

391

OPPDRAKSMELDING

Miljøovervåking på
Tjeldbergodden og Terningvatn
Jord- og vegetasjonsundersøkelser
1993-94

Odd Eilertsen
Eli Fremstad



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Miljøovervåking på
Tjeldbergodden og Terningvatn
Jord- og vegetasjonsundersøkelser
1993-94

Odd Eilertsen
Eli Fremstad

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befæringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1995. Miljøovervåking på Tjeldbergodden og Terningvatn. Jord- og vegetasjonsundersøkelser 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 391: 1-38.

Trondheim, desember 1995

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-0645-5

Forvaltningsområde:
Naturovervåking
Environmental monitoring

Rettighetshaver ©:
Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning
NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:
Odd Terje Sandlund

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:
Eli Fremstad og Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

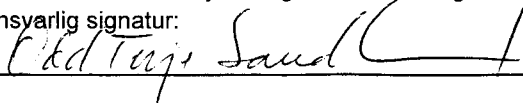
Opplag: 150

Kontaktadresse:
NINA•NIKU
Tungasletta 2
7005 Trondheim
Tel: 73 58 05 00
Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 6255 Tjeldbergodden, vegetasjon
15431, Tjeldbergodden - Terningvatn, veg.

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Statoil

Referat

Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1995. Miljøovervåking på Tjeldbergodden og Terningvatn. Jord- og vegetasjonsundersøkelser 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 391: 1-38.

Statoil etablerer et metanolanlegg på Tjeldbergodden, Aure, Møre og Romsdal og har i den forbindelse opprettet et miljøovervåkingsprogram. I 1994 ble det ved Terningvatn (ca 40 km NØ for Tjeldbergodden) lagt ut og analysert 30 faste analyseruter for overvåking av jordvann, humus og vegetasjon; disse kommer i tillegg til 30 ruter som ble lagt ut i 1993 2-3 km fra industriområdet. Analyserutene er lagt i de viktigste utformingene av furuskog i kystområdene. De to datasettene å 30 analyseruter fanger tilsammen opp variasjonen i furuskog fra grunnlendte knauser av røsslyng-blokkebærtype til blåbærtype med innslag av gras og urter; typene gjenspeiler bl.a. en fuktighetsgradient. Humusen har lav pH, høyt glødetap og varierende basemetning. Direkte gradientanalyse viser at total-nitrogen er den viktigste strukturerende kjemiske parameter, etterfulgt av Ca og CEC. Undersøkelsen beskriver tilstanden i humus og vegetasjon i analyserutene før industrietableringen og skal danne grunnlag for evaluering av eventuelle virkninger av nitrogenholdige industriutslipp på miljøet.

Emneord: Industriutbygging - forurensning - overvåking - jord - vegetasjon - gradientanalyser.

Odd Eilertsen, Norsk institutt for naturforskning, Postboks 736, Sentrum, 0105 Oslo.
Eli Fremstad, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7005 Trondheim.

Abstract

Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1995. Environmental monitoring at Tjeldbergodden and Terningvatn. Investigation of soil and vegetation in 1993-94. - NINA Oppdragsmelding 391: 1-38.

Statoil is building a methanol factory at Tjeldbergodden on the coast of Central Norway and has consequently initiated an environmental monitoring programme. In 1994, 30 permanent plots were laid out at Terningvatn (approximately 40 km northeast of Tjeldbergodden) and their soil water, humus and vegetation were investigated. These plots are additional to 30 which were laid out in 1993, 2-3 km east of Tjeldbergodden. The 60 plots together cover the full variation found in the coastal pine forests here, from open, low-growing stands on very shallow soils to stands of medium productivity and dominance of bilberry in the field layer intermixed with some forbs. These types of forest partly reflect a humidity gradient. The humus has a low pH, a high loss on ignition and varying base saturation. Direct gradient analysis shows that total nitrogen is the chemical factor which has most bearing on the structure of the vegetation, followed by Ca and CEC. The investigations in 1993-94 determined the status of the humus and vegetation in the plots prior to the industrial development and form the basis for evaluating possible effects on the environment of nitrogen-bearing emissions from the methanol plant.

Key words: Industrial development - pollution - monitoring - soil - vegetation - gradient analyses.

Odd Eilertsen, Norwegian Institute for Nature Research, P.O. Box 736, Sentrum, N-0105 Oslo, Norway.
Eli Fremstad, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, N-7005 Trondheim, Norway.

Forord

De vegetasjonsøkologiske undersøkelsene på Tjeldbergodden og Terningvatn er designet for å studere spatio-temporal dynamikk, dvs endringer i rom og tid. Disse kan ha sitt opphav i naturlig variasjon eller tilfeldig dynamikk (stokastiske endringer) eller i retningsbestemt/rettet dynamikk som følge av ytre påvirkninger (deterministiske endringer). De første to analyserundene på Tjeldbergodden og Terningvatn danner grunnlag for de oppfølgende undersøkelsene.

Undersøkelser av vegetasjon, humus og jordvann ved Terningvatn i Agdenes, Sør-Trøndelag er en utvidelse av tilsvarende undersøkelser som ble utført ved Tjeldbergodden i Aure, Møre og Romsdal i 1993. I rapporten fra Tjeldbergodden konkluderte Eilertsen & Fremstad (1994) med at de 30 analyserutene som i 1993 ble lagt ut og analysert var utilstrekkelige for en statistisk analyse av virkninger på vegetasjon av forurensninger fra Statoils anlegg på Tjeldbergodden. Vi anmodet derfor Statoil om å gå inn for etablering av ytterligere 30 analyseruter, helst i et annet område, slik at analyseflatene i de forskjellige vegetasjonsutformingene ble jevnere fordelt og de viktigste økologiske kompleksgradientene ble ytterligere strukket ut.

Statoil ga tilsagn om utlegging og analyse av 30 nye analyseruter og humus- og jordvannundersøkelser i juni 1994. Vegetasjons- og humusundersøkelsene skulle utføres av Norsk institutt for naturforskning (NINA), jordvannundersøkelsene av Norsk institutt for skogforskning (NISK).

Med utvidelse av oppdraget for øye foretok Eli Fremstad en befaring til Terningvatnet i juni 1994 og pekte ut lokaliteter som kunne være aktuelle for etablering av analyseflater for vegetasjonsundersøkelser. Etter at grunneierne var kontaktet og hadde gitt tillatelse, etablerte NINA seks felt à fem analyseruter 29-30 juni. Arbeidet ble utført av Odd Eilertsen og Eli Fremstad. Vegetasjonsanalyser og innsamling av humus ble utført av Eli Fremstad 7-12 og 18-22 juli.

NISK installerte lysimetre i tre av vegetasjonsfeltene 30 juni. Arbeidet ble utført av Ingrid Ann Berg og Synnøve Borge. Ragnhild Øyan og Jan Øyan, Moldtun ble engasjert av NISK for innsamling av jordvann og vedlikehold av lysimetrene. Dan Aamlid er ansvarlig for jordvannundersøkelsene.

Inga Bruteig, Allforsk har kontrollert belegg av kystreinlav (*Cladonia portentosa*), og Kjell Ivar Flatberg, Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet, har bekreftet innsamlingene av lyngtorvmose (*Sphagnum quinquefarum*). Begge takkes for hjelpen.

En særlig takk rettes til grunneierne Ingrid Seternes, Moldtun og Harald Seternes, Årnes som velvilligst tillot etablering av prøvefeltene.

Oslo og Trondheim, mai 1995

Odd Eilertsen

Eli Fremstad

Innhold

Referat.....	3
Abstract.....	3
Forord.....	4
1 Innledning.....	5
2 Undersøkellesområdene.....	5
2.1 Tjeldbergodden.....	5
2.2 Terningvatn.....	5
2.2.1 Geografisk plassering.....	5
2.2.2 Naturgrunnlag.....	5
2.2.3 Klima.....	7
2.2.4 Ytre påvirkning.....	8
3 Materiale og metoder.....	9
3.1 Vegetasjonsøkologisk feltdesign.....	9
3.2 Miljøparametre.....	9
3.3 Behandling av vegetasjonsdata.....	11
3.4 Behandling av miljøparametre.....	12
3.5 DCA-ordinasjon av vegetasjonsdata.....	12
3.6 CCA-ordinasjon.....	12
3.7 Korrelasjonsanalyser.....	12
4 Resultater Terningvatn.....	13
4.1 Vegetasjonsanalyser.....	13
4.2 Korrelasjoner mellom miljøparametre.....	23
4.3 Korrelasjoner mellom DCA-akser og miljøparametre.....	28
4.4 CCA-ordinasjon.....	28
5 Diskusjon.....	31
5.1 Indirekte versus direkte gradientanalyse.....	31
5.2 Sammenligning mellom Tjeldbergodden og Terningvatn.....	32
5.3 Indirekte gradientanalyse.....	33
5.4 Direkte gradientanalyse.....	34
5.5 Konklusjon og anbefalinger.....	34
6 Sammendrag.....	35
7 Summary.....	36
8 Litteratur.....	37

1 Innledning

Bakgrunnen for undersøkelsene på Tjeldbergodden i 1993 og Terningvatn i 1994 er gjort rede for av Eilertsen & Fremstad (1994: 4-5, 25). Formålet med overvåking av vegetasjon, humus og jordvann er å vise hvorvidt det over tid skjer:

- Kjemiske endringer i jordvann og humus i forbindelse med utslippene fra Tjeldbergodden.
- Endringer i vegetasjonen som kan tilskrives de kjemiske endringene i jordvann og humus.
- Endringer i artsrespons hos de ektohydriske artene som følge av endret nedbørskvalitet.

Det er helt sentralt å studere hvorvidt disse endringene er naturlige/tilfeldige (stokastiske) eller er rettede som følge av endrede miljøbetingelser (deterministiske). Foreliggende rapport gir resultatene fra undersøkelsene ved Terningvatn og en sammenligning og oppsummering av resultatene fra begge områdene. Derved er det lagt et faglig forsvarlig grunnlag for reanalyse med treårige intervaller og en analyse av sammenhengen mellom eventuelle endringer i vegetasjonen med endringer i kjemiske parametre for humus og jordvann.

Terningvatn ble valgt fordi Norsk institutt for vannforskning (NIVA) allerede utfører vannkjemiske og -biologiske undersøkelser for Statoil i området, og fordi Norsk institutt for luftforskning (NILU) har etablert en stasjon for nedbør-kjemiske undersøkelser like nord for vatnet. Vi tok sikte på å etablere feltene for vegetasjon, humus og jordvann nær NILUs stasjon for å få nedbørkjemiske data som best mulig gjenspeiler miljøforholdene i overvåkingfeltene.

2 Undersøkellesområdene

Beliggenheten til overvåkingssområdene "Tjeldbergodden" og "Terningvatn" fremgår av **figur 1**. Avstanden mellom overvåkingssområdene er ca 40 km i luftlinje.

2.1 Tjeldbergodden

Overvåkingssområde "Tjeldbergodden" ligger øst for Kjørsvik i Aure, 2-3 km øst for Statoils anlegg på selve Tjeldbergodden (Eilertsen & Fremstad 1994, figur 1). Overvåkingfeltene ligger i Aure, Møre og Romsdal (felt 1-4) og Hemne, Sør-Trøndelag (felt 5-6), se Eilertsen & Fremstad (1994, figur 2), som også beskriver miljøforholdene i overvåkingssområdet.

2.2 Terningvatn

2.2.1 Geografisk plassering

Overvåkingssområde "Terningvatn" ligger på sørsiden av Trondheimsleia, ca 3 km innenfor kystlinjen (**figur 1**). De seks feltene for våre undersøkelser er lagt ut mellom Terningvatnets nordende og gården Dalen, en strekning på ca 2 km. Feltenes beliggenhet er vist i **figur 2-3**. Området dekkes av M 711-kart 1522 III Ørlandet og økonomisk kart BW 129-5-2 Terningvatnet og BW 130-5-4 Storvassmoen. Geografiske koordinater er UTM 32V NR 24 45-47 og 63° 31'N 9° 30'Ø En generell karakteristikk av feltene er gitt i **tabell 1**.

Felt 7 ligger 20 m vest for vegen som fører ned til Terningvatnets nordende; vel 20 fra vannkanten og 150 m sørsørvest for NILUs stasjon.

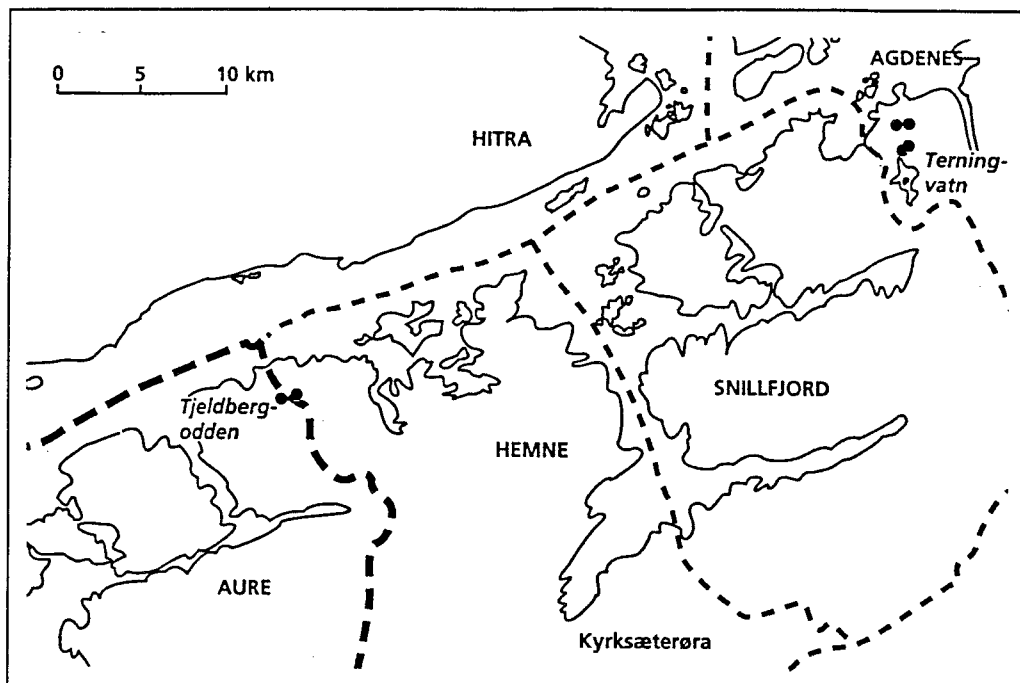
Felt 8 og 9 ligger i skråningen øst for vegen til Terningvatn, henholdsvis ca 70 og 85 m fra vegen. Avstanden, i luftlinje, til NILU-stasjonen er ca 115 m for felt 8, 145 m for felt 9. Feltene ligger nordøst for NILU-stasjonen.

Felt 10 er lagt ved nordøstenden av Langvatnet, 20 m fra vegen til Terningvatn der denne tar av fra Terningen-vegen.

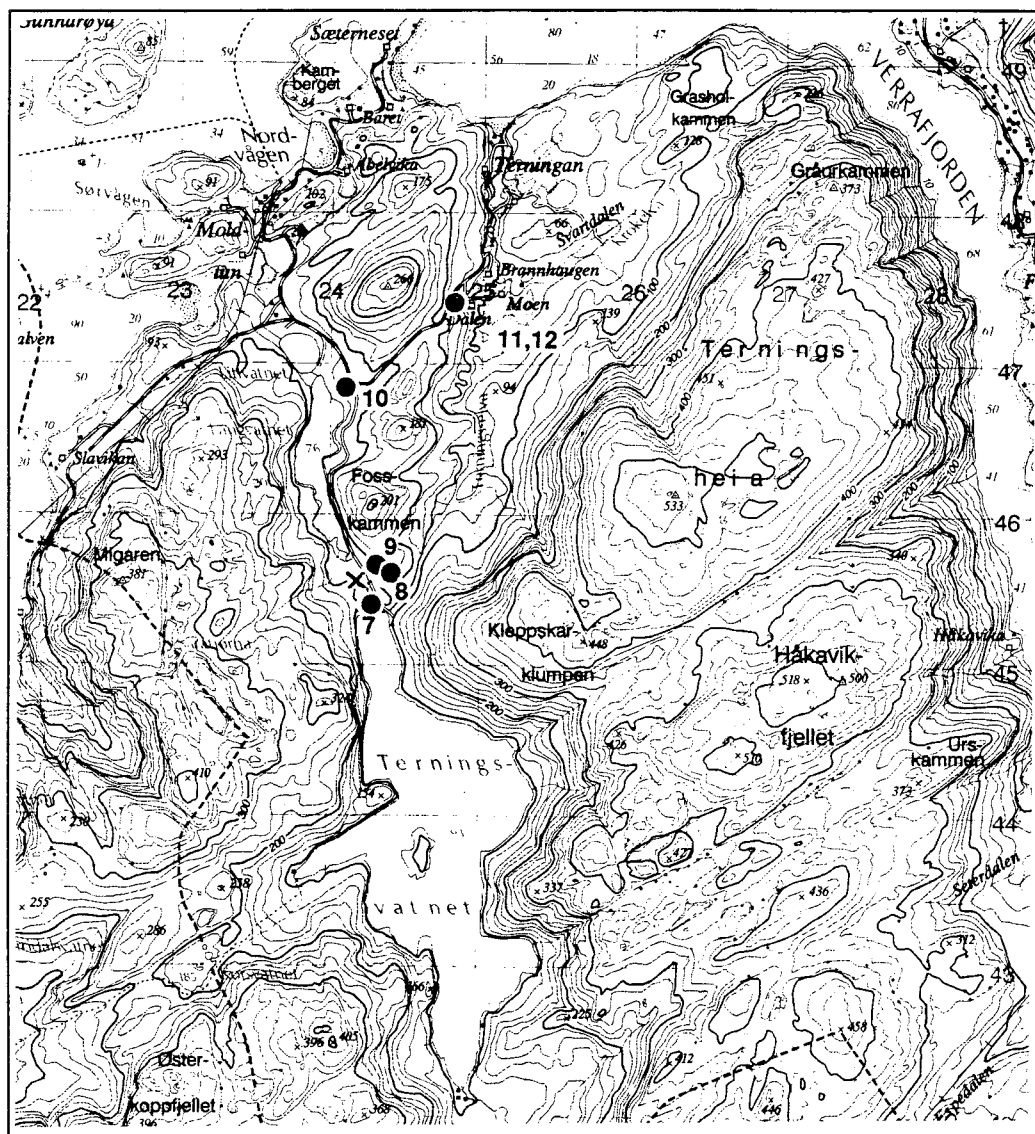
Felt 11 og 12 ligger i skråningen mellom Terningen-vegen og Dalen gård, ca 50 m øst for (nedenfor) vegen. Avstanden mellom østenden av felt 11 og vestenden av felt 12 er bare 3 m.

