



ARTSDATABANKEN



UNIVERSITETET
I OSLO

NATURTYPER I NORGE

BAKGRUNNSDOKUMENT

8

Regional variasjon og
bioklimatiske inndelinger

versjon 0.1



Forfattere

Rune Halvorsen
Naturhistorisk museum,
Universitetet i Oslo

Arve Elvebakk
Institutt for biologi,
Universitetet i Tromsø

Reidar Elven
Naturhistorisk museum,
Universitetet i Oslo

Lars Erikstad
Norsk institutt for
naturforskning (NINA)

Geir Gaarder
Miljøfaglig utredning

Asbjørn Moen
Seksjon for naturhistorie
NTNU Vitenskapsmuseet

Pål Buhl Mortensen
Havforskningsinstituttet

Siteres som

Halvorsen, R., Elvebakk, A., Elven, R.,
Erikstad, L., Gaarder, G., Moen, A.,
Mortensen, P. B.
Regional variasjon og bioklimatiske
inndelinger. Naturtyper i Norge
Bakgrunnsdokument 8: 1-36.

Forsidefoto

Merete Wagelund

Grafisk formgivning

Mona Ødegården,
Lisbeth Gederas,
Ingrid Salvesen,
Randi Sønderland,
Skjalg Woldstad

ISBN:

978-82-92838-12-9





Sammendrag

Regionale økokliner er en av tre kategorier av økoklinal variasjon, det vil si parallell, mer eller mindre gradvis variasjon i artssammensetning og økologiske faktorer (kompleksgradienter). I motsetning til lokale basisøkokliner, som omfatter variasjon på relativt fine romlige skalaer, omfatter de regionale økoklinene bioklimatisk variasjon, det vil si parallell, mer eller mindre gradvis variasjon i artssammensetning og makroklimafaktorer på en grov skala. Primært adresseres 5 kilometers lineær horisontal oppløsning og kartleggbarhet i målestokk 1:1 000 000, men i terreng med svært grovt relieff vil høydebaserte soner måtte kunne ligge mye tettere enn dette.

Dette dokumentet inneholder standardiserte beskrivelser, inkludert standardisert trinndeling og begrunnelse for denne, av de 4 regionale økoklinene som vil bli lagt til grunn for NiN. Av disse fire regionale økoklinene er det to som adresserer land- og ferskvannssystemer; (bioklimatiske soner og bioklimatiske seksjoner), mens de andre to adresserer marine systemer (marine vannmassetyper og marine ioklimatiske soner).

Hver av de standardiserte økoklinbeskrivelsene inneholder overskriftene 'generell karakteristik', 'relevant naturtypenivå der økoklinen inngår i beskrivelsessystemet', 'økoklinuttrykk og trinndeling' (oppsummert i tabell), 'variabeltype', 'relevant skala', 'relasjon til andre økokliner', 'drøfting og kommentarer til sentrale begreper', 'karakterisering av trinnene', 'sammenlikning av trinndeling i NiN med trinn i andre arbeider', 'drøfting av andre temaer med relevans for økoklinen', og 'vurdering av kunnskapsgrunnlaget'. Kunnskapsstatus er angitt på en standardisert måte ved bruk av en skala fra 0 til 5.

Behandlingen av de fire regionale økoklinene tar utgangspunkt i vitenskapelige standardarbeider, først og fremst fra Norge. Den foreliggende versjonen av dette dokumentet har først og fremst til hensikt å presentere de regionale økoklinene; fylldige beskrivelser vil komme i seinere versjoner. I et vedlegg til dokumentet, finnes en artikkel som skal inngå i NiNs grunnlagsartikler. Denne vil bli overflyttet til bakgrunnsdokumentet med artikkelsamlingen (**NiN BD 6**).



Innhold

Sammendrag	3
A Om dette dokumentet og generelt om regional variasjon	5
B Regional variasjon på land og i ferskvann	7
B1 BS – Bioklimatiske soner; variasjon på land og i ferskvann relatert til varme	7
B2 BH – Variasjon relatert til humiditet og oseanitet (bioklimatiske seksjoner)	18
C Regional variasjon i marine systemer	24
C1 MT – Marine vannmasse typer	24
C2 MS – Variasjon i marine systemer relatert til varme (marin økoregioninndeling)	26
Takk	30
Referanser	31
Vedlegg 1	33
Tillegg til NiN BD 6: Artikkel 25 PCA-Norge – trinnløs sone- og seksjonsinndeling for det norske fastlandet ved ordinasjon av 54 miljøvariabler	
<i>Vegar Bakkestuen, Lars Erikstad og Rune Halvorsen</i>	



A Om dette dokumentet og generelt om regional variasjon

Størstedelen av variasjon i naturen kan betraktes som økoklinal variasjon (se **NiN BD 2: D3** for utførlig drøfting). Økoklinal variasjon kan grupperes i tre kategorier (**NiN BD 2: D3e**); lokale basisøkokliner (**NiN BD 2: D3f**), tilstandsokokliner (**NiN BD 2: D3g**) og regionale økokliner (**NiN BD 2: D3h**). Dette dokumentet omfatter begrepsapparatet for beskrivelse av alle regionale økokliner som benyttes i Naturtyper i Norge. En tilsvarende oversikt for lokale basisøkokliner finnes i **NiN BD 4**. Oversikten over tilstandsokokliner vil utgjøre et eget NiN bakgrunnsdokument (se **NiN BD 1: Tabell 1**).

Med **regional økoklin** menes parallell, mer eller mindre gradvis variasjon i artssammensetning og makroklimafaktorer (bioklimatisk variasjon) på en grov skala (**NiN BD 2: D3h**). Primært adresseres 5 kilometers lineær horisontal oppløsning og kartleggbarhet i målestokk 1:1 000 000, men i terreng med svært grovt relieff vil høydebaserte soner måtte kunne ligge mye tettere enn dette (**NiN BD 2: E5b**). Liksom lokale basisøkokliner og tilstandsokokliner, vil regionale økokliner naturlig beskrives ved hjelp av kontinuerlige variabler, som av praktiske grunner er trinndelt.

Behovet for en standardisert beskrivelse av variasjon på region-nivået er begrunnet i **NiN BD 2: D3h, D5e** og vist i **NiN BD 2: Fig. 61**. Sjøl om region blir behandlet som det femte naturtypenivået i NiN, øverst i skalahierarkiet (jf. **NiN BD 2: Figs 56, 61**), er ikke inndelingen i regioner viktigste grunn til å inkludere regionale økokliner i NiN-sammenheng. Viktigere er de regionale økoklinene som kilde til variasjon på lavere naturtypenivåer, først og fremst økosystem og landskapsdel, men også livsmedium og landskap (**NiN BD 2: D5e**). De trinndelte regionale økoklinene vil, slik de blir beskrevet i dette dokumentet, bli brukt direkte til å beskrive regional variasjon på de andre naturtypenivåene. En hovedmotivasjon for typeinndeling på region-nivået som ledd i Naturtyper i Norge, er behovet for god og konsistent beskrivelse av regional variasjon innenfor økosystem-typer (**Dok 2: E1** punkt 7e).

Regionale økokliner (se f.eks. R. Økland & Bendiksen 1985) omfatter i utgangspunktet bioklimatiske gradienter, det vil si variasjon i makroklimafaktorer og den variasjon i artssammensetning og artsutbredelse som er relatert til disse makroklimafaktorene. Fennoskandia har en lang og sterk tradisjon for fokus på bioklimatologi, først og fremst innenfor vegetasjonsgeografien (Sjörs 1963, Ahti et al. 1968, Tuhkanen 1980, Moen 1998, Elvebakk 2005b). Grundige deskriptive arbeider ligger til grunn for allmenn aksept av at to regionale økokliner er viktige på det norske fastlandet (Moen 1998). Hovedtrekkene

i Moens vegetasjonssone- og -seksjonsinndeling er nå også verifisert gjennom uavhengige analyser av et stort og landsdekkende datasett for klimatiske, topografiske og andre miljøvariabler (Bakkestuen et al. in press). For norsk Arktis finnes en bioklimatisk inndeling som i store trekk tar utgangspunkt i de samme prinsippene som ligger til grunn for inndelingen av fastlandet (Elvebakk 1985, 2005a). Det foreliggende dokumentet viderefører arbeidene til Moen og Elvebakk innenfor NiNs standardiserte terminologi. Innenfor ferskvannssøkologien og marinøkologien, er tradisjonene for fokus på regional (bioklimatisk) inndeling mindre sterke. Det foreliggende dokumentet forsøker å trekke paralleller fra de bioklimatiske inndelingene av landområdene til ferskvanns- og saltvannssystemer.

Fordi regionene representerer kombinasjoner av trinn langs de viktigste regionale økoklinene (se **NiN BD 2: E5**), er de paralleller til grunntypene i inndelingene på andre naturtypenivåer i NiN (**NiN BD 2: Fig. 61**). Regioninndelingen mangler hovedtypenivået som står sentralt i de andre inndelingene. Fordi ulike regionale økokliner er viktige i landsystemer (inkludert ferskvannssystemer) og i saltvannssystemer innenfor det området NiN skal dekke, har ekspertgruppa funnet det nødvendig å lage to uavhengige regioninndelinger som vil være å betrakte som hovedtypegrupper i NiN-systemet (**NiN BD 2: D6b; Fig. 61**).

Liksom lokale basisøkokliner, er regionale økokliner abstraksjoner. Dette framgår av den inngående drøftingen av økoklinbegrepet og hvordan det skal håndteres i NiN-sammenheng i **NiN BD 2: D1c** og **D3**. De enkelte miljøgradientene samvarierer ikke på samme vis på ulike steder og til ulike tider; ofte er det ikke opplagt om en økoklin i én type natur bør betraktes som den samme som tilsvarende variasjon i en annen type natur. Et typisk eksempel på dette er den bioklimatiske sonegradienten som er relatert til temperatur. Men til tross for at temperaturen avtar både mot nord og mot høyden, er artenes responser langs disse to temperaurrelaterte gradientene ikke fullstendig likartete. En av grunnene til dette er at gradienten fra sør til nord også er assosiert med variasjon i daglengder gjennom året, mens så ikke er tilfelle for høydevariasjon på samme breddegrad. Ulike daglengderesponser er påvist ved dyrkingsforsøk av Svalbard- og Dovre-planter både på Svalbard og Dovre (Wielgolaski & Johnson 1996). Denne forskjellen mellom sør-nord- og høydebetinget variasjon er komplisert, fordi den er knyttet til flere faktorer, som lysklimatilpasning, inversjon, oseanitet og vindeksposisjon. Alsos et al. (2007) viste nylig at plantenes innvandringshistorie er mer forskjellig mellom Svalbard og fastlandet enn tidligere antatt. Det er derfor mange bakenforliggende årsaker til at Ahti et al. (1968) og mange tidligere vegetasjonsgeografer har skilt mellom soner (sør-nord) og (høyde)belter. I henhold til **NiN BD 2: D3f** har



imidlertid ekspertgruppa en klar målsetting om å operere med færrest mulig økokliner; det vil si at økoklinal variasjon som kommer til uttrykk på ulike måter i ulike typer av systemer skal oppfattes som ulike uttrykk for samme økoklin – **økoklinuttrykk** – heller enn som separate økokliner. Av den grunn opereres i NiN med én regional varmeøkoklin med flere uttrykk. Det er mulig å avgrense disse uttrykkene på flere ulike måter, f.eks. med separate uttrykk for høydebelter og breddegradsrelatert sonering. Av grunner som også er redegjort for ovenfor, mener vi dette ikke er hensiktsmessig. I stedet har vi som en pragmatisk løsning valgt å operere med to økoklinuttrykk – ett for fastlands-Norge (minus det arktiske området lengst i nord) og ett for norsk Arktis.

Beskrivelsen av enkeltøkoklinene i kapitlene **B** og **C** har målsettingen om en enhetlig trinn-inndeling av økokliner på tvers av (grupper av) hovedtyper på ulike naturtypenivåer som rettesnor (**NiN BD 2: D3f**). Fokus er på begrunnelse for trinninndelingen og viktige kunnskapsmangler.

Variasjonen langs regionale gradienter er ofte omtalt som **sonal variasjon**, i motsetning annen variasjon som ofte går under betegnelsen asonal variasjon [**NiN BD 2: D3h**; se også R. Økland & Bendiksen (1985) for drøfting]. I Naturtyper i Norge er variasjonen langs lokale basisøkokliner (og tilstandsøkokliner) typiske eksempler på asonal variasjon, men det finnes også variasjon på en grov romlig skala som ikke er relatert til regionale (klimatiske) gradienter, og som derfor etter definisjonen hører inn under asonal variasjon. I Naturtyper i Norge opereres derfor med begrepet **asonal regional variasjon**, som innbefatter distinkt variasjon i artssammensetning på grov romlig skala (omtrent samme skala som variasjonen langs regionale økokliner, f.eks. forårsaket av vandringshistoriske eller andre historiske forhold), som ikke kan forklares av variasjon langs regionale (klimatiske) gradienter og som heller ikke kan beskrives som dominansutforminger. Håndteringen av **asonal regional variasjon** er drøftet i **NiN BD 2: D3k**. Det er intet skarpt skille mellom sonal og asonal regional variasjon, som det framgår av drøftingen av dyrearters og plantearters regionale fordeling i ferskvann mellom områder som har hatt innvandring av arter fra *Ancylus*-sjøen og områder som ikke har hatt det (omtalt i **NiN BD 2: D3i** punkt 1), som blir drøftet i kapittel **B1**. Forskjeller mellom det norske fastlandet og norsk Arktis innenfor tilsvarende bioklimatiske soner kan også ses på som en form for asonal regional variasjon på grunn av ulik innvandringshistorie, det samme gjelder inndelingen av havet i vannmassetyper (**C1**).

Kunnskapsgrunnlaget for dette dokumentet (**NiN BD 8**) er referanser til vitenskapelige arbeider m.m. slik denne kunnskapen er blitt eller vil bli oppsummert i NiNs kunnskapsbase (se **NiN BD 1: Fig. 15**).

Det finnes store mengder generell kunnskap som

kunne vært trukket inn til støtte for trinndeling og beskrivelse av regionale økokliner. Dette gjelder både (håndfast) deskriptiv informasjon, eksperimentelle undersøkelser som kan belyse viktige prosesser og, ikke minst, synspunkter og vurderinger med sterkere eller svakere basis i empiriske data. Prosjektet Naturtyper i Norge er i en startfase der begrensede ressurser og et enormt arbeidsfelt gjør det umulig å utnytte hele kunnskapsgrunnlaget. Ekspertgruppa har derfor valgt å arbeide på brei front, det vil si å bygge en akseptabel kunnskapsplattform for hele spekteret av naturvariasjon framfor å leite opp alle små detaljer for et mindre utvalg typer av natur.

I denne fasen av arbeidet med Naturtyper i Norge har derfor fokus vært på å få på plass en gjennomarbeidet oversikt over de viktige regionale økoklinene, også for havområdene, og en trinndeling av disse som er mest mulig konsistent med hensyn til kriterier for trinngrenser. Fordi trinnelte regionale økokliner er grunnlaget for å beskrive den viktige regionale variasjonen på andre naturtypenivåer, har vi hatt sterkt fokus på *operasjonalisering* av denne trinndelingen, det vil si å få på plass klartest mulige (mest mulig konkrete og målbare) grensekriterier mellom trinnene.

Den typiske økoklinen representerer i utgangspunktet gradvis (kontinuerlig) variasjon. Det gjelder også regionale økokliner. Likevel er alle økokliner, også de regionale, som nyttes i NiN, delt i trinn. Trinndelingen er et grep som er nødvendig for å knytte klare begreper til den økoklinale variasjonen (se **NiN BD 2: D3f**). For ordinære økokliner, som representerer kontinuerlig variasjon, er trinnene nummerert fra 1 til n. For lokale basisøkokliner representerer det laveste trinnet 'minst av' eller 'minst' og høyeste trinn 'mest av' eller 'størst' (**NiN BD 4: B2**). I henhold til tradisjonell begrepsbruk, vil imidlertid trinnene langs de bioklimatiske gradientene bli ordnet fra varmt til kjølig, og fra oseaanisk til kontinentalt klima. Statistisk sett er disse trinnene å betrakte som ordnete faktornivåer langs en variabel av ordnet faktorvariabel-type (**NiN BD 2: D6f**). I de tilfeller der variasjon langs en økoklin blir beskrevet som ulike økoklinuttrykk, er trinnene langs hvert økoklinuttrykk nummerert i separate nummerserier, A₁ til A_{n_A}, B₁ til B_{n_B} etc.

Det utvidete økoklinbegrepet omfatter også økokliner som består av ikke-ordnete faktornivåer med obligatorisk avkryssing av ett blant n trinn (FEn; se **NiN BD 2: D6f**). Begrepet 'trinn' blir også brukt for disse, men da uten at trinnene har noen definert relasjon til hverandre. For økokliner bestående av ikke-ordnete faktornivåer, er trinnene vilkårlig nummerert Y₁ til Y_n, uten at 1 da betyr 'minst' og n 'mest'. Dette er relevant for vannmassetypene i havet.

Angivelsen av kunnskapsstatus på en skala fra 0 til 5 følger **NiN BD 2: Fig. 1** og Tabell 1.



B Regional variasjon på land og i ferskvann

Det er lang tradisjon for å operere med to regionale økokliner for de norske landområdene inkludert Svalbard [se Moen (1998) og Elvebakk (1985, 2005a) for detaljert begrunnelse og beskrivelse]; en som er relatert til varme (bioklimatiske soner) og en som er relatert til oseanitet/humiditet (bioklimatiske seksjoner). Hovedtrekkene i Moens vegetasjonssone- og -seksjonsinndeling er nå også verifisert gjennom uavhengige analyser av et stort og landsdekkende datasett for klimatiske, topografiske og andre miljøvariabler (Bakkestuen et al. in press). Disse to regionale økoklinene blir lagt til grunn for beskrivelse av regional variasjon på land og i ferskvann. I tillegg finnes regional biogeografisk variasjon med langt mindre klart grunnlag i klimatiske faktorer. Noen av disse blir drøftet i kapittel D.

B1 BS – Bioklimatiske soner; variasjon på land og i ferskvann relatert til varme

Generell karakteristikk av BS

Alle organismer krever en viss minimumstilførsel av energi (varme) for å opprettholde sine livsfunksjoner, men størrelsen på denne energitilførselen varierer sterkt mellom arter og organismegrupper. Alle organismer har også ha en spesifikk øvre toleransegrense overfor varme, bestemt av deres evne til å tåle perioder med høy respirasjon, stort vanntap (høy transpirasjon), og fysiske tilpasninger til avledning av varme eller avkjøling. Ingen levende organismer utenom ekstremt termofile bakterier og arkéer vil imidlertid over tid kunne overleve temperaturer på over 60–70 °C. Alle organismer har derfor en nedre og en øvre grense langs en global gradient i energitilførsel (temperatur; varme i aller videste forstand) fra ekvator til polene og fra havnivå til toppen av de høyeste fjellene. BS er derfor på global basis en av de aller viktigste økoklinene, som forklarer arters utbredelse, breddegradsbestemt fordeling av klimasoner (tropisk, subtropisk, temperert, arktisk) og dominerende livsform (lauvtrær, bartrær, skogløse områder). Norge omfatter et ganske stort intervall nær den kjølige enden av denne økoklinen. Kompleksgradient-komponenten av økoklinen kan uttrykkes ved temperaturvariabler som på en eller annen måte uttrykker energitilførsel i løpet av ett år (eller en vekstsesong), for eksempel varmesummen, sommertemperaturen, årsmiddeltemperaturen og vekstsesongens lengde. Fordi arters evne til å utnytte henholdsvis lave og høye temperaturer varierer, vil ulike arters utbredelsesmønstre ikke ha eksakt samme geografiske relasjon til BS. I Norge vil arter med relativt bedre evne til å utnytte høye temperaturer ha et mer

sørøstlig utbredelsestygndepunkt (i de sommervarme områdene på Sørøstlandet) enn arter med relativt bedre evne til å utnytte en lang vekstsesong (disse artene får et mer sørlig utbredelsestygndepunkt, og finnes i et bredt belte langs kysten). Trinn langs BS blir betegnet bioklimatiske soner.

Relevant naturtypenivå der BS inngår i beskrivessystemet

BS er relevant for beskrivelse av regional variasjon på alle naturtypenivåer fra livsmedium (økosystemdel) til landskap (se NiN BD 2: D5e og NiN BD 2: Fig. 61).

Økoklinuttrykk og trinndeling

Økoklinuttrykk. BS har to økoklinuttrykk; ett for det norske fastlandet (A) og ett for norsk Arktis (Svalbard; B); se Tabell 1.

Tabell 1. Økoklinuttrykk for BS (bioklimatiske soner).

