , ii) +/- forekomst af rødlistede-arter (B), iii) forekomst af rødlistede svampe (P/A), iv) planter (P/A) og v) dyr. P-værdier (NS >0.05, * <0.05, ** <0.01, *** <0.001).

Model i Modeltype Respons variabel	Multivariate modeller					
	Least squares Artsscore median			Least squares Artsscore median ingen autokorrelation		
Datasæt	Balanceret n=127848			n=27139		
Proxy	Effekt	t	P	Effekt	t	P
Habitatnatur	1,17	50,87	***	1,15	26,47	***
Kyst	0,84	54,32	***	0,89	25,32	***
Lavbund	0,11	9,14	***	0,08	2,97	**
Skovstruktur	1,17	78,16	***	1,20	36,57	***
Plantetal1	0,04	2,06	*			NS
Kortlagt natur og beskyttelse	0,36	27,40	***	0,38	13,04	***
Plantetal3	0,22	8,23	***	0,14	2,43	*
Naturandel 20	0,57	32,90	***	0,57	14,96	***
Naturandel40	0,86	51,78	***	0,81	22,07	***
Naturandel 60	0,74	44,59	***	0,70	18,79	***
Naturandel80	0,78	44,58	***	0,79	20,20	***
Kronedække (NFI)	0,16	12,38	***	0,16	5,56	***
Dødt ved	0,21	14,17	***	0,27	8,34	***
Store træer	0,13	10,43	***	0,19	6,53	***
Indre skovbryn	0,10	2,00	*	0,40	3,61	***
Højdevariation	0,27	21,80	***	0,27	9,92	***
Vedplanterigdom	0,20	14,35	***	0,21	6,74	***
Skovlandskab	0,04	3,56	***	0,08	3,10	**
Skovkontinuitet	0,16	11,77	***	0,10	3,59	***

Model ii		Multivariate modeller				
Modeltype	Logistisk			Logistisk		
Respons variabel	Rødlistede arter P/A			Rødlistede arter P/A		
Datasæt	Balanceret n=127848			%autocorrelation n=27139		
Proxy	Effekt	z	P	Effekt	z	P
Habitatnatur	1,20	37,20	***	1,16	17,53	***
Kyst	1,46	66,47	***	1,45	30,20	***
Lavbund	0,14	8,99	***	0,23	6,70	***
Skovstruktur	0,35	17,50	***	0,38	8,86	***
Kortlagt natur og beskyttelse	0,30	18,20	***	0,29	8,03	***
Plantetal3	0,27	6,78	***			NS
Naturandel 20	1,03	41,33	***	1,06	20,12	***
Naturandel40	1,01	51,99	***	0,96	22,95	***
Naturandel 60	0,68	34,26	***	0,63	14,44	***
Naturandel80	0,62	25,59	***	0,65	12,11	***
Kronedække (NFI)	0,07	4,14	***	0,09	2,68	**
Dødt ved	0,15	7,59	***	0,20	4,79	***
Store træer	0,41	26,03	***	0,44	12,62	***
Ydre skovbryn	0,14	6,89	***	0,14	3,30	***
Højdevariation	0,12	7,45	***	0,12	3,69	***
Skovkontinuitet	0,29	17,14	***	0,22	6,18	***

Model iii		Multivariate modeller				
Modeltype	Logistisk			Logistisk		
Respons variabel	Rødlistede svampe P/A			Rødlistede svampe P/A		
Datasæt	Balanceret n=127848			%autocorrelation n=27139		
Proxy	Effekt	z	P	Effekt	z	P
Habitatnatur	0,42	7,92	***	0,47	4,17	***
Kyst	0,53	9,24	***	0,51	4,29	***
Skovstruktur	2,51	36,27	***	2,58	16,21	***
Kortlagt natur og beskyttelse	0,41	8,00	***	0,37	3,37	***
Skovtype (nål/løv)	0,26	5,19	***	0,46	4,20	***
Naturandel80	0,15	2,81	**			NS
Kronedække (NFI)	0,22	3,59	***			NS
Store træer	0,26	4,29	***			NS
Højdevariation	0,62	11,56	***	0,69	5,88	***
Skovlandskab			NS	0,33	2,30	*
Skovkontinuitet	0,23	4,20	***	0,30	2,58	**

Model iv Modeltype Respons variabel Datasæt Proxy	Multivariate modeller					
	Logistisk			Logistisk		
	Rødlistede planter P/A			Rødlistede planter P/A		
	Balanceret n=127848			%autocorrelation n=27139		
	Effekt	z	P	Effekt	z	P
Habitatnatur	0,64	9,89	***	0,94	9,64	***
Kyst	0,57	11,10	***	0,69	6,67	***
Lavbund	0,25	5,91	***	0,28	3,11	**
Skovstruktur	0,52	11,38	***	0,37	3,92	***
Plantetal1	0,27	4,28	***			NS
Kortlagt natur og beskyttelse	0,55	11,71	***	0,58	6,17	***
Naturandel80	0,85	19,05	***	0,81	8,74	***
Dødt ved	0,13	2,15	*			
Indre skovbryn	0,58	6,25	***	0,76	3,97	***
Vedplanterigdom	0,43	9,84	***	0,68	7,60	***
Skovkontinuitet	0,34	7,89	***	0,30	3,28	**