2.2.2 Naturgrunnlag

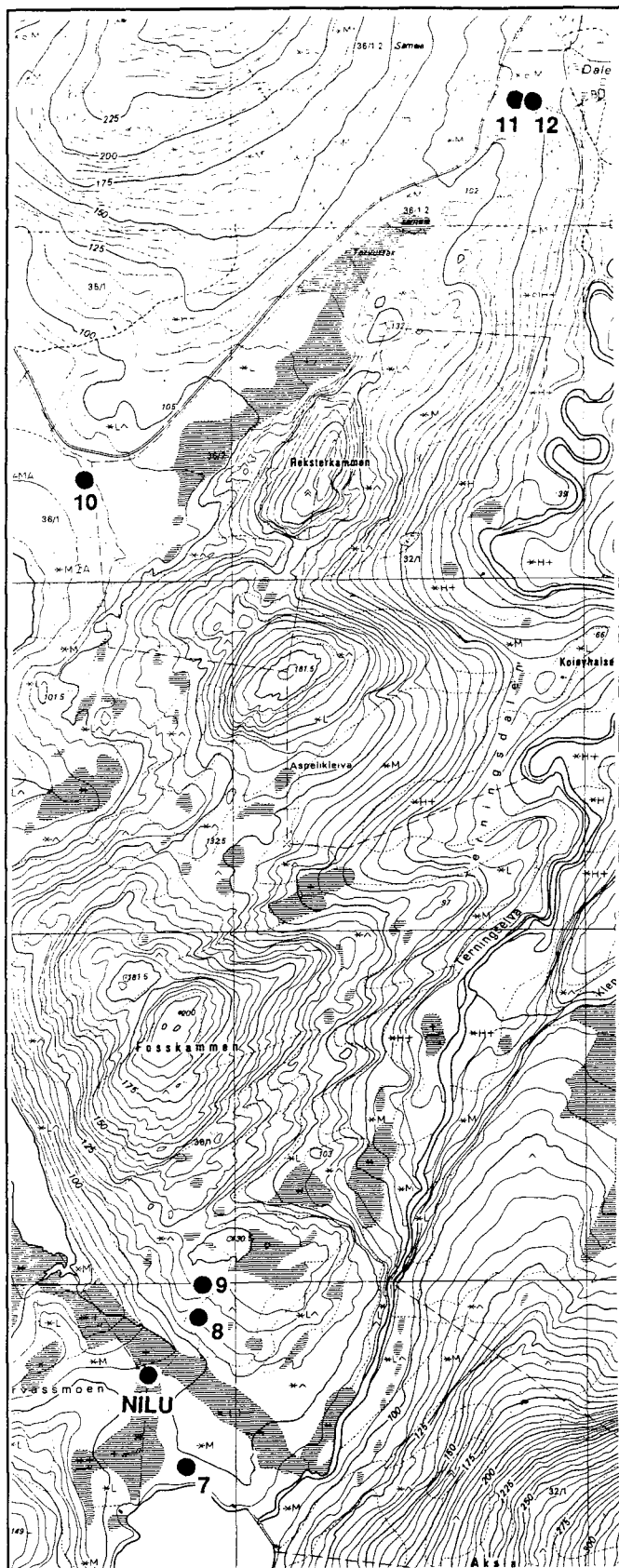
Overvåkingfeltene ligger i et område av migmatittisk gneis som er en del av det nordvestnorske grunnfjellsområdet (Sigmond et al. 1984). Det innebærer en hard, tungtforvitrende berggrunn som gir dårlig grunnlag for plantevekst.



Figur 1. Lokaliseringen av de to overvåkingsområdene som er etablert for vegetasjon, humus og jordvann i forbindelse med Statoils industribygging på Tjeldbergodden: "Tjeldbergodden" i Aure, Møre og Romsdal/Hemne, Sør-Trøndelag og "Terningvatn" i Agdenes, Sør-Trøndelag. - Location of the areas for monitoring humus, soil water and vegetation which have been established in connection with industrial development at Tjeldbergodden.



Figur 2. Lokalisering av felt 7-12. - Location of macro-plots 7-12.



Figur 3. Lokalisering av felt 7-12 for overvåking av vegetasjon og humus (NINA) og luftkvalitet (NILU). NISKs overvåking av jordvann utføres i felt 7, 10 og 11. - Location of macroplots 7-12 for monitoring vegetation and humus (NINA) and air quality (NILU). Soil water is being monitored by NISK in macroplots 7, 10 and 11.

Tabell 1. Karakteristikk av overvåkingsfeltene ved Terningvatn. Eksposisjon og helning gis i grader (360°). - Characterization of the macroplots at Terningvatn. Aspect and inclination are given in degrees (360°).

Felt: anal. nr.	UTM	H.o.h., m	Feltets ekspos.	Rutenes helning
Macroplot: plot no.	Map ref.	Altitude	Macroplot aspect	Macroplot inclin.
7: 30-35	NR 243454	96	180	5-10
8: 36-40	NR 244456	105	180	10-20
9: 41-45	NR 244456	110	180	5-25
10: 46-50	NR 241468	90	180	< 5
11: 51-55	NR 248474	70	85	5-25
12: 56-60	NR 248474	70	85	10-20

Landskapet karakteriseres som storkupert hei (Klemsdal & Sjulsen 1992), med sprekkdaler som går i sørvestlig-nordøstlig retning. Åsene har steile og glatte sider uten løsmasseavsetninger, eventuelt noe rasmarek. Thoresen (1990) angir området som "bart fjell eller fjell med tynt eller usammenhengende løsmassedekke". Felt 7 ligger ifølge Reite (1990) på morene, felt 8 og 9 på bart fjell, felt 10 på en marin strandavsetning med sammenhengende dekke, og felt 11-12 på marin strandavsetning (sand, grus) med usammenhengende eller tynt dekke.

Furu er dominerende treslag rundt Terningvatn. Noen furubestander, f.eks. der felt 7 og 10 ligger, er av middels bonitet, men svært lavproduktiv furuskog preger størstedelen av området, vekslende med fattig fastmattemyr i søkk og smådaler samt glatte bergsider med sparsomt eller spredt plantedekke. På litt rikere mark er det et visst innslag av bjørk og osp. Løvtredominerte bestander i området er unge og har grodd opp etter som beitetrykket i utmarka ble svakere.

De viktigste vegetasjonstypene i området er blåbærfuruskog (A4, klassifisert etter Fremstad & Elven 1987), røsslyng-blokkbærfuruskog (A3) og grunnlendte utforminger av denne, jf. "heigråmose-furuknaus" ved Tjeldbergodden (Fremstad 1994).

2.2.3 Klima

Åsene rundt Terningvatn når opp i 250-450 m o.h. Dette medfører at nedbøren blir 1500-2000 mm i året rundt vannet, en del lavere (1000-1500 mm) noe nord for vannet og utover strandflatene rundt Trondheimsleia (Førland 1993a). Det faller 1 mm nedbør eller mer i 175-200 av årets dager (Førland 1993b). Høstmånedene og tidlig vinter er den fuktigste perioden. 100-124 dager pr år har snødekt mark (Bjørnbæk 1993); en kan regne med snødekt mark 3-4 måneder i året. Vinteren begynner i andre halvdel av

november og slutter i første halvdel av mars (Aune 1993). Vegetasjonsperioden starter i andre halvdel av april og slutter i andre halvdel av oktober, dvs. at vegetasjonsperioden varer ca seks måneder (Aune 1993).

Klimaet viser store likheter med det som råår på Tjeldbergodden, men Terningvatnområdet har høyere årsnedbør og mer langvarig snødekke. Vegetasjonsperioden er derimot ikke vesentlig forskjellig i de to overvåkingsområdene. Begge overvåkingsområdene ligger i den sterkt oseaniske seksjonen (O3) av boreonemoral vegetasjonsregion (Moen & Odland 1993). Fordi området har så fattig berggrunn og løsmasser, merker en lite til at en befinner seg i boreonemoral region, men det er et klart innslag av eu-oseaniske arter i vegetasjonen, bl.a. storfrytle (*Luzula sylvatica*) og kystbjønnskjegg (*Trichophorum cespitosum* ssp. *germanicum*). Andre oseaniske arter er også svært vanlige, f.eks. bjønnekam (*Blechnum spicant*) og rome (*Narthecium ossifragum*) (Fægri 1960). Bunnsjiktet i furuskogene inneholder en rekke oseaniske moser, bl.a. kystjamnemoser (*Plagiothecium undulatum*), kystkransmose (*Rhytidadelphus loreus*), narrefurumose (*Scleropodium purum*), stortujamose (*Thuidium tamariscinum*) og storstylte (*Bazzania trilobata*). Kystreinlav (*Cladonia portentosa*), som inngår i de grunnlendte utformingene av røsslyngblokkebærskog, vokser i ytre kyststrøk til Stadt, mer spredt derfra til Nordland (Krog et al. 1994). Denne ansamlingen av oseaniske arter viser at det regionale klimet er svært humid.

Kyststrekningen langs Trondheimsleia ligger vest for det sørtrønderske granskogområdet, men det finnes spredte, spontane enkelttrær og småbestander av gran (*Picea abies*) rundt Terningvatn, jf. kart hos Hafsten (1991).

Områdene rundt Terningvatn er dårlig undersøkt fra botanisk hold. Vi har bare opplysninger fra en ekskursjon som Norsk botanisk forening, Trøndelagsavdelingen hadde til Terningen i 1993 (Langaas & Sivertsen 1994).

2.2.4 Ytre påvirkning

I felt 7 finnes noen gamle stubber som viser at trær er blitt avvirket. Dette må imidlertid være lenge siden, og undervegetasjonen har forlenget tilpasset seg de endringer i lys- og fuktighetsforhold som hugsten medførte. Ellers er bygging av skogsbilvegen til Terningvatn det største inngrepet i nærheten av felt 7. Avstanden til veien er 20 m.

Felt 8 og 9 ser ikke ut til å være kulturpåvirket på noen måte. Furuskogen er for lavproduktiv til å bli utnyttet i dag, og husdyrbeite har knapt foregått i denne åsen i de siste generasjonene, om noensinne. Elg ferdes i området, men øver bare et svakt beitetrykk. Derimot er det nokså klart at det har vært husdyrbeite i dalsiden ovenfor Dalen, der felt 11 og 12 ligger. Et parti nærmere veien er tydelig beiepåvirket, og et visst grasinnslag i feltene er sannsynlige spor etter tidligere beite. Det foregår imidlertid ikke husdyrbeite i dag, og feltene ble vurdert som så stabile at deres tilstand ikke vil by på pro-

blemer i overvåkingsammenheng. Det samme gjelder felt 10, der det er et tydelig innslag av gras og urter.

Felt 11 og 12 ligger ovenfor dyrket mark, men Dalen er ikke lenger i drift. Felt 10 og 7 ligger nokså nær grusveg (henholdsvis bygdeveg og skogsbilveg). Trafikken ved felt 7 er imidlertid meget liten, en del større ved felt 10, men vegene innebærer neppe noen fare for lokal forurensning.

3 Materiale og metoder

3.1 Vegetasjonsøkologisk feltdesign

Metodikken som benyttes følger så langt som mulig NINAs konsept for vegetasjonsøkologiske undersøkelser innen "Program for terrestrisk naturovervåking" slik dette er utformet fra og med 1993 (Eilertsen & Brattbakk 1994, Eilertsen & Ofte 1994, Eilertsen under utarb.). Opplegget er identisk med det som ble nyttet på Tjeldbergodden (Eilertsen & Fremstad 1994).

Ruteplassering og oppmerking

Etter en befaring i juni ble seks analysefelt à 5 x 10 m subjektivt utplassert slik at de fanger opp mest mulig av den floristiske og økologiske variasjonen i området furuskog på fastmark. Se beskrivelse av feltene i kap. 4.1.

De seks feltene ble merket med trepåler i alle hjørnene. Innen hvert felt ble fem analyseruter à 1 m² tilfeldig valgt ut, ved "begrenset tilfeldig ruteplassering" (restricted random sampling, jf. Økland 1990). Feltdesignet er valgt som et kompromiss mellom objektivitet og tidsforbruk.

Plasseringen av analyserutene innen feltene ble bestemt ved å trekke koordinater fra en liste over tilfeldige tall (Owen 1962). Visse kriterier ga grunnlag for forkastning av plasseringen: det at et tre eller einerkratt ville bli stående inne i analyseruta; det at to analyseruter ville bli liggende ved siden av hverandre eller ha felles hjørner; det at steiner eller bart fjell dekker mer enn 20 % av rutes areal; og det at skrenter og topografisk variasjon umuliggjorde plassering av analyseruta. Koordinatene til erstatningsrutene ble også bestemt ved trekning av tilfeldige tall.

Analyserutene ble nummerert fra 31 til og med 60, slik at man har en fortløpende nummerering av alle de 60 analyserutene som inngår i Statoils overvåking av vegetasjon i forbindelse med utslippene fra Tjeldbergodden; analyserute 1-30 ved Tjeldbergodden og analyserute 31-60 ved Terningvatn.

Hjørnene til hver analyserute ble markert med trepåler og aluminiumrør. På alle trepålene ble rutenummer skrevet med tusj, og det ble angitt hvor henholdsvis smårute 1, 4, 13 og 16 (hjørnesmårutene) befinner seg, jf. figur 4.

Ruteanalysering

Analyserutene ble undersøkt ved hjelp av en analyseramme på 1 m² som var delt i 4 x 4 småruter. I hver av de 1/16 m² store smårutene ble forekomst/fravær av alle arter av karplanter, moser og lav registrert. Disse registreringene danner grunnlag for utregning av artenes smårutefrekvens, som nyttes som kvantitativ angivelse for hver art i analyseruta.

I tillegg ble dekning (projeksjon i horisontalplanet) av hver art i analyseruta angitt i prosent. Denne informasjonen gir et supplement til smårutefrekvens-dataene, og vil kunne være av betydning for vurdering av endrete dominansforhold i analyseruta over tid. Dekningsdataene er ikke benyttet i denne rapporten.

Nomenklatur

Navnegivingen for arter følger Lid & Lid (1994) for karplanter, Nyholm (1956) og Smith (1990) for henholdsvis bladmoser og levermoser, og Krog et al. (1994) for lav. Lys reinlav (*Cladonia arbuscula*) kan også omfatte gaffelreinlav (*Cladonia ciliata*); det falt vanskelig å avgjøre i felt om begge taksa var til stede. *Cladonia* spp. i tabellene omfatter både arter som i stor grad består av basalskjell og arter med opprette, mer og mindre sylformede podetier. Beger-/reinlavartene fantes i mange ruter i sparsomme mengder, og ville ha blitt sterkt desimert dersom en hadde samlet dem for bestemmelse i laboratoriet. Vi valgte derfor å prioritere at de fortsatt skulle finnes i rutene fremfor å bestemme alle til art.

3.2 Miljøparametre

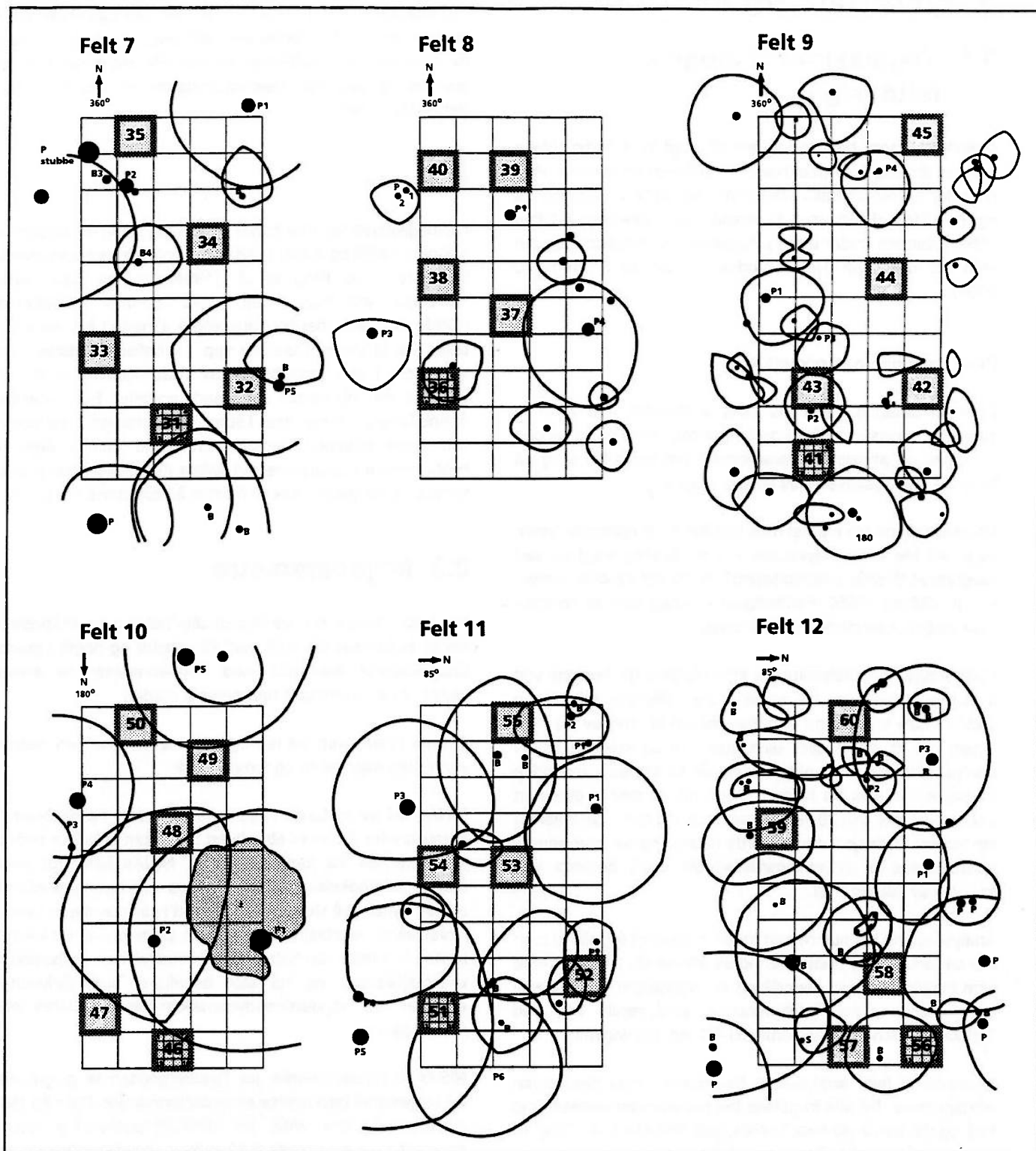
For hver analyse ble gjennomsnittlig helning og eksposisjon angitt. Helningen ble målt med klinometer og angitt i grader. Eksposisjonen ble målt med 360°-kompass; de avleste verdiene ble avrundet til nærmeste 5 grader.

Trærne innen hvert felt (se figur 4) ble målt inn ved hjelp av aluminium målestaver og tommestokk.

NINAs del av jordundersøkelsene er basert på analyser av humusprøver. Disse vil etter hvert bli relatert til NISKs jord- og jordvannsdata fra forskjellige sjikt. NINAs felter for vegetasjonsundersøkelser er lagt ut langs vegetasjonsgradienter og kan nyttes til å studere variasjonen i jordparametre over tid i forskjellige vegetasjonsutforminger. Dataene vil også kunne brukes til å tolke resultatene fra de multivariate analysene av vegetasjonsdata og ha stor betydning som forklaringsvariabler når vegetasjonsdynamikken skal vurderes etter reanalysering.

NISKs jordundersøkelser på Tjeldbergodden vil gi grunnlag for en generell beskrivelse av jordsmonnet der. Data fra dette arbeidet vil være viktig for fremtidig overvåking. Ved å sammenholde disse data med jordvannsundersøkelsene kan sammenhengen mellom endringer i jordas faste og flytende faser vurderes.

Metoder for jord- og jordvannsundersøkelser følger de samme prosedyrer som for TOV (Jensen 1991, 1992, Jensen & Frogner 1993).



Figur 4. Plassering av analyse rute 31-60 i felt 7-12. Trær som forekommer i hvert felt er inntegnet, med omtrentlig angivelse av kroneomriss. Forekomst av eiker (*Juniperus communis*) er ikke kartlagt, bortsett fra en større klynge i felt 10. P: furu (*Pinus sylvestris*), B: bjørk (*Betula pubescens*). Kors angir at individet er død. - Location of permanent plots 31-60 in macroplots 7-12. The trees in the macroplots were mapped, including the approximate circumference of their crowns. Juniper (*Juniperus communis*) was not mapped, except for a scrub in macroplot 10. P: *Pinus sylvestris*, B: *Betula pubescens*. A cross indicates that the tree is dead.