Uttrykk	Begrep	Kommentar
A	Det norske fastlandet (arktiske områder lengst nord unntatt)	både fastmarkssystemer og ferskvannssystemer; deler av kysten av Finnmark er inkludert i norsk Arktis og omfattes av økoklinuttrykk B
B	Norsk Arktis	Svalbard, Jan Mayen, Bjørnøya og kysten av Finnmark fra Nordkapp til Vardø

Den bioklimatiske soneinndelingen for landområdene anses å være direkte relevant for regional variasjon også i ferskvann. J. Økland & K. Økland (1999) viser at det både for karplanter og for dyregrupper med tilknytning til ferskvann forekommer utbredelsesmønstre (sørlige respektive nordlige) som likner dem man finner i terrestrisk natur. Det er imidlertid behov for å systematisere variasjon i artsutbredelser og artsmangfold i ferskvannssystemer over et større spekter av artsgrupper for å kunne avgjøre om trinndelingen av de to økoklinuttrykkene, som gitt i Tabell 2, også bør benyttes for å beskrive regional variasjon i ferskvannssystemer, eller om variasjon relatert til BS i ferskvann bør beskrives som et eget økoklinuttrykk. Inntil videre vil økoklinuttrykkene A og B bli benyttet for regional variasjon også i ferskvann (Fig. 1).

J. Økland & K. Økland (1999) viser dessuten at for en rekke grupper av ferskvannsorganismer (krepser, fisk), utgjør arter med sørøstlig utbredelse, altså med et relativt østlig utbredelsestygndepunkt, hovedtyngden av artene. Årsaken til disse sørøstlige utbredelsesmønstrene er delvis innvandringshistoriske, dels klimatiske. Et slikt regionalt utbredelsesmønster kan behandles på flere måter i NiN:

- som et økoklinuttrykk for BS bare relevant for ferskvannssystemer;

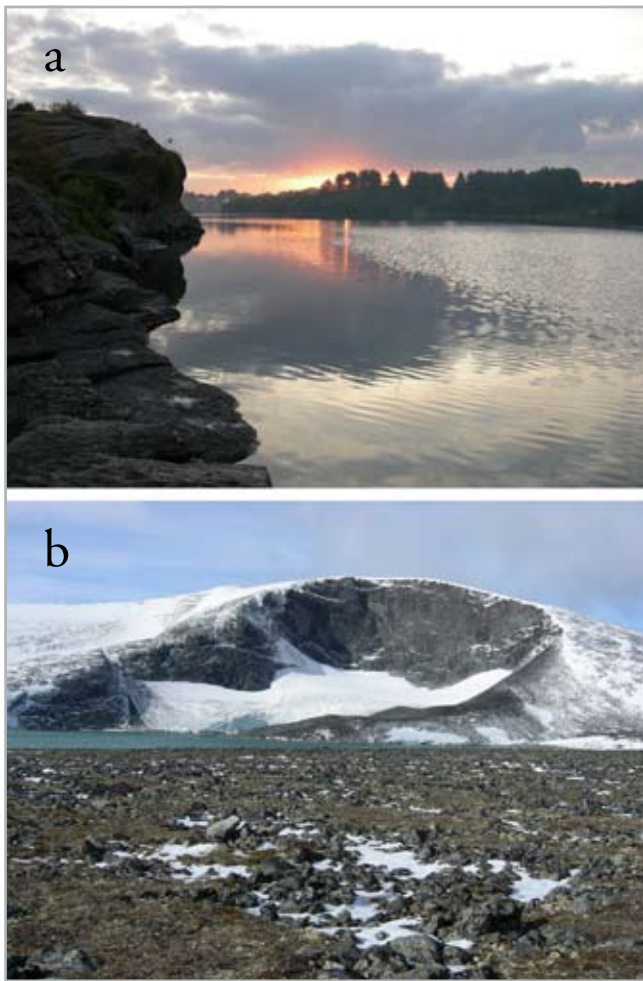


Fig. 1. Innsjøer nær endepunktene for bioklimatisk sonevariasjon i Norge. (a) Hålandsvatnet (Randberg, Rogaland), 8 m.o.h., ligger i boreonemoral sone. (b) Gjuvvatnet (Bøverdalen, Lom, Oppland), 1835 m.o.h., ligger i høgalpin sone og er antakelig den innsjøen i Norge som ligger høgst over havet. Foto: Rune Halvorsen

- som en egen økoklin i tillegg til BS, kanskje fortrinnsvis for asonal regional variasjon (se **NiN BD 2: D3k**).

Dette temaet er grundigere drøftet under overskriften 'Drøfting av andre temaer med relevans for BS', men ingen konklusjon er foreløpig trukket.

Trinnndeling. Oppdeling av økoklinen i åtte trinn (soner) for det norske fastlandet (økoklinuttrykk A; se Tabell 2) følger tradisjonen etter Sjørs (1963) og Ahti et al. (1968), med de endringer og forenklinger som er gjort i den norske vegetasjonssoneinndelingen, først av Dahl et al. (1986) og seinere av Moen (1998). Den bioklimatiske soneinndelingen for det norske fastlandet (unntatt de arktiske områdene) hos Moen (1998) er vist i **Artikkel 25**: Fig. 2a. Ett lokalt eksempel, sonkart over Verdal kommune i Nord-Trøndelag basert på Moen (1997), er vist i Fig. 2.

Oppdelingen av økoklinen for norsk Arktis (økoklinuttrykk B; Tabell 2, Fig. 3) følger Circumpolar Arctic Vegetation Map, et internasjonalt

samarbeidsprosjekt mellom botanikere som i 2003 la fram et sirkumpolart arktisk vegetasjonsskart (Anonym 2003) med fem bioklimatiske soner fra sør til nord innen Arktis (se også Elvebakk 1999, 2005a, Elvebakk et al. 1999). Elvebakk (2005b) har vist at hver av disse fem sonene representerer omtrent like store temperatursum-intervaller som de nord- og mellomboreale sonene i Fennoskandia, med en svak og gjennomgående økning av temperaturintervallet for sonene mot sør. Navnsettingen av trinn (soner) langs varmeøkolinen BS for norsk Arktis (sonene B3–B5 forekommer på Svalbard) følger forslaget fra Elvebakk (1999), som er akseptert av | viktige arktiske aktører som Norsk Polarinstitutt og Sysselmannen på Svalbard. Denne inndelingen er benyttet i de norske og nordiske standardfloraverkene. På Svalbard forekommer tre soner (B3–B5); se Fig. 3.

Elvebakk & Spjelkavik (1995) og Elvebakk (1999) antyder at sør-arktisk tundrasone (trinn B2) kanskje finnes på de lokalklimatiske gunstigste stedene på Jan Mayen, men nyere undersøkelser (B. Widding Larsen & A. Elvebakk, upubl. data) underbygger ikke denne hypotesen. Vi har derfor valgt ikke å avgrense noen sørarktisk tundrasonearealer nord for det norske fastlandet.

Grensa mellom det norske fastlandet (økoklinuttrykk A) og norsk Arktis (økoklinuttrykk B). Grensa mellom områder der økoklinuttrykk A og økoklinuttrykk B skal benyttes, har lenge vært omdiskutert. Sentralt i denne diskusjonen står en ganske smal brem på det norske fastlandet langs finnmarkskysten fra Nordkapp til Vardø, der skog mangler ved havnivået. Sjørs (1963, 1967) inkluderte nordøstkysten av Finnmark i den arktiske sonen, mens Ahti et al. (1968) under tvil konkluderte at Finnmark *ikke* er en del av Arktis, men med vegetasjon som utseendemessig er svært lik den arktiske. Ahti et al. (1968) bruker betegnelsen hemiarktisk om overgangssonen mellom skog og fjellhei omkring den polare skoggrensa, og setter til forstavelen oro- for høydebetingete belter langs BS-gradienten (se også Haapasaari 1988). Finnmarkskysten regnes i henhold til dette som orohemiarktisk. Andre finske forskere (Oksanen & Virtanen 1995) har forlenget den arktiske sonen gjennom Finnmarksvidda helt sør til det nordligste Finland. Dahl et al. (1986) opererer ikke med en 'hemialpin', 'hemiarktisk' eller lavarktisk sone på det norske fastlandet, men i alle nyere norske bioklimatiske studier er områder nord for den polare tregrensa på Finnmarks-kysten klassifisert som arktiske. Moen (1998) skiller for eksempel ut en lavarktisk sone i dette området på vegetasjonsregionkartet for Norge. I NiN har vi derfor, i tråd med gjengs oppfatning, valgt å bruke begrepet 'arktisk' for områder nord for den polare tregrensen, og 'alpint' for områder over den alpine tregrensen.

Den polare, eller arktiske, skoggrensa er klimatisk veldefinert. Karlsen et al. (2005) påviser et svært

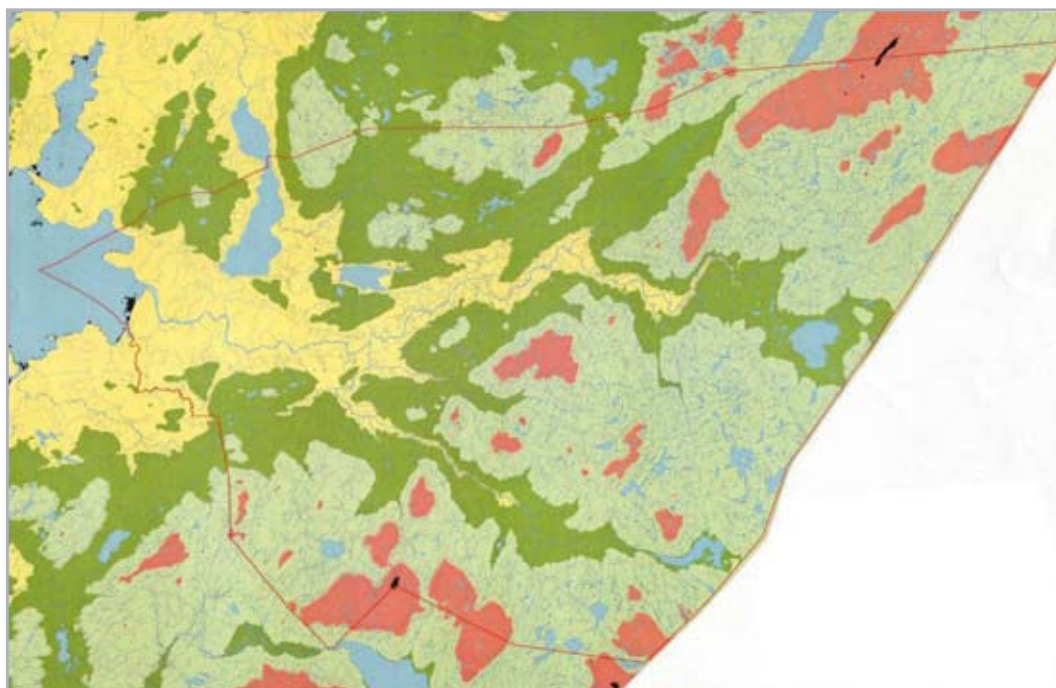


Fig. 2. Inndeling av Verdal kommune i Nord-Trøndelag i vegetasjonssoner (økoklinen BS). Fargene skiller vegetasjonssonene: gul – sør-boreal, mørkegrønn – mellomboreal, lysegrønn – nord-boreal, rød – lavalpin. Kartet er laget på grunnlag av sonekart og høydeangivelser for vegetasjonssonene hos Moen (1987, 1998). Kartproduksjonen er utført av Jon Rustan, Statens kartverk Aust-Agder, i samarbeid med Asbjørn Moen. Dette forsøkskartet er publisert med tillatelse fra Statens kartverk.

Tabell 2. Trinndeling av BS (bioklimatiske soner); økoklinuttrykkene A og B refererer seg til Tabell 1. Forkortelsene (SB, MB etc.) er i vanlig bruk, og er basert på henholdsvis forkortelser av norske vegetasjonssonenavn (Moen 1998) og engelske termer for arktiske bioklimatiske soner (Elvebakk 1999, Anonym 2003).

Trinn	Begrep	Kommentar
A7	høgalpin sone (HA)	de alpine sonene er høydebelter
A6	mellomalpin sone (MA)	de alpine sonene er høydebelter
A5	lavalpin sone (LA)	de alpine sonene er høydebelter
A4	nordboreal sone (NB)	
A3	mellomboreal sone (MB)	
A2	sør-boreal sone (SB)	
A1	boreonemoral sone (BN)	
B5	arktisk polarørkensone (APDZ)	
B4	nordarktisk tundrasone (NATZ)	
B3	mellomarktisk tundrasone (MATZ)	
B2	sørarktisk tundrasone (SATZ)	finnes i Norge kun langs den arktiske delen av kysten av Finnmark og der kun som høydebelteutforming over den arktiske kratt-tundrasonen.
B1	arktisk kratt-tundrasone (ASHTZ)	finnes i Norge bare langs nordkysten av Finnmark

godt sammenfall mellom den arktiske skoggrensa på Varangerhalvøya og en varmesum på 980 grad-dag-enheter (gde). Varmesummen regnes ut som summen av normal døgnmiddeltemperatur for alle dager der temperaturen er over null grader. I tråd med Elvebakk (1999), Anonym (2003) og Karlsen et al. (2005) har vi i NiN valgt å betrakte som arktisk (økoklinuttrykk B) områder nær finnmarkskysten hvor varmesummen ved havnivå er under 980 gde, det vil si omtrent fra Nordkapp til Vardø. Ved Makkaur, omtrent midt i dette området, er varmesummen nær havnivå estimert til 900 gde (Karlsen et al. 2005). Elvebakk (1999) setter sørgrensa for arktisk

natur i Norge ved julimiddeltemperatur på 10 °C, som samsvarer med posisjonen til polar skoggrensa ifølge mange klassiske studier. Dette gjelder imidlertid bare i områder med intermediær oseanitet, som i de nordøstlige delene av Finnmark. På Island ligger den polare skoggrensa nær 8 °C-isotermin for julimiddeltemperatur, mens den ligger nærmere 12,5 °C-isotermin i de mest kontinentale delene av europeisk Russland (Elvebakk 2005b). Elvebakk (2005b) viser imidlertid at den polare tregrensa langs hele denne sterke oseanitets-gradienten på tvers av det nordligste Europa karakteriseres av en temperatursum på 36 gme (grad-måned-enheter; summen av normal månedsmiddeltemperatur for alle måneder der temperaturen er over null grader) og altså er klimatisk veldefinert.

Lokalt kan imidlertid den polare skoggrensa være vanskelig å trekke. I relativt flate områder (slik som mange steder i Russland), utgjøres en stor del av arealet av myr. Store deler av fastmarksarealet mangler dessuten skog på grunn av sterk vindvirkning (vindabrasjon), slik at skogen bare finnes i beskyttede søkk. Mot vest (det vil si fra Russland innover i Norge) øker skogens mosaikkipreg ytterligere på grunn av at terrengrelieffet øker.

Det er minst fem utfordringer forbundet med grensedragning mellom de to økoklinuttrykkene sør for den polare skoggrensa:

1. Sonene er mer romlig komprimerte langs høydegradienten enn langs den arktiske nord-sør-gradienten. Dette innebærer at mens det i Arktis er gode argumenter for å operere med en femtrinnsinndeling, er det lang tradisjon for bare å skille ut tre alpine soner; en praksis som knapt har vært utfordret i de siste årtiene (jf. Tabell 2).

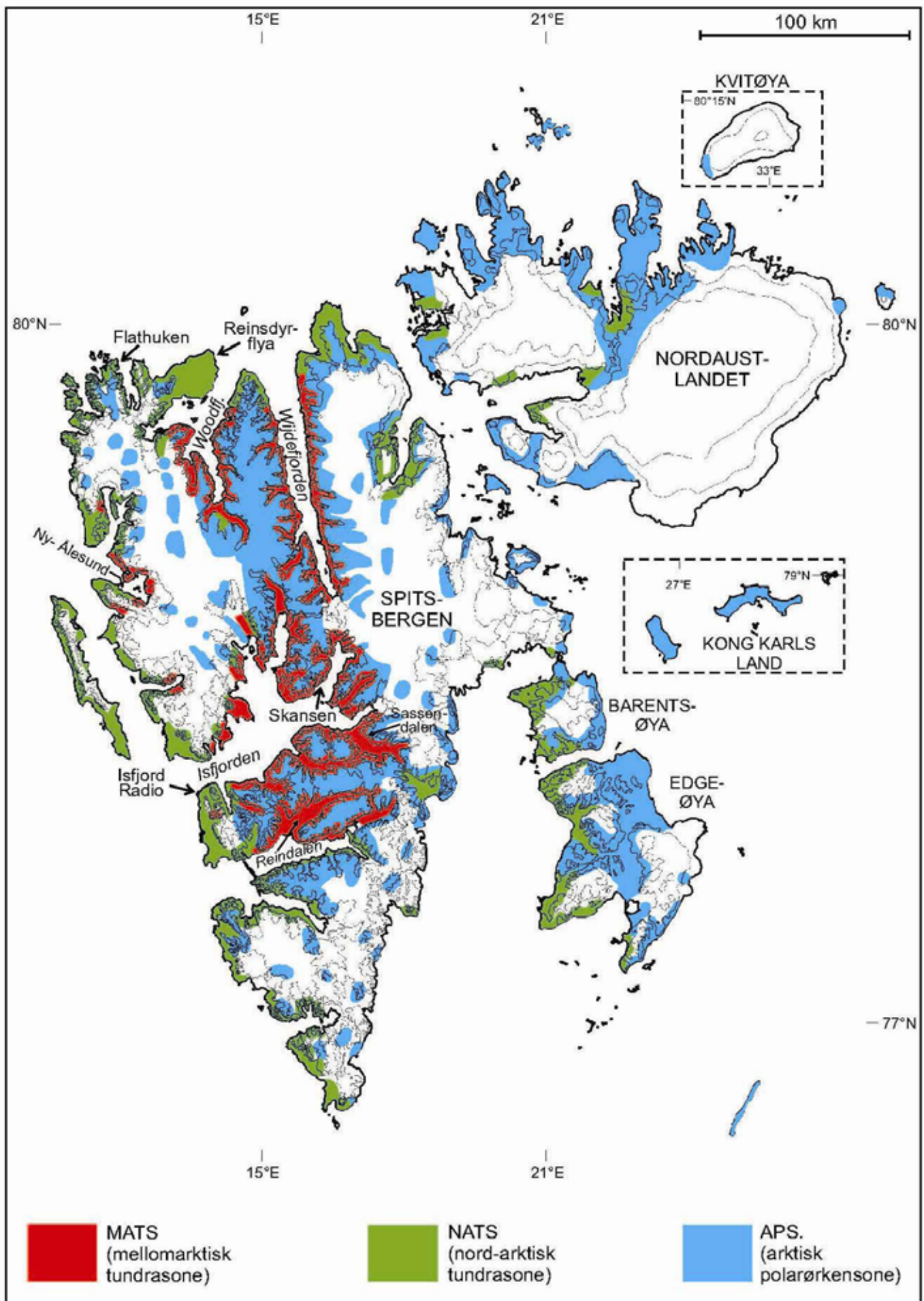




Fig. 3. Bioklimatiske soner på Svalbard. Sonene er definert i Tabell BS#2. Kartet er utarbeidet av Arve Elvebakk.

LAB [=Arctic shrub tundra zone/Low alpine belt] unit'. Dette løser imidlertid ikke den vanskelige utfordringen å trekke en grense mellom de områder der økoklinuttrykk 1 og 2 skal benyttes, og antyder at løsning 3 ikke er mulig å operasjonalisere.

4. Alle områder som henger sammen med områder nord for den polare skoggrensa, det vil si alle områder hvorfra det er mulig å nå kysten uten å krysse skogmark, regnes som arktiske. Med denne avgrensningen vil det finnes fire arktiske områder; det meste av Varangerhalvøya samt Nordkynhalvøya, Sværholthavøya og Magerøya. Det er flere gode argumenter for å velge denne avgrensningen:
 - a. Varangerhalvøyas sørlige områder over skoggrensa har et svakt bølgende landskap med arktisk tundra-preg (jf. drøfting av tundrabegrepet i **NiN BD 6: Artikkel 9**).
 - b. Alle de fire områdene er vel avgrenset mot boreal skogmark i sør.
 - c. Sørgrensa for Arktis vil med denne avgrensningen være bioklimatisk definert.
 - d. Den ytterste kyststripa mot Nordishavet har en annen innvandringshistorie enn områdene lenger sør. Det var den ytterste kyststripa i Finnmark som ble isfri først, og som fikk en bølge av de tidligste innvandrerne. Dette gjenspeiles i forekomsten av mange arktiske arter på Varangerhalvøya, mest i låglandet. Et typisk eksempel er varangervalmue (*Papaver dahlianum* ssp. *dahlianum*), som innenfor det norske området bare finnes på Varangerhalvøyas nordside opp til ca. 180 m mens en annen underart, svalbardvalmue (*Papaver dahlianum* ssp. *polare*), finnes på Svalbard.

I NiN har vi valgt å gå for alternativ 4; den videste av de foreslåtte avgrensningene av Arktis på det norske fastlandet. Som drøftet over, er dette det eneste av de fire alternativene som kan gis en entydig avgrensning og som kan begrunnes bioklimatisk.