Model v Modeltype Respons variabel Datasæt Proxy	Multivariate modeller					
	Least squares, poisson			Least squares, poisson		
	Rødlistede dyr			Rødlistede dyr		
	Balanceret n=127848			%autocorrelation n=27139		
	Effekt	z	P	Effekt	z	P
Habitatnatur	0,18	0,00	***	0,17	22,94	***
Skråning	0,03	0,00	***	0,07	11,40	***
Plantetal1	0,02	0,00	***	0,03	3,94	***
Kortlagt natur og beskyttelse	0,03	0,00	***	0,02	5,51	***
Naturandel20	0,11	0,00	***	0,12	17,01	***
Naturandel40	0,12	0,00	***	0,11	16,91	***
Naturandel60	0,11	0,00	***	0,12	19,78	***
Naturandel80	0,12	0,00	***	0,14	23,98	***
Kronedække (NFI)	0,03	0,00	***	0,04	8,05	***
Dødt ved	0,16	0,00	***	0,16	29,13	***
Indre skovbryn	0,03	0,01	***	0,07	4,95	***
Vedplanterigdom	0,12	0,00	***	0,12	24,73	***

10 Appendix 3 Endelige multivariate modeller for det reducerede proxysæt

Tabel 11 Multivariate tests af proxyer mod hhv i) artsscoren, ii) +/- forekomst af rødlistede-arter, iii) forekomst af rødlistede svampe (P/A), iv) planter (P/A) og v) dyr. P-værdier (NS >0.05, * <0.05, ** <0.01, *** <0.001).

Model i	Multivariate modeller		
Modeltype	Least squares		
Respons variabel	Artsscore median		
Datasæt	Balanceret n=127848		
Proxy	Effekt	t	P
Habitatnatur	1,20	51,74	***
Kyst	0,78	49,83	***
Lavbund	0,09	7,64	***
Skovstruktur	1,21	79,71	***
Plantetal1	0,06	2,81	**
Kortlagt natur og beskyttelse	0,39	28,89	***
Plantetal3	0,25	9,03	***
Naturandel40	1,44	109,54	***
Naturandel80	1,13	72,18	***
Kronedække (NFI)	0,24	19,21	***
Store træer	0,17	13,38	***
Indre skovbryn	0,11	2,13	*
Højdevariation	0,29	23,11	***
Vedplanterigdom	0,27	18,87	***
Skovlandskab	0,12	10,09	***
Skovkontinuitet	0,17	12,51	***

Model ii	Multivariate modeller		
Modeltype	Logistisk		
Respons variabel	Rødlistede arter P/A		
Datasæt	Balanceret n=127848		
Proxy	Effekt	z	P
Habitatnatur	1,25	39,03	***
Kyst	1,33	63,57	***
Lavbund	0,12	7,92	***
Skovstruktur	0,41	20,57	***
Kortlagt natur og beskyttelse	0,33	20,22	***
Plantetal3	0,31	7,76	***
Naturandel40	1,66	102,67	***
Naturandel80	0,98	44,66	***
Kronedække (NFI)	0,14	9,20	***
Store træer	0,43	27,77	***
Ydre skovbryn	0,15	7,49	***
Højdevariation	0,15	9,44	***
Vedplanterigdom	0,04	2,31	*
Skovlandskab	0,09	5,65	***
Skovkontinuitet	0,31	18,96	***

Model	Multivariate modeller		
Modeltype	Logistisk		
Respons variabel	Rødlistede svampe P/A		
Datasæt	Balanceret n=127848		
Proxy	Effekt	z	P
Habitatnatur	0,42	7,92	***
Kyst	0,53	9,24	***
Skovstruktur	2,51	36,27	***
Kortlagt natur og beskyttelse	0,41	8,00	***
Skovtype (nål/løv)	0,26	5,19	***
Naturandel80	0,15	2,81	**
Kronedække (NFI)	0,22	3,59	***
Dødt ved	0,26	4,29	***
Højdevariation	0,62	11,56	***
Skovkontinuitet	0,23	4,20	***

Model iv	Multivariate modeller		
Modeltype	Logistisk		
Respons variabel	Rødlistede planter P/A		
Datasæt	Balanceret n=127848		
Proxy	Effekt	z	P
Kyst	0,55	0,05	***
Lavbund	0,25	0,04	***
Skovstruktur	0,53	0,05	***
Plantetal1	0,27	0,06	***
Kortlagt natur og beskyttelse	0,55	0,05	***
Naturandel80	0,86	0,04	***
Indre skovbryn	0,59	0,09	***
Vedplanterigdom	0,46	0,04	***
Skovkontinuitet	0,34	0,04	***

Model v	Multivariate modeller		
Modeltype	Least squares, poisson		
Respons variabel	Rødlistede dyr		
Datasæt	Balanceret n=127848		
Proxy	Effekt	z	P
Habitatnatur	0,19	54,76	***
Skråning	0,04	14,92	***
Plantetal1	0,02	6,82	***
Kortlagt natur og beskyttelse	0,03	14,21	***
Naturandel40	0,24	112,06	***
Naturandel80	0,18	79,80	***
Kronedække (NFI)	0,08	39,25	***
Indre skovbryn	0,03	4,90	***
Vedplanterigdom	0,14	68,04	***

11 Appendix 4 Liste over lag i HNV-skovkort

Følgende lag indgår i proxyscore for HNV-skovkortet

Kystnaerhed

HoejdeVariation

Vedplanterigdom

StoreTraer

Skovstruktur

Skovkontinuitet

Naturandel40

Naturandel80

IndreSkovbryn

Habitatnatur

KortlagtNatur

Dertil er tre samlede lag:

Proxyscore

Artsscore

HNVskovscore.

INSTITUT FOR GEOVIDENSKAB
OG NATURFORVALTNING

KØBENHAVNS UNIVERSITET

ROLIGHEDSVEJ 23
1958 FREDERIKSBERG

TLF. 353 315 00
IGN@IGN.KU.DK
WWW.IGN.KU.DK