Jord

Jord er generelt et heterogent materiale. Det er derfor nødvendig med mange enkeltprøver fra et prøvelfelt for å få et representativt bilde av de jordkjemiske forholdene.

Humusprøver fra hver analyserute ble samlet i løpet av to dager i slutten av feltarbeidet etter en periode med mer enn tre dager uten nedbør. Prøvene ble tatt ved uttak av flere mindre stikk noen cm utenfor rutene, fortrinnsvis langs sidene, slik at de ikke skadet vegetasjonen i rutene og etterlot minst mulig groper og søkk som kunne påvirke dreneringsforholdene i og rundt rutene. Tre til fem stikk med humus ble slått sammen til én prøve som gir et estimat for forholdene i hver rute.

Jordvann

NISK installerte lysimetre (jordvannstasjoner) ved vegetasjonsfelt 7, 10 og 11 i en 0,5 m bred sone rundt utvalgte analyseruter. Jordvannstasjon D er plassert i felt 10; jordvannstasjon E er plassert i felt 7 og jordvannstasjon F i felt 11.

Hver jordvannstasjon er utstyrt med tre PRENART-lysometre som er laget av en blanding av teflon og glass med 4-6 mm porestørrelse. Lysimetrene ble plassert ved at et skråstilt hull ble laget med en stålstang. Hullet ble fylt med oppslemmet kvartsmel, og lysimetrene ble presset ned i hullene. Kvartsmel øker vannledningen inn mot lysimetrene. Innsamlingsvolumet for PRENART-lysometre kan beskrives som en ellipse rundt jordsonden. Begynnelsesundertrykket er ca 0,7 bar.

Det tas ut jordvannprøver en gang hver fjortende dag så lenge jorden ikke er frosset. Oppsamlet vannvolum måles for hver flaske. Flasken skylles med destillert vann mellom hver prøvetaking. Til en fullstendig analyse kreves ca 50 ml vann. Ved vannmengder under 50 ml blir prøvene ikke sendt til NISK.

Kjemiske analyser

Humusprøvene er analysert av NISKs kjemiske laboratorier etter standardprosedyrer beskrevet av Ogner et al. (1991). Resultatene er direkte sammenlignbare med jordparametrene fra Tjeldbergodden og innen TOV. De kjemiske analysene omfatter 42 parametre. I TOV presenterer NISK (jf. Jensen 1991, 1992, Jensen & Frogner 1993) parametrene pH H₂O, glødetap (%), kationbyttekapasitet mmol(c), basemetning (%), aciditet, utbytbar Ca, Mg, K, Na, Fe og Al (mmol/kg). Vi har lagt vekt på de samme parametrene, samt supplert med; B, Ba, C, Mn, P, S, Si, Sr, Zn og spesielt viktig i dette prosjektet; Kjeldal-N (total-nitrogen).

3.3 Behandling av vegetasjonsdata

Vegetasjonsdata ble innlest ved hjelp av programpakken BDP, Biological Data Program/PC (Pedersen 1988).

Standardisering ved veiing av matriseelementer

Skalaen for artenes mengdeangivelse har i utgangspunktet en rekkevidde (r) på 16 for smårutefrekvensdatasettet (TE-FR30) og $r = 100$ for dekningsgradsdatasettet (TE-PC30). Dette gir en vesentlig høyere vektlegging av dominanter i TE-PC30- enn i TE-FR30-datasettet. Da ordinasjonsresultater varierer med skalarekkevidder (Eilertsen et al. 1990) valgte vi for begge datasettene å sette $r = 16$, som gir en moderat vektlegging av dominanter (Smartt et al. 1974a, 1974b, Jensén 1978, Økland 1986). Det medførte at rekkevidden på TE-PC30-datasettet måtte reduseres ved veiing av matriseelementer. Dette ble utført ved hjelp av følgende "power function" (van der Maarel 1979, Clymo 1980);

$$y_{ij} = f(x_{ij}) = a \cdot x_{ij}^w$$

der x_{ij} er de opprinnelige og y_{ij} er de veiende verdiene av art i i analyserute j , a er en rekkevidde-skalare og w en veiing-parameter. w fremkommer ved å dividere \ln til den nye rekkevidden med \ln til den opprinnelige. I TE-PC30 datasettet ble dermed; $w = \ln 16 / \ln 100 = 0,6$.

Nedveiing av sjeldne arter

Enkelte arter med lav frekvens i totalmaterialet vil kunne få en tilfeldig plassering i ordinasjonsplottet. Dersom disse blir gitt for stor vekt, vil de redusere strukturen i materialet, bidra til støy (bias) eller opptre som avvikere (outlayers). En vanlig måte å redusere støyen på er å fjerne disse artene. Problemet er at en reduserer noe av strukturen når lavfrekvente arter med noe økologisk informasjon elimineres. En måte å beholde alle artene på og likevel redusere betydningen av lavfrekvente arter, er å foreta nedveiing av disse. Det har vært diskutert hvor velegnet nedveingsopsjonen i CANOCO (ter Braak 1987) er. Eilertsen & Pedersen (1989) har foreslått en alternativ nedveingsprosedyre, der nedveiingen blir utført på alle arter med lavere frekvens enn medianfrekvensen, istedenfor standard-opsjonen på 20 % av maksimalfrekvensen. I BDP er algoritmen for median nedveiing etter Eilertsen et al. (1990) lagt inn;

$$v'_i = (F_i / F_m)^n \cdot v_i$$

der v'_i er den nye og v_i opprinnelige verdien til art i , og n er en positiv skalar som bestemmer graden av nedveiing av lavfrekvente arter. I dette arbeidet har vi valgt å sette $n = 1$. Den nye verdien av v'_i gjør da at vi beholder lavfrekvente arter, gir dem lavere vekt, men kan utnytte deres økologiske informasjon (Westhoff & van der Maarel 1978).

Etter standardisering og nedveiling ble det opprettet "Cornell Condensed Files" (CCF-filer) som input til ordinasjonsprogrammene.

Det ble opprettet nye frekvensdatasett (TJTE-FR) og prosentdekningsdatasett (TJTE-PC) der data fra de 60 analyserutene på Tjeldbergodden og Terningvatn ble slått sammen.

3.4 Behandling av miljøparametre

Kjemiske miljøparametre ble innlest ved hjelp av programpakken BDP, Biological Data Program/PC (Pedersen 1988). Basemetning (BS), glødetap (LI) og pH ble angitt uveid. De øvrige variablene ble dels angitt etter divisjon på glødetap og ln-transformasjon (jf. Økland & Eilertsen 1993). Alle data ble eksportert som fullformatfiler for statistisk analyse og som CCF-filer for numerisk bearbeiding.

3.5 DCA-ordinasjon av vegetasjonsdata

Multivariate, numeriske metoder har etter hvert fått en sentral rolle i biologiske forsknings- og overvåkningsprogrammer. I vegetasjonsøkologiske arbeider har disse ordinasjonsmetodene vist seg å være svært anvendelige til å beskrive vegetasjonsmønstre, finne gradientstrukturer, estimere biodiversitet og etter reanalysering kvantifisere vegetasjonsdynamikk (jf. Økland & Eilertsen 1993, 1994, upubl.).

To uavhengige sett av metoder har etter hvert fremstått som "state of the art"-konsept innen vegetasjonsøkologisk forskning; DCA - Detrended Corresponded Analysis (Hill 1979, Hill & Gauch 1980) og MDS - Multidimensional Scaling (Kruskal 1964a, 1964b, Minchin 1987). Begge konseptene tar utgangspunkt i en art/rute-matrise og reduserer dimensjonaliteten til et lite antall. Arter og ruter kan så projiseres ned i dette fådimensjonale ordinasjonsrommet. Da vegetasjonen kan oppfattes som en funksjon av de økologiske forholdene, kan de ordinasjonsaksene som fremkommer gis en økologisk tolkning. En rekke arbeider viser at både DCA og MDS genererer reelle ordinasjonsakser som kan tolkes som økologiske gradienter, og at de i liten grad genererer forvrengningsakser uten økologisk informasjon.

Vegetasjonsanalysene på Tjeldbergodden baserer seg på DCA-ordinasjon ved hjelp av programpakken CANOCO (ter Braak 1987, 1990). For å få en mest mulig adekvat plassering av ruter og arter i ordinasjonsrommet, ble en opsjon for ikke-lineær reskalering av aksene benyttet. Aksene blir da skalert i såkalte standardavvik-enheter (SD-enheter). Disse SD-enheterne fremkommer ved beregning av gjennomsnittlig standardavvik for alle artene i materialet, gitt tilnærmet normalfordelt artsrespons. En art vil stort sett komme inn, nå sitt optimum og forsvinne i løpet av fire SD-enheter. Ordinasjonsaksenes lengde kan således tolkes som et mål på gradvis endring av artssammensetning langs gradientene.

Videre vil avstanden mellom rutesentroidenes posisjoner i ordinasjonsdiagrammet angi grad av ulikhet mellom rutene, på samme måte som avstanden mellom artssentroidenes posisjoner vil være proporsjonal med ulikheten mellom artene.

To datasett ble benyttet i DCA-analysene, begge angitt med smårutefrekvens-verdier (FR):

TE-FR Datasettet med 30 analyseruter fra Terningvatn (TE)
TJTE-FR Datasettet med 60 analyseruter, 30 fra Tjeldbergodden (TJ) og 30 fra Terningvatn (TE)

I begge analysene ble opsjonene for detrending med segmenter og ikke-lineær reskalering valgt. Dette for å hindre negativ bue-effekt og kant-effekt (jf. R.H. Økland 1990).

3.6 CCA-ordinasjon

Direkte gradientanalyser har blitt stadig mer brukt som et kraftig verktøy til å avdekke arters fordeling langs et utvalg spesifikke økologiske gradienter. Spesielt har de multivariate metodene for kanonisk (canonical) ordinasjon, også kalt styrt (constrained) ordinasjon, vist seg å være svært anvendelige.

I materialet fra Tjeldbergodden og Terningvatn har vi vært interessert i å kvantifisere betydningen av et begrenset utvalg parametre, spesielt nitrogen-komponenten. Ved å dividere egenverdien til hver parameters egenvektor på summen av egenverdiene for de kanoniske aksene (total inertia) i materialet, får vi uttrykt parametrenes forklaringsandel av vegetasjonsstrukturen i materialet.

For direkte gradientanalyser er følgende kanoniske ordinasjonsmetode benyttet: "Canonical Correspondence Analysis", CCA, (ter Braak 1986). CCA er inkorporert i CANOCO-pakken (ter Braak 1987), og det er her mulig å velge en opsjon for ikke-lineær reskalering av aksene i ordinasjonsanalysen, noe som gjør metoden svært anvendelig, og direkte sammenlignbar med DCA-analysene.

3.7 Korrelasjonsanalyser

Korrelasjonsanalyser ble utført mellom miljøvariabler og DCA-akse-verdier, og innbyrdes mellom de forskjellige miljøvariablene. I programpakken STATGRAPHICS (STSC Inc. 1991) ble den ikke-parametriske korrelasjonsanalysen basert på Kendall's τ benyttet (Conover 1980). ARE (asymptotic relative efficiency) for denne testen er beskrevet hos Stuart (1956). Fenstad et al. (1977) fremhever bruken av Kendall's τ når den underliggende fordelingen er ukjent. Korrelasjonskoeffisienten som ble nyttet for å teste uavhengigheten mellom to tilfeldige variable, X og Y, var følgende;

$$\tau = \frac{N_c - N_d}{n(n-1) / 2}$$

der N_c angir antallet konkordante, N_d antallet diskordante par av observasjoner og n er antallet observasjoner (Conover 1980). I den to-sidige testen er nullhypotesen definert som følger;

H_0 : X_i og Y_i er gjensidig uavhengige

Den alternative hypotesen, H_1 , uttrykker den tilsvarende negasjon.

4 Resultater Terningvatn

4.1 Vegetasjonsanalyser

I de 30 analyserutene fra Terningvatn er det totalt registrert 88 arter. Det tilsvarende artsantallet fra de 30 analyserutene på Tjeldbergodden var 68. I alt er det registrert 104 arter i de to analyseområdene. Artenes fordeling i organismegrupper er som følger (data fra henholdsvis Tjeldbergodden og Terningvatn er angitt i parentes, adskilt med komma): trær 4 (3, 4), lyngarter 8 (7, 7), urter 19 (11, 17), graminider 12 (5, 10), bladmoser 24 (15, 24), torvmoser 2 (2, 1), levermoser 25 (17, 17) og lav 10 (8, 8). Artenes frekvens i totalmaterialet (60 analyseruter) er vist i **tabell 2**. Middell, maksimum, minimum og standard-avvik er gitt for artenes smårutefrekvens i materialet. Vektleggingen av hver art i vegetasjonsanalysen er angitt som summen av smårutefrekvensen summert over alle analyserutene.

Feltene varierer mye mht. tresetting og kronedekning. Individuer i tre- og busksjiktet med størrelse > 80 cm er ikke tatt med i analysene, men er koordinatfestet, angitt med høyde og tegnet inn på detaljkart (**figur 4**). Trær og busker med høyde < 80 cm er tatt med i analysene på lik linje med arter i felt- og bunnsjiktet.

Felt 7 (**figur 5**) kan karakteriseres som en blåbærfuruskog (A4, Fremstad & Elven 1987) av middels bonitet, med enkelte småvokste bjørketrær (*Betula pubescens* ssp. *pubescens*). Feltsjiktet er dominert av blåbær (*Vaccinium myrtillus*) og tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*). Skrubbær (*Comus suecica*) er vanlig, og det er et visst innslag av fugletelg (*Gymnocarpium dryopteris*). Furubestandet som felt 7 er lagt ut i har åpent busksjikt av bjørk, rogn (*Sorbus aucuparia*) og einer (*Juniperus communis*). Individuer av rogn holdes nede ved beite (elg, hjort); eineren er opptil 1 m høy, men står mest som spredte enkeltindivider.

Felt 10 (**figur 6**) ligger i ren furuskog, uten innslag av løvtrær. I tillegg til blåbær og tyttebær er det i feltsjiktet en god del røsslyng (*Calluna vulgaris*) og krebling (*Empetrum nigrum* coll.). Utenom selve feltet er det også en del blokkebær (*Vaccinium uliginosum*), og bestandet må føres til skogtypen røsslyng-blokkebærfuruskog (A3). Bestandet har godt utviklet busksjikt av 1-1,5 m høy einer, som stedvis danner åpne klynger som måler et par meter i diameter. Einstape (*Pteridium aquilinum*) vokser spredt i furuskogen, bl.a. der felt 10 er lagt ut. Her finens det også mer urter, f.eks. hvitveis (*Anemone nemorosa*), klokkevintergrønn (*Pyrola media*) og skogfiol (*Viola riviniana*), og graminider: engkvein (*Agrostis capillaris*), knegras (*Danthonia decumbens*) og bråtestarr (*Carex pilulifera*).

Felt 8 og 9 (**figur 7-8**) er en grunnlendt og lavrik utforming av røsslyng-blokkebærskog (A3). Utformingen har en del trekk felles med "heigråmose-furuknaus" på Tjeldbergodden (felt 1), men har noe dypere og mer sammenhengende jorddekke enn denne, mindre heigråmose (*Racomitrium lanuginosum*)

Tabell 2. Artenes smårutefrekvens i analyserutene på Tjeldbergodden 1993 (1-30) og Terningvatnet 1994 (31-60). - Species frequency in permanent plots at Tjeldbergodden 1993 (1-30) and Terningvatnet 1994 (31-60).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Betu pub																				
Juni com			6,25					75,00		100,00	37,50			75,00						
Pinu syl		12,50							25,00											
Sorb auc								25,00			6,25			25,00		12,50				6,25
Andr poi	100,00	100,00	100,00	93,75	100,00															
Arct alp	68,75	100,00	100,00	81,25	100,00															
Call vul	100,00	93,75	43,75	100,00	43,75	62,50	68,75		87,50	93,75								31,25		
Empe nig	81,25	100,00	100,00	100,00	100,00	12,50	62,50	37,50	31,25	12,50				37,50		50,00		100,00	56,25	
Vacc myr		56,25	75,00	56,25	93,75	100,00	100,00	100,00	100,00	56,25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Vacc oxy																				
Vacc uli		68,75		100,00	81,25															
Vacc vit	56,25		100,00	100,00		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	93,75	75,00	100,00	93,75	100,00	100,00	100,00	100,00
Anem nem																				
Athy fil																				
Blec spi													62,50							
Corn sue		6,25			100,00	75,00	62,50	6,25	43,75	100,00	93,75	100,00	18,75	87,50	81,25	81,25	31,25	87,50	100,00	
Good rep																				
Gymn dry										100,00	62,50	56,25	6,25	25,00						
Linn bor					18,75	43,75	18,75		50,00	68,75	68,75	50,00		25,00	62,50	18,75	87,50	12,50	50,00	
List cor																				
Mela pra		6,25		25,00	18,75	31,25	37,50	12,50	31,25	12,50	37,50	25,00	31,25	12,50	31,25	62,50	18,75		43,75	50,00
Mela syl																				
Orth sec										6,25	43,75	12,50								
Oxal ace																				
Pote ere													37,50		37,50					
Pter aqu								12,50						18,75	18,75	31,25	68,75	43,75	31,25	68,75
Pyro med																				
Pyro min																				
Soli vir																				
Trie eur														75,00					6,25	12,50
Viol riv																				
Agro cap													6,25							
Anth odo																				
Care nig			81,25	25,00																
Care pan			50,00																	
Care pil																				
Care sp																				
Dant dec																				
Desc ces																				
Desc fle					6,25		6,25	56,25		50,00	100,00	100,00	93,75	100,00	87,50		6,25	62,50	50,00	
Luzu pil										6,25	12,50			37,50						
Luzu syl																				
Tric ces																				
Aula pal			6,25																	
Brac ref																				
Cirr pil																				
Dicr dru																				
Dicr fus			6,25											6,25		18,75				
Dicr maj			6,25	12,50						31,25	6,25	6,25		6,25						18,75
Dicr sco	62,50	81,25	100,00	100,00	87,50	62,50	37,50	56,25	62,50	93,75	25,00			18,75		18,75			12,50	
Dicr spu																				
Hylo umb																				
Hylo spl	12,50	68,75	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	93,75	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Hypn jut	93,75	68,75	100,00	93,75	100,00		56,25	12,50		100,00	12,50						6,25			
Plag cur																				
Plag lae											12,50									
Plag und								12,50	6,25		37,50	81,25	56,25	6,25	50,00	25,00	31,25		56,25	
Pleu sch	87,50	100,00	93,75	100,00	100,00	100,00	93,75	100,00	100,00	100,00	93,75	100,00	68,75	100,00	100,00	81,25	56,25	100,00	93,75	62,50
Poly com	18,75	6,25	6,25	68,75	12,50	31,25		93,75	93,75			25,00	100,00		81,25					
Ptil cri		12,50		68,75		50,00	25,00	43,75	81,25	25,00	100,00	100,00	68,75	6,25	87,50	93,75	12,50	62,50	75,00	62,50
Raco lan	100,00	81,25	100,00	43,75	62,50															
Rhyt lor		81,25	87,50	93,75	100,00	25,00	18,75	31,25	12,50	68,75	6,25		6,25			6,25				
Rhyt squ																				
Rhyt tri																				
Sani unc																				
Scle pur									43,75		6,25	50,00								
Thui tam																				
Spha cap																				
Spha qui	12,50	68,75		56,25	50,00				75,00			12,50	50,00		62,50	12,50		68,75	31,25	
Anas min	12,50	56,25		6,25	12,50															

Tbell 2 forts.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Barb atl	31,25	56,25	6,25		25,00					18,75										
Barb att																				
Barb bar										31,25	25,00				12,50					
Barb flo					12,50															
Barb kun		6,25																		
Barb lyc																				
Bazz tri		50,00		6,25	50,00															
Blep tri																				
Caly int										12,50										
Caly mue																				
Caly sp,		25,00		12,50					6,25	6,25					6,25		6,25			
Ceph bic																				
Ceph loi		12,50								6,25										
Ceph lun																				
Ceph sp,		6,25												6,25						
Dipl alb																				
Lepi rep		6,25																		
Loph bid											37,50	68,75	18,75							
Loph exc								6,25	25,00											
Loph ven		37,50		6,25																
Myli tay		18,75																		
Plag por																				
Ptil cil	25,00	25,00	31,25	75,00						6,25										
Trit qui		31,25																		
Clad arb				75,00	100,00					81,25										
Clad cil	100,00	87,50	100,00	12,50																
Clad con															6,25					
Clad fur						6,25														
Clad gra	50,00	25,00			18,75					18,75										
Clad por																				
Clad ran	18,75	6,25																		
Clad ste																				
Clad unc	100,00	75,00	18,75	31,25	31,25															
Clad spp	12,50	12,50	25,00		12,50					6,25										

Tabell 2 forts.