Trinninndeling av det arktiske fastlandsområdet og paralleller mellom boreallalpine og arktiske soner. Oppdelingen av den arktiske parallellen til den lavalpine sonen (trinn A5) i en arktisk kratt-tundra sone (B1) og en sørarktisk tundrasone (B2) medfører inkonsistens mellom trinndelingene av de to økoklinuttrykkene fordi ett trinn langs økoklinuttrykk A svarer til to trinn langs økoklinuttrykk B. Denne inkonsistensen er i seg sjøl uheldig, og kan rettes opp ved:

1. at B1 og B2 slås sammen til en 'sørarktisk

tundrasone' (slik man for eksempel finner på noen vegetationsregionkart, blant annet enkelte russiske; se Anonym 2003), eller

2. at A5 deles i en nedre og en øvre lavalpin sone.

Det er gode argumenter for å beholde todelingen av den 'sørarktiske tundrasonen' i en kratt-tundrasone (B1) og en sørarktisk tundrasone i snever forstand (B2):

1. Det kanskje sterkeste argumentet for denne todelingen er at en samlet sør-arktisk sone spenner over omtrent dobbelt så stort temperaturintervall som hver av de tre neste arktiske sonene mot nord, og som de mellom- og nordboreale sonene lenger sør (Elvebakk 2005b). Dette argumentet er også et argument for å dele den lavalpine sonen på fastlandet i to (se nedenfor).
2. Det arktiske fastlandsområdet dekker lite areal i Norge, men vi kan få god hjelp til å definere de arktiske sonene på det norske fastlandet ved å se mot øst (Russland) og mot vest (Grønland og Canada). De to sonene B1 og B2 er svært godt skilt på Grønland (Anonym 2003). Der finnes SATZ langs kysten i hele den sørligste delen, mens ASHTZ bare forekommer inne i dei beskytta fjordane.
3. I låglandet nord på Varangerhalvøya finnes en relativt veldefinert B1-sone dominert av krattformende vierarter og dvergbjørk (*Betula nana*), riktignok lokalt sterkt nedbeita av rein på Varangerhalvøya. Denne sonen synes i bioklimatisk henseende å svare om lag til den nederste halvdel av lågalpin sone. Det kanskje sterkeste særpreget ved B1 på det norske fastlandet er totaldominansen av krekling (*Empetrum nigrum*), slik man for eksempel finner ved kysten.

Sjøl om det altså i prinsippet er mulig å definere to arktiske soner på fastlandet, vil det i praktisk kartlegging kunne være vanskelig å avgrense dem, siden den andre (B2) utgjør et høydebelte over den første (B1). Dette er imidlertid ikke den eneste avgrensningsutfordringen innenfor et vidt avgrenset arktisk fastlandsområde. Enkelte steder innenfor dette arealet når terrenget så store høyder over havet at toppene ville ha havnet i høg-alpin sone i tradisjonell terminologi. På Varangerhalvøya finnes mindre arealer over 600 m (det høyeste punktet sentralt på Varangerhalvøya er Skipskjølen, 633 m a.s.l.; absolutt høyeste punkt er Stangestind langs Tanafjorden i Tana kommune, 725 m a.s.l.), på Nordkyn er høyeste punkt (Storvarden på Sandfjellet) 486 m a.s.l., på Magerøya 417 m a.s.l. (Gråkollfjellet), og høyeste punkt på Sværholthavøya (Slettjellet) rager 578 m a.s.l. Soneinndeling av høyereliggende arktiske områder på det norske fastlandet er svært utfordrende; det er blant

annet uvisst om disse områdene burde karakteriseres som høgarktisk sone eller som polarørken. De høyestliggende områdene på Varangerhalvøya antas å være biologisk veldig interessante, men er vanskelig tilgjengelige og botanisk sett svært dårlig utforsket (Karlsen et al. 2005). Noen steder finnes nakne, kvite kvartsittberg (forvittringsblokkmark), men der finnes også kalkgrusfelt på svært utilgjengelige steder høyt over havet, som knapt har blitt besøkt av botanikere og som *kan* huse en svært interessant flora. Utseendemessig har disse høytliggende områdene likhetstrekk med polarørken.

Begrepet *arctic shrub tundra* er vel innarbeidet internasjonalt (jf. Anonym 2003), men (ennå) ikke i Norge. Begrepet *shrub* (kratt) karakteriserer den diagnostiske vegetasjonens utseende presist (mens busk beskriver den dominerende plantevekstformen i dette systemet, jf. definisjonene i **NiN BD 6: Artikkel 4**).

Inndelingen av det norske fastlandsområdet i boreal/alpine bioklimatiske soner. Fra midten av 1980-tallet har en inndeling i åtte vegetasjonssoner for det norske fastlandet, slik den kommer til uttrykk i Nasjonalatlas for Norge (Moen 1998), hatt tilslutning fra de aller fleste vegetasjonsgeografer. Kartet hos Moen (1998) er en videreutvikling av en konsensusinndeling laget på midten av 1980-tallet (Dahl et al. 1986), som i sin tur tok utgangspunkt i Ahti et al. (1968). Biogeografisk forskning etter 1998 utfordrer denne åttedelingen på to punkter:

1. Delingen i tre alpine soner utfordres av delingen av den sør-arktiske sonen, den arktiske parallellen til lavalpin sone, i to soner (B1 og B2).
2. Avgrensningen av nemoral sone, hos Moen (1998) liksom i tidligere arbeider (Abrahamsen et al. 1984, Dahl et al. 1986), til den sydligste kyststripen fra Telemark til Sør-Rogaland, utfordres av Bakkestuen et al. (2008; se også **Artikkel 25** bakerst i dette dokumentet) sin analyse av regional (geoklimatisk) variasjon.

Det kanskje viktigste argumentet for todeling av den arktiske parallellen til den lavalpine sonen (punkt 1 ovenfor), er at sørarktisk sone i vid forstand og lavalpin sone begge utspenner mye større klimavariasjon enn de andre sonene (Elvebakk 2005b). Dette bekreftes også av Bakkestuen et al. (2008; se **Artikkel 25**: Fig. 4), som finner at de tre alpine sonene til sammen utspenner omtrent den samme klimavariasjonen som de fem sonene fra nemoral til nordboreal hos Moen (1998). Grunnen til at vi i Naturtyper i Norge ikke (ennå) gjennomfører en oppdeling av lavalpin sone, er uklarhet med hensyn til hvor godt egnet de biologiske skillekriteriene som er ansett for viktige mellom B1 og B2 er til å skille mellom to lavalpine soner. For eksempel angir Moen (1987) at øvre grense for vierkratt i Midt-Norge sammenfaller med øvre grense for blåbærdominert hei (ledisevegetasjon).

Skillet mellom kratt- og dvergbuskdominans vil i så fall ikke kunne brukes til å skille to lavalpine soner. Dahl (1957) antyder at velutviklete podsolprofiler mangler i øvre del av lavalpin sone og at mange typiske 'skogarter' når sin høydegrense et sted midt i lavalpin sone. Han drøfter derfor muligheten for at disse forekomstene kan være relikter etter en postglasial varmetidsskog som nådde et godt stykke opp i det som i dag er lavalpin sone. Det er behov for mer kunnskap om graden av sammenfall mellom ulike kriterier for avgrensning av to lavalpine soner som grunnlag for eventuell deling av A5.

Bakkestuen et al. (2008) finner at den nemorale sonen hos Moen (1998), definert først og fremst ved forekomst av eikeskoger på basefattig grunn, ikke er avgrenset på grunnlag av samme klimakriterier som sonene fra A1 (boreonemoral) til A7 (høgalpin). Bakkestuen et al. (2008) foreslår derfor at nemoral sone 'forskyves' østover til området omkring ytre Oslofjord. En forskyvning av nemoral sone vil imidlertid ha den svært uheldige bieffekten at den omdefinerte nemorale sonen i Norge ikke vil 'henge sammen med' den nemorale sonen i vårt naboland Sverige, som ifølge Sjørs (1963) er begrenset til Hallandskysten, Skåne og Blekingekysten. Sjø om Bakkestuen et al. (2008) argumenterer for forekomsten av nemoral sone i Norge med at boreonemoral sone slik den er avgrenset av Moen (1998) ikke utspenner en 'breiere' klimaspennvidde enn andre soner (se også **Artikkel 25**: Fig. 4), er det likevel mulig at så ikke er tilfellet. Nær ytre Oslofjord, der den reviderte nemorale sonen skulle hatt sitt tyngdepunkt, trekkes tradisjonelt grensa mellom boreonemoral og sørboreal sone omkring 200 m, mens den sørboreale sonen strekker seg opp til 450–500 m. Figuren (**Artikkel 25**: Fig. 4) viser at også andre soner har en del 'avvikere' i ordinasjonsdiagrammet, som kan forklares ved den relativt fine oppløsningen som er benyttet (observasjonsenheter 1 km²). Det er derfor å forvente at 'endesonene' langs gradienten vil utspenne et breiere intervall enn de andre sonene, fordi avvikene vil bli inkludert i det området sonen utspenner. I kapitlet om Relevant skala blir det dessuten pekt på at lokalklimatisk gunstige flekker med et klima som tilfredsstiller kravene til nemoral sone finnes mange steder i Sør-Norge, men at disse ikke skal fanges opp som 'sone-eksklaver' når gjennomsnittsførhold for større observasjonsenheter blir lagt til grunn for regioninndelingen. Ytterligere ett punkt med relevans for eikeskog som kriterium for nemoral sone, er at grana mangler på Sørlandet av vandringshistoriske årsaker (Hafsten 1992). Det er derfor mulig at eikeskogene på basefattig grunn på Sørlandet, gitt uendra klimabetingelser, over tid vil få sterkere innslag av gran. Det er også mulig at Sørlandets mer oseaniske klima (enn det man finner lenger øst) fremmer forekomsten av eikeskoger. I så fall er eikeskogskriteriet ikke egnet som sonekriterium annet enn innenfor

en snevrere variasjonsbredde langs den bioklimatiske seksjonsøkoklinen (BH). I NiN har vi, som en foreløpig løsning i påvente av grundigere undersøkelser, valgt å betrakte den nemorale sonen som *ikke forekommende* i Norge.

Variabeltype

BS er i utgangspunktet en kontinuerlig variabel, som i NiN vil bli trinndelt og oppfattes som en ordnet faktorvariabel av typen envalgsfaktor med obligatorisk avkryssing (ethvert punkt på den norske landjorda har en entydig plassering langs økoklinen); OE(8|5), se **NiN BD 2: D6f**. Den vil imidlertid sannsynligvis etter hvert i større grad bli registrert på en trinnløs skala (trinnløse sonemodeller; Bakkestuen et al. 2008; se **Artikkel 25** i Vedlegget).

Relevant skala

I henhold til grunnversjonen av regioninndelingen i **NiN BD 2: E5b** skal regionene, og dermed også trinnene langs BS, primært adressere 10 km lineær oppløsning, pikselstørrelse 4 km² og kartleggbarehet i målestokken 1:1 000 000. Det er imidlertid åpning for at sonene (trinnene) kan ligge (vesentlig) tettere i deler av landet med svært grovt relieff (**NiN BD 2: E5b**); se Fig. 4.

Det finnes (betydelig) variasjon i miljøforhold og artssammensetning på finere skala (lokale basisøkolinier; se **NiN BD 4: Tabell 1**) som i større eller mindre grad er relatert til de samme miljøfaktorene som den regionale økoklinen. Særlig gjelder dette innstråling (IS) og høyderelatert vekstsesongreduksjon i arktisk-alpine områder (HV), men det gjelder også i noen grad frostvirkning på marka (FM) og helning (HE). På lokalklimatisk gunstige steder (med høy innstråling og moderat helning) vil varmetilførselen, og dermed også artssammensetningen, indikere en plassering nærmere lav-verdienden av BS-økolinien. Moen (1998) beskriver da også hvordan nord- og sørvendte lier i samme område har egenskaper som er typisk for nabotrinn langs BS.

Om vi legger til grunn at angivelse av trinn langs en regional økoklin gjøres på grunnlag av 'gjennomsnittsverdien' for det området som skal typifiseres, vil forekomsten, særlig av lave trinn langs økoklinen, kunne bli vesentlig forskjellig, avhengig av hvilken romlig skala som adresseres. Dette fordi forekomst av lokale eksklaver med gunstige forhold i en matrix av mindre gunstige forhold er vanlig i Norge. Moen (1998) nevner blant annet at det som utfigureres som nemoral sone på vegetasjonssonekartet over det norske fastlandet egentlig er en mosaikk av nemorale og boreonemorale elementer. Aas (1970) beskriver utpostlokaliteter for varmekjær edellauvskog i Telemark (typisk for sørboreal sone) opp til 800 m over havet, som normalt regnes som nær grensa mellom mellom- og nordboreale soner (R. Økland & Bendiksen 1985).

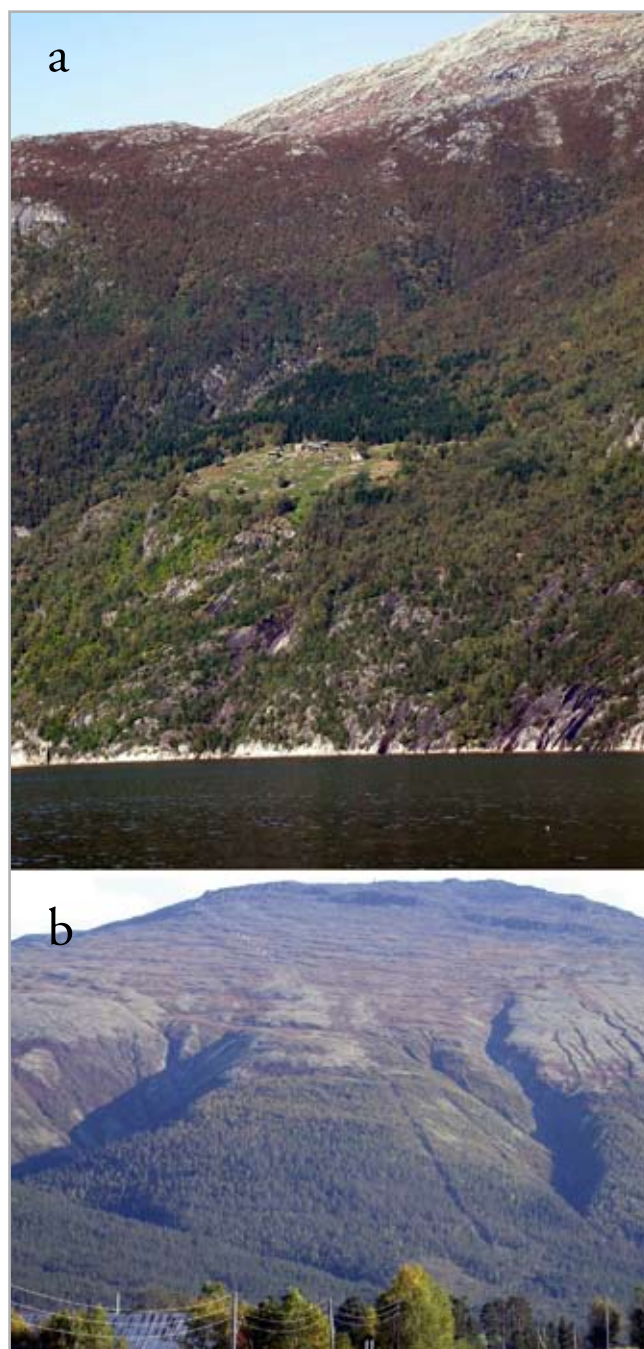


Fig. 4. I deler av Norge med grovt terrengrelieff, utgjør de biogeografiske sonene høydebelter med vertikal utstrekning mellom 200 og 400 m. (a) Den sørvendte nordsiden av Eidfjorden, en sidearm til Hardangerfjorden, omfatter alle de sju bioklimatiske sonene på det norske fastlandet, fra boreonemorale sone ved havnivå til høgalpin sone nær toppen av fjellet Onen (1620 m.o.h.) uten for bildekanten bak til høyre. De fraflyttete Skor-gårdene 310–340 m.o.h. ligger i sørboreal sone. Skoggrensa ligger omkring 800 m.o.h. mens heiene i lavalpin sone er synlige som rødbrune felter som strekker seg opp til omkring 1100 m.o.h. Bildet er tatt 20. september 2003 (Eidfjord, Hordaland). (b) Den slake nordvestskråningen av Tronfjellet (Alvdal, Hedmark) omfatter de fem øverste bioklimatiske sonene i Norge, fra mellomboreal sone i dalbunnen (470 m.o.h.) til høgalpin sone på toppen av fjellet (1666 m.o.h.). Skoggrensa ligger omkring 950 m.o.h. Bjørkeskogbeltet oppunder skoggrensa utgjør den øveste delen av den nordboreale sonen. Lavalpine heier er også på dette bildet, som er tatt 11. september 2003, karakteristisk rødbrune, og går over i mellomalpine lav- og tørrgrasheier som er litt lysere i fargen. Foto: Rune Halvorsen

Oppløsningen, det vil si pikselstørrelsen som legges til grunn for 'beregning' av plassering langs BS-økolinien,



vil avgjøre om slike utposter skal oppfattes som sørboreale eksklaver eller bidra til at (gjennomsnitts)plasseringen av et større område omkring edellauvskogsforekomsten skal karakteriseres som mellomboreal sone. Valget av kornstørrelse (oppløsning) for BS er ytterligere aktualisert av 'PCA-Norge' (Bakkestuen et al. 2008), den trinnløse modellen for sone- og seksjonstilørighet som gjør det mulig å beregne et områdes plassering langs BS (og BH) ved bruk av digitale terrengdata og interpolerte klimadata. PCA-Norge er kort drøftet i avsnittet 'Drøfting av andre temaer med relevans til LV'. Inntil videre er altså 4 km² lagt til grunn. Bakkestuen et al. (2008) viser at hovedtrekkene i inndeling av landet langs LV-økoklinen er stabil i skalaintervallet (pikselstørrelsen) 1–100 km². Det betyr at valget av pikselstørrelse vil påvirke trinntilørigheten til enkeltpikslar, men uten å endre det store bildet.

Spørsmålet om oppløsning er særlig avgjørende for forekomsten av det varmeste trinnet, det nemorale (se drøfting av trinndelingen), som hos Moen (1998) er utfigurert for kysten av Sør- og Sørøstlandet, først og fremst sørvendte områder (Moen 1998). Desto finere oppløsning som legges til grunn for beregning av trinntilørighet, desto lengre vekk fra det nemorale kjerneområdet (hvordan det enn blir avgrenset), vil utfigurerbare nemorale eksklaver kunne finnes. Et relevant spørsmål som eksemplifiserer dette, stilt av Geir Gaarder, er om det er grunnlag for betrakte områder på sentrale Vestlandet (Hordaland, Sogn) som nemorale. De boreale sonene (inkludert BN) viser jo en viss forskyvning som følge av de lokalklimatiske gode forholdene en får i sørvendte fjordlier, og det samme burde derfor i prinsippet gjelde for nemoral sone. Den positive effekten havvannet i fjordene har på vekstsesongen og de bratte sørvendte liene (som både gir mye sol og beskyttelse mot kjølige vinder fra nord) kan her gi vesentlig høyere varmesummer enn både ute på kysten, i innlandet og i flatere landskap. Særlig deler av Indre Sogn synes å kunne ha et gunstig klima (Sognefjorden er stor, liene er reint sørvendte og bratte, og nedbørmengdene moderate). Flere artsforekomster peker også i retning av uvanlige gunstige forhold for varmekjære arter. Eksempler på dette er pelskjuke (med unntak av ett funn fra Rennesøy i Rogaland bare kjent fra et begrenset område i Sogndal, Leikanger og Balestrand – også utpreget sørlig og varmekjær for øvrig i Nord-Europa), men også askegryle (bare en lokalitet i Leikanger, internasjonalt temperert/tropisk art som for øvrig ikke er påvist i Europa), samt to billearter i Fatlaberget på grensa mellom Leikanger og Sogndal (ei bladbille på berggull (*Erysimum hieraciiifolium*) med nærmeste forekomst i Nord-Tyskland trolig, og ei løpebille (*Panagaeus bipustulatus*) med nærmeste forekomst i Skåne. Det som også kjennetegner disse artene er at det ikke virker som om de har spesielt snevre levestedskrav og at de, om ikke klimaet hadde vært

begrensende faktor, burde hatt en mye større utbredelse lenger sør i Norge. Artene virker samtidig primært varmekjære, og ikke spesielt kystbundne (trenger sikkert ganske vintermildt klima, men kan ikke betraktes som oseaniske eller suboseaniske). Kanskje kan et relativt sterkt tidligere fokus på bruk av karplanter som indikatorer (disse vil vel ofte ha dårligere spredningsevne enn sopp og mange insekter, og dermed lettere bli stoppet av diverse barrierer i Norge), være en årsak til at klimaet i fjordene på Vestlandet har blitt "undervurdert"? De trinnløse sone- og seksjonsgradientene i PCA-Norge (Bakkestuen et al. 2008) gir ikke direkte støtte for slike nemorale eksklaver. Håndteringen av 'sone-eksklaver' er til syvende først og fremst et spørsmål om romlig skala. Sannsynligvis er ingen av sogneeksklavene store nok til å fylle kravet til 4 m² romlig utstrekning. Den foreløpige konklusjonen om at nemoral sone ikke finnes i Norge, er knyttet til bruken av 4 m² som minste utfigureringsareal.