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Betu pub																					
Juni com	56,25		6,25			37,50		62,50	25,00	25,00											
Pinu syl																					
Sorb auc		25,00								6,25	31,25	6,25			37,50						
Andr pol																					
Arct alp																					
Call vul																50,00	100,00	100,00	100,00	93,75	
Empe nig																81,25	100,00	100,00	81,25	87,50	
Vacc myr	87,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	62,50	6,25	25,00		25,00	
Vacc oxy																					
Vacc uli																100,00	100,00	100,00	6,25	100,00	
Vacc vit	100,00	100,00	100,00	93,75	100,00	100,00	100,00	87,50	56,25	100,00	87,50	100,00	81,25	62,50	81,25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
Anem nem																				12,50	
Athy fil																				6,25	
Blec spi	43,75		50,00				43,75														
Corn sue	56,25		68,75			87,50	68,75	6,25			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00						
Good rep															12,50						
Gymn dry	50,00			75,00	81,25	50,00	6,25	87,50	81,25	62,50	6,25	6,25	12,50	87,50	31,25						
Linn bor	37,50	93,75	75,00	62,50	93,75	93,75	93,75	93,75	62,50	56,25	12,50			12,50	12,50						
List cor	6,25					6,25															
Mela pra	12,50	25,00	37,50	62,50	37,50	31,25	37,50		6,25	25,00	18,75	6,25			6,25		6,25	31,25		6,25	
Mela syl												6,25		37,50	37,50						
Orth sec							25,00														
Oxal ace		56,25		18,75	37,50			18,75	6,25	12,50	6,25				6,25	12,50					
Pote ere	62,50						87,50				12,50	25,00	18,75								
Pter aqu			12,50				18,75	18,75													
Pyro med																					
Pyro min																					
Soli vir																					
Trie eur	12,50							25,00		12,50					37,50	18,75					
Viol riv																					
Agro cap											6,25	6,25	62,50								
Anth odo																					
Care nig																					
Care pan																					
Care pil																					
Care sp,																					
Dant dec																					
Desc ces																					
Desc fle	100,00	81,25		100,00		93,75	100,00	43,75	100,00	81,25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00					
Luzu pil	6,25				31,25						18,75	37,50	6,25	18,75							
Luzu syl														43,75							
Tric ces																					
Aula pal																					
Brac ref																					
Cirr pil																					
Dicr dru																		31,25	75,00	25,00	6,25
Dicr fus				6,25												6,25					
Dicr maj	18,75	12,50	18,75	6,25	6,25	62,50	43,75	62,50	56,25	31,25	43,75		25,00	81,25	6,25						
Dicr sco	50,00			6,25					18,75	56,25					43,75	68,75	56,25	18,75	43,75		
Dicr spu																				12,50	
Hylo umb																					
Hylo spl	100,00	93,75	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	56,25	75,00	68,75	25,00	50,00	
Hypn jut									12,50							62,50	93,75	68,75	93,75	75,00	
Plag cur																					
Plag lae																					
Plag und		6,25				62,50	56,25	31,25	12,50	6,25	25,00	12,50	87,50	43,75	31,25						
Pleu sch	93,75	31,25	43,75	37,50	43,75	87,50	100,00	68,75	93,75	87,50			12,50	12,50		87,50	100,00	100,00	100,00	100,00	
Poly com											18,75	6,25	25,00	31,25				43,75		31,25	
Ptil cri	93,75	100,00				100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	68,75				68,75	12,50					
Raco lan																87,50	25,00	12,50	81,25	75,00	
Rhyt lor			6,25			25,00	6,25	18,75	43,75		6,25	18,75		18,75							
Rhyt squ											6,25										
Rhyt tri	6,25							12,50													
Sani unc																					
Scle pur							31,25	6,25	18,75												
Thui tam																					
Spha cap						62,50															
Spha qui							43,75								6,25		25,00				
Anas min																					

Tabell 2 forts.

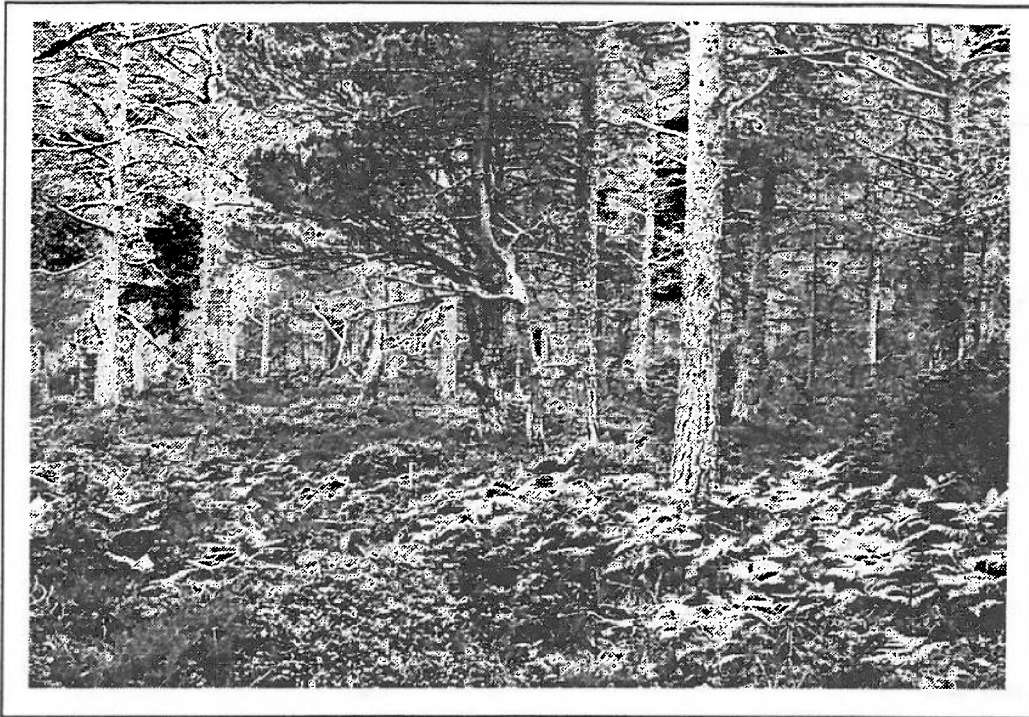
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Barb atl																				
Barb att																				
Barb bar	6,25								25,00						6,25	12,50				
Barb flo																				
Barb kun																				
Barb lyc																				
Bazz tri																				
Blep tri																				
Caly int																				
Caly mue																				
Caly sp.																				
Ceph bic																				
Ceph loi																				
Ceph lun																				
Ceph sp.																				
Dipl alb																				
Lepi rep			6,25																	
Loph bid					12,50	43,75	62,50	37,50	18,75											
Loph exc																				
Loph ven																				
Myli tay																				
Plag por													25,00	6,25						
Ptii cil															18,75	31,25	68,75	68,75	68,75	
Trit qui																				
Clad arb															100,00	68,75	100,00	100,00	100,00	
Clad cil																				
Clad con																				
Clad fur															6,25	6,25				
Clad gra															18,75	6,25		12,50		
Clad por															12,50	43,75	18,75	87,50	62,50	
Clad ran															100,00	87,50	100,00	93,75	81,25	
Clad ste															87,50	37,50	93,75	25,00	87,50	
Clad unc															31,25		6,25	37,50	75,00	
Clad spp										6,25					43,75	6,25	6,25	25,00	31,25	

Tabell 2 forts.

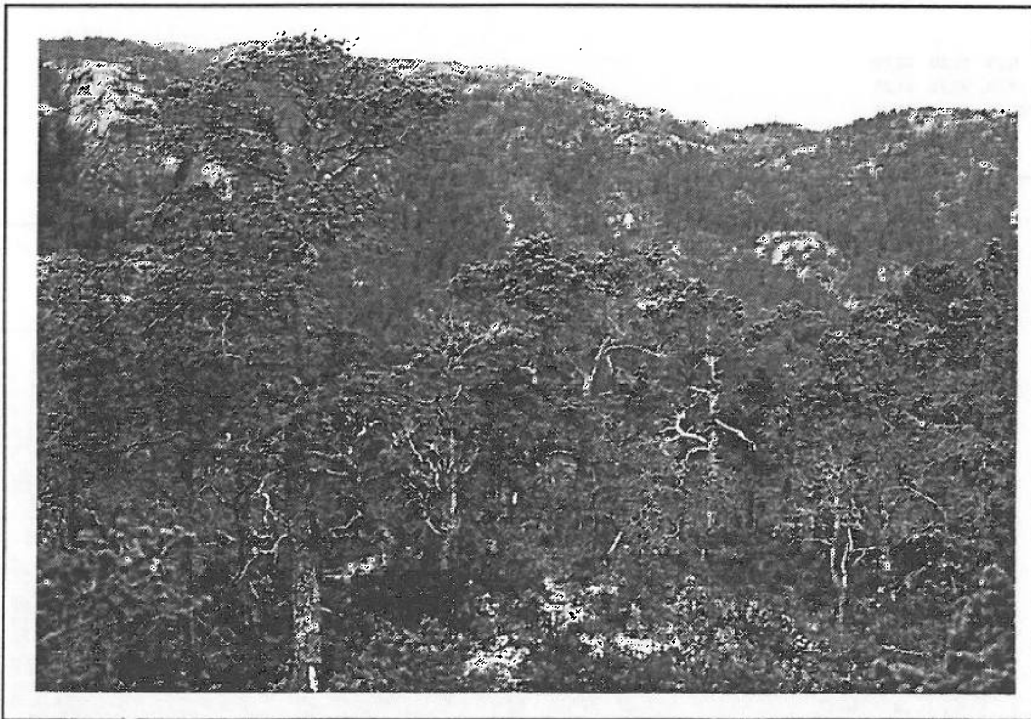
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Barb att			6,25	12,50	37,50															
Barb att					6,25															
Barb bar	25,00							18,75	43,75		12,50		25,00	25,00		12,50	31,25	31,25	18,75	
Barb flo																				
Barb kun																				
Barb lyc	6,25									6,25										
Bazz tri	43,75	6,25	75,00	100,00	100,00										12,50					
Blep tri				6,25	6,25															
Caly int																				
Caly mue													6,25	25,00						6,25
Caly sp.																				
Ceph bic				12,50	12,50										6,25					
Ceph loi																				
Ceph lun				12,50																
Ceph sp.					6,25										6,25					
Dipl alb															12,50					
Lepi rep																				
Loph bid								6,25												6,25
Loph exc																				
Loph ven	6,25			6,25									6,25	6,25						
Myli tay				6,25																
Plag por												37,50	31,25		12,50		75,00	93,75	43,75	31,25
Ptil cil	31,25	50,00	62,50	93,75									6,25							
Trit qui																				
Clad arb	25,00	81,25	31,25	100,00	75,00															
Clad cil																				
Clad con																				
Clad fur																				
Clad gra																				
Clad por		25,00	6,25	12,50	68,75															
Clad ran	75,00	100,00	18,75	93,75	81,25															
Clad ste	18,75	93,75	50,00	93,75	56,25															
Clad unc		25,00		31,25	6,25															
Clad spp				12,50	12,50															

Figur 5. Blåbærfuruskogen i felt 7 har slett grunn og åpent busksjikt av bjørk (*Betula pubescens*), rogn (*Sorbus aucuparia*) og einer (*Juniperus communis*). - The bilberry-pine forest in macroplot 7 is very open and has a sparse shrub layer of birch (*Betula pubescens*), rowan (*Sorbus aucuparia*) and juniper (*Juniperus communis*). Foto: Eli Fremstad.





Figur 6. Felt 10 ligger i ren, relativt storvokst furuskog, med åpent busksjikt av einer (*Juniperus communis*). Einstape (*Pteridium aquilinum*) dominerer flekkvis. - Macroplot 10 is situated in a pure, rather tall pine forest. It has an open shrub layer of juniper (*Juniperus communis*). Bracken (*Pteridium aquilinum*) dominates in patches. Foto: Eli Fremstad.



Figur 7. Felt 8, i en skynn furuskog på eksponert bergrygg. - Macroplot 8 is situated in a poorly developed pine forest on an exposed ridge. Foto: Eli Fremstad.

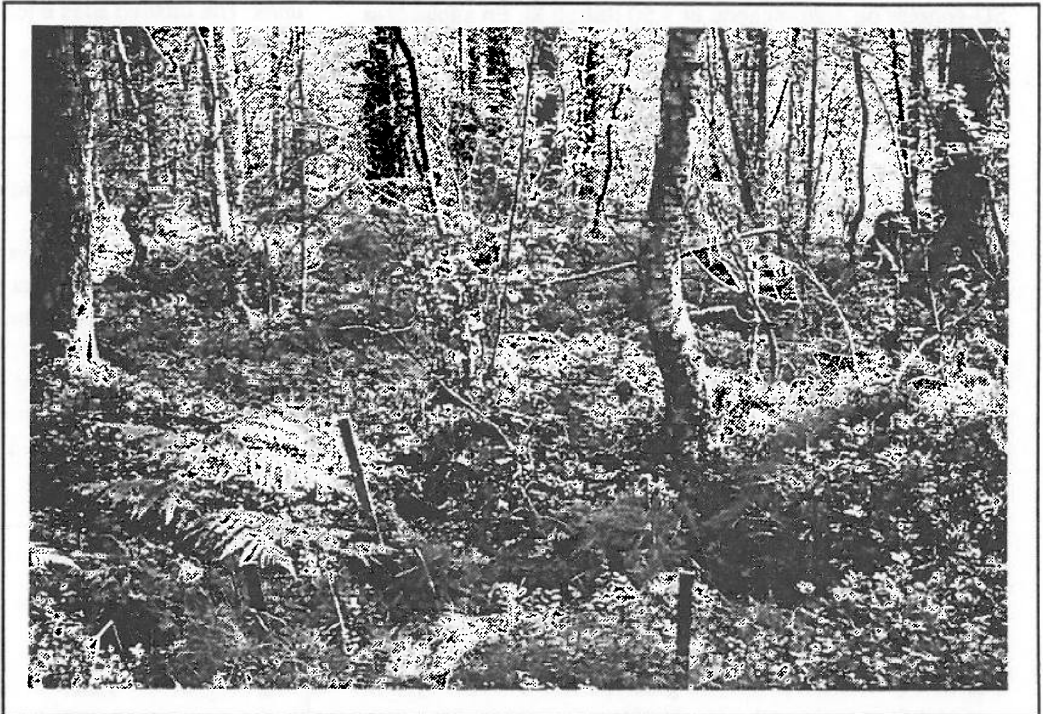
og mye mer lav (*Cladonia* spp.). Felt 8 ligger på enden av en liten rygg, fritt eksponert mot sør. Felt 9 ligger noe høyere oppe, også på toppen av en rygg, men noe tilbaketrukket på ryggen og mindre eksponert enn felt 8. Deler av felt 9 er eksponert mot sør, mens den nordre delen nærmest er flat eller heller litt mot nord. Jordsmonnet er noe dypere i felt 9 (se 3.2). Tresjiktet i begge felt består utelukkende av furu (*Pinus sylvestris*) som er fra under 2 til 4-5 m høye, unntaksvis ca 6 m.

Felt 11 og 12 (**figur 9**) ligger i et bestand med forholdsvis tettstilte, yngre furuer og med større innslag av bjørk enn i de andre bestandene. Disse feltene er mer kulturpåvirket enn de øvrige og ser ut til å ligge på noe rikere mark. Feltsjiktet er dominert av blåbær (*Vaccinium myrtillus*) og inneholder i likhet med felt 10 en del urter og gras: hvitveis (*Anemone nemorosa*), gauksyre (*Oxalis acetosella*), fugletelg (*Gymnocarpium dryopteris*), vintergrønn-arter (*Pyrola* spp.), gullris (*Solidago virgaurea*), engkvein (*Agrostis capillaris*) og knegras (*Danthonia decumbens*) m.fl. Bunnsjiktet i disse feltene

Figur 8. Felt 9 er mindre eksponert enn felt 8, men har enda lavere trær. - Macroplot 9 is less exposed than macroplot 8, but has still smaller trees. Foto: Eli Fremstad.



Figur 9. Felt 11 ligger i blandingskog av furu (*Pinus sylvestris*) og bjørk (*Betula pubescens*), med ujevn skogbunn og et visst innslag av urter og gras. - Macroplot 11 is in a mixed forest of pine (*Pinus sylvestris*) and birch (*Betula pubescens*) and contains some herbs and grasses. Foto: Eli Fremstad.



inneholder noen flere og litt mer kravfulle moser enn i de øvrige feltene.

Av de registrerte artene fra Terningvatn hadde følgende 15 arter høyest frekvens i materialet (tallet i parentes referer til artens vekt i ordinasjonsanalysene); etasjehusmose (*Hylacomium splendens*, 2750), blåbær (*Vaccinium myrtillus*, 2431), tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*, 2281), furumose (*Pleurozium schreberi*, 2006), smyle (*Deschamosia flexuosa*,

2006), kammose (*Ptilium crista-castrensis*, 1481), kreking (*Empetrum nigrum*, 1244), linnea (*Linnaea borealis*, 1219), røsslyng (*Calluna vulgaris*, 1150), fugletelg (*Gymnocarpium dryopteris*, 1069), kystjammemose (*Plagiothecium undulatum*, 1006), skrubbær (*Comus suecica*, 1000), kystkransmose (*Rhytidiadelphus loreus*, 869), tepperot (*Potentilla erecta*, 838) og grå reinlav (*Cladonia rangiferina*, 831).

Ved sammenslåing av datasettene fra Tjeldbergodden og Terningvatn har følgende 15 arter høyest frekvens: etasjehusmose (*Hylocomium splendens*, 5619), blåbær (*Vaccinium myrtillus*, 5156), tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*, 4938), furumose (*Pleurozium schreberi*, 4525), smyle (*Deschampsia flexuosa*, 3425), kammose (*Ptilium crista-castrensis*, 3150), linnea (*Linnaea borealis*, 2556), skrubbebær (*Comus suecica*, 2363), krekling (*Empetrum nigrum*, 2125), røsslyng (*Calluna vulgaris*, 1875), fugletelg (*Gymnocarpium dryopteris*, 1813), ribbesigd (*Dicranum scoparium*, 1575), kystjammnemoser (*Plagiothecium undulatum*, 1544), kystkransmose (*Rhytidiadelphus loreus*, 1506) og heiflette (*Hypnum jutlandicum*, 1275).

DCA-ordinasjon

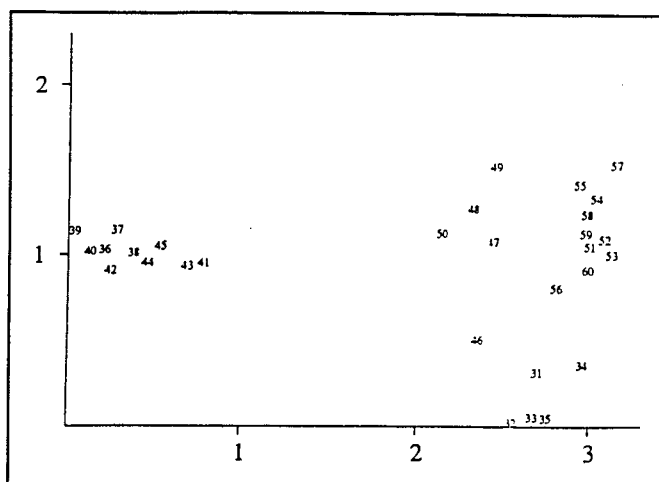
DCA-ordinasjonen ble utført på smårutefrekvens-datasettet fra Terningvatn (TE-FR) og totaldatasettet fra Tjeldbergodden og Terningvatn (TJTE-FR). De tilsvarende datasett der artenes mengdeanviselse var gitt som prosent dekning viste så stor grad av konformitet med smårutefrekvens-datasettene at de ikke ble benyttet i det videre arbeidet.

Figur 10 viser posisjonen til de 30 analyserutene fra Terningvatn (som er veiet middel av artsscorene) langs de to viktigste DCA-aksene. Førsteaksens gradientlengde er 3,11 SD-enheter og andreaksens er 1,50 (tabell 3). En stiplet linje omslutter de fem analyserutene i hvert felt. Som figur 10 viser, ligger rutene i felt 8 og 9 lengst til venstre i ordinasjonsplottet. Det er et gap på 1,35 SD-enheter mellom felt 9 (rute 41) og felt 10 (rute 50). Felt 7 og felt 10 overlapper ikke med noen av de andre feltene i denne ordinasjonen, mens felt 8 overlapper felt 9 og felt 11 overlapper felt 12. Graden av disjunkt i datasettet og den manglende grad av overlapping mellom feltene er for en stor del forårsaket av at datasettet er for lite (jf. diskusjonen i Eilertsen & Fremstad 1994). I det videre arbeidet velger vi derfor å nytte det samlede datasettet fra Tjeldbergodden og Terningvatn.

Ordinasjonsanalysene av de 60 analyserutene i totalmaterialet (TJTE-FR) er vist i figur 11, mens figur 12 viser fordelingen av de 12 feltene i det samme DCA-plottet. Ordinasjonsplottet viser som forventet at felt 1 på Tjeldbergodden og feltene 8 og 9 ved Terningvatn danner det ene ytterpunktet langs DCA-akse 1. Felt 2 på Tjeldbergodden ligger mer sentralt i ordinasjonen og danner overgangen mot de øvrige 8 feltene. Disse feltene har betydelig grad av overlapping. Feltene 11 og 12 samt til en viss grad felt 7, alle i Terningvatn-området danner de andre ytterpunktene av coenoklinen som uttrykkes ved DCA-akse 1. DCA-akse 2 trekkes av analyserutene til venstre i ordinasjonen. Rutene i felt 8 ved Terningvatn og felt 1 på Tjeldbergodden viser størst floristisk ulikhet.

Figur 13 viser det tilsvarende artsordinasjonsplottet der posisjonen til artenes sentroider er angitt. Artene som er plassert til venstre i plottet karakteriserer de rutene som ligger til venstre i ruteplottet. Tilsvarende vil de artene som er plassert øverst/nederst til venstre i artsplottet karakterisere de rutene som er plassert øverst/nederst til venstre i ruteplottet.

Tabell 3 viser de fire DCA-aksenes egenverdier. Forholdet mellom egenverdiene og summen av alle ikke-kanoniske egenverdier (= total inertia) viser andel av variasjon forklart av DCA-aksene.

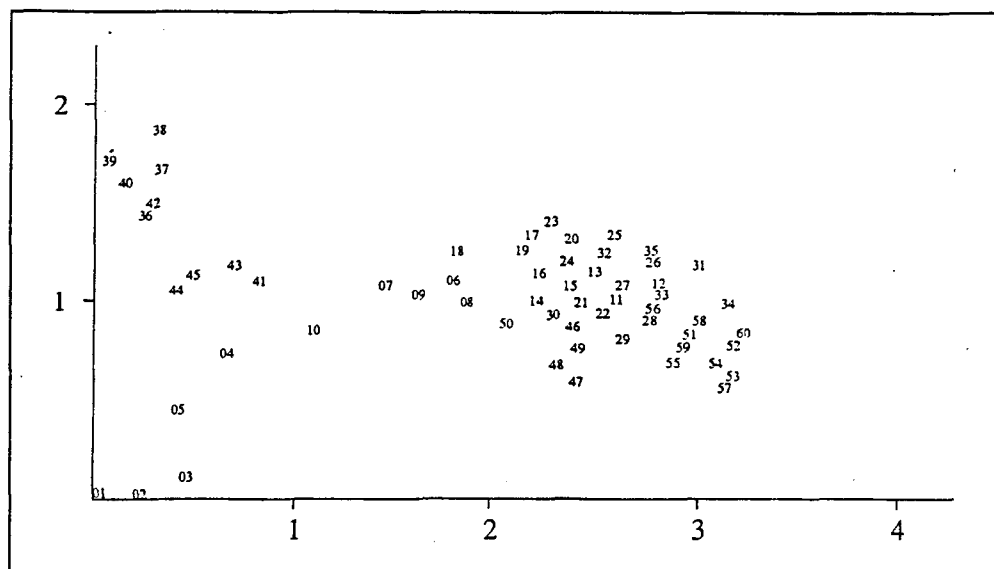


Figur 10. DCA-ordinasjon av 30 analyseruter, aksene 1 og 2. Aksene er skalert i SD-enheter. De stiplede linjene omslutter de fem analyserutene i hvert felt. - DCA ordination plot of 30 sample plots showing axes 1 and 2, which are scaled in SD units. The dashed lines enclose the five sample plots in each macroplot.

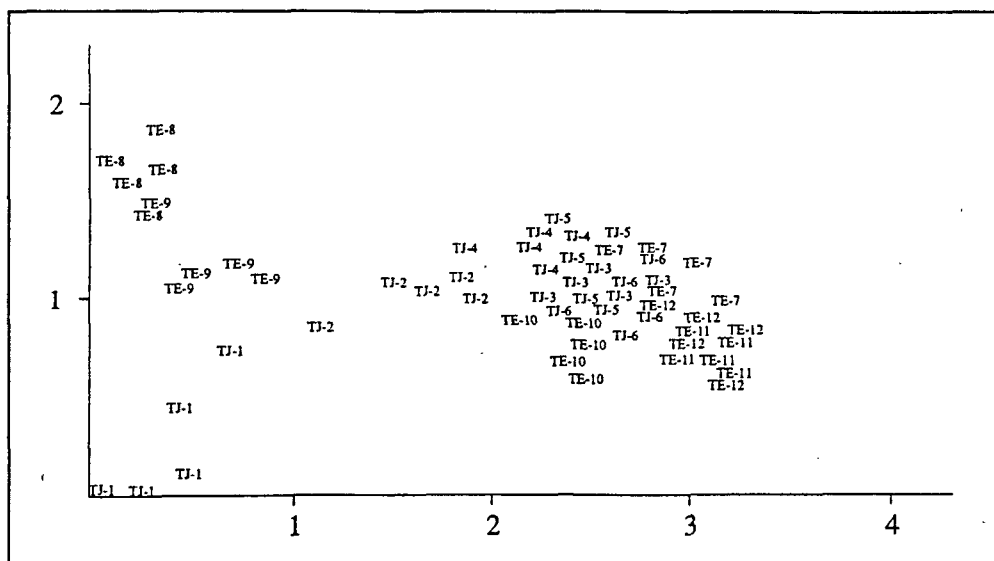
Tabell 3. Vegetasjonsanalyse, egenskaper ved ordinasjonsaksene. SD_{DCA} = gradientlengde målt i SD-enheter, e_{DCA} = egenverdi, e_{DCA}/TI = egenverdi/total inertia (= aksens andel av forklart variasjon), $\sum e_{DCA}/TI$ = de n første aksenes andel av forklart variasjon. - Vegetation analysis, characteristics of ordination axes. SD_{DCA} = gradient length in SD units, e_{DCA} = eigenvalue, e_{DCA}/TI = eigenvalue/total inertia (= variation explained by the axis), $\sum e_{DCA}/TI$ = variation explained by the first n axes.

DCA-akse DCA axis	SD_{DCA}	e_{DCA}	e_{DCA}/TI	$\sum e_{DCA}/TI$
1	3,104	0,581	25,3	25,3
2	1,841	0,193	8,4	33,7
3	1,489	0,098	4,2	37,9
4	1,508	0,069	3,0	40,9

Figur 11. DCA-ordinasjon av TJTE-FR-data, 30 analyseruter fra Tjeldbergodden (01-30) og 30 fra Temingvatn (31-60), aksene 1 og 2. Aksene er skalert i SD-enheter. - DCA ordination of the TJTE-FR data from 30 sample plots from Tjeldbergodden (01-30) and 30 from Temingvatn (31-60). Axes 1 and 2 are shown and these are scaled in SD units.



Figur 12. DCA-ordinasjon av TJTE-FR-data, aksene 1 og 2. Aksene er skalert i SD-enheter. Feltene fra Tjeldbergodden er merket TJ-1 til TJ-6 og Temingvatn-feltene TE-7 til TE-12. - DCA-ordination of the TJTE-FR data. Axes 1 and 2 are shown and these are scaled in SD units. The macroplots from Tjeldbergodden are labelled TJ-1 to TJ-6 and the Temingvatn macroplots TE-7 to TE-12.



4.2 Korrelasjoner mellom miljøparametre

Tjuen jordparametre er valgt for å vise kjemisk status for humusprøvene fra Tjeldbergodden (1993) og Temingvatn (1994) (tabell 4). Humusprøvene karakteriseres av lav til moderat pH (4,1-5,0 med middel 4,4) og relativt høyt innhold av organisk materiale, med glødetap opp til 97,5 % og med et middel på 84,2 %. Det er imidlertid analyseruter med så lavt glødetap som 30,1 %. Innholdet av total-nitrogen varierer fra 509 til 1366 mmol/kg (middel 830 mmol/kg). Basemetningsgraden varierer fra 47,1 % til 87,3 % (middel 69,8 %) og kationbyttekapasiteten fra 149 til 514 mmol(c) (middel 385 mmol(c)).

Kendall-korrelasjoner mellom 21 jordparametre er vist i tabell 5. Korrelasjonene er basert på transformerte verdier; dvs. at alle basekationer og anioner er dividert på glødetap (LI) og ln-transformert. pH-verdier i vannløste prøver (E3) viser av den grunn ingen signifikant korrelasjon med H^+ -konsentrasjonen i ekstraherte prøver. pH er heller ikke korrelert med de viktigste basekationene, kationekapasiteten (CEC) og basemetningen (BS).

Kationekapasiteten (CEC) er som forventet signifikant positivt korrelert med Ca ($\tau = 0,63$) og basemetningen (BS, $\tau = 0,45$). Basemetningen er også som forventet signifikant positivt korrelert med Ca ($\tau = 0,53$) og negativt korrelert med utbyttablett H ($\tau = -0,47$). Det er også en klar korrelasjon mellom basemetning og total-nitrogen ($\tau = 0,56$) og basemetning og glødetap ($\tau = -0,43$).



Figur 13. DCA-artsordinasjon, aksene 1 og 2. Aksene er skalert i SD-enheter. - DCA species ordination showing axes 1 and 2, which are scaled in SD units.

Tabell 4. Jorddata (øvre 5 cm av humuslaget) fra analyserutene ved Tjeldbergodden (1-30) og Terningvatn (31-60). E1 = ekstrahert med 1M NH₄NO₃, E3 = ekstrahert med vann, LI = glødetap.
 - Soil data (upper 5 cm of humus layer) from the Tjeldbergodden sample plots (1-30) and the Terningvatn sample plots (31-60). E1 = 1M NH₄NO₃ extraction, E3 = water extraction, LI = Loss on ignition.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH E3	4,22	4,21	4,30	4,33	4,33	4,32	4,29	4,24	4,31	4,16
Glødetap	90,64	95,23	88,00	95,73	95,72	97,06	92,22	95,53	97,53	93,38
N tot	756,00	714,00	777,00	734,00	710,00	780,00	826,00	946,00	763,00	797,00
H E1	97,80	122,90	123,10	133,00	106,30	120,15	102,40	100,30	160,10	126,00
CEC	328,20	409,30	364,20	441,20	440,90	434,85	424,70	496,40	460,40	421,10
BS	70,15	69,70	65,80	69,40	75,50	72,00	75,00	78,30	64,50	69,40
Al E1	4,16	5,97	10,69	2,75	2,71	2,28	2,53	1,57	2,35	3,37
B E1	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	148,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Ba E1	85,50	115,00	88,00	101,00	75,00	90,50	144,00	228,00	62,00	149,00
C E1	616,50	700,00	781,00	845,00	822,00	833,00	880,00	1015,00	932,00	743,00
Ca E1	40,47	55,08	45,50	68,77	69,12	58,08	70,04	122,20	64,84	67,88
Fe E1	1,15	1,08	2,19	0,26	0,27	0,14	0,14	0,10	0,19	0,36
K E1	20,42	24,23	26,67	29,73	30,29	35,18	36,30	36,71	29,84	26,33
Mg E1	54,56	65,12	50,78	60,11	67,65	63,46	55,57	45,29	52,12	54,77
Mn E1	0,12	0,47	0,83	1,08	0,82	0,76	1,93	3,60	1,74	1,45
Na E1	19,65	20,76	20,25	18,62	29,19	34,97	30,96	17,12	33,12	20,57
P E1	2,51	2,84	2,31	3,34	3,53	6,33	7,18	10,22	6,92	7,82
S E1	3,15	3,44	3,62	3,55	4,06	4,76	4,64	5,52	5,32	3,64
Si E1	242,00	276,00	320,00	334,00	142,00	338,00	286,00	247,00	292,00	391,00
Sr E1	372,00	437,00	295,00	331,00	372,00	383,50	348,00	369,00	293,00	480,00
Zn E1	383,50	561,00	427,00	559,00	669,00	419,00	507,00	350,00	613,00	548,00

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
pH E3	4,22	4,32	4,12	4,22	4,19	4,51	4,22	4,29	4,25	4,13
Glødetap	97,21	97,46	96,54	93,50	95,58	92,25	97,00	96,35	94,18	84,99
N tot	989,50	954,00	960,00	962,00	891,00	820,50	881,00	795,00	896,00	806,00
H E1	99,00	125,90	143,00	103,90	130,50	89,55	121,00	145,50	117,90	110,80
CEC	513,95	477,00	454,90	427,20	452,20	420,35	446,00	446,40	443,40	425,90
BS	79,60	73,00	67,90	74,90	70,50	77,50	71,60	67,00	72,30	72,60
Al E1	1,22	2,61	6,69	2,69	3,10	1,78	2,64	3,00	2,20	2,78
B E1	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Ba E1	175,00	88,00	167,00	95,00	106,00	102,00	131,00	61,00	202,00	165,00
C E1	891,00	871,00	983,00	717,00	875,00	679,00	769,00	664,00	722,00	834,00
Ca E1	133,15	80,35	66,11	80,83	73,95	74,07	72,30	68,86	79,45	77,05
Fe E1	0,08	0,15	2,08	0,13	0,18	0,10	0,13	0,16	0,11	0,25
K E1	38,20	35,12	42,12	28,42	38,38	41,99	44,59	36,31	46,82	43,58
Mg E1	43,09	63,02	56,60	50,65	52,13	52,13	50,42	49,40	48,52	44,34
Mn E1	2,83	1,53	1,51	1,72	1,51	2,57	2,86	0,94	2,37	2,97
Na E1	18,62	26,22	21,41	28,43	28,13	31,31	29,17	26,19	17,96	22,78
P E1	9,99	9,17	9,15	8,63	10,41	9,56	11,46	6,08	10,12	10,28
S E1	5,42	6,25	6,52	3,21	5,19	4,88	5,37	4,42	6,29	5,18
Si E1	174,50	207,00	294,00	217,00	222,00	498,00	251,00	211,00	497,00	432,00
Sr E1	384,00	461,00	458,00	414,00	385,00	318,00	324,00	328,00	408,00	332,00
Zn E1	387,50	461,00	459,00	412,00	426,00	595,00	475,00	447,00	508,00	514,00

Tabell 4 forts.

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
pH E3	4,41	4,38	4,27	4,35	4,43	4,26	4,45	4,30	4,17	4,09
Glødetap	96,47	94,72	94,62	96,31	91,31	96,41	96,98	96,56	97,44	95,62
N tot	970,50	931,00	901,00	812,00	976,00	878,00	960,00	944,00	959,00	1010,00
H E1	98,05	90,00	109,10	103,00	85,60	96,65	90,00	97,60	125,40	132,80
CEC	426,35	446,10	397,30	415,80	437,50	445,30	453,60	465,00	473,40	500,60
BS	74,85	76,70	70,60	72,90	78,20	77,30	79,60	78,40	73,20	73,00
Al E1	2,50	2,12	2,79	2,05	1,58	1,60	4,28	1,40	1,77	2,79
B E1	197,50	197,00	204,00	25,00	25,00	134,50	25,00	25,00	25,00	25,00
Ba E1	178,50	125,00	123,00	70,00	95,00	75,00	176,00	172,00	148,00	120,00
C E1	987,00	574,00	634,00	598,00	608,00	575,50	552,00	584,00	563,00	623,00
Ca E1	76,54	99,42	66,43	72,92	92,87	85,54	91,49	99,24	94,36	105,00
Fe E1	0,21	0,12	0,14	0,10	0,09	0,09	0,11	0,09	0,11	0,18
K E1	60,08	31,00	29,62	28,89	33,68	32,85	35,56	32,93	25,23	26,72
Mg E1	43,47	44,24	48,16	51,75	49,58	57,31	59,92	54,33	54,69	51,05
Mn E1	4,57	6,91	3,95	4,85	4,79	2,27	1,24	1,35	0,69	1,15
Na E1	19,06	24,00	21,54	24,91	23,77	25,61	22,74	24,60	23,23	26,55
P E1	8,72	6,08	5,45	6,35	7,52	6,09	6,47	5,60	5,21	6,40
S E1	11,88	4,27	4,63	4,72	4,59	6,30	6,37	5,32	4,11	4,36
Si E1	388,50	238,00	207,00	241,00	212,00	193,50	284,00	180,00	201,00	192,00
Sr E1	273,50	361,00	291,00	297,00	335,00	412,50	524,00	535,00	480,00	468,00
Zn E1	409,00	552,00	571,00	532,00	539,00	609,50	473,00	462,00	423,00	410,00
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
pH E3	4,47	4,41	4,47	4,26	4,32	4,25	4,33	4,35	4,29	4,28
Glødetap	89,66	94,63	96,41	44,81	85,53	91,03	88,60	95,34	85,25	85,95
N tot	1048,00	1135,00	1366,00	557,00	942,00	631,00	706,00	706,00	715,00	711,00
H E1	120,20	113,60	113,80	95,50	101,30	101,20	136,60	136,40	116,00	89,05
CEC	423,10	396,60	430,80	205,90	392,15	333,90	320,90	349,70	262,50	280,50
BS	71,00	70,80	73,40	53,30	71,90	69,10	57,10	60,40	55,40	67,80
Al E1	5,13	5,25	5,19	17,27	2,69	6,65	25,69	19,15	19,73	8,17
B E1	254,00	442,00	260,00	25,00	208,50	25,00	25,00	25,00	25,00	86,50
Ba E1	203,00	190,00	327,00	93,00	194,00	138,00	143,00	209,00	158,00	230,50
C E1	711,00	984,00	912,00	570,00	651,00	780,00	578,00	550,00	555,00	438,50
Ca E1	70,76	65,97	64,28	21,87	81,19	51,26	37,86	43,86	28,01	39,73
Fe E1	0,22	0,23	0,21	2,47	0,27	0,32	5,03	3,26	1,96	0,74
K E1	27,53	28,09	27,47	13,94	23,67	24,05	19,16	21,72	18,87	20,63
Mg E1	57,03	51,03	70,63	21,50	39,98	45,29	37,28	42,19	30,13	39,49
Mn E1	1,24	1,02	0,44	0,29	4,42	0,93	0,48	1,11	0,53	0,63
Na E1	17,33	18,81	18,79	9,10	16,02	13,74	13,90	17,24	10,26	11,08
P E1	5,83	6,56	7,05	1,15	7,95	2,94	1,00	1,75	1,59	2,62
S E1	4,56	4,87	4,70	3,00	4,25	3,74	2,98	3,66	3,06	3,25
Si E1	444,00	405,00	335,00	368,00	318,50	451,00	479,00	534,00	355,00	307,50
Sr E1	458,00	397,00	610,00	139,00	297,00	288,00	297,00	322,00	235,00	267,50
Zn E1	407,00	377,00	246,00	152,00	400,00	449,00	337,00	322,00	297,00	342,00

Tabell 4 forts.