Relasjon til andre økokliner

Det finnes variasjon i miljøforhold og artssammensetning på finere skala (lokale basisøkokliner; se **NiN BD 4: Tabell 1**) som i større eller mindre grad er relatert til de samme miljøfaktorene som den regionale økoklinen BS. Særlig gjelder dette innstråling (IS) og høyderelatert vekstsesongreduksjon i arktisk-alpine områder (HV), men også i noen grad frostvirking på marka (FM) og helning (HE). For eksempel er IS et direkte uttrykk for varmetilførsel, som adresserer en mye finere skala i rom og tid. Områder med høy innstråling kjennetegnes først og fremst ved at de blir eksponert for direkte sollys. Økoklinen HV gjenspeiler direkte skillet mellom trinnene A6 lavalpin og trinn A7 mellomalpin i den arealmessig viktige økosystem-hovedtypen fjellhei og tundra, og er lagt inn som egen lokal basisøkoklin med to trinn på grunn av økologiske vesensforskjeller mellom de lavalpine og de mellomalpine fjellheiene.

De lokale basisøkoklinene FM Forstvirking på marka (spesielt forekomsten av trinn Y2 permafrostmark; se **NiN BD 6: Artikkel 16**) og HE har også en viss relasjon til BS.

Lokalt vil de regionale økoklinene BS og BH kunne ha større eller mindre sammenfall; det vil si at økende høyde over havet innebærer overgang til et høyere BS-trinn (en kjøligere sone) og, samtidig, til et lavere BH-trinn (høyere humiditet). Årsaker til dette er at økende høyde over havet ikke bare innebærer redusert varme, men også ofte økende nedbørhøyder (Sjøs 1948, Førland 1979) som sammen med redusert fordampning (evapotranspirasjon) resulterer i økt humiditet. Ett eksempel på slike lokale sammenfall finnes i indre Østfold (R. Økland 1989).



Drøfting av, og kommentarer til sentrale begreper

Trinnene langs nord/sør-gradienten blir vanligvis kalt soner, mens den høydebetingete variasjonen vanligvis kalles belter [se Ahti et al. (1968) for en utførlig drøfting av begreper brukt for variasjonen langs BS. Ahti et al. (1968) setter forstavelen 'oro-' foran sonenavnet for å markere at det er tale om høydebetinget variasjon, til forskjell fra sør-nordvariasjon. Ettersom varmerelaterte faktorer desidert er viktigst for variasjonen i artssammensetning langs BS, er det imidlertid ikke ut fra biologisk synsvinkel grunnlag for å skille mellom soner og belter (Moen 1998).

Mange ulike begreper har blitt benyttet for å karakterisere trinnene langs økoklinen. Fordi det er tale om variasjon såvel i vegetasjonens artssammensetning, arters utbredelse og de klimafaktorene som betinger artsfordelingsmønstrene, det vil si økokinal variasjon (NiN BD 2: D1c), har vi valgt å bruke begrepet bioklimatiske soner for trinn langs økoklinen BS.

Karakterisering av trinnene

Trinnene langs BS-økoklinen kan karakteriseres som en sammensatt funksjon av variasjon i en rekke målbare klimafaktorer, særlig relatert til varmeenergitilførsel (varmesum, vekstsesongens lengde; Bakkestuen et al. 2008), og en lang rekke botaniske kriterier (Moen 1998, Elvebakk 1999, 2005a). Elvebakk (2005b) viser at grensene mellom de boreale og arktiske bioklimatiske sonene kan defineres ved hjelp av månedlige temperatursummer, det vil si summen av månedsmiddeltemperaturene for måneder der denne overskrider 0 °C (Tabell 3). Merk at sonebredden i gme-enheter øker svakt mot et varmere klima; det viser at det ikke er en lineær sammenheng mellom biologisk respons og gme-skalaen.

Tabell 3. Bioklimatiske sonegrenser karakterisert ved månedlige temperatursummer, det vil si summen av månedsmiddeltemperaturene for måneder der denne overskrider 0 °C (enhet: gme = grad-måned-enheter). Sammenstilt etter Elvebakk (2005b). Sonebetegnelse følger Tabell 2.

Sonegrense	Månedlig temperatursum (gme)
SN-MB	62
MB-NB	48
NB-ASHTZ	36
ASHTZ-SATZ	26
SATZ-MATZ	17.5
MATZ-NATZ	10.5
NATZ-APDZ	4

En utfyllende karakteristikk av de bioklimatiske sonene tilpasset NiN er under utarbeidelse. Noen typiske eksempler på dominerende naturtyper på økosystem-nivå innenfor hver av de sju bioklimatiske sonene er vist i Fig. 5–6.

Sammenlikning av trinndeling i NiN med trinn i andre arbeider.

NiN viderefører, med få unntak, det begrepsapparatet for bioklimatiske soner som er vel innarbeidet i Norge i dag; vegetasjonssonene i 'Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon' (Moen 1998), den bioklimatiske inndelingen av Arktis som nyttes i det panarktiske floraprojektet (Elvebakk 1999, Elvebakk et al. 1999) og det sirkumarktiske vegetasjonskartet (Anonym 2003). Relasjoner til begrepsapparat i eldre arbeider er drøftet hos Ahti et al. (1968), Moen (1998) og Elvebakk (1999). Fig. 7 viser korrespondanse mellom soner (trinn langs BS-økoklinen) i en rekke viktige arbeider. En tilsvarende sammenlikning av arktiske soneinndelinger finnes hos Anonym (2003).

Drøfting av andre temaer med relevans for BS

Geografisk variasjon i artssammensetningen i ferskvann relatert til innvandringshistorie – del av BS eller egen økoklin for asonal regional variasjon? Denne problemstillingen, som reises i avsnittet 'Økoklinuttrykk og trinndeling', har som utgangspunkt J. Økland & K. Økland (1999) sin svært grundige oversikt over dagens utbredelse av ulike organismegrupper i ferskvannssystemer. En del av disse utbredelsesmønstrene kan forklares av fordelingen av viktige miljøfaktorer idag, men svært mange utbredelsesmønstre er umulig å forklare uten kunnskap om innvandringshistoriske forhold. Hovedgrunner til dette er at ferskvannsføremønstre utgjør øyer i en matrix av landområder og havområder, at denne matrixen er ubeboelig for de aller fleste egentlige ferskvannsorganismer, og derfor at matrix utgjør en svært sterk barriere mot spredning. For de aller fleste grupper av ferskvannsorganismer utgjør dessuten hurtigstrømmende elvepartier barrierer mot spredning oppover i vassdragene. Det er derfor som forventet at innvandringshistorie er spesielt viktig som årsak til nåtidig utbredelse for ferskvannsorganismer.

Det er overveiende sannsynlig at hele Norge var nediset minst én gang i løpet av siste istid. For ca. 13 000 år siden ble klimaet betydelig mildere og isavsmeltingen skjøt fart. Fra denne tida begynner ferskvannsorganismer å dukke opp i innsjø- og torvsedimenter. I flere perioder gjennom etteristida har det vært store sjøer eller hav der Østersjøen ligger nå. Fram til og med Yngre Dryas (til for ca. 10 000 år siden) lå isranda i dette området, og foran isranda lå den baltiske israndsjøen. I Preboreal periode (for ca. 9 000–10 000 år siden) trakk isen seg tilbake og saltvann strømmet inn i den baltiske issjøen, som i en tusenårsperiode var et saltvannshav (Yoldia-sjøen). I Boreal periode (ca. 8 000–9 000 år siden) var igjen området som idag utgjør Østersjøen (og større landområder utenfor dette området) avsnørt fra havet, og utgjorde det store innlandshavet *Ancylus*-sjøen (Fig. 8). En rekke ferskvannsdryearter [og også en del plantearter som for eksempel brudelys (*Butomus umbellatus*) og



Fig. 5. Eksempler på dominerende naturtyper (grunntyper innenfor fastmarksskogsmark) innen de bioklimatiske sonene fra boreonemoral til nordboreal. (a) Lågurt-skogsmark i boreonemoral sone (Jeløy, Moss, Østfold); undervegetasjonen dominert av ramsløk (*Allium ursinum*), tresjiktet med blanding av gran og hassel. (b) Mosaikk av granddominert småbregne-skogsmark og småbregne-fuktskogsmark i sørboreal sone (Solhomfjell-området, Gjerstad, Aust-Agder). (c) Granddominert blåbærskogsmark i mellomboreal sone (Grytdalen, Tørdal, Drangedal, Telemark). (d) Åpen, beitepåvirket bjørkedominert lågurtskogsmark i øvre del av nordboreal sone (Grimsdalen, Dovre, Oppland). Foto: Rune Halvorsen.

pillblad (*Sagittaria sagittifolia*) har en 'knipetang'-utbredelse i Fennoskandia; det vil si at de når Norge fra sørøst og finnes på Sørøstlandet og i Finnmark. Disse områdene var lett å nå fra *Ancylus*-sjøen gjennom rolige vannveier (J. Økland & K. Økland 1999). En art som i dag forekommer over hele det området som var lett å nå fra *Ancylus*-sjøen, er abbor (*Perca fluviatilis*; Fig. 9a), mens mort (*Rutilus rutilus*) er et eksempel på en art med en mer begrenset utbredelse (begrenset til søndre Østlandet; Fig. 9b). J. Økland & K. Økland (1999) nevner mange dyrearter, fra flere ulike artsgrupper, som har et liknende utbredelsesmønster. Eksempler på arter med knipetangutbredelse er stor damsnegl (*Lymnaea stagnalis*) og mysis (*Mysis* sp.), den langhalet istidskrepsen, mens andemusling (*Anodonta anatina*) og firetorner istidskreps (*Pallasea quadrispinosa*) er begrenset til Sørøst-Norge. Det store antallet karplantearter med sørøstlig utbredelse som er knyttet til ferskvann, skyldes mest sannsynlig at deres varmekrav og krav til et baserikt miljø i større grad er oppfylt i sørøst og i nord (J. Økland & K. Økland 1999).

Det sørøstlige utbredelsesmønsteret for ferskvannsorganismer, først og fremst ferskvannsdyr, gjenfinnes hos mange arter fra mange artsgrupper og utgjør et av de aller sterkeste regionale trekkene i artssammensetningsvariasjonen for disse artsgruppene (se J. Økland & K. Økland 1999). Det er åpenbart at dette mønsteret først og fremst har sin årsak i innvandringshistoriske forhold, i motsetning til hos karplantearter med sørøstlig utbredelse, som favoriseres av varme somre og først og fremst antas å være begrenset av klimaforholdene slik de er i dag. Det er imidlertid knapt mulig å avgjøre den relative betydningen av innvandringshistoriske kontra resente forhold i hvert tilfelle. Grundigere kvantitativ analyse av utbredelsesmønstre hos ferskvannsorganismer er derfor nødvendig for å vurdere hvordan regional variasjon i ferskvann best kan håndteres i NiN.

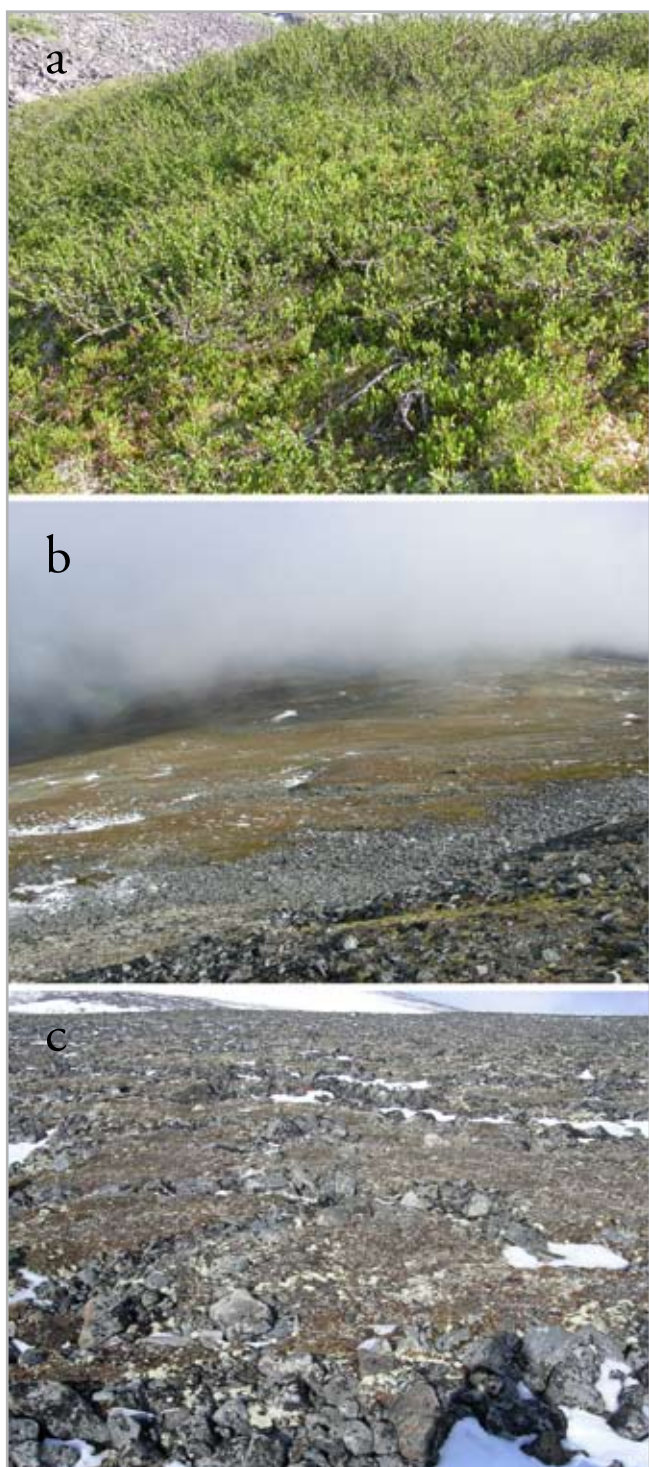


Fig. 6. Eksempler på dominerende naturtyper innen de alpine bioklimatiske sonene. (a) Fjellhei og tundra, grunntype blåbær-lesidehei, dominert av blåbær (*Vaccinium myrtillus*), blålyng (*Phyllodoce caerulea*) og dvergbjørk (*Betula nana*). Blåbærdominert hei er karakteristisk for lavalpin sone. Breidsæterdalen, Bøverdalen, Lom, Oppland. (b) Fjellhei og tundra, grunntype tørrgrashei, synlig som rødbrune flekker blant forvittringsblokkmark. Tørrgrasheia, som karakteriserer mellomalpin sone, får sin rødbrune farge på grunn av dominansen av rabbesiv (*Juncus trifidus*). (N f Gjuvvasshøi, Bøverdalen, Lom, Oppland) (c) Høgalpin polygonmark (steinsirkler i polygonmønster, med vegetasjon på finere substrat inni sirkelene), økosystem-hovedtypen oppfrysingsmark og oppfrysingstundra (Juvvasshytta, Bøverdalen, Lom, Oppland). Foto: Rune Halvorsen

Vurdering av kunnskapsgrunnlaget

Den bioklimatiske soneøkoklinen har vært kjent som en hovedkilde til variasjon i arters utbredelse (varmekjære arter har sørlig/sørøstlig utbredelse, komplementært til nordlige/alpine arter) fra det 19. århundret (Blytt 1876) fram til vår tid (R. Økland 1989, Dahl 1998, Moen 1998). Studier, for eksempel av karplantearters utbredelse i Norge med multivariate metoder (ordinasjonsmetoder) framholder denne som den viktigste regionale økoklinen (Pedersen 1990, Myklestad 1993).

Fokuset på biogeografisk variasjon har vært stort i Norge gjennom over hundre år, og såvel arters utbredelse som variasjon i artssammensetning innen enkelte naturtyper har vært gjenstand for grundig utforskning. Det vil ikke her bli gjort noe forsøk på å gi et overblikk over den fylldige litteraturen på dette området. For eksempel beskriver Fremstad (1997) regionale og geografiske vegetasjonsutforminger når denne variasjonen er kjent. På tross av at mye kunnskap om regional sone-relatert variasjon er samlet inn og til dels også sammenstilt (se f.eks. Nordhagen 1943 og R. Økland & Bendiksen 1985 for fjellhei, R. Økland & Bendiksen 1985 og T. Økland 1996 for barskogsdominert fastmarksskogsmark og R. Økland (1990) for myr), er det åpenbart at det finnes svært store kunnskapsmangler om viktige detaljer i den regionale variasjonen i artssammensetning i norsk natur, særlig for andre organismegrupper enn karplanter.

Viktige kunnskapsmangler for den bioklimatiske soneøkoklinen BS kan oppsummeres slik:

(BS1) Grundig vurdering av framlegget om ikke å avgrense en nemoral sone i Norge.

(BS2) Utredning om parallellitet mellom soner på fastlandet (økoklinuttrykk 1) og i arktis (økoklinuttrykk 2); først og fremst hvorvidt lavalpin sone bør deles i to, slik det er foreslått for den sørarktiske sonen; se 'Karakterisering av trinnene'.

(BS3) Vurdering av hvilken oppløsning ('kornstørrelse') som skal legges til grunn for angivelse av et områdes plassering langs de bioklimatiske gradientene BS og BH (se 'Relevant skala')

(BS4) Det er behov for bedre kunnskap om artsmangfold og naturtypevariasjon i de områdene på det norske fastlandet som er foreslått inkludert i Arktis, med sikte på ny drøfting av sørgrensa for det arktiske området på norøstkysten av Finnmark (se 'Økoklinuttrykk og trinnending').

(BS5) Det er behov for en analyse av regional miljøvariasjon på Svalbard etter mønster av 'PCA-Norge' (Bakkestuen et al. 2008).

(BS6) Forbedret trinnløs soneinndeling ved PCA-ordinasjon av miljøvariabler basert på et fullt sett av 1-km² (eller 4-km²) ruter (se **Artikkel 25**; Vedlegg 1).

(BS7) Vurdering av hvorvidt trinndelingen av BS som er etablert for Fastlandsnorge og Arktis

Naturtyper i Norge (2008)	Hustich 1960	Sjörs 1963	Ahti et al. 1968	Abrahamsen et al. 1984	Dahl et al. 1986 Moen 1987, 1998
A7 høgalpin sone (HA)	arctic region	arctic zone alpine belts	oroarctic zones	arctic-alpine zones	høgalpin region
A6 mellomalpin sone (MA)					mellomalpin region
A5 lavalpin sone (LA)					lavalpin region
A4 nordboreal sone (NB)	subarctic region boreal coniferous region	boreal zone woodland-tundra subzone sub-alpine birch woodland belt sub-arctic and boreo-montane sub-zone main boreal sub-zone	oroheмиarctic zone	northern boreal (sub) zone	nordboreal region
			northern boreal (and upper oroboreal) zone		
A3 mellomboreal sone (MB)			middle boreal (and middle oroboreal) zone	middle boreal (sub)zone	mellomboreal sone
A2 sørboreal sone (SB)			southern boreal (and lower oroboreal) zone	southern boreal (sub) zone	sørboreal sone
A1 boreonemoral sone (N)	North European mixed forest region	boreo-nemoral zone	hemiboreal (and oroheмиboreal) zone	boreonemoral zone	boreonemoral sone
	North European deciduous forest region	nemoral zone	temperate zone	nemoral zone	nemoral sone

Fig. 7. Sammenlikning av bioklimatiske soneinndelinger for Norge (trinn langs den regionale økoklinen BS) mellom Naturtyper i Norge og andre viktige arbeider, basert på Moen (1987: Tabell 1). Boksens vertikale utstrekning sier ikke noe om størrelsen på intervallet langs BS som utspennes av det aktuelle trinnet. Grensene mellom boreale og alpine soner, og mellom boreonemoral og boreale soner, er markert med tykk strek.