	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
pH E3	4,31	4,42	4,41	4,27	4,19	4,73	4,62	4,83	4,84	4,32
Glødetap	96,35	97,01	96,75	96,50	93,61	41,72	48,55	74,20	78,38	96,19
N tot	653,00	644,00	643,00	584,00	569,50	670,00	646,00	942,00	1064,00	862,00
H E1	153,80	158,00	148,50	145,70	180,20	93,30	100,80	162,90	149,10	131,45
CEC	464,40	434,40	418,20	406,70	400,10	208,10	232,50	315,60	320,00	402,15
BS	65,70	62,70	63,40	63,60	54,25	53,30	54,90	47,10	51,90	65,50
Al E1	2,86	3,80	4,69	2,69	3,31	29,44	30,75	53,52	50,16	2,83
B E1	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	170,50
Ba E1	155,00	135,00	130,00	140,00	207,00	149,00	164,00	165,00	197,00	115,50
C E1	809,00	902,00	712,00	668,00	448,50	249,00	310,00	411,00	404,00	230,50
Ca E1	66,76	52,88	54,84	46,56	41,94	26,61	32,60	36,28	41,69	70,56
Fe E1	0,31	0,42	1,44	0,27	0,39	2,80	3,34	1,86	0,90	0,19
K E1	27,26	24,84	27,93	23,08	17,80	9,83	7,89	12,21	14,64	10,28
Mg E1	61,47	58,46	51,50	60,22	43,71	19,41	22,76	24,45	27,05	47,55
Mn E1	2,67	2,05	2,34	1,26	1,48	1,90	2,02	2,02	2,42	3,73
Na E1	21,61	24,78	24,39	21,87	21,20	9,08	9,03	15,05	13,90	16,76
P E1	4,71	4,52	4,16	3,97	3,94	0,10	0,10	0,10	0,10	3,62
S E1	4,71	5,02	5,05	5,20	4,05	2,15	2,31	3,21	3,77	3,35
Si E1	351,00	458,00	412,00	329,00	422,00	948,00	824,00	668,00	548,00	322,50
Sr E1	377,00	322,00	267,00	329,00	243,00	142,00	175,00	196,00	226,00	253,00
Zn E1	544,00	426,00	456,00	394,00	402,50	127,00	128,00	160,00	166,00	410,00
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
pH E3	4,64	4,22	4,52	5,02	4,65	4,24	4,57	4,61	4,42	4,26
Glødetap	41,41	81,49	30,08	56,37	31,60	60,87	64,60	39,54	58,39	68,18
N tot	564,00	1191,00	509,00	1006,00	525,50	883,00	931,00	521,00	849,00	948,00
H E1	45,60	109,70	33,60	43,40	39,50	74,70	45,80	29,60	61,70	76,50
CEC	259,60	376,50	163,90	262,30	149,05	302,40	418,90	226,50	345,20	393,30
BS	81,40	70,30	72,10	74,30	62,80	74,30	87,30	83,50	80,60	79,70
Al E1	4,65	3,53	6,26	12,12	9,54	3,23	1,37	2,07	1,70	2,73
B E1	162,00	199,00	84,00	167,00	43,50	142,00	25,00	129,00	25,00	25,00
Ba E1	102,00	121,00	79,00	170,00	112,50	178,00	187,00	127,00	194,00	166,00
C E1	189,00	331,00	227,00	259,00	169,00	345,00	322,00	224,00	336,00	311,00
Ca E1	54,49	62,15	31,00	54,05	25,22	55,04	111,50	58,79	84,53	102,10
Fe E1	0,89	0,26	0,45	0,11	0,13	0,34	0,11	0,24	0,16	0,31
K E1	17,05	19,04	8,89	13,25	6,11	18,62	14,91	9,14	16,69	14,93
Mg E1	35,82	52,64	20,55	31,25	14,94	41,73	55,82	27,97	41,12	40,04
Mn E1	1,39	1,13	6,07	12,01	7,96	1,55	3,71	3,88	2,54	1,72
Na E1	13,59	15,88	6,16	11,03	7,22	12,49	16,10	6,44	10,35	14,11
P E1	1,27	5,51	0,69	0,10	0,10	4,88	4,07	1,42	4,17	3,83
S E1	2,31	4,77	2,49	3,60	2,22	3,89	3,41	1,73	3,78	3,98
Si E1	344,00	407,00	285,00	390,00	289,00	253,00	288,00	278,00	253,00	307,00
Sr E1	180,00	303,00	113,00	201,00	112,00	245,00	360,00	182,00	285,00	301,00
Zn E1	255,00	464,00	208,00	246,00	164,00	337,00	221,00	255,00	423,00	356,00

Tabell 4 forts.

	Middel mean	Maksimum maximum	Minimum minimum	SD
pH E3	4,36	5,02	4,09	0,19
Glødetap	84,19	97,53	30,08	19,24
N tot	830,36	1366,00	509,00	175,29
H E1	108,58	180,20	29,60	33,06
CEC	384,76	513,95	149,05	86,71
BS	69,84	87,30	47,10	8,47
Al E1	7,27	53,52	1,22	10,67
B E1	71,32	442,00	25,00	85,12
Ba E1	143,20	327,00	61,00	50,12
C E1	617,62	1015,00	169,00	235,25
Ca E1	66,10	133,15	21,87	24,23
Fe E1	0,67	5,03	0,08	1,00
K E1	26,12	60,08	6,11	11,00
Mg E1	46,79	70,63	14,94	12,80
Mn E1	2,34	12,01	0,12	2,07
Na E1	19,48	34,97	6,16	6,95
P E1	5,03	11,46	0,10	3,17
S E1	4,33	11,88	1,73	1,50
Si E1	343,03	948,00	142,00	147,27
Sr E1	326,53	610,00	112,00	105,74
Zn E1	402,88	669,00	127,00	131,86

Aluminium er positivt korrelert med utbyttbart H ($\tau = 0,32$), Fe ($\tau = 0,72$) og Si ($\tau = -0,52$) og signifikant negativt korrelert med glødetap ($\tau = -0,42$), P ($\tau = -0,49$) og basekationene (CEC; $\tau = -0,21$, hvorav Ca; $\tau = -0,35$ og K; $\tau = -0,38$).

4.3 Korrelasjoner mellom DCA-akser og miljøparametre

Det er liten grad av samvariasjon mellom posisjon langs DCA-aksene og rutenes eksposisjon. Flertallet av rutene ligger i felt med sørlig eksposisjon. Noen av feltene har brutt topografi, med nokså varierende helning. Verdier for jordfuktighet og mikrotopografisk variasjon er foreløpig ikke målt.

Treparametrene viser en tydeligere samvariasjon med DCA-akse 1. Feltene til venstre i ordinasjonsdiagrammet (felt 1, 8 og 9 samt delvis felt 2) har få trær og dermed relativt stor innstråling. De andre feltene har større tetthet av trær, og kronevolumet er også betydelig større. Felt med betydelig innslag av løvtrær er plassert til høyre i ordinasjonsdiagrammet.

DCA-akse 1 er korrelert med følgende kjemiske parametre; total-nitrogen ($\tau = 0,65$), Ca ($\tau = 0,54$), basemetning (BS, $\tau = 0,53$) og kationekapasitet (CEC, $\tau = 0,48$). Forøvrig er også

pH, B, Ba, Mg, Mn, S og Sr signifikant positivt korrelert med DCA-akse 1 på 5 %-nivå, mens glødetap og utbyttbart H er signifikant negativt korrelert.

DCA-akse 2 er signifikant negativt korrelert med total-nitrogen ($\tau = -0,35$), basemetning ($\tau = -0,29$) og basekationene (CEC $\tau = -0,24$), Ca, K, Mg. Forøvrig er andreaksen signifikant korrelert med glødetap, P og Sr.

DCA-akse 3 er korrelert med utbyttbart H ($\tau = 0,37$), Ca ($\tau = -0,36$), Si ($\tau = 0,35$), Al ($\tau = 0,36$), Fe ($\tau = 0,31$), kationekapasiteten (CEC, $\tau = -0,28$), Sr ($\tau = -0,26$), Zn ($\tau = -0,22$), K ($\tau = -0,22$) Ba ($\tau = 0,20$) og basemetning (BS, $\tau = -0,19$)

DCA-akse 4 er signifikant negativt korrelert med organisk karbon (C, $\tau = -0,41$), K ($\tau = -0,30$) og P ($\tau = -0,28$).

Tabell 6 viser Kendall-korrelasjoner mellom de fire DCA-aksene og hele settet av 21 jordparametre, med signifikanssannsynligheter angitt.

4.4 CCA-ordinasjon

Direkte gradientanalyser, basert på reskalerte hybrid CCA-ordinasjoner, ble kjørt på smårutefrekvensdatasettet, TJTE-FR, mot jordparametrene; pH, CEC (kationekapasiteten)/LI, Basemetning (BS), Al/LI, Ca/LI, total-nitrogen/LI og LI (glødetap). Tabell 7 oppsummerer resultatene av de kanoniske analysene og angir gradientlengde, egenverdi og parametrenes forklaringsandel av vegetasjonsstrukturen (egenverdi dividert på total inertia) for den kanoniske aksene og for første ikke-kanoniske residual-akse.

De direkte gradientanalysene viser at total-nitrogen, Ca og CEC alle forklarer mer enn 10 % av variasjonen i materialet, mens basemetning glødetap, pH og Al forklarer mer enn 5 %.

Tabell 5. Kendall-korrelasjoner mellom 21 jordparametre i humusprøver fra Terningvatn 1994. Korrelasjonskoeffisienter (øvre verdier) og deres signifikanssannsynligheter (nedre verdier) er angitt. - Kendall rank correlations between 21 parameters. Correlation coefficients (upper values) and their significance probabilities (lower values) are specified.

LI	-.2165 .0155																								
N tot	.2290 .0105	-.4025 .0000																							
H E1	-.0976 .275	.0430 .6279	-.2011 .0232																						
CEC	.0325 .7159	-.0611 .4909	.3831 .0000	-.1650 .0626																					
BS	.1650 .0650	-.4274 .0000	.5582 .0000	-.4734 .0000	.4497 .0000																				
Al E1	.2061 .0212	-.4240 .0000	.1356 .1258	.3220 .0003	-.2056 .0203	-.0418 .6369																			
B E1	.2593 .0037	-.6367 .0000	.4086 .0000	-.1678 .0582	-.0220 .8036	.3464 .0001	.2854 .0013																		
Ba E1	.2564 .0041	-.4511 .0000	.4599 .0000	-.0271 .7595	.1751 .0480	.3028 .0006	.3503 .0001	.3464 .0001																	
C E1	-.2027 .0234	.2826 .0014	-.1944 .0282	.0983 .2671	-.0316 .7210	-.1345 .1290	-.1322 .1356	-.2131 .0162	-.1944 .0282																
Ca E1	.0360 .6875	-.0678 .4440	.4158 .0000	-.4757 .0000	.6282 .0000	.5299 .0000	-.3537 .0001	.1000 .2589	.1085 .2207	-.1096 .2160															
Fe E1	.1205 .1780	-.3663 .0000	.0158 .8583	.3966 .0000	-.1808 .0413	-.1051 .2355	.7153 .0000	.1780 .0445	.2689 .0024	-.0802 .3651	-.3921 .0000														
K E1	-.1696 .0579	.2736 .0020	-.0362 .6831	-.2271 .0103	.2056 .0203	.1119 .2066	-.3831 .0000	-.1532 .0839	-.2192 .0133	.4169 .0000	.2497 .0048	-.3921 .0000													
Mg E1	.0428 .6321	.0373 .6738	.0350 .6925	-.2192 .0133	.2723 .0021	.1989 .0248	-.1220 .1683	.0300 .7353	-.0847 .3387	.0294 .7401	.2373 .0074	-.0768 .3857	.1040 .2406												
Mn E1	.2895 .0012	-.2239 .0115	.3311 .0002	-.1921 .0301	.3266 .0002	.3367 .0001	-.1153 .1932	.1995 .0244	.2452 .0056	-.1740 .0495	.3955 .0000	-.1085 .2207	.0407 .6461	-.0802 .3651											
Na E1	-.0965 .2806	.2533 .0043	-.1424 .1080	-.0508 .5660	.1514 .0874	-.0124 .8884	-.3243 .0003	-.2458 .0055	-.4023 .0000	.1525 .0851	.1164 .1889	-.2791 .0016	.3650 .0000	.2056 .0203	-.0023 .9796										
P E1	-.3100 .0005	.2940 .0009	.0079 .9288	-.2056 .0203	.2316 .0089	.0814 .3584	-.4927 .0000	-.1633 .0653	-.1571 .0762	.3141 .0004	.3186 .0003	-.4746 .0000	.5288 .0000	.1141 .1976	.1096 .2160	.2531 .0043									
S E1	.0600 .5026	-.0079 .9288	.3232 .0003	-.1367 .1227	.3797 .0000	.3379 .0001	-.1073 .2256	.0333 .7067	.1876 .0342	.1051 .2355	.3153 .0004	-.1525 .0851	.3356 .0002	.1333 .1323	.2915 .0010	.1299 .1424	.2825 .0014								
Si E1	.3614 .0001	-.5144 .0000	.2023 .0224	.1989 .0248	-.0350 .6925	.1198 .1763	.5175 .0000	.3419 .0001	.4780 .0000	-.1605 .0701	-.1333 .1323	.4904 .0000	-.2983 .3788	-.0780 .0452	.1774 .0013	-.2847 .0003	-.3198 .0003	.0994 .2616							
Sr E1	-.120 .1780	.0464 .6010	.2226 .0120	-.2689 .0024	.4034 .0000	.2621 .0031	-.1582 .0741	.0006 .9949	.0825 .3518	.0316 .7210	.4045 .0000	-.1966 .0265	.1582 .0741	.4486 .0000	-.0847 .3387	.1220 .1683	.2339 .0083	.1446 .1025	-.1638 .0644						
Zn E1	-.0714 .4248	-.0034 .9695	-.0633 .4750	-.2520 .0044	.2395 .0068	.2045 .0210	-.2203 .0129	-.0006 .9949	-.2282 .0100	.0011 .9898	.2768 .0018	-.1751 .0480	.2791 .0016	.3751 .0000	.1831 .0388	.2565 .0038	.2079 .0189	.1548 .0805	-.1085 .2207	.1379 .1197					
pH E3		LI	N tot	H E1	CEC	BS	Al E1	B E1	Ba E1	C E1	Ca E1	Fe E1	K E1	Mg E1	Mn E1	Na E1	P E1	S E1	Si E1	Sr E1					

Tabell 6. Kendall rangkorrelasjoner mellom rutenes DCA-verdier og 21 miljøvariabler. Korrelasjonskoeffisienter (øvre verdier) og deres signifikanssynsynligheter (nedre verdier) er angitt. - Kendall rank correlations between sample plot scores relative to ordination axes and the 2 environmental variables. Correlation coefficients (upper values) and their significance probabilities (lower values) are specified.

DCAx2	-.2791				C E1	-.1898	.1605	.0034	-.4063
	-.2791					.0321	.0701	.9695	.0000
DCAx3	-.1492	.0927			Ca E1	.5446	-.1989	-.3627	.0209
	.0922	.2956				.0000	.0248	.0000	.8134
DCAx4	.0695	-.1712	-.0480		Fe E1	-.1379	-.1153	.3062	.0786
	.4327	.0533	.5877			.1197	.1932	.0005	.3753
pH E3	.1936	-.1239	.1433	.1748	K E1	.0655	.1921	-.2226	-.2956
	.0304	.1659	.4091	.0507		.4594	.0301	.0120	.0009
LI	-.1967	.2216	-.1549	.0164	Mg E1	.2000	-.2542	-.1469	.0153
	.0264	.0124	.0805	.8532		.0240	.0041	.0973	.8633
N tot	.6520	-.3514	-.0565	-.0062	Mn E1	.3876	-.1006	-.0633	.1170
	.0000	.0001	.5236	.9441		.0000	.2563	.4750	.1867
H E1	-.2621	.0610	.3718	.0729	Na E1	-.0023	.0113	-.1616	-.0446
	.0031	.4909	.0000	.4106		.9796	.8985	.0681	.6144
CEC	.4780	-.2452	-.2825	.0876	P E1	.1096	.2339	-.1718	-.2809
	.0000	.0056	.0014	.3229		.2160	.0083	.0525	.0015
BS	.5288	-.2938	-.1864	-.0752	S E1	.4384	-.0384	-.1435	.0345
	.0000	.0009	.0353	.3963		.0000	.6645	.1052	.6972
Al E1	-.0565	-.0859	.3559	.0718	Si E1	.0847	-.0734	.3525	.0774
	.5236	.3323	.0001	.4179		.3387	.4070	.0001	.3822
B E1	.2843	-.1396	.1498	-.1153	Sr E1	.3017	-.2000	-.2621	-.0571
	.0013	.1152	.0910	.1932		.0007	.0240	.0031	.5195
Ba E1	.2859	-.1390	.1966	.0978	Zn E1	.1175	-.0497	-.2226	-.0062
	.0013	.1167	.0265	.2699		.1846	.5746	.0120	.9441
						DCAx1	DCAx2	DCAx3	DCAx4

Tabell 7. Direkte gradientanalyser, karakteristikk av ordinasjonsaksene. SD_{CCA} = gradientlengde for CCA-akse målt i gjennomsnittlige standard-avik enheter (SD-enheter), SD_{RES1} = gradientlengde for første residualakse målt i SD-enheter, e_{CCA} = egenverdi for CCA-akse, e_{RES1} = egenverdi for første residualakse, e_{CCA}/Ti = egenverdi for CCA/total inertia (= aksens andel av forklart variasjon). - Direct gradient analyses, characteristics of ordination axes. SD_{CCA} = gradient length of canonical axis in SD units, SD_{RES1} = gradient length of the primary residual axis in SD units, e_{CCA} = eigenvalue of canonical axis, e_{RES1} = eigenvalue of the primary residual axis, e_{CCA}/Ti eigenvalue of canonical axis/total inertia (= variation explained by canonical axis).

Variabel Variable	SD_{CCA}	SD_{RES1}	e_{CCA}	e_{RES1}	e_{CCA}/Ti
tot-N	3,03	1,99	0,407	0,196	17,7
Ca	2,88	8,08	0,315	0,286	13,7
CEC	3,49	3,01	0,312	0,314	13,6
BS	2,23	2,98	0,224	0,417	9,7
LI	1,56	2,78	0,198	0,448	8,6
pH	1,84	2,84	0,149	0,471	6,5
AI	1,14	3,10	0,124	0,509	5,4

5 Diskusjon

5.1 Indirekte versus direkte gradientanalyse

Med den enorme kompleksitet som finnes i den naturen vi forsøker å forstå, vil vi aldri kunne finne fullt ut uttømmende modeller for hvordan økosystemene er bygd opp eller fungerer. Antallet variable er så stort at det ikke er gitt noen å ha full oversikt over alle samtidig. Det er derfor, på grunnlag av de forhåndkunnskapene som finnes, nødvendig med en gradvis tilnærming ("successitive refinement", Poore 1956, 1962) til spesielle aspekter av økosystemets struktur og funksjon. I sammenheng med vegetasjonsøkologisk overvåking er det viktig å få optimal oversikt over habitatenes struktur og dynamikk for å forstå artenes respons på miljøendringer.

Det finnes i dag en rekke statistiske og matematiske modeller som beskriver relasjoner mellom vegetasjon og miljø. Det finnes også en rekke metoder for å teste disse ulike modellene. Denne testingen kan skje på reelle datasett med kjente egenskaper, eller på simulerte datasett der en har full kontroll over alle variabler. Vegetasjonsøkologer har de senere tiår fått en betydelig innsikt om egnetheten til de forskjellige metodene. Det er særlig to sett av analysemetoder som har fått en helt sentral plass i vegetasjonsøkologisk forskning, indirekte og direkte gradientanalyser.

Indirekte gradientanalyser tar utgangspunkt i vegetasjonsdata i form av en $m \times n$ matrise, med m atrer og n ruter, basert på registreringer i felt. I datasettet fra Tjeldbergodden og Terningvatn har vi således i utgangspunktet en 104×60 matrise. Ved hjelp av en multivariat ordinasjonsmetode reduseres så dimensjonaliteten til matrisa. Gode ordinasjonsmetoder klarer å opprettholde relasjoner i en art-rute-matrise på en tilfredstillende måte i et fådimensjonalt rom (2-4 dimensjoner). Det er mulig å redusere dimensjonaliteten ved hjelp av ruteordinasjoner og/eller artsordinasjoner. **Figur 11** viser de 60 analyserutene plottet inn i et to-dimensjonalt ordinasjonsrom, mens **figur 13** viser det korresponderende plottet av de 104 artene. Aksene i ordinasjonsplottet er de to første egenvektorene i art-rutematrisa. De representerer de to viktigste coenoklinene i materialet og kan tolkes som de viktigste kompleksgradientene i materialet. Lengden på aksene indikerer grad av arts-turnover/vegetasjonsendringer og gir med andre ord estimater for b-diversiteten i materialet. De enkelte punktene i ordinasjonsdiagrammet representerer sentroiden/middelet av artenes og rutenes posisjoner langs hovedgradientene. Avstanden mellom punktene indikerer grad av ulikhet. To analyseruter med posisjoner langt fra hverandre i ordinasjonsplottet har relativt stor grad av floristisk ulikhet. Mens to analyseruter med posisjon nærmere hverandre har større grad av floristisk likhet.

Ved enkelte indirekte gradientanalyser blir summen av egenverdier for alle ordinasjonsakser oppgitt (TI = total inertia). Ved å dividere hver ordinasjonsaksers egenverdier på TI får en et mål på forklaringsgraden til hver akse.

For å få kjennskap til ruters og arters respons på ulike miljøforhold, er det viktig å knytte ordinasjonsresultatene til settet av målte miljøparametre. På den måten kan en studere hvilke miljøparametre som forklarer ordinasjonsaksene. De tolkede ordinasjonsaksene representerer dermed de viktigste gradientene i materialet. Ordinasjonen, som kun er basert på art-rute-matrisa, blir altså først i ettertid statistisk testet mot de økologiske variable. Derav navnet indirekte gradientanalyse.

Direkte gradientanalyser er studier av arter og vegetasjonskarakteristika langs kjente, målbare økologiske gradienter (Whittaker 1967, 1978). De tar altså utgangspunkt i de økologiske forholdene. Da industriaktiviteten på Tjeldbergodden medfører kjemiske utslipp, er det naturlig å ta utgangspunkt i et utvalg av målte kjemiske miljøparametre. Disse parametre kan behandles på en rekke måter. Dersom alle parametrene legges inn, vil en ved hjelp av "forward selection" få listet opp de parametre som har størst betydning som strukturerende faktor i materialet. Om en imidlertid legger inn kun én parameter om gangen, kan en utføre en såkalt hybrid gradientanalyse, der parametren styrer fordelingen av arter og ruter langs førsteaksen, mens de neste aksene er ordinasjonsakser som for indirekte gradientanalyser.

På samme måte som for de indirekte gradientanalysene kan en ved hybrid gradientanalyser dividere egenverdien for førsteaksen, som er styrt av kun én økologisk parameter, med TI og få uttrykt forklaringsgraden av den gitte økologiske parameter.

Indirekte og direkte gradientanalyser er komplementære analyser i overvåkingssammenheng. De direkte gradientanalysene er effektive for studier av endrede miljøforhold over tid som følge av én eller et fåtall, lett målbare variable. Dersom forholdene er komplekse og flere miljøparametre endres, vil de indirekte gradientanalysene være bedre egnet til studier av temporale vegetasjonsendringer.

I Norge har vi foreløpig liten erfaring med oppfølgende studier av permanente prøveflater over tid. De fleste vegetasjonsundersøkelser her til lands er utført uten tilstrekkelig god oppmerking av analyseflatene. Ofte er også feltarbeidet designet på en måte som ikke tilfredstiller dagens strenge krav for numerisk bearbeiding og statistisk testing. Først på slutten av 1980-tallet ble det etablert et nettverk av analyseområder med tanke på oppfølgende vegetasjonsøkologiske undersøkelser. Den første og mest omfattende av disse ble etablert i 1988 (Økland & Eilertsen 1990). 200 vegetasjonsruter ble analysert og prøvetaking av humus ble utført for jordanalyser. I perioden 1989-92 ble det hvert år reanalyser 50 ruter, og i 1993 ble det så utført en total reanalyse av alle ruter og utført nye jordanalyser. Resultatene av disse undersøkelsene og egnetheten av de multivariate metodene er diskutert av Økland & Eilertsen (upubl.).

I løpet av de nærmeste årene vil resultatene av en rekke oppfølgende undersøkelser bli publisert. Vi vil da få et godt grunnlag for vurderinger og evalueringer av indirekte og direkte gradientanalyser som verktøy for studier av vegetasjonsendringer over tid. Vi vil også få bedret innsikt i sammenhengen mellom vegetasjonsendringer og miljøendringer som følge av inngrep og lokale eller langtransporterte luftforurensninger.

5.2 Sammenligning mellom Tjeldbergodden og Terningvatn

I Eilertsen & Fremstad (1994) ble det argumentert for å utvide de vegetasjonsøkologiske undersøkelsene ved å inkorporere 1-2 nye overvåkelsesområder i en felles undersøkelse. Vi fikk gjennomslag for å etablere et slikt område ved Terningvatn. Dette arbeidet er således basert på de vegetasjonsøkologiske undersøkelsene fra Tjeldbergoddens nærområde (Eilertsen & Fremstad 1994) og et mer fjerntliggende område ved Terningvatn.

De indirekte gradientanalysene fra Tjeldbergodden (Eilertsen & Fremstad 1994, figur 5, side 16) viser en viss grad av separasjon og disjuncti langs den første ordinasjonsaksen. Dette skyldes dels det lave antallet analyseruter (30), som ikke inkluderer alle overganger mellom vegetasjonsutforminger, og dels den markante vegetasjonsforskjellen mellom de humusrike, friske blåbærfuruskogrutene og de grunne, tørre, lavdominerte knausene. Gradientanalyser av 30 analyseruter fra Terningvatn, utført på nøyaktig samme måte, viser også et viss grad av separasjon. Her er det også betydelige forskjeller mellom de grunnlendte lavfuruskogrutene og de urterikere rutene med betydelig løvtreinnblanding. Det felles ordinasjonsplott for begge områdene viser imidlertid en redusert grad av disjuncti. De 60 analyserutene fanger i større grad opp den kontinuerlige variasjonen mellom de tørre utformingene og de friskere, uten at rutenes posisjoner i ordinasjonsrommet separeres som følge av manglende overgangsformer. Betydningen av antall analyseruter i ordinasjonsanalyser er beskrevet i Økland (1990) og Eilertsen et al. (1990).

I overvåkingssammenheng har både NINA og NIJOS basert sine overvåkingsprogrammer på 10 subjektivt utlagte analyseflater à 5 x 10 m, hvor fem analyseruter à 1 m² trekkes ut ved hjelp av tilfeldige tall. I disse overvåkningsprogrammene blir det altså analysert i alt 50 vegetasjonsruter. Dette er vurdert som statistisk tilstrekkelig med tanke på studier av vegetasjonsøkologisk struktur og dynamikk. Det samlede datasettet i forbindelse med Statoils program for miljøovervåking på Tjeldbergodden burde således tilfredstille de statistiske krav til størrelsen på datasettet.

5.3 Indirekte gradientanalyse

Det samlede datasettet fra Tjeldbergodden og Terningvatn er basert på vegetasjonsøkologiske undersøkelser av et representativt utvalg analysefelt, som er lagt ut for å fange opp mest mulig floristisk og økologisk variasjon i de relativt artsfattige vegetasjonsutformingene i regionen. Resultatene av de multivariate analysene gjenspeiler således i stor grad resultatene av ruteutleggelsen.

På samme måte som for datasettet fra Tjeldbergodden kan hovedvariasjonen i det felles datasettet, som også inkluderer Terningvatn, tilskrives komplekse nærings- og fuktighetsgradienter. Dette samsvarer med en rekke forskjellige undersøkelser fra boreale barskoger (Carleton & Maycock 1980, Bergeron & Bouchard 1983, Kuusipalo 1983, Lahti & Väisänen 1987, T. Økland 1990, Tonteri et al. 1990, Økland & Eilertsen 1993, Rydgren 1993).

Fuktighetsgradienten

Analysene av del-datasettet fra Terningvatn viser, i enda større grad enn del-datasettet fra Tjeldbergodden (Eilertsen & Fremstad 1994), at variasjonen i materialet blir uttrykt som en kompleks fuktighetsgradient. I Terningvatn-materialet vises tydelig coenoklinen fra den åpne, grunnlendte utformingen av lavdominert furuskog og røsslyng-blokkebærfuruskog av noe bedre bonitet, via blåbærfuruskog, til en friskere furuskog med større innslag av bjørk og urter. Mens datasettet fra Tjeldbergodden viste at de tørre flatene var tydelig separert fra de friskere, må det tilsvarende datasettet fra Terningvatn nærmest karakteriseres som et disjunkt datasett, da felt 8 og 9 er adskilt med nærmere 1,5 SD-enheter fra de øvrige. Dette er imidlertid kun en konsekvens av ruteutleggelsen, jf. diskusjonen i Eilertsen & Fremstad (1994), der det ble gjort klart at supplementsruter burde legges ut for å fange opp maksimal variasjon i området, dvs. flere "tørre" utforminger og noen friskere utforminger.

Det samlede datasettet fra begge delområdene viser det samme ordinasjonsresultatet som de to del-datasettene. Jordfuktigheten synes å spille en dominerende rolle som strukturerende parameter. Dette harmonerer med de omfattende arbeidene til Carleton & Maycock (1980), Bergeron & Bouchard (1983), Kuusipalo (1983), Lahti & Väisänen (1987) og Økland & Eilertsen (1993). Som nevnt i Eilertsen & Fremstad (1994) er ikke den komplekse fuktighetsgradienten dekomponert for datasettene i dette arbeidet. Dette har da heller ikke blitt vektlagt i denne undersøkelsen som ikke har som mål å vurdere mønstre og vegetasjonsstruktur, men å beskrive en førsituasjon i et overvåkingsprogram som tar sikte på oppfølgende undersøkelser med tanke på studier av dynamikken i vegetasjon og jordkjemi.

I delundersøkelsen fra Tjeldbergodden ble den signifikante korrelasjonen mellom fuktighet (første ordinasjonsakse) og Al diskutert. Det ble poengtert at dette var i strid med flere undersøkelser i boreale barskoger på Østlandet (Eilertsen &

Fremstad 1994). Økland & Eilertsen (1993) har pekt på at vannløslige organiske syrer, som virker som kompleksbindere for Al, kan vaskes ut på tørre steder med vertikal vanntransport. Dette er trolig tilfelle i kontinentale områder. Situasjonen i de mer oseaniske områdene ble vurdert av Eilertsen & Fremstad (1994), basert på det begrensede analyse-materialet fra Tjeldbergodden. Ved inkludering av datasettet fra Terningvatn viser det seg at Al ikke er signifikant korrelert med fuktighetsforholdene. Dette viser trolig at datamaterialet fra Tjeldbergodden var sårbart som følge av det lave antallet ruteanalyser.

Næringsgradienten

De samlede analysene fra Tjeldbergodden og Terningvatn viser en sterk signifikant korrelasjon mellom næringsforhold og de to viktigste ordinasjonsaksene. Dette betyr at det er en betydelig samvariasjon mellom nærings- og fuktighetsgradientene, samtidig som det fremkommer en entydig næringsgradient som er uavhengig av fuktighet. Relasjonene mellom fuktighetsforhold og næringsstatus er nøye diskutert av Økland og Eilertsen (1993). Her vises det til at en rekke arbeider konkluderer med at den komplekse næringsgradienten synes å være viktigst. Dette arbeidet fra Tjeldbergodden og Terningvatn er ikke designet for å teste slike påstander, da samplingdesignet ikke tar utgangspunkt i fullstendig randomiserte data, men begrenset tilfeldig data som er basert på randomisert utvalg av analyseruter innen subjektivt plasserte analysefelt. Feltene utgjør derfor et utvalg av vegetasjonsutforminger som er typiske for regionen, men som ikke nødvendigvis er et godt estimat for den kvantitative representativiteten av utformingene. En metodikk der antallet analyseruter er proporsjonal med arealet av hver vegetasjonsutforming ville gitt bedre kvantitative estimater, men på den annen side ville dette ført til betydelig grad av replikasjon og medført store kostnader.

Ekstraherbart H^+ og pH er begge signifikant korrelert med den viktigste ordinasjonsaksen, men ikke korrelert med andreaksen. Ca, kationekapasiteten (CEC) og glødetapet er signifikant korrelert med begge de to viktigste ordinasjonsaksene. Generelt er pH ofte vurdert som et pålitelig uttrykk for habitatets næringsstatus (Kuusipalo 1983, Sepponen 1985). Det samme gjelder Ca og dermed CEC.

N og P er viktige komponenter i det abiotiske miljø, der de som anioner tas opp i plantene og virker som makronæringsstoffer. Total-nitrogen er signifikant korrelert med begge aksene mens P kun er signifikant korrelert med andreaksen.

I litteraturen er det en omfattende debatt om hvorvidt det er Ca eller N som er de viktigste strukturerende parametrene. Kuusipalo (1983), Sepponen (1985) og Brzeziecki (1987) hevder alle at Ca er blant de viktigste strukturerende jordparametrene. Ca har betydning for fysiske, kjemiske og biotiske egenskaper i jord. Ca er videre en primær miljøfaktor som betinger økte mineraliseringsrater i humus. Dahl et al. (1967) mente det var en klar sammenheng mellom N og basemetning og foreslo at N-innholdet i humus var avhengig

av nettop en slik primærparameter som Ca, som virker inn på nedbrytningen av strø.

5.4 Direkte gradientanalyse

Det samlede datasettet fra Tjeldbergodden og Terningvatn ble analysert ved hjelp av CCA, Canonical Correspondence Analysis (ter Braak 1987a), som følge av den relativt store β -diversiteten i materialet. I henhold til ter Braak (1987b) vil CCA være bedre egnet enn RDA, Redundancy Analysis for datasett med gradientlengder $> 2,0$ SD-enheter. Dette datasettet har en førsteakse med gradientlengde på 3,11 og tilfredstiller således kravene til CCA, som er basert på en underliggende unimodal fordeling. Gradientlengden for det samlede datasettet er også større en del-datasettet fra Tjeldbergodden (2,81 SD-enheter).

CCA-analysene av de sju utvalgte jordparametrene viser at total-nitrogen er den målte variabelen som forklarer størst andel av variasjonen i materialet. Den høye forklaringsverdien (17,7 %) er noe lavere enn for del-datasettet fra Tjeldbergodden, men betydelig høyere enn for andre kjente CCA-analyser i boreale skoger. Dette skyldes trolig den utpreget entydige hovedcoenoklin som uttrykkes langs første ordina-sjonsakse og den relativt lave variasjonen langs residual-aksene. Økland & Eilertsen (1994) påpeker at andelen forklart variasjon øker dersom en deler opp datasettet i mindre deldatasett. Komparative vurderinger av hele datasettet og del-datasettene i dette arbeidet underbygger denne hypotesen.

I del-datasettet fra Tjeldbergodden forklarer pH kun 2 % av totalvariasjonen i materialet. Dette kan forklares ved den relativt lave variasjonen i pH (4,1-4,5). Etter at datasettet fra Terningvatn ble inkludert, økte variasjonen noe (pH 4,1-5,0). Dette førte da også til at pH fikk større betydning som strukturerende parameter, med en forklaringsandel på 6,5 %. Dette harmonerer bedre med data fra boreale barskoger, jf. Økland & Eilertsen (1994).

Den økte forklaringsandelen for glødetap er litt uventet når en betrakter den reduserte graden av separasjon og disjunkt i det samlede datasettet. Imidlertid er det registrert en minimumsverdi for glødetap som er betydelig lavere enn forventet. Dette skyldes trolig at humus er iblandet forvittrings-grus (mineraljord). Dette er typisk for enkelte av utformingene i området med lav bonitet og grunt jordsmonn, og vil således forsterke forskjellene mellom disse og de friskere områdene med god bonitet og mer velutviklet jordsmonn.

5.5 Konklusjon og anbefalinger

De vegetasjonsøkologiske underdersøkelsene på Tjeldbergodden-Terningvatn tilfredstiller nå kravene til numerisk og statistisk bearbeiding. De er representative for variasjonen i området og omfatter delundersøkelser i områder henholdsvis 3 og 40 km fra etableringsområdet for industrien.

Etter planen skulle de undersøkte områdene reanalyseres hvert tredje år, dvs. Tjeldbergodden i 1996 og Terningvatn i 1997. Vi foreslår imidlertid at reanalysering av begge områdene foretas samme år (1997), for på en bedre måte å kunne foreta en komparativ vurdering av endringene i de to delområdene og videre forenkle tolkningen av resultatene.