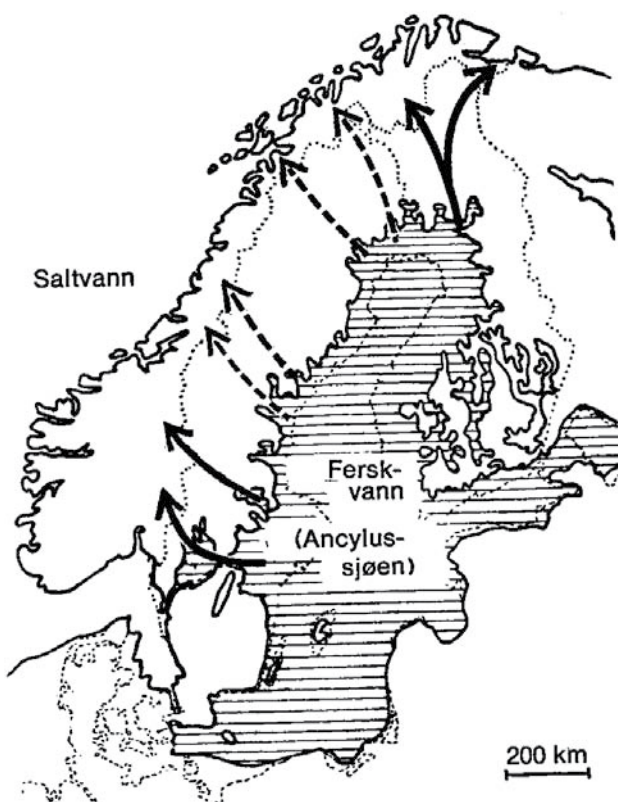


Fig. 8. Utbredelsen av det store ferskvannshavet Ancylus-sjøen i Boreal periode, for ca. 8 500 år siden (fra J. Økland & K. Økland 1999: Fig. 3.9). Heltrukne piler viser gunstige spredningsveger for ferskvannsdyr (rolige vannveger), mens stiplede piler viser elver med mange fosser og hurtigstrømmende partier.

(økoklinuttrykkene 1 og 2; se Tabell 1) også er egnet for å beskrive regional variasjon i ferskvannssystemer (se drøfting og forslag til nødvendige analyser i 'Økoklinuttrykk og trinnndeling', og 'Drøfting av andre temaer med relevans for BS'). I særdeleshett er det behov for kvantitative analyser av variasjon i artssammensetning og miljøfaktorer, kanskje etter mønster av 'PCA-Norge' (Bakkestuen et al. 2008).

(BS8) Det er behov for mer kunnskap om regional variasjon i artssammensetning relatert til BS for en rekke organismegrupper.

B2 BH – Variasjon relatert til humiditet og oseanitet (bioklimatiske seksjoner)

Generell karakteristikk av BH

Alle organismer trenger vann (i tillegg til varme) for å opprettholde sine livsfunksjoner. Liksom kravet til varme, varierer vannbehovet sterkt mellom arter og organismegrupper; fra arter som er tilpasset et helt liv i vann til landlevende arter som tåler sterk uttørring. Vanntilgang varierer på romlige skalaer fra de regionale til de svært lokale, og variasjonen i vanntilgang gjenspeiles i variasjon i arters utbredelse og forekomstmønstre over hele dette skalaspennet. På regional skala kommer variasjonen i vanntilgang først og fremst til uttrykk som variasjon i humiditet (samvirking mellom nedbør og temperatur); humiditeten øker med økende nedbør og avtakende temperatur. Typisk er klimaet humid i kystnære områder der fuktig havluft presses opp og avkjøles i møtet med høye fjell. Havet har imidlertid også en modererende



Fig. 9. To fiskearter med nåtidig utbredelse i Norge som er typisk for arter innvandret fra Ancylus-sjøen, og som seinere har blitt stoppet av spredningsbarrierer. (a) Abbor (*Perca fluviatilis*). (b) Mort (*Rutilus rutilus*). Etter J. Økland & K. Økland (1999: Fig. 4.45).

effekt på temperaturklimaet. Kjølige somre og milde vintre, det vil si liten temperaturamplitude gjennom året (oseanisk klima), er typisk for kystnære områder, mens innlandet typisk har et tørt klima med varme somre og kalde vintre (kontinentalt klima). BH fanger derfor opp både humiditet og oseanitet i én regional økoklin. BH er en av de aller viktigste regionale økoklinene også på global skala; der spennvidden i vegetasjonsformasjoner fra regnskog via steppe til ørken fanges opp av sju bioklimatiske seksjoner. Seks av disse (alle bortsett fra den sterkest kontinentale) finnes innenfor det området NiN dekker; fem av disse finnes på det norske fastlandet. I Sør-Norge har den bioklimatiske gradienten relatert til humiditet og oseanitet (BH) hovedretning fra vest til øst, mens den på Spitsbergen ikke har noen klar retning. På det norske fastlandet har arter med store krav til høy og stabil fuktighetstilgang et vestlig utbredelsesmønster, mens arter med stor toleranse overfor uttørring og/eller kalde vintre har et komplementært, østlig utbredelsesmønster.

Relevant naturtypenivå der BH inngår i beskrivelsessystemet

BH er relevant for beskrivelse av regional variasjon på alle naturtypenivåer fra livsmedium (økosystemdel) til landskap (se NiN BD 2: D5e og NiN BD 2: Fig. 61).

Økoklinuttrykk og trinndeling

Økoklinuttrykk. BH har ett økoklinuttrykk fordi den samme underliggende komplekse miljøgradienten (humiditet og oseanitet) er relevant, og kan trinndeles på samme måte, over hele det landområdet NiN skal dekke (se også Tuhkanen 1984). Økoklinen BH vil ikke bli lagt til grunn for beskrivelse av regional variasjon i ferskvannssystemer. I sin oversikt over geografisk fordeling av arter fra en rekke artsgrupper i og ved ferskvann (inkludert karplanter, planteplankton, svamper, krepsdyr, insekter, bløtdyr og fisk), nevner J. Økland & K. Økland (1999) bare svært få arter med vestlig utbredelse, mens østlige utbredelsesmønstre først og fremst kan tilbakeføres til innvandrings- og spredningshistoriske forhold og ikke til bioklimatisk variasjon som sådan (se B1, kapitlet 'Drøfting av andre temaer med relevans for BS').

Trinndeling. Oppdeling av økoklinen i seks trinn (seksjoner) følger tradisjonen etter Ahti et al. (1968) for seksjonsinndeling av det norske fastlandet (Tabell 4), med de tilpasninger som er gjort i den norske vegetasjonsseksjonsinndelingen, først av Dahl et al. (1986) og seinere av Moen (1998).

Tabell 4. Trinndeling av BH (bioklimatiske seksjoner). Bruken av forkortelser for seksjonsnavnene følger Ahti et al. (1968) og Moen (1998).

Trinn	Begrep	Kommentar
6	klart kontinental seksjon (C2)	finnes på Svalbard; kun i sentrale indre deler av Wijdefjorden (Elvebakk & Nilsen 2002); det er uklart om C2 finnes på det norske fastlandet (se Artikkel 25 i vedlegg 1)
5	svakt kontinental sone (C1)	dominerer i sentrale strøk på Spitsbergen, finnes i indre dalstrøk på Østlandet og på Finnmarksvidda
4	overgangsseksjon (OC)	finnes langs vestkysten av Svalbard
3	svakt oseanisk seksjon (O1)	
2	klart oseanisk seksjon (O2)	
1	sterkt oseanisk seksjon (O3)	Finnes langs kysten av Sør-Norge fra Vest-Agder til Lofoten (Nordland)

Det er ikke tidligere publisert noen inndeling av norsk Arktis på grunnlag av BH [seksjonsinndelingen av hele det sirkumarktiske området hos Elvebakk et al. (1999) er en generell biogeografisk inndeling og ikke en inndeling av BH-økoklinen slik den oppfattes i NiN]. Et nytt framlegg til seksjonsinndeling av Svalbard, utarbeidet av Arve Elvebakk, finnes som Fig. 10. Denne er basert på en ekspertvurdering etter samme kriterier som inndelingen av BH for det norske fastlandet (Moen 1998).

Utskilling av en vinder mild (termisk) underseksjon O3t av O3 (Moen 1998) ytterst på kysten, karakterisert ved forekomst av plantearter som for eksempel purpurlyng (*Erica cinerea*), til forskjell fra en humid (fuktighetsbetinget, indre og høyereliggende)

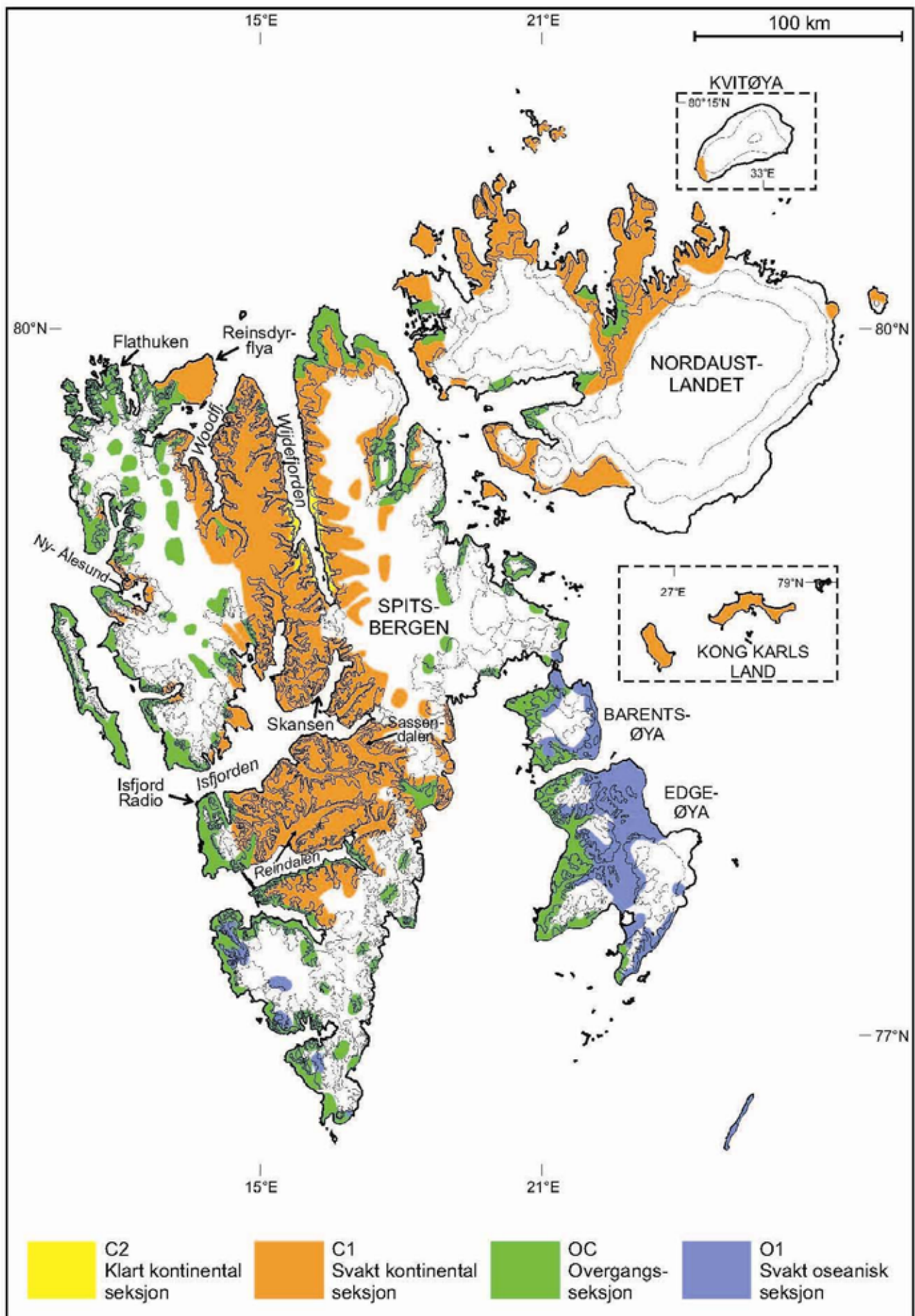




Fig. 10. Bioklimatiske seksjoner på Svalbard. Sonene er definert i Tabell BH#2. Kartet er utarbeidet av Arve Elvebakk.

underseksjon, O3h, er ikke videreført i NiN. Bakkestuen et al. (2008) viser at oppdelingen på O3t og O3h ikke er basert på de samme kriteriene som de øvrige trinnene, og derfor bør frikobles fra den bioklimatiske seksjonsøkoklinen. Variasjonen som ligger til grunn for O3t oppfattes i NiN som så lite viktig at ekspertgruppa har valgt ikke å la den komme til uttrykk som noen egen regional økoklin.

Variabeltype

BH er i utgangspunktet en kontinuerlig variabel, som i NiN vil bli trinn delt og oppfattet som en ordnet faktorvariabel av typen envalgsfaktor med obligatorisk avkryssing (ethvert punkt på den norske landjorda har en entydig plassering langs økoklinen); OE6 (se **NiN BD 2: D6f**).. Den vil imidlertid sannsynligvis etter hvert i større grad bli registrert på en trinnløs skala (trinnløse seksjonsmodeller; Bakkestuen et al. 2008; se **Artikkel 25** i Vedlegget).

Relevant skala

Som vist av Bakkestuen et al. (2008), representerer seksjonene (trinn langs BH) en variasjon på mye grovere skala enn sonene (trinn langs BS), som passer godt med intensjonen i NiN om at regioninndelingen primært skal adressere 10 km lineær oppløsning, pikselstørrelse 4 km² og kartleggbarhet i målestokken 1:1 000 000 (**NiN BD 2: E5b**).

Relasjon til andre økokliner

Det finnes variasjon i miljøforhold og artssammensetning på finere skala enn den regionale (lokale basisøkokliner; se **NiN BD 4: Tabell 1**), som noen grad er relatert til de samme miljøfaktorene som den regionale økoklinen BH. Særlig gjelder dette de lokale basisøkoklinene i vanngruppa (kategori 1c; se **NiN BD 4: B1**) som reflekterer en type vanntilgang som er sterkt influert av det rådende nedbør- og temperaturklimaet på et gitt sted. De viktigste av disse er uttørkingsfare (UF) og luftfuktighet (LU). For begge disse økoklinene finner vi en betydelig økning i arealdekningen av tørreste trinn mot kontinentale seksjoner (og omvendt, en økning i arealdekning av fuktigste trinn, mot oseaniske/humide seksjoner; Nordhagen 1943, R. Økland & Bendiksen 1985). Også de lokale basisøkoklinene snødekkebetingsvekstsengreduksjon (SV), frostvirkning på marka (FM), snødekkestabilitet (SS) og ras- og skredhyppighet (RS) er relatert til BH fordi snømengden (og dermed også arealdekningen av snødekning med ulik varighet) varierer regionalt (SV), fordi kontinentale områder med lite snødekke også er langt sterkere utsatt for frostinntengning i bakken (FM), fordi arealdekningen av områder med ustabil snødekke øker sterkt mot kontinentale

områder der snømengdene er lave (SS) og fordi ras- og skredhyppigheten generelt øker med økende snømengder (RS).

Lokalt sammenfall mellom BH og BS er drøftet under BS (se 'Relasjon til andre økokliner').

Drøfting av, og kommentarer til sentrale begreper

Seksjonsbegrepet, slik det vil bli brukt i NiN for trinn langs den bioklimatiske seksjonsgradienten, tar utgangspunkt i definisjonen av vegetasjonsseksjoner hos Ahti et al. (1968); 'ideal vegetation sections are the parts of vegetation zones that are distinguishable by those characters of the vegetation that are caused by the oceanity versus continentality of the climate'. Moen (1998) modifiserer seksjonsbegrepet ved å fokusere på variasjon langs seksjonsgradienten som en hovedgradient i seg sjøl, ikke bare som deler av sonegradienten. I NiN, hvor fokuset er på variasjon i artssammensetning og de komplekse miljøfaktorene som gir opphav til denne variasjonen, vil seksjonsgradienten bli beskrevet som en økoklin, det vil si med fokus både på biotisk og abiotisk variasjon.

Karakterisering av trinnene

Trinnene langs BH-økoklinen kan karakteriseres ved en kombinasjon av kriterier basert på målbare klimafaktorer, hvorav de viktigste er vintertemperatur, nedbør, avstand fra kysten og snødekkevarighet [Bakkestuen et al. (2008); se også Tuhkanen (1980, 1984) og Moen (1998)]. BH-økoklinen er imidlertid ikke så sterkt relatert til hver enkelt av disse klimafaktorene som BS-økoklinen er til vekstsenglengde og varmesum, og trinnene er derfor vanskeligere å karakterisere klimatisk.

Humiditet (klimatisk fuktighet) er en funksjon både av temperatur og nedbør. Dette kan illustreres ved den geografiske fordelingen av nedbøroverskuddet, som er et mål på humiditeten; nedbøroverskuddet er lik årsmiddelnedbøren minus evapotranspirasjonen (den samlede fordampningen fra en åpen vannflate i løpet av en tidsperiode, som i likhet med nedbøren måles i mm). Evapotranspirasjonen avtar med avtakende temperatur. Derfor øker også humiditeten med avtakende temperatur, gitt samme nedbørmengde. Dette forklarer at et område på Spitsbergen som mottar 200 mm nedbør i året kan ha et moderat humid klima (og plasseres i overgangsseksjonen OC), mens et område i tropene som mottar 200 mm nedbør vil ha et sterkt nedbørunderskudd og være ørken (seksjon C3). Tamms humiditetsindeks H (Tamm 1954) er ett uttrykk for beregnet nedbøroverskudd.

Det er ikke full overensstemmelse mellom hygriisk (fuktighetsrelatert) og termisk (temperatur- og varmerelatert) variasjon. Dette gjør det vanskelig å definere et entydig kriteriesett som kan legges til grunn

for trinninndeling. I NiN følger vi Moen (1998) og legger hovedvekten på hygriske kriterier, mens termiske kriterier (vintermildhet, sommertørke) blir tillagt mindre vekt.

En utfyllende karakteristikk av de bioklimatiske seksjonene tilpasset NiN er under utarbeidelse. Typiske eksempler på naturtyper på økosystem-nivå nær endepunktene for den regionale seksjonsøkolinen er vist i Fig. 11–12.

Sammenlikning av trinndeling i NiN med trinn i andre arbeider

NiN viderefører standard begrepsapparat for bioklimatiske seksjoner i bruk i Norge i dag; vegetasjonsseksjonene i 'Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon' (Moen 1998). De seks trinnene langs BH som forekommer innenfor det området NiN skal dekke, utspenner hele den variasjonen som forekommer langs denne økoklinen på global skala, bortsett fra det mest kontinentale trinnet (C3), som er begrenset til ørkenstrøk, først og fremst i de tørre klimasonene på hver side av ekvator (se Moen 1998: Fig. 86 for verdenskart over seksjonsfordeling).

Drøfting av andre temaer med relevans for BH

Sammenlikning mellom vegetasjonsseksjoner og regionale kompleksgradienter identifisert ved ordinasjonsanalyse (PCA-Norge). Generelt om PCA-Norge, se **Artikkel 25** i vedlegget.

Begrepet boreal regnskog. Dette begrepet har vært mye benyttet i forvaltningssammenheng de siste 10–15 årene, fordi skogsmark i klart eller sterkt oseaniske seksjoner i boreale soner har en rekke karakteriserende fellestrekk (Holien & Tønsberg 1996); både artssammensetning (først og fremst en frodig epifyttisk lavflora) og ved forekomst av enkeltarter (først og fremst lavarter) med en nordvestlig utbredelse i Norge. Forekomsten av typiske 'boreale regnskogsarter' begrenser seg imidlertid ikke til skogsmark i det boreale regnskogsområdet, mange arter har også forekomster på bergvegger, i urer etc. (G. Gaarder, pers. obs.) Dette indikerer at det ikke nødvendigvis er skogsmark eller åpen mark som er utslagsgivende, men at luftfuktigheten er så stabilt høy at uttørkingsfølsomme arter kan overleve over lang tid. Ekspertgruppa for NiN tror at forekomst av boreal regnskog i Norge er tilfredsstillende karakterisert ved en kombinasjon av de to regionale økoklinene BS og BH, men mener samtidig at det er behov for ytterligere



Fig. 11. Fastmarksskogsmark i ytterpunktene langs den bioklimatiske seksjonsgradienten på det norske fastlandet. (a) Åpen småbregne-fuktskogsmark dominert av smørtelg (*Oreopteris limbosperma*); et karakteristisk innslag i den sterkt oseaniske seksjonen (Otterstadstølen, Modalen, Hordaland). (b) Åpen furudominert kalklågurtskogsmark. Det svært sparsomme karplanteinnslaget i undervegetasjonen, gir skogsmarka i den svakt kontinentale seksjonen et karakteristisk 'tørt preg' (Valbjør, Vågå, Oppland). Foto: Rune Halvorsen.



Fig. 12. Kulturmark i ytterpunktene langs den bioklimatiske seksjonsgradienten på det norske fastlandet. (a) Kystlynghei er typisk for den sterkt oseaniske seksjonen. Bildet viser ekstremt basefattig fukthei på Førehjelmo (Hjelme, Øygarden, Hordaland), dominert av røsslyng (*Calluna vulgaris*) og med rikelig innslag av bjønnskjegg (*Trichophorum cespitosum*) og klokkekyling (*Erica tetralix*). (b) Tørre beitebakker, gjerne med spredte einerbusker som på dette bildet fra Snerle i Vågå (Oppland), er typisk for den svakt kontinentale seksjonen. Bildet viser kalklagurt-beitemark, en naturtype som inneholder mange rødlistearter. Foto: Rune Halvorsen.

analyse av hvordan lokaliteter med 'regnskogs kvaliteter' fordeler seg langs de to regionale økoklinene. Dette kan analyseres ved å se hvordan lokaliteter med og uten regnskogs kvaliteter fordeler seg langs trinnløse sone- og seksjonsmodeller (se **Artikkel 25**; vedlegg 1).

Vurdering av kunnskapsgrunnlaget

Bioklimatiske seksjoner var ikke et selvstendig fokus i Norge før på slutten av 1980- og begynnelsen av 1990-tallet (Moen & Odland 1993). Seksjonsinndelingen hos Moen (1998) er en konsensusinndeling basert først og fremst på botaniske kriterier. Studier, for eksempel av karplantearters utbredelse i Norge med multivariate metoder (ordinasjonsmetoder) framholder denne som den nest viktigste regionale økoklinen etter seksjonsøkoklinen (Pedersen 1990, Myklestad 1993), mens ordinasjonsanalyse av relevante miljøvariabler

('PCA-Norge'; Bakkestuen et al. (2008), se **Artikkel 25**: Fig. 1 i Vedlegg 1) viser at seksjonsøkoklinen fanger opp ett større spenn i miljøvariasjon i seg sjøl enn den bioklimatiske sonegradienten. Det er imidlertid effekten på artssammensetningen som avgjør hvor viktig en økoklin er (NiN BD 2: C2 punkt 1), og soneøkoklinen anses derfor likevel å være viktigere enn seksjonsøkoklinen i Norge.

Fordi seksjonsbegrepet er relativt nytt i biogeografisk sammenheng, finnes ingen samlet oversikt over arters eller naturtypers fordeling eller variasjonsmønstre langs seksjonsøkoklinen. Moen (1998) inneholder imidlertid fyldige karakteristikk av plantedekket i alle soner på det norske fastlandet. På artsnivå kan informasjon om arters fordeling langs denne økoklinen til en viss grad trekkes ut av oversikter over arter med vestlig kontra østlig/nordøstlig utbredelsestyngdepunkt i Fennoskandia (jf. R. Økland 1989, Dahl 1998). Påstanden om at kunnskapsmanglene om viktige detaljer i den regionale variasjonen i artssammensetning i norsk natur er store, særlig for andre organismegrupper enn karplanter (jf. økoklinen BS), gjelder derfor også for BH.

Spesifikke viktige kunnskapsmangler kan oppsummeres slik:

(BH1) Det er behov for ny vurdering av om den klart kontinentale sonen (C2) finnes på det norske fastlandet (se **Artikkel 25**; Vedlegg 1).

(BH2) Til støtte for seksjonsinndeling av Svalbard, er det behov for en analyse av regional miljøvariasjon på Svalbard etter mønster av 'PCA-Norge' (Bakkestuen et al. 2008).

(BH3) Forbedret trinnløs seksjonsinndeling ved PCA-ordinasjon av miljøvariabler basert på et fullt sett av observasjonseenheter på 1-km² (eller 4-km²) (se **Artikkel 25**; Vedlegg 1).

(BH4) Det er behov for mer kunnskap om regional variasjon i artssammensetning relatert til BH for en rekke organismegrupper.

(BH5) Det er behov for å relatere forekomst av kvaliteter (arter og artssammensetning) typisk for 'boreal regnskog' til plassering langs de bioklimatiske sone- og seksjonsøkoklinene. Dette kan for eksempel gjøres ved å se på plasseringen av lokaliteter med og uten slike kvaliteter langs trinnløse sone- og seksjonsmodeller (se **Artikkel 25**; vedlegg 1).



C Regional variasjon i marine systemer

Marine systemer er kontinuerlige, med helt andre forutsetninger for spredning av organismer enn på land, der det finnes svært mange ulike typer spredningsbarrierer. Ikke minst er dette tilfellet for ferskvannsforekomster, som ligger som adskilte øyer og linjer i en matrix av fastmark. Det er derfor naturlig at det har vært mindre fokus på bioklimatisk variasjon og regioninndeling for havområdene enn for landområdene. Likevel er det (naturligvis) betydelig variasjon i arters utbredelsesmønstre også i marine områder (se f.eks. Brattegard & Holthe 1997), relatert blant annet til temperatur, salinitet og tidevannsamplitude (Moy et al. 2003). Havområdene har en åpenbar variasjon fra sør mot nord relatert til temperatur, som er mer eller mindre parallell til den bioklimatiske soneøkolinen i landsystemer. Langs denne gradienten varierer også tidevannsamplituden systematisk (**NiN BD 3: Artikkel 3**). I NiN har vi valgt å legge Moy et al. (2003) sin marine økoregioninndeling for Vannrammedirektivet til grunn for inndeling av kystnært vann relatert til temperatur. Denne inndelingen er resultatet av et konsensusarbeid i det marine forskningsmiljøet. De store linjene av regional-skala variasjon i havområdene kommer imidlertid til uttrykk gjennom en inndeling i vannmasser (Sætre 2004), som fanger opp variasjon i salinitet og temperatur, til dels også variasjon relatert til dyp. Vannmasstypeinndelingen blir derfor den regionale hovedøkolinen for marine systemer.

Ingen av de to marine regionale økoklinene har en klar relasjon til makroklimafaktorer, og de tilfredsstiller derfor ikke fullt ut definisjonen av regional økoklin (**NiN DB 2: Vedlegg**); 'parallell, mer eller mindre gradvis variasjon i artssammensetning og makroklimafaktorer (bioklimatisk variasjon) på en grov skala.' I motsetning til de to regionale økoklinene på land (og i ferskvann), kan de derfor like gjerne ses på som asonal regional variasjon (se kapittel A og **NiN BD 2: D3k**).

C1 MT – Marine vannmasstyper

Generell karakteristikk av MT

Havet utgjør én sammenhengende vannforekomst, som på grunn av komplekse strømningsforhold i realiteten imidlertid består av mer eller mindre adskilte vannstrømmer som kan karakteriseres ved sin geografiske forekomst (i tre dimensjoner, også med hensyn til dyp) og sine fysiske og kjemiske egenskaper (sirkulasjonsmønstre, temperatur- og salinitetsvariasjon). Disse vannstrømmene har til dels ulik artssammensetning og utgjør således, i hvert fall med hensyn til skalaen som denne variasjonen

opptrer på, en parallell til den bioklimatiske økoklinale variasjonen på land. Økoklinen marine vannmasstyper (MT) består imidlertid av typer (trinn) som ikke kan ordnes langs en enkelt gradient og den står dermed i en mellomstilling mellom en regional økoklin og asonal regional variasjon. Vannmassene har utstrekning i tre dimensjoner, og er dynamiske i den forstand at grensesonene mellom tilgrensende vannmasser ikke ligger fast.

Relevant naturtypenivå der MT inngår i beskrivelsessystemet

MT er relevant for beskrivelse av regional variasjon på alle naturtypenivåer fra livsmedium (økosystemdel) til landskap (se **NiN BD 2: D5e** og **NiN BD 2: Fig. 61**).

Økoklinuttrykk og trinndeling

Vannmasstypeinndelingen i NiN består av ett økoklinuttrykk og er relevant for alle de marine områdene som NiN omfatter. Basert på data fra Havforskningsinstituttets programmer (se også Sætre 2004), er seks vannmasstyper skilt ut (Tabell 5). Vannmasstypene ikke er naturlig ordnet langs en gradient; de skiller seg i stedet med hensyn til et sett av viktige egenskaper.

Tabell 5. Vannmasstyper (MT). For karakterisering av vannmasstypene, se Tabell 6.

Trinn	Begrep	Kommentar
Y6	arktisk vann	
Y5	norskehavsdypvann	
Y4	arktisk intermediært vann, inkludert arktisk bunnvann	
Y3	atlantisk vann	omfatter også dypere vannmasser i fjorder
Y2	kystvann	omfatter også middels vann på middels dyp i fjorder
Y1	grunt fjordvann	

Variabeltype

MT gjenspeiler en naturlig inndeling i mer eller mindre godt fysisk adskilte vannmasstyper som ikke lar seg ordne langs en enkel gradient eller økoklin. MT er derfor en ikke ordnet, naturlig trinndelt, faktorvariabel (6 trinn). Siden et hvert punkt (i tre dimensjoner) til et gitt tidspunkt lar seg plassere til vannmasstype, er MT en ikke ordnet faktorvariabel med obligatorisk envalgsavkryssing; FE6 (se **NiN BD 2: F3**).

Relevant skala

Vannmasstypene har en horisontal utbredelse som passer med intensjonen i NiN om at regioninndelingen primært skal adressere 10 km lineær oppløsning, pikselstørrelse 4 km² og kartleggbarehet i målestokken 1:1 000 000 (**NiN BD 2: E5b**). Langs dybdegradienten vil imidlertid flere



vannmasstyper kunne ligge lagvis over hverandre, liksom bioklimatiske soner på land utgjør høydebelter med ca. 300 meters utstrekning.

Relasjoner til andre økokliner

Skillet mellom vannmasstypene grunt fjordvann (Y1) og kystvann (Y2) gjenspeiler variasjon i salinitet (den lokale basisøkoklinen SA), mens skillet mellom atlantisk vann, arktisk intermediært vann og norskehavsdypvann er relatert til dyp og dermed også til den lokale basisøkoklinen DL (dybderelatert lyssvekking i vann). Ekspertgruppa har valgt ikke å legge dyp som sådan til grunn for sin regionale inndeling av saltvannsøkosystemer, fordi dybdereatert variasjon kommer tilfredsstillende til uttrykk gjennom inndelingen i vannmasstyper (med gitte fysiske, kjemiske og biologiske egenskaper, og geografisk utbredelse i tre dimensjoner).

Den regionale økoklinen MS (regional variasjon i havet relatert til varme) er (i utgangspunktet) bare tenkt å være relevant for vannmasstypene grunt fjordvann (Y1) og kystvann (Y2); se også Moy et al. (2003). For hver av de andre vannmasstypene fanges foreløpig ikke temperaturvariasjon (fra sør til nord) opp av noen regional økoklin.

Drøffing av, og kommentarer til sentrale begreper

Vannmasse er et vel innarbeidet marinøkologisk begrep (jf. Sætre 2004).

Karakterisering av trinnene

Tabell 6 oppsummerer de viktigste fysiske og kjemiske egenskapene ved de ulike vannmasstypene, og deres dybdefordeling.

Tabell 6. Karakterisering av norske marine vannmasser

Vannmasse	Saltholdighet (‰)	Temperatur (°C)	Dyp
grunt fjordvann (Y1)	< 18	variabel	0–20(–50)
kystvann (Y2)	18–34,5	variabel	0–200
atlantisk vann (Y3)	> 35,0	> 8 i Norskehavet, avtar mot nord	0/100–600
arktisk intermediært vann, inkludert arktisk bunnvann (Y4)	ca. 34,8 (opp til 35,2 i arktisk bunnvann)	0–8, avtar mot nord og kan være ned til –1,8 i arktisk bunnvann	400–800, på mindre dyp (til 250 m?) i Arktis
norskehavsdypvann (Y5)	ca. 34,9	< 0	> 600
arktisk vann (Y6)	< 34,2 i overflata, 34,2–34,8 på større dyp	–1 – +3, men med årstidsvariasjon, avtar med økende dyp	0–100 (?)

Vannmasstypene Y1 grunt fjordvann og Y2 kystvann er begrenset til kystnære områder (Fig. 13), det vil først og fremst si områdene innenfor og nær grunnlinja (linja mellom de ytterste skjær og øyer langs kysten). Fordi vannmasstypene Y1 og Y2 er definert på grunnlag av salinitet, vil det i dype fjorder på grunn av sirkulasjonsmønstrene der finnes en vertikal variasjon i vannmasstype. Dette illustreres aller tydeligst av vannmassefordelingen i Sognefjorden, som med sine 1308 meter er Norges dypeste fjord. Beskrivelsen av den faste hydrografiske målestasjonen Sognesjøen nord for øya Hille (Eivindvik i Gulen, Sogn og Fjordane), der fjorden er ca. 400 m dyp (<http://data.nodc.no/stasjoner/dato.php?stid=5867&year=2008>), forklarer sammenhengene (stasjonen ligger ca. 20 km innenfor fjordutløpet og terskeldypet ved utløpet av Sognefjorden er 200 m): 'Siden stasjonen ligger i skjæringen mellom fjorden og Nordsjøen, influeres den både av fjordvann i de øverste vannlagene, kystvann dypere ned og atlantisk vann i de dypere lagene. De øvre vannlagene på denne stasjonen varierer endel gjennom sesongen og fra år til år [typisk for grunt fjordvann]. Sesongvariasjonene henger sammen med oppvarming av vannmassene gjennom sommeren og varierende ferskvannsavrenning og nedbør. Typisk vil overflatetemperaturen være lav om vinteren (~5 °C) og høy om sommeren/høsten (~18 °C). Saltholdigheten varierer motsatt, med høyeste verdier om vinteren og ferskere om sommeren. Under ca. 150 meters dyp er vannmassene av atlantisk opprinnelse og varierer forholdsvis lite. Året rundt er temperaturen her omkring 7 °C og saltholdigheten rundt 35.'

I de store havområdene, utenfor kontinentalsokkelen (Fig. 14), for eksempel ved Færøyene (Fig. 15) ligger

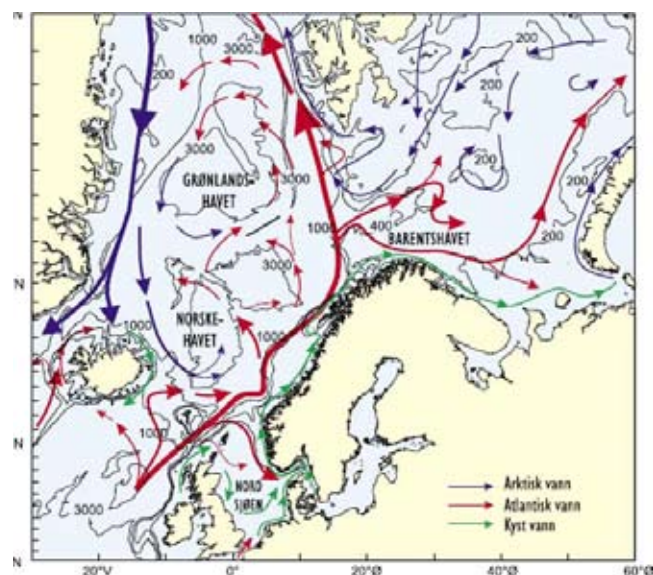


Fig. 13. Fordeling av viktige vannmasstyper (havstrømmer) og dybdeforhold i marine farvann utenfor Norge. Kilde: MAREANO/Havforskningsinstituttet, www.mareano.no.

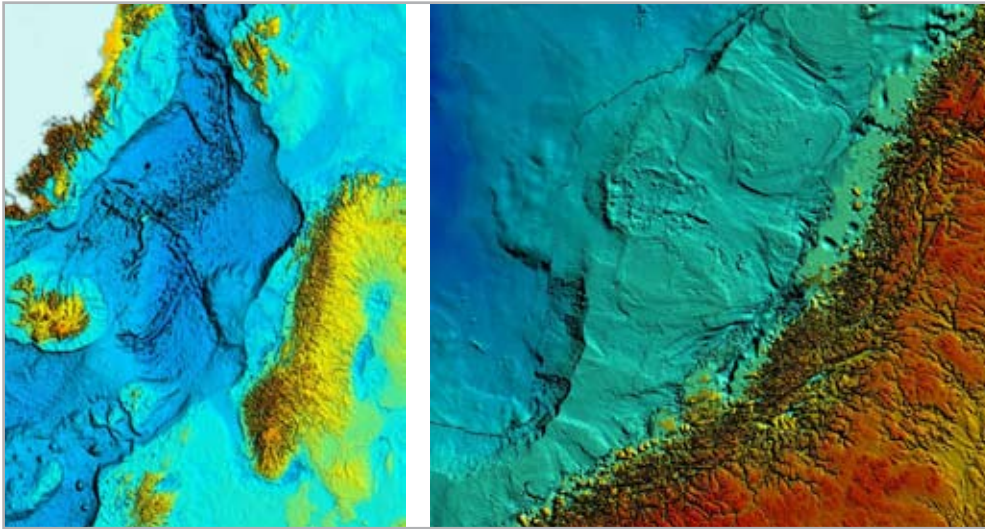


Fig. 14. Grove trekk i dybdeforhold og bunnrelieff i norske marine farvann, med detaljbilde av områdene utenfor Midt-Norge til høyre. Kilde: MAREANO/Havforskningsinstituttet, www.mareano.no.

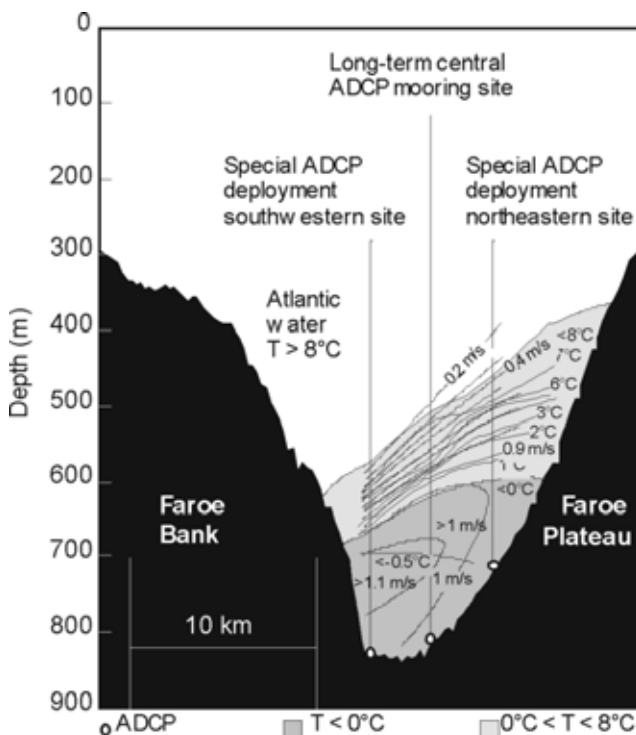


Fig. 15 Lagdeling av vannmasser illustrert ved et vertikalprofil fra sørvest mot nordøst gjennom Færøysbanken og Færøysplatået. atlantisk vann, arktisk intermediært vann og norskehavsdypvann er vist med henholdsvis hvit, lys grå og grå skravrur. Fra Hansen et al. (1998).

atlantisk vann, arktisk intermediært dypvann og norskehavsdypvann lagvis, skilt av mer eller mindre skarpe temperatursprangsjikt (termokliner).

Sammenlikning av trinndeling i NiN med trinn i andre arbeider

Grensa mellom grunt fjordvann og kystvann, er noe omdiskutert. Det er tradisjon i Norge for å trekke grensa mellom grunt fjordvann og kystvann ved 24 ppt, svarende til tradisjonen i Norge for å definere vann med salinitet < 24 som brakkevann (Moy et al. 2003). Moy et al. (2003) framholder imidlertid at det ikke finnes gode grunner for å velge denne grensa framfor grensa

mellom mesohalint vann (økoklinen saltholdighet, SA, trinn 3) og polyhalint vann (trinn 4) ved 18 ppt som grense mellom brakt og salt vann, og bruker derfor trinnene 2–5 langs salinitetsgradienten, inkludert grensa mellom mesohalint og polyhalint vann ved 18 ppt (se NiN BD 4: D3) til å dele kystvann i fire typer på grunnlag av salinitet. I lys av dette bør det drøftes hvorvidt grunt fjordvann i det hele tatt burde skilles ut som egen vanntype, eller om variasjonen i salinitet burde sees på som en egenskap ved kystvannet, slik som i EUs vannrammedirektiv og slik Moy et al. (2003) legger opp til. I NiN har vi tentativt valgt å skille grunt fjordvann og kystvann på vannmassenivå, men følge den internasjonale trinndelingen av salinitetsøkoklinen slik at grensa mellom disse vannmassestypene trekkes ved 18 ppt.

Vurdering av kunnskapsgrunnlaget

Inndelingen i vannmassestyper er basert på omfattende oseanografiske undersøkelser gjennom over 100 år, og vannmassestypenes fysiografiske karakteristikk er derfor godt undersøkt. Det er imidlertid fortsatt kunnskapsmangler om fordelingen av ulike organismer på vannmassestypene, og kunnskapsmanglene øker med økende dyp og med avtakende kommersiell verdi av de aktuelle organismene.

(MT1) Det er behov for mer kunnskap om hvordan ulike organismer fordeler seg på vannmassestyper.