6 Sammendrag

Statoil etablerer for tiden et metanolanlegg på Tjeldbergodden i Aure, Møre og Romsdal. Utslippene fra anlegget vil omfatte NO_x som er særlig interessante fra et vegetasjonsøkologisk synspunkt. I 1993 opprettet Statoil et miljøovervåkingsprogram som omfatter bl.a. overvåking av jord, jordvann og vegetasjon. Dette arbeidet utføres av NISK (jord og jordvann) og NINA (vegetasjon og humus). Oppdragsmeldingen rapporterer resultatene fra 1993 og 1994. Disse vil danne grunnlaget for de oppfølgende undersøkelsene med tanke på vurdering av eventuelle endringer i de vegetasjonsøkologiske forhold som følge av nitrogenavsetninger. Undersøkelsene er designet for å studere spatio-temporal dynamikk, dvs. vegetasjonsøkologiske endringer i rom og tid. Disse endringene kan være stokastiske (naturlig variasjon eller tilfeldige endringer) eller deterministiske (rettede endringer som følge av ytre påvirkninger).

I 1993 ble det etablert et del-område for miljøovervåking 2-3 km øst for industrianlegget på Tjeldbergodden. I 1994 ble ytterligere et del-område etablert ved Terningvatn, ca 40 km fra anlegget. I begge områdene er analyseruter for vegetasjonsanalyser og jordprøvetaking lagt så tett opp til annen forskningsaktivitet som mulig; NILUs stasjon for nedbør- og luftkvalitet og NIVAs ferskvannsundersøkelser er lokalisert i nærområdene, mens NISKs, i hvert område, har lagt sine tre stasjoner direkte i tilknytning til vegetasjonsflatene.

I hvert del-område er det etablert seks vegetasjonsfelt som hver består av fem analyseruter à 1 m². Det er i størst mulig grad forsøkt å legge feltene ut slik at de fanger opp maksimal floristisk variasjon. Vegetasjonen kan karakteriseres som røsslyng-blokkebærskog og blåbærfuruskog. Vegetasjonstypene er representative for distriktet. Skogen er av lav til middels bonitet. Klimaet er typisk oseanisk med 1000-1500 mm årlig nedbør og med relativt lang vegetasjonsperiode. Delområdene har fattig berggrunn og er lite kulturpåvirket.

Analyserutene er undersøkt med frekvensmetodikk, og artenes dekning er vurdert etter en prosentskala. Analyserutenes eksposisjon og helning er målt (tabell 1) og trær i feltene er målt og koordinatfestet (figur 4).

Humusprøver er samlet i tilknytning til alle de 60 analyserutene. Prøvene skal belyse variasjoner i jordkjemiske forhold langs de viktigste økologiske gradientene i områdene. Egenskaper ved humusprøvene skal vurderes i forhold til endringer i vegetasjonen, og analyser av vegetasjon og humusprøver skal utføres på samme tid.

Vegetasjonsdata og miljøparametre er registrert med programmet BDP, Biological Data Program. Veiing av matriselementer gir moderat vektlegging av dominante arter. Lavfrekvente arter er nedveid. Data om basemetning, glødetap og pH er uveid. De øvrige kjemiske parametre er alle ln-transformert og korrigert for glødetap.

Vegetasjonsdata er analysert med den multivariate ordinasjonsmetoden DCA (CANOCO), med ikke-lineær reskalering av aksene som gir skalering i SD-enheter. Direkte gradientanalyser er utført med CCA for å kvantifisere betydningen av et begrenset utvalg miljøparametre. Korrelasjonsanalyser er utført mellom miljøparametre og DCA-akse-verdier og innbyrdes mellom miljøparametre.

Vegetasjonsanalysene omfatter i alt 104 arter, derav 4 treslag, 8 lyngarter, 19 urter, 12 graminider, 24 bladmoser, 2 torvmoser, 25 levermoser og 10 epigeiske lav. En del begerlavarter (*Cladonia* spp.) er ikke bestemt.

DCA-ordinasjonen av det samlede datasettet viser at førsteaksen har en gradientlengde på 3,11 SD-enheter, mens andreaksen er på 1,50 SD-enheter. Rute- og artsordinasjonsplottene er presentert i figurene 10-13.

Humusprøvene karakteriseres av lave til intermedieære pH-verdier, som er vanlig for de gjeldene vegetasjonsutforminger i denne regionen (pH i intervallet 4,0-5,0). Basemetningen er i intervallet 47,1-87,3.

De direkte gradientanalysene avdekker at total-nitrogen er den viktigste strukturerende parameter av de målte kjemiske stoffene, men også Ca og dermed CEC er viktige. Total-nitrogen forklarer 17,7 % av den totale variasjonen i materialet mens Ca forklarer 13,7 og CEC 13,6. Basemetning, glødetap, pH og Al forklarer mellom 5 og 10 % av den totale variasjonen.

7 Summary

Statoil is building a methanol factory at Tjeldbergodden, Aure, in the county of Møre & Romsdal. The emissions from the factory will contain NO_x , which is especially interesting from an ecological point of view. In 1993, Statoil initiated an environmental monitoring programme which includes the monitoring of soil, soil water, humus and vegetation. These investigations are being carried out by NISK (soil and soil water) and NINA (vegetation and humus). This report presents the results from 1993 and 1994, which provide the basic background data for later investigations that will evaluate any changes in the vegetation or soil caused by nitrogen deposition. The investigations are designed to study spatio-temporal dynamics, or changes in vegetation in space and time. Such changes may be stochastic (natural variation or occasional changes) or deterministic (directional changes due to external factors).

In 1993, one area for environmental monitoring was established 2-3 km east of the industrial site at Tjeldbergodden, and in 1994 another area was established at Terningvatn, approximately 40 km from Tjeldbergodden. In both areas, plots for monitoring vegetation and humus have been laid out as closely as possible to where NILU (Norwegian Institute for Air Research) is investigating precipitation and air quality and NIVA (Norwegian Institute for Water Research) is studying fresh water. NISK (Norwegian Institute for Forest Research) has established its stations for soil and soil water investigations very close to or inside the macroplots for vegetation and humus in each area.

Six macroplots were established in each area, each containing five permanent plots measuring 1 m². When the macroplots were laid out, an attempt was made to cover as much as possible of the floristic variation of the pine forests, the main types being dominated by heather-bog bilberry and bilberry, respectively. These types are representative for the coastal districts. They have low or medium productivity. The climate is typically oceanic, with 1000-1500 mm of precipitation annually and a relatively long growing period. Both areas have very poor bedrock and are moderately influenced by human activity.

The permanent plots were analysed by a species frequency method and the species cover was estimated using a percentage cover scale. The aspect and inclination of the plots were measured (Table 1), and trees in the macroplots were measured (at Tjeldbergodden only) and mapped (Figure 4).

Humus was sampled from all the 60 permanent plots and these samples illustrate the chemical properties of the soil along the main ecological gradients in the areas. The properties of the humus will be compared with changes in the vegetation; analyses of vegetation and humus should be carried out simultaneously.

Vegetation data and environmental variables were recorded using the Biological Data Program (BDP). Weighting of matrix elements gives moderate weighting of dominant species. Species with low frequency were downweighted. Data on base saturation, loss on ignition and pH were unweighted. Other chemical variables were ln-transformed and corrected for loss on ignition.

Vegetation data were analysed by the multivariate ordination method DCA (CANOCO), with non-linear rescaling of the axes giving a scaling in SD units. Direct gradient analysis was carried out with CCA to quantify the importance of selected environmental variables. Correlation analysis was carried out between environmental variables and values of DCA axes, and between environmental variables.

The vegetation data comprise 104 species: 4 trees, 8 dwarf shrubs, 19 herbs, 12 graminoids, 24 mosses, 2 white mosses, 25 liverworts and 10 epigeic lichens. Some *Cladonia* spp. were not identified.

The DCA ordination of the entire data set shows that axis 1 has a gradient length of 3.11 SD units and axis 2 one of 1.50 SD units. The ordination plots of permanent plots and species are presented in Figures 10-13.

The humus is characterized by low to intermediate pH values (4.0-5.0), a common feature in the vegetation types investigated. Base saturation is in the range 47.1-87.3.

The direct gradient analysis shows that total nitrogen is the most important structuring parameter of the chemical properties measured, although Ca and CEC are also important. Total nitrogen accounts for 17.7% of the total variation in the material while Ca and CEC account for 13.7% and 13.6%, respectively. Base saturation, loss on ignition, pH and Al explain between 5 and 10% of the total variation.

8 Litteratur

- Aune, B. 1993. Årstider og vekstsesong 1 : 7 mill. - Statens kartverk, Nasjonalatlas for Norge, kartblad 3.1.7.
- Bergeron, Y. & Bouchard, A. 1983. Use of ecological groups in analysis and classification of plant communities in a section of western Quebec. - *Vegetatio* 56: 45-63.
- Bjørnbæk, G. 1993. Snø 1 : 7 mill. - Statens kartverk, Nasjonalatlas for Norge, kartblad 3.1.4.
- ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. - *Ecology* 67: 1167-1179.
- ter Braak, C.J.F. 1987a. CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial)(detrended)(canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). - TNO Inst. appl. Comp. Sci., Stat. Dept. Wageningen, Wageningen.
- ter Braak, C.J.F. 1987b. Ordination. - I: Jongman, R.H.G., ter Braak, C.J.F. & van Tongeren, J.F.R., red. *Data analysis in community and landscape ecology*. Pudoc, Wageningen. s. 91-173.
- ter Braak, C.J.F. 1990. Update notes: CANOCO version 3.10. - *Adv. Ecol. Res.* 18: 271-317.
- Brezeziecki, B. 1987. Analysis of vegetation-environment relationships using a simultaneous equations model. - *Vegetatio* 71: 175-184.
- Carleton, T.J. & Maycock, P.F. 1980. Vegetation of the boreal forest south of James Bay: Non-centered component analysis of the vascular flora. - *Ecology* 61: 1199-1212.
- Clymo, R.S. 1980. Preliminary survey of the peat-bog Hummel Knowe Moss using various numerical methods. - *Vegetatio* 42: 129-148.
- Conover, W.J. 1980. *Practical nonparametric statistics*. 2nd ed.- Wiley, New York.
- Dahl, E., Gjems, O. & Kielland-Lund, J. 1967. On the vegetation types of Norwegian conifer forest in relation to the chemical properties of the humus layer. - *Medd. norske Skogfors.* 23: 504-531.
- Dahl, E., Elven, R., Moen, A. & Skogen, A. 1986. Vegetasjonskart over Norge 1 : 1 500 000. - Statens Kartverk, Nasjonalatlas for Norge, kartblad 4.1.1.
- Eilertsen, O. under utarb. Metodemanual for NINAs vegetasjonsøkologiske undersøkelser og overvåking.
- Eilertsen, O. & Brattbakk, I. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Øvre Dividal nasjonalpark. - NINA Oppdragsmelding 286: 1-82.
- Eilertsen, O. & Fremstad, E. 1994. Miljøovervåking Tjeldbergodden, jord- og vegetasjonsundersøkelser. - NINA Oppdragsmelding 278: 1-30.
- Eilertsen, O. & Often, A. 1994. Terrestrisk naturovervåking. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Gutulia nasjonalpark. - NINA Oppdragsmelding 285: 1-69.
- Eilertsen, O. & Pedersen, O. 1989. Virkning av nedveining og artsfjerning ved DCA-ordinasjon av vegetasjonsøkologiske datasett. - Univ. Trondheim, Vitenskapsmus. *Rapp. Bot. Ser.* 1988,1: 5-18.
- Eilertsen, O., Økland, R.H., Økland, T. & Pedersen, O. 1990. Data manipulation and gradient length estimation in DCA ordination. - *J. Veg. Sci.* 1: 261-270.
- Fenstad, G.V., Walløe, L. & Valle, S.Ø. 1977. Tree tests for regression impaired by stochastics simulation under normal and heavy tailed distribution of errors. - *Scand. J. Statist.* 4: 31-34.
- Fremstad, E. 1994. Vegetasjonskart Tjeldbergodden, Aure, Møre og Romsdal. - NINA Oppdragsmelding 265: 1-21 + kart.
- Fremstad, E. & Elven, R., red. 1987. *Enheter for vegetasjonskartlegging i Norge*. - Økoforsk Utredning 1987,1.
- Fægri, K. 1960. Maps of distribution of Norwegian plants. I. The coast plants. - *Univ. Bergen Skr.* 26: 1-134, LIV pl.
- Førland, E. 1993a. Årsnedbør 1 : 2 mill. - Statens kartverk, Nasjonalatlas for Norge, kartblad 3.1.1.
- Førland, E. 1993b. Nedbørhyppighet. 1 : 7 mill. - Statens kartverk, Nasjonalatlas for Norge, kartblad 3.1.3.
- Hafsten, U. 1991. Granskogens historie i Norge under opprulling. - *Blyttia* 49: 171-181.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. - Cornell Univ., Ithaca, New York.
- Hill, M.O. & Gauch, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. - *Vegetatio* 42: 47-58.
- Jensen, A. 1991. Terrestrisk naturovervåking. Jordovervåking i Solhomfjell og Børgefjell 1990. - Norsk institutt for skogforskning, Ås.
- Jensen, A. 1992. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jord og jordvann 1991. - *Skogforsk Rapp.* 1992,9: 1-25.
- Jensen, A. & Frogner, T. 1993. Terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jord og jordvann 1992. - *Skogforsk Rapp.* 1993,12: 1-24.
- Jensén, S. 1978. Influences of transformation of cover values on classification and ordination of lake vegetation. - *Vegetatio* 37: 19-31.
- Klemsdal, T. & Sjulsen, O.E. 1992. Landformer, 1 : 1 000 000. - Statens kartverk, Nasjonalatlas for Norge, kartblad 2.1.2.
- Krog, H., Østhagen, H. & Tønsberg, T. 1994. Lavflora. Norske busk- og bladlav. - Universitetsforlaget, Oslo. 368 s.
- Kruskal, J.B. 1964a. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. - *Psychometrica* 29: 1-27.
- Kruskal, J.B. 1964b. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. - *Psychometrica* 29: 115-129.
- Kuusipalo, J. 1983. Distribution of vegetation on mesic forest sites in relation to some characteristics of the tree stand and soil fertility. - *Silva fenn.* 17: 403-418.
- Lahti, T. & Väisänen, R.A. 1987. Ecological gradients of boreal forests in south Finland: an ordination test of Cajander's forest site type theory. - *Vegetatio* 68: 145-156.
- Langaas, A. & Sivertsen, S. 1994. 2.-4. juli. Helgeekskursjon til Terningen i Agdenes. - *Blyttia* 52: 100.
- Lid, J. & Lid, D.T. 1994. *Norsk flora*. 6. utg. ved Reidar Elven. - Det norske samlaget, Oslo. LXXIII, 1014 s.

- van der Maarel, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. - *Vegetatio* 39: 97-114.
- Minchen, P. 1987. An evaluation of the robustness of techniques for ecological ordination. - *Vegetatio* 69: 89-107.
- Moen, A. & Odland, A. 1993. Vegetasjonsseksjoner i Norge. - Univ. Trondheim, Vitenskapsmus. Rapp. Bot. Ser. 1993,2: 37-53.
- Nyholm, E. 1956. Illustrated moss flora of Fennoscandia. II. Musci. - Gleerup, Lund.
- Ogner, G., Opem, M., Remedios, G., Sjøtveit, G. & Sørli, B. 1991. The chemical analysis program of the Norwegian Forest Research Institute, 1991. - Norsk institutt for skogforskning, Ås. 21 s.
- Owen, D.B. 1962. Handbook of statistical tables. - Addison-Westley, Reading, Mass.
- Pedersen, O. 1988. Biological data program/PC. Version 1.01. Brukerveiledning. - VegeDataConsult, Oslo.
- Poore, M.E.D. 1956. The use of phytosociological methods in ecological investigations. II. General discussion of phytosociological problems. - *J. Ecol.* 44: 28-50.
- Poore, M.E.D. 1962. The method of successive approximation in descriptive ecology. - *Adv. ecol. Res.* 1: 35-68.
- Reite, A.J. 1990. Sør-Trøndelag fylke. Kvartærgeologisk kart M 1 : 250 000. - Norges geol. Unders. Skr. 96: 1-39 + kart.
- Rydgren, K. 1993. Herb-rich spruce forest in W Nordland, N Norway: an ecological and methodological study. - *Nord. J. Bot.* 13: 667-690.
- Sepponen, P. 1985. The ecological classification of sorted forest soils of varying genesis in northern Finland. - *Comm. Inst. for fenn.* 129: 1-77.
- Sigmond, E., Gustavson, M. & Roberts, D. 1984. Berggrunnskart over Norge. M. 1 : 1 mill. - Norges geol. Unders., Statens kartverk. Nasjonalatlas for Norge, kartblad 2.2.1.
- Smarrt, P.F.M., Meacock, S.E. & Lambert, J.M. 1974a. Investigations into the properties of quantitative vegetational data. - *J. Ecol.* 62: 735-759.
- Smarrt, P.F.M., Meacock, S.E. & Lambert, J.M. 1974b. Investigations into the properties of quantitative vegetational data. II. Further data type comparisons. - *J. Ecol.* 64: 47-78.
- Smith, A.J.E. 1990. The liverworts of Britain and Ireland. - Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- STSC Inc. 1991. Statistical procedures reference manual. - Statgraphics Inc., Rockville, USA.
- Stuart, A. 1956. The efficiencies of test of randomness against normal regression. - *J. Am. Stat. Ass.* 51: 285-287.
- Thoresen, M.K. 1990. Jordarter. M 1 : 1 mill. - Statens kartverk, Nasjonalatlas for Norge, kartblad 2.3.7.
- Tonteri, T., Mikkola, K. & Lahti, T. 1990. Compositional gradients in the forest vegetation of Finland. - *J. Veg. Sci.* 1: 691-698.
- Westhoff, V. & van der Maarel, E. 1978. The Braun-Blanquet approach. - I: Whittaker, R.H., red. *Classification of plant communities*. Junk, The Hague. s. 287-399.
- Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. - *Biol. Rev. Camb. Phil. Soc.* 42: 207-264.
- Whittaker, R.H. 1978. Direct gradient analysis. - In: Whittaker, R.H., red. *Ordination of plant communities*, Dr. W. Junk, The Hague.
- Økland, R.H. 1986. Rescaling of ecological gradients. I. Calculation of ecological distance between vegetation stands by means of their floristic composition. - *Nord. J. Bot.* 6: 651-660.
- Økland, R.H. 1990. Vegetation ecology: theory, methods and applications with reference to Fennoscandia. - *Sommerfeltia Suppl.* 1: 1-233.
- Økland, R.H. & Eilertsen, O. 1993. Vegetation - environment relationships of boreal coniferous forest in the Solhomfjell area, Gjerstad, S Norway. - *Sommerfeltia* 16: 1-254.
- Økland, R.H. & Eilertsen, O. 1994. Canonical Correspondence Analysis with variation partitioning: some comments and an application. - *J. Veg. Sci.* 5: 117-126.
- Økland, T. 1990. Vegetational and ecological monitoring of boreal forest in Norway. I. Rausjømarka in Akershus county, SE Norway. - *Sommerfeltia* 10: 1-52.

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0645-5

391

**NINA
OPPDRAGS-
MELDING**

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7005 TRONDHEIM
Telefon: 73 58 05 00
Telefax: 73 91 54 33

NINA
Boks 736 Sentrum
0105 Oslo
Telefon: 22 94 03 00
Telefax: 22 94 03 01

**NINA
Norsk institutt
for naturforskning**