2

C2 MS – Variasjon i marine systemer relatert til varme (marin økoregioninndeling)

Generell karakteristikk av MS

Innenfor de enkelte vannmassestypene, først og fremst kystvannsstrømmen langs norskekysten, finnes betydelig variasjon fra sør til nord relatert til overflatetemperatur (og til dels også til tidevannsamplitude, lysinnstråling og

daglengde), som gjenspeiler seg i utbredelsesmønstre for flere organismegrupper (makroalger, planktoniske alger og evertebratfaunaen). En tilsvarende variasjon kommer også til uttrykk i fjordvannsforekomstene. Økoklinen MS fanger opp variasjonen i marine kystnære systemer relatert til varme, og er en parallell til den bioklimatiske soneøkolinen (BS) for landsystemene. I NiN er økoklinen, som en tentativ og foreløpig løsning, firedeelt i tråd med inndelingen i fire marine økoregioner hos Moy et al. (2003).

Relevant naturtypenivå der MS inngår i beskrivelsessystemet

MS er relevant for beskrivelse av regional variasjon på alle naturtypenivåer fra livsmedium (økosystemdel) til landskap (se NiN BD 2: D5e og NiN BD 2: Fig. 61) innenfor vannmasse typene grunt fjordvann og kystvann (se Tabell 6).

Økoklinuttrykk og trinndeling

Vannmasse typeinndelingen i NiN består av ett økoklinuttrykk og er relevant for grunt fjordvann og kystvann (se økoklinen MT) i hele området som NiN omfatter.

En inndeling av kyst- og fjordvann på grunnlag av artssammensetning og vannegenskaper i overflatelaget må gjøres som et kompromiss mellom en rekke kryssende hensyn [se Moy et al. (2003) for inngående drøfting]. Moy et al. (2003) sin inndeling i fire økoregioner (Tabell 7, Fig. 16) tar først og fremst utgangspunkt i biogeografiske kriterier [Moy et al. (2003) karakteriserer økoregionene som biogeografiske regioner]. Inndelingen i marine økoregioner er en konsensusløsning mellom en rekke kryssende hensyn (se 'Vurdering av kunnskapsgrunnlaget').

Tabell 7. Inndeling i marine økoregioner (variasjon i marine systemer relatert til varme – MT).

Trinn	Begrep	Kommentar
4	Barentshavet	
3	Norskehavet	grense mot Barentshavet satt ved Loppa
2	Nordsjøen	grense mot Norskehavet satt ved Stad
1	Skagerrak	grense mot Nordsjøen satt ved Lista

Det er behov for mer kunnskap om den komplekse samvariasjonen i miljøforhold som ligger til grunn for MS, og en vurdering av om det ville være mer hensiktsmessig med en inndeling som var relatert til eksplisitt målbare regionale miljøfaktorer som, i likhet med BS og BH for landsystemer, kan modelleres trinnløst som en funksjon av målbare regionale miljøfaktorer (se **Artikkel 25** i vedlegget). Slik som MT er definert nå på grunnlag av biogeografiske kriterier *i seg sjøl* uten eksplisitt referanse til variasjon langs en tydelig regional kompleks



Fig. 16. Inndeling av kystvann og grunt fjordvann i 4 økoregioner (etter Moy et al. 2003). Overgangssoner der ulike kriterier ville resultere i ulike inndelinger, er markert som rosa soner.

miljøgradient, har MT også karakter av asonal regional variasjon (se NiN BD 2: D3k).

Variabeltype

MS gjenspeiler variasjon først og fremst relatert til temperatur, som er en kontinuerlig variabel, men slik MS nå er trinndelt kan trinnene langs økoklinen ikke karakteriseres på grunnlag av enkle målbare fysisk/kjemiske faktorer. Inndelingen av MS i fire marine økoregioner står derfor i en mellomstilling mellom en ordnet og en ikke ordnet faktorvariabel. Vi har, tentativt, valgt å betrakte MS som en ordnet faktorvariabel med obligatorisk envalgsavkryssing; OE4 (se NiN BD 2: D6f).

Relevant skala

Inndelingen i marine økoregioner adresserer variasjon i horisontalplanet, og økoregionene er store og geografisk skilte på en romlig skala som er mye større enn minstekravet i NiN om at regioninndelingen primært skal adressere 10 km lineær oppløsning, pikselstørrelse 4 km² og kartleggbarhet i målestokken 1:1 000 000 (NiN BD 2: E5b).

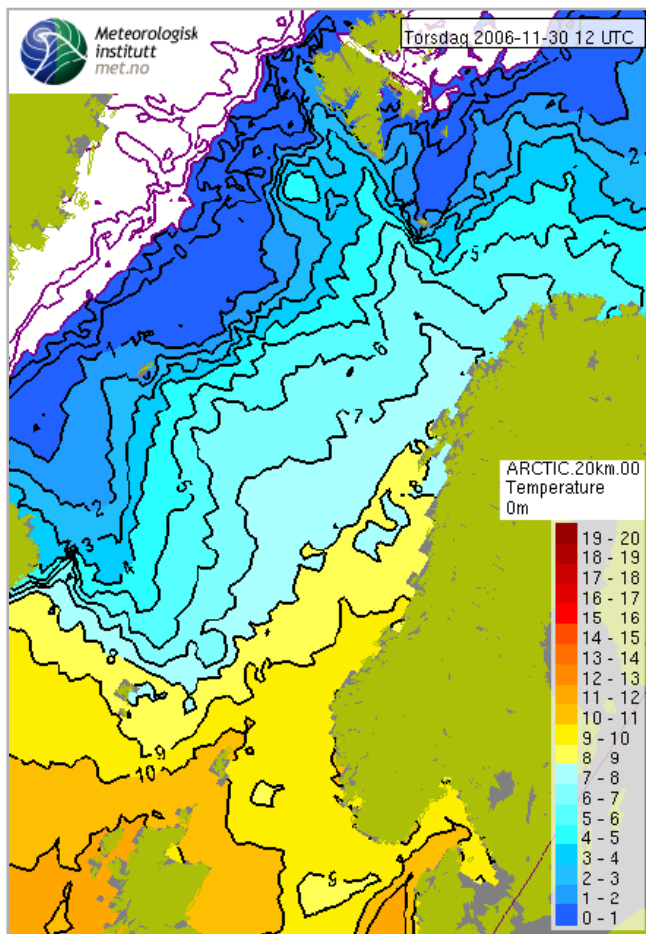


Fig. 17 Havvannets overflatetemperatur, målt 30. november 2006 (kilde: DNMI).

Relasjon til andre økokliner

Det er en viss variasjon i salinitet (SA) og i grove trekk med hensyn til vannets bevegelsesenergi (økoklinen BE) mellom Skagerrak og de øvrige økoregionene; ellers finner variasjonen langs MS sted på en så grov skala at økoklinen

ikke er relatert til lokale basisøkokliner.

Økoregioninndelingen (og MS slik den er definert her) adresserer variasjon innenfor kystvann. Men også innenfor de andre vannmasse typene finnes det en temperaturbetinget variasjon fra sør til nord. En utvidelse av gyldighetsområdet for MS til også omfatte andre vannmasse typer bør derfor vurderes.

Karakterisering av trinnene

Grenseoppgangen mellom økoregionene er først og fremst basert på biogeografiske kriterier, spesielt utbredelsen av makroalger og evertebrater (Brattegard & Holthe 1997). Men økoregioninndelingen fanger også opp variasjon (og skarpe overgangssoner) på regional skala mellom områder med ulike fysisk/kjemiske vannegenskaper. De ulike (mulige) kriteriesettene vil imidlertid resultere i én konsistent inndeling i regioner, men støtter til dels opp under ulike regionavgrensninger (se Fig. 17). Tabell 8 oppsummerer viktige økoregiongrensekriterier på grunnlag av drøfting i Moy et al. (2003).

Sammenlikning av trinndeling i NiN med trinn i andre arbeider

Brattegard & Holthe (1997) deler norskekysten inn i tre 'klimatisk biogeografiske sub-provinser' innenfor 'den nordøst-atlantiske boreale region'; Skagerrak, Vest-Norge og Finnmark. Den foreliggende inndelingen av MS i fire økoregioner følger Moy et al. (2003) og innebærer en videre oppdeling av den vestnorske 'subprovinsen' hos Brattegard & Holthe (1997).

Vurdering av kunnskapsgrunnlaget

Inndelingen av MS i fire marine økoregioner er en biogeografisk ekspertinndeling, resultatet av et kompromiss som veier utbredelsesmønstrene til noen viktige artsgrupper opp mot hverandre.

2

Tabell 8. Kriterier for avgrensning av marine økoregioner, og hvilken geografisk avgrensning av sonene som de indikerer.

Kriterium	1–2 Skagerrak–Nordsjøen	2–3 Nordsjøen–Norskehavet	3–4 Norskehavet–Barentshavet
Tidevannsamplitude	astronomisk middel tidevannsforskjell = ca. 0.5 m	astronomisk middel tidevannsforskjell = 1 m (ikke spring-situasjonen; for hvilken en forskjell på 1 m finner sted omtrent ved Marstein fyr sør for Bergen; se NiN BD 6: Artikkel 3)	–
Innflytelse av atlantisk vann	større i 2 enn i 1, men ingen skarpe grenser; tilførsel av ferskvann fra elver og vann med lav salinitet til 1 gjør årstemperaturamplituden større og saliniteten lavere enn i 2	større i 3 enn i 2; såvel artssammensetningen som de fysiske/kjemiske vannegenskapene viser at innflytelsen av atlantisk vann er sterkest i 3 ved Storegga utenfor Mørkysten (høyere temperatur enn i 2 lenger sør) og utenfor Lofoten og Vesterålen	større i 3 enn i 4
Planteplankton	hyppige og kraftige planktonoppblomstringer (forekommer inn i 2 nord til Bergen)	–	–
Makroalger	mange arter har utbredelsesgrense mot sør og sørøst i området Lindesnes–Lista	en del arter som er srlig sterkt knyttet til atlantisk vann forekommer på Mørkysten men mangler lenger sør	Vesterålen er sørgrense for en subarktisk algeflora
Evertebrater	Egersund-området angis som viktig grensesone for mange arters utbredelse	–	Loppa angis som viktig grensesone for mange arters utbredelse



Relasjonene til viktige miljøgradienter er ikke helt klare; en viktig grunn til dette er at variasjonen fra sør til nord langs kysten er kompleks og er betinget av flere miljøfaktorer som bare delvis samvarierer (temperatur, salinitet, tidevannsamplitude) i rom og tid. Graden av årstidsvariasjon er for eksempel også en viktig faktor som skiller Skagerrak fra de andre økoregionene.

Kunnskapsmanglene er betydelige, og kan oppsummeres i følgende punkter:

(MS1) Det er behov for en objektivisert analyse (ordinasjonsanalyse med tolkning) av utbredelsesmønstre for ulike organismegrupper langs norskekysten.

(MS2) Det er behov for en analyse av regional miljøvariasjon i kyst- og fjordvannegenskaper (overflatevann) etter mønster av 'PCA-Norge' (Bakkestuen et al. 2008). I en slik analyse må også graden av årstidsvariasjon trekkes inn.

(MS3) Det må vurderes om en inndeling av temperaturrelatert variasjon i marine systemer skal utvides til også å omfatte andre vannmassetyper enn kyst- og fjordvann.



Takk

Medlemmer av ekspertgruppa for NiN som ikke står på forfatterlista takkes for konstruktivt samarbeid og nyttige diskusjoner. Vegar Bakkestuen takkes for mange konstruktive diskusjoner, ikke minst på bakgrunn av 'PCA-Norge'.



Referanser

- Abrahamsen, J., Jacobsen, N.K., Kalliola, R., Dahl, E., Wilborg, L. & Pålsson, L. 1984. Naturgeografisk regioninndeling av Norden, 2. utgave. – Nordiska Ministerrådet, Helsingfors.
- Ahti, T., Hämet-Ahti, L. & Jalas, J. 1968. Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. – *Annls bot. fenn.* 5: 169-211.
- Alsos, I.G., Eidesen, P.B., Ehrich, D., Skrede, I., Westergaard, K., Jacobsen, G.H., Landvik, J.Y., Taberlet, P. & Brochmann, C. 2007. Frequent long-distance plant colonization in the changing Arctic. – *Science* 316: 1606-1609.
- Anonym, 2003. Circumpolar Arctic vegetation map, scale 1: 7.500.000. Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF) map no. 1. – U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage, Alaska.
- Bakkestuen, V., Erikstad, L. & Halvorsen, R. 2008. Step-less models for regional biogeoclimatic variation in Norway. – *J. Biogeogr.* 35: i trykk.
- Blytt, A. 1876. Forsøg til en theorie om indvandringen af Norges flora under vekslede regnfulde og tørre tider. – *Nytt Mag. Naturvid.* 21: 279-362.
- Brattegard, T. & Holthe, T. (red.) 1997. Distribution of marine, benthic macro-organisms in Norway. A tabulated catalogue. Preliminary edition. – *Dir. Naturforv. Utretn.* 1997: 1: 1-21.
- Dahl, E. 1957. Rondane: Mountain vegetation in South Norway and its relation to the environment. – *Skr. norske Vidensk.-Akad. Oslo mat.-naturvid. Klasse* 1956: 1–374.
- Dahl, E. 1998. The phytogeography of northern Europe: British Isles, Fennoscandia and adjacent areas. – Cambridge University Press, Cambridge.
- Dahl, E., Elven, R., Moen, A. & Skogen, A. 1986. Vegetasjonskart over Norge 1:1 500 000. Nasjonalatlas for Norge kartblad 4.1.1. – Statens Kartverk, Hønefoss.
- Elvebakk, A. 1985. Higher phytosociological syntaxa on Svalbard and adjacent areas used in subdivision of the Arctic. – *Nord. J. Bot.* 5: 273-284.
- Elvebakk, A. 1999. Bioclimatic delimitation and subdivision of the Arctic. – *Skr. norske Vidensk.-Akad. Oslo mat.-naturvit. Klasse N. S.* 38: 81-112.
- Elvebakk, A. 2005a. A vegetation map of Svalbard on the scale 1:3.5 mill. – *Phytocoenologia* 35: 951-967.
- Elvebakk, A. 2005b. Climatic gradients as reflected in the vegetation zones of the northernmost part of the map of the natural vegetation of Europe. – In: Bohn, U.C., Hettwer, G. & Gollub, G. (red.) *Anwendung und Auswertung der Karte der natürlichen Vegetation Europas.* – Bundesamt NatSchutz-Schr. 156: 123-133.
- Elvebakk, A., Elven, R. & Razzhivin, V.Y. 1999. Delimitation, zonal and sectoral subdivision of the Arctic. – *Skr. norske Vidensk.-Akad. Oslo mat.-naturvit. Klasse N. S.* 38: 375-386.
- Elvebakk, A. & Johansen, B.E. 1997. The Fennoscandian perspective for a circumpolar arctic vegetation map legend. – *Inst. arct. alp. Res. Univ. Colo. Occ. Pap.* 52: 32-33.
- Elvebakk, A. & Spjelkavik, S. 1995. The ecology and distribution of *Empetrum nigrum* ssp. *hermaphroditum* on Svalbard and Jan Mayen. – *Nord. J. Bot.* 15: 541-552.
- Euroala, S. 1974. The plant ecology of northern Kiölen, arctic or alpine? – *Aquilo Ser. bot.* 13: 10-22.
- Fremstad, E. 1997. Vegetasjonstyper i Norge. – *Norsk Inst. Naturforsk. Temahefte* 12: 1-279.
- Førland, E. J. 1979. Nedbørens høydeavhengighet. – *Klima* 2: 2-34.
- Haapasaari, M. 1988. The oligotrophic heath vegetation of northern Fennoscandia and its zonation. – *Acta bot. fenn.* 135: 1-219.
- Hafsten, U. 1992. The immigration and spread of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Norway. – *Norsk geogr. Tidsskr.* 46: 121-158.
- Hansen, B., Østerhus, S., Dooley, H.D., Gould, W.J. & Rickards, L.J. 1998. North Atlantic - Norwegian sea exchanges. – *ICES coop. Res. Rep.* 225: 124-135.
- Holien, H. & Tønsberg, T. 1996. Boreal regnskog i Norge – habitat for trøndelagselementets lavarter. – *Blyttia* 54: 157-177.
- Karlsen, S.R. Elvebakk, A., Høgda, K.A. & Johansen, B. 2005. A vegetation-based method to map climatic variation in the arctic-boreal transition area of Finnmark, north-easternmost Norway. – *J. Biogeogr.* 32: 1161-1186.
- Moen, A. 1987. The regional vegetation of Norway; that of Central Norway in particular. – *Norsk geogr. Tidsskr.* 41: 179-226.
- Moen, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge. Vegetasjon. – Statens kartverk, Hønefoss.
- Moen, A. & Odland, A. 1993. Vegetasjonsseksjoner i Norge. – *Univ. Trondheim VitenskMus. Rapp. bot. Ser.* 1993: 2: 37-53.
- Moy, F., Bekkby, T., Cochrane, S., Rinde, E. & Voegelé, B. 2003. Marin karakterisering. Typologi, system for å beskrive økologisk naturtilstand og forslag til referansenettverk. FOU-oppdrag tilknyttet EUs rammedirektiv for vann. – *Norsk Inst. Vannforsk. Rapp.* 4731: 1–90.
- Myklestad, Å. 1993. The distribution of *Salix* species in Fennoscandia – a numerical analysis. – *Ecography* 16: 329-344.
- Nordhagen, R. 1943. Sikilsdalen og Norges fjellbeiter. – *Bergens Mus. Skr.* 22: 1–607.
- Oksanen, L. & Virtanen, R. 1995. Topographic, altitudinal and regional patterns in continental



- and suboceanic heath vegetation of northern Fennoscandia. – *Acta bot. fenn.* 153: 1-80.
- Pedersen, B. 1990. Distributional patterns of vascular plants in Fennoscandia: a numerical approach. – *Nord. J. Bot.* 10: 163-189.
- Sjörs, H. 1948. Myrvegetation i Bergslagen. – *Acta phytogeogr. suec.* 21: 1-299.
- Sjörs, H. 1963. Amphi-atlantic zone: nemoral to arctic. – In: Löve, Å. & Löve, D. (eds). *North atlantic biota and their history*, Pergamon Press, Oxford, pp. 109-125.
- Sjörs, H. 1967. *Nordisk växtgeografi*, ed. 2. – Svenska bokförlaget, Stockholm.
- Sætre, R. (red.) 2004. *The Norwegian Sea ecosystem*. – Tapir, Trondheim.
- Tamm, O.F.S. 1954. Till frågan om bestämning av klimatets humiditetsgrad i Sverige. – *K. Lantbr.-Akad. Tidskr.* 93: 105-122.
- Tuhkanen, S. 1980. Climatic parameters and indices in plant geography. – *Acta phytogeogr. suec.* 67: 1-105.
- Tuhkanen, S. 1984. A circumboreal system of climatic-phytogeographical regions. – *Acta bot. fenn.* 127: 1-50.
- Wielgolaski, F.E. & Johnson, E.E. 1996. Adaptation in tundra plants exemplified by transplantation studies at two latitudes. – *Polar Biol.* 9: 313-324.
- Økland, J. & Økland, K.A. 1999. *Vann og vassdrag 4. Dyr og planter: Innvandring og geografisk fordeling*. – Vett & Viten, Nesbru.
- Økland, R.H. 1989. Hydromorphology and phytogeography of mires in inner Østfold and adjacent part of Akershus, SE Norway, in relation to regional variation in SE Fennoscandian mires. – *Opera bot.* 96: 1-122.
- Økland, R.H. 1990. Regional variation in SE Fennoscandian mire vegetation. – *Nord. J. Bot.* 10: 285-310.
- Økland, R.H. & Bendiksen, E. 1985. The vegetation of the forest-alpine transition in the Grunningsdalen area, Telemark, SE Norway. – *Sommerfeltia* 2: 1-224.
- Økland, T. 1996. Vegetation-environment relationships of boreal spruce forest in ten monitoring reference areas in Norway. – *Sommerfeltia* 22: 1-349.
- Aas, B. 1970. Noen bemerkelsesverdige høye vekstgrenser for varmekjære trær og urter i Seljord. – *Norsk geogr. Tidsskr.* 24: 23-36.



Vedlegg 1

Tillegg til NiN BD 6: Artikkel 25 PCA-Norge – trinnløs sone- og seksjonsinndeling for det norske fastlandet ved ordinasjon av 54 miljøvariabler

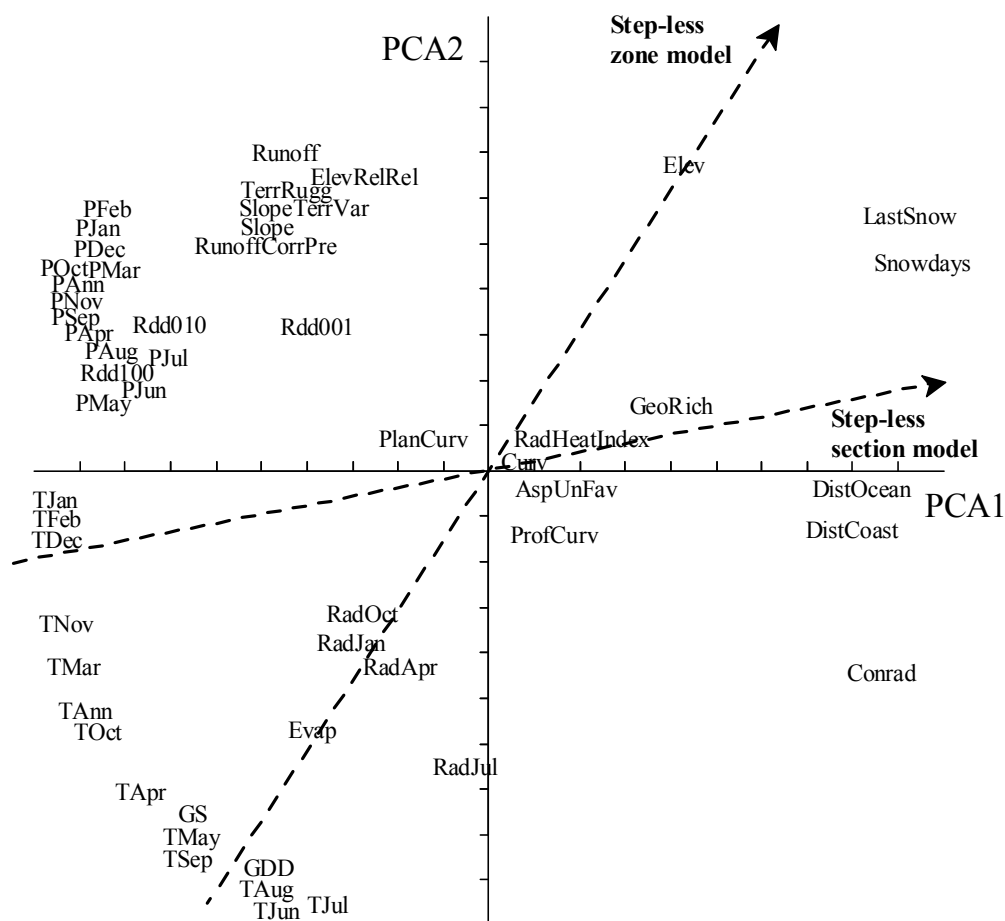
Vegar Bakkestuen, Lars Erikstad og Rune Halvorsen

Både for det norske fastlandet og for de arktiske områdene er den gjeldende bioklimatiske sonenndelingen (Moen 1998, Elvebakk 2005) resultatet av samlet ekspertvurdering av en lang rekke biogeografiske og klimatiske kriterier. Uten faste kriterier for hva en sone skal være, finnes det ingen objektiv sann soneavgrensning. Som et bidrag til en mer objektivisert beskrivelse av variasjonen på regional skala, har Bakkestuen et al. (2008) foretatt en analyse basert på 54 kartfestete variabler (for det meste 'rasterdata' eller punktobservasjoner) som beskriver biogeoklimatisk variasjon i Norge ('PCA-Norge'); temperatur, nedbør, humiditet og innstråling (beregnet på grunnlag av terrengvariabler). 'PCA-Norge' adresserer samvariasjonen mellom variablene, hvilke regionale kompleksgradienter de danner og graden av

sammenfall mellom komplekse miljøgradienter som er ekstrahert med numeriske metoder og ekspertinndelingen i vegetasjonssoner og seksjoner (Moen 1998). For hver av de 54 variablene ble GIS brukt til uttrekk av data for ruter med størrelse 10×10 km (3932 ruter), 5×5 km (14 972 ruter) og 1×1 km (53 266 ruter; fire ruter trukket tilfeldig fra hver 5×5 km-rute). I tillegg ble datasett med redusert ruteantall analysert. Før analyse ble alle variablene transformert til null fordelingskjevhet (*zero skewness*; R. Økland et al. 2001) og standardisert slik at hver variabel får lik vekt i analysen. Hovedgradienter i datamaterialet ble for hvert ruteutvalg funnet ved PCA-ordinasjon av hele datamatrixa (se **NiN BD 2: D1d**: Boks 2).

Analyseresultatene var konsistente over hele spennvidden av rutestørrelse (oppløselighetsskala) fra 1×1 til 10×10 km; de samme fire hovedgradientene (PCA-aksene) ble funnet i alle ordinasjonene. Dette viser at det finnes en sterk regional gradientstruktur som i skalaintervall 1–10 km ikke i særlig grad er avhengig av oppløsningen i analysen (rutestørrelsen). For å eliminere en mulig effekt av mange sterkt korrelerte variabler (særlig temperatur og innstråling), ble analysene repetert på et utvalg bestående av 35 variabler. Dette endret ikke resultatene. Alle ordinasjoner hadde en første akse som fanget opp variasjon langs den bioklimatiske seksjonsøkningen (den regionale økoklinen BH), mens

Fig. 1. PCA-ordinasjon av 54 miljøvariabler, registrert i 53 266 1-km² ruter på det norske fastlandet, aksene 1 (horisontal) og 2. Merkelappene på figuren viser retningen fra origo der man finner den største økningen i verdi for hver enkelt variabel, og avstanden fra origo indikerer hvor godt variasjonen for variabelen fanges opp i ordinasjonen. T er temperaturvariabler, P er nedbørvariabler, GS er vekstsesonglengde og GDD er varmesum. Vektorpiler angitt med stipla linjer er de to retningene som stemmer best mulig med klassifiseringen av ruter til vegetasjonssone og vegetasjonssesjon etter Moen (1998). Prosjeksjonene av rutene på disse vektorene er estimater av rutenes plassering langs trinnløse seksjons- og soneøkninger. Disse vil bli referert til som trinnløse seksjons- og sonemodeller. Etter Bakkestuen et al. (2008): Fig. 4.



den andre aksen fanget opp variasjon langs BS (Fig. 1). Fig. 1 viser også at for det norske fastlandet er de to ekspertklassifiserte regionale økoklinene, vegetasjonssoner og vegetasjonsseksjoner, svakt korrelert med hverandre (se begrunnelse i avsnittet 'Relasjon til andre økokliner' under BS).

Bakkestuen et al. (2008) viser hvordan resultatene fra 'PCA-Norge' kan brukes til trinnløs angivelse av ruters plassering langs kompleksgradienter som svarer til økoklinene BS og BH; de såkalte trinnløse seksjons- og sonemodellene (se også teksten til Fig. 1).

På tre punkter avviker analyseresultatene til Bakkestuen et al. (2008) fra sone- og seksjonsinndelingen i Moen (1998):

- Moens nemorale sone representerer ikke et trinn langs samme bioklimatiske økoklin som øvrige soner, men danner i et diagram med trinnløse seksjons- og sonemodeller som akser en kile inn i boreonemoral sone (Fig. 2). Den klimatiske variasjonen innenfor den samlede boreonemorale/nemorale sonen er imidlertid mye større enn innenfor hver av de tre de boreale sonene, slik at det fra økoklinoppdelingssynspunkt synes å være gode grunner for å dele denne variasjonsbredden i to soner slik som Moen (1998) gjør. Bakkestuen et al. (2008) foreslår at den nemorale sonen omfatter de sommervarme kystnære områdene omkring ytre Oslofjord og et stykke nedover sørlandskysten, i hvert fall til Aust-Agder (Fig. 2b). Videre

utredningsarbeid er påkrevet for å justere grensene mellom den boreonemorale og den nemorale sonen.

- Moens todeling av den sterkt oseaniske seksjonen (O3) i en termisk, ytre, og en hygrisk, indre, del, gjenspeiles ikke langs den trinnløse oseanitetsøkoklinen. Det viser at denne delingen hos Moen (1998), som også Moen sjøl påpeker, er basert på andre kriterier enn den øvrige seksjonsinndelingen. I NiN-sammenheng vil delingen i to sterkt oseaniske seksjoner ikke bli benyttet.
- Moens seksjon C1 er i grenselandet til å utspenne større variasjon langs den trinnløse seksjonsmodellen enn øvrige soner. Det faktum at steppe i egentlig forstand ikke anses å forekomme på det norske fastlandet (**NiN BD 6: Artikkel 10**) taler imidlertid imot at C2 finnes der. Det bør imidlertid vurderes om også den klart kontinentale sonen C2 skal angis for det norske fastlandet.

Studien til Bakkestuen et al. (2008) viser at det er mulig, med stor presisjon, å plassere hvert punkt på den norske landjorda trinnløst langs økokliner som er svært sterkt korrelert med Moens vegetasjonsseksjoner og vegetasjonssoner (Fig. 2–5). Trinnløse seksjons- og sonemodeller vil kunne være et svært nyttig hjelpemiddel i mange sammenhenger, blant annet som et enkelt middel for å skaffe kartdekkende grunnlagsdata for modellering av naturtyper og arters utbredelsesmønstre (prediksjonsmodellering; Stokland et al. 2008), men

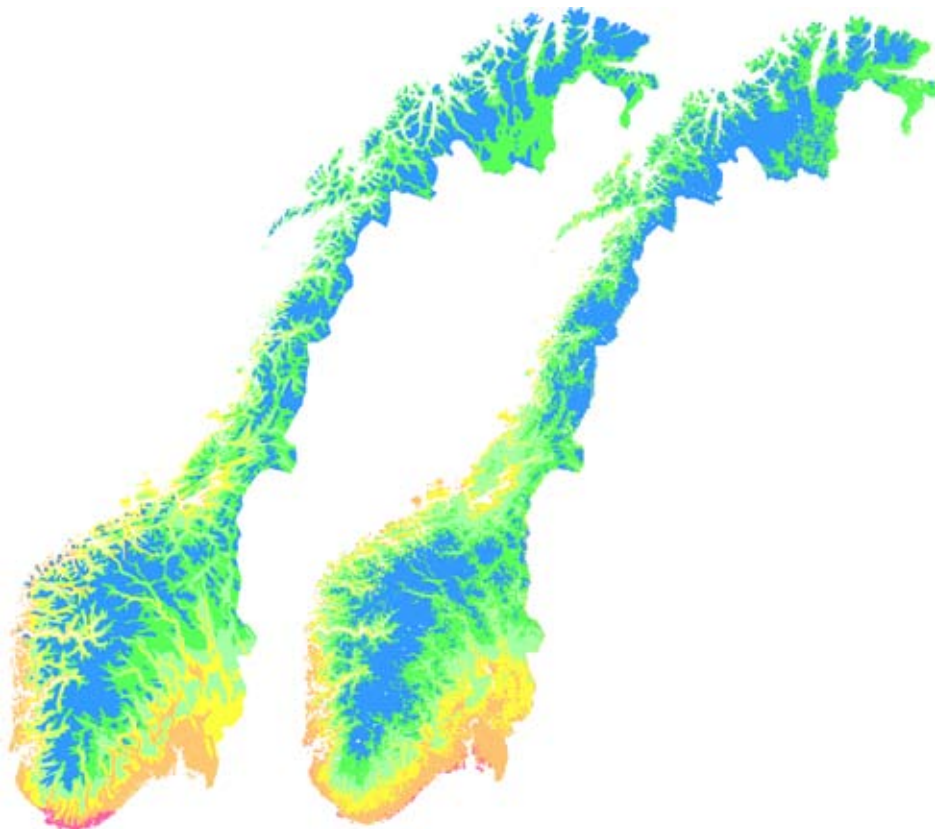


Fig. 2. Sammenlikning mellom ekspertklassifikasjonen til vegetasjonssoner (Moen 1998) til venstre (a) og den trinnløse sonemodellen basert på PCA-ordinasjon av 54 biogeoklimatiske variabler (Bakkestuen et al. 2008) til høyre (b); se forklaring i teksten til Fig. 1. De seks fargene som avløser hverandre fra sør til nord, for eksempel på Østlandet, representerer bioklimatiske soner (etter Moen 1998) fra nemoral (rød) via gul (SB) og sterkt grønn (NB) til alpine soner (LA–HA; blått). Fra Bakkestuen et al. (2008): Fig. 6.



Fig. 3. Sammenlikning mellom ekspertklassifikasjonen til vegetasjonsseksjoner (Moen 1998) til venstre (a) og den trinnløse sonemodellen basert på PCA-ordinasjon av 54 biogeoklimatiske variabler Bakkestuen et al. 2008) til høyre (b); se forklaring i teksten til Fig. 1. De seks fargene som avløser hverandre fra vest til øst, for eksempel fra Sogn og Fjordane til indre Østlandsdaler, representerer bioklimatiske seksjoner fra O3 (to mørkeste blåfarger) via OC (lyseste blåfarge) til C1 (kvit) Fra Bakkestuen et al. (2008): Fig. 5.

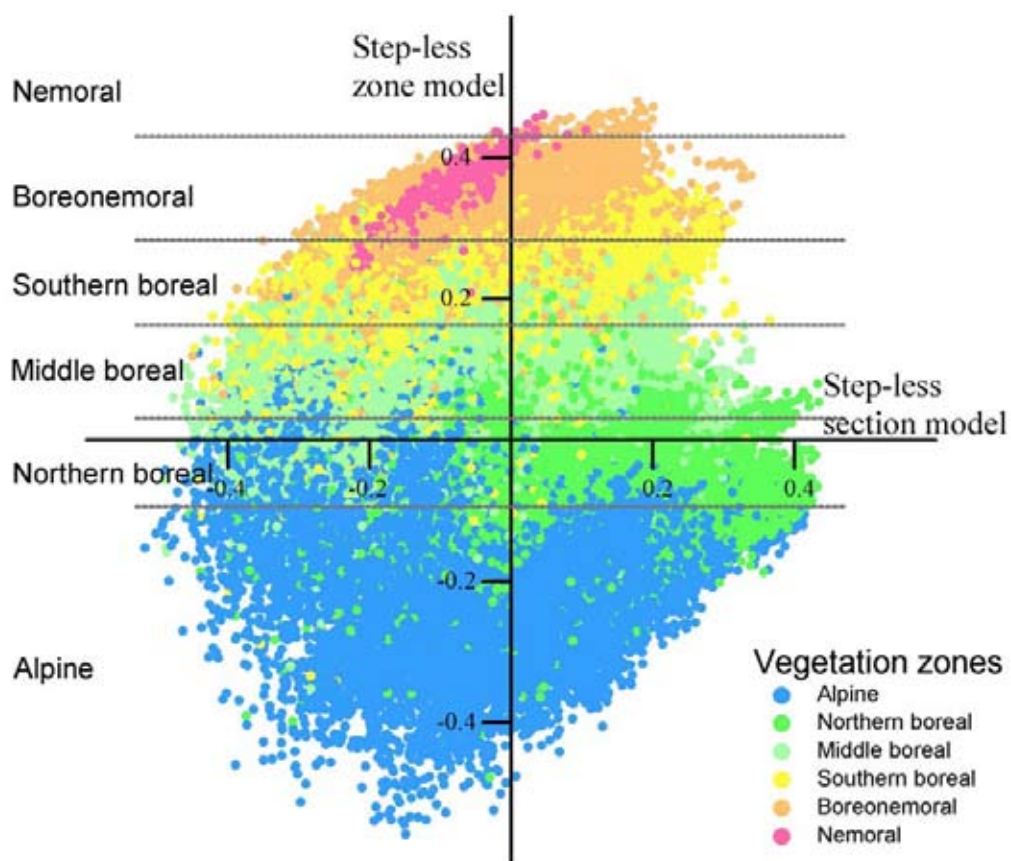


Fig. 4. Plassering av 1-km² ruter, ekspertklassifisert til vegetasjonssone etter Moen (1998), langs den trinnløse sonemodellen (step-less zone model) til Bakkestuen et al. (2008). De stipla linjene avgrensner trinn langs den trinnløse sonemodellen som omfatter like mange ruter som er klassifisert til den tilsvarende sonen hos Moen (1998). Fra Bakkestuen et al. (2008: Fig. 8b).

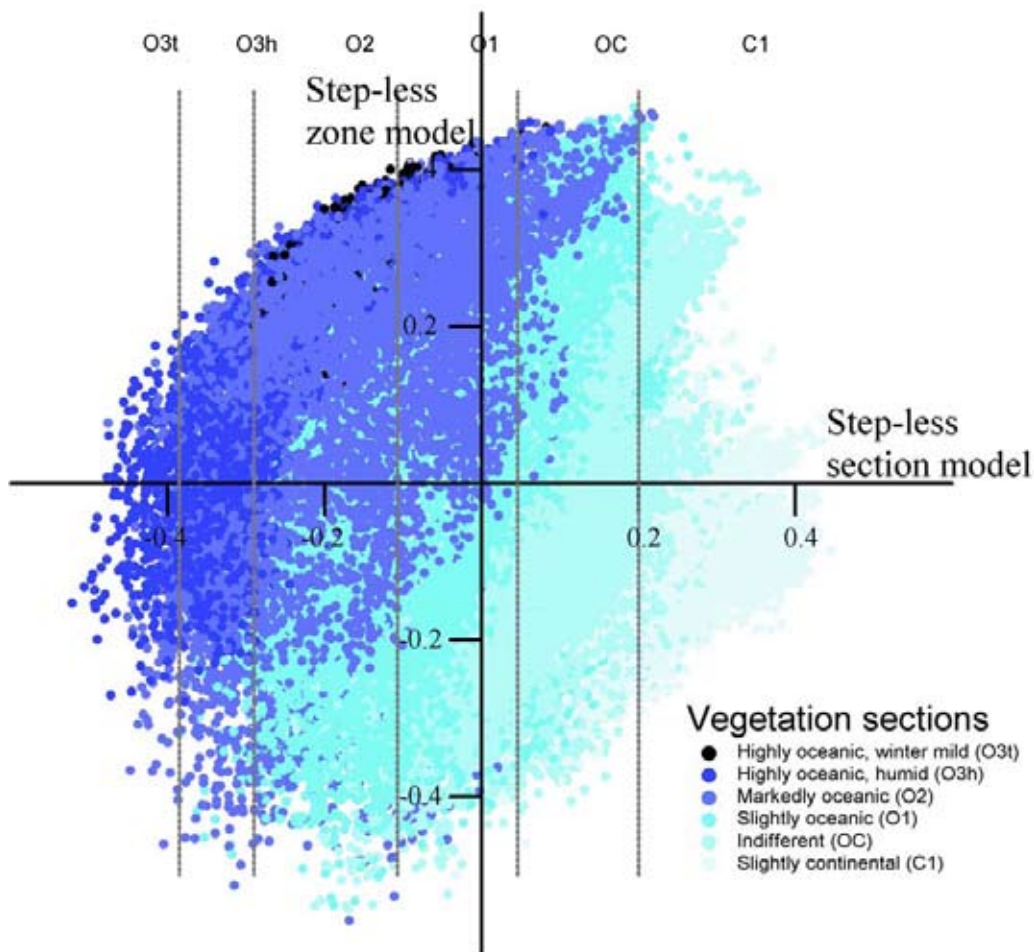


Fig. 5. Plassering av 1-km² ruter, ekspertklassifisert til vegetasjonsseksjon etter Moen (1998), langs den trinnløse seksjonsmodellen (step-less section model) til Bakkestuen et al. (2008). De stipla linjene avgrensar trinn langs den trinnløse seksjonsmodellen som omfatter like mange ruter som er klassifisert til den tilsvarende seksjonen hos Moen (1998). Fra Bakkestuen et al. (2008: Fig. 8a).

kriterier for innplassering av områder langs regionale (bioklimatiske) økokliner må naturligvis også baseres på variasjon i artssammensetningen.

Et viktig spørsmål, som er drøftet i avsnittet 'Relevant skala' under økoklinen BS, er hvilken oppløsning som bør legges til grunn for angivelse av trinn tilhørighet langs de regionale økoklinene (for eksempel 4 eller 1 km²). Valg av oppløsning vil bestemme utbredelsen av ekstremer langs økoklinene, særlig langs BS som er den av de to økoklinene som framviser variasjon på finest geografisk skala (Bakkestuen et al. 2008).

Detaljerte analyser etter samme mønster som i 'PCA-Norge' (Bakkestuen et al. 2008) vil kunne kaste nytt lys over utfordringer som for eksempel:

- avgrensning av Arktis mot sør
- vurdering av parallelle bioklimatiske soner på det norske fastlandet og i Arktis
- forbedret bioklimatisk inndeling av havområdene (økoklinen MS), ikke minst fra Finnmarks-kysten og videre nordover mot Arktis.

Referanser

- Bakkestuen, V., Erikstad, L. & Halvorsen, R. 2008. Step-less models for regional biogeoclimatic variation in Norway. – J. Biogeogr. i trykk.
- Elvebakk, A. 2005. A vegetation map of Svalbard on the scale 1:3.5 mill.– Phytocoenologia 35: 951-967.
- Moen, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge. Vegetasjon. – Statens kartverk, Hønefoss.
- Stokland, J.N., Bakkestuen, V., Bekkby, T., Rinde, E., Skarpaas, O., Sverdrup-Thygeson, A., Yoccoz, N.G. & Halvorsen, R. 2008. Prediksjonsmodellering av arters og naturtypers utbredelse og forekomst: utfordringer og potensiell bruksverdi i Norge. – NatHist. Mus. Univ. Oslo Publ. 1: i trykk.