



Dag-Inge Øien, Marte Fandrem, Anders Lyngstad og Asbjørn Moen

Utfasing av torvuttak i Norge - effekter på naturmangfold og andre viktige økosystemtjenester

**NTNU Vitenskapsmuseet
naturhistorisk rapport 2017-6**

NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-6

Dag-Inge Øien, Marte Fandrem, Anders Lyngstad og
Asbjørn Moen

Utfasing av torvuttak i Norge – effekter på naturmangfold og andre viktige økosystemtjenester

NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2013 som erstatter tidligere Rapport botanisk serie og Rapport zoologisk serie. Serien er ikke periodisk, og antall nummer varierer per år. Rapportserien benyttes ved endelig rapportering fra prosjekter eller utredninger, der det også forutsettes en mer grundig faglig bearbeidelse.

Tidligere utgivelser: <http://www.ntnu.no/museum/publikasjoner>

Referanse

Øien, D.-I., Fandrem, M., Lyngstad, A. & Moen, A. 2017. Utfasing av torvuttak i Norge – effekter på naturmangfold og andre viktige økosystemtjenester. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-6: 1-39.

Trondheim, oktober 2017

Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet
Institutt for naturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 22 80
e-post: post@vm.ntnu.no

Ansvarlig signatur

Torkild Bakken (instituttleder)

Kvalitetssikret av

Gaute Kjærstad

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

Torvtekt på Flakstadmåsan, ei konsentrisk høgmyr i Nes, Hedmark. Foto: Norge i bilder 2005.

www.ntnu.no/museum

ISBN 978-82-8322-114-5
ISSN 1894-0056

Sammendrag

Øien, D.-I., Fandrem, M., Lyngstad, A. & Moen, A. 2017. Utfasing av torvuttak i Norge – effekter på naturmangfold og andre viktige økosystemtjenester. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-6: 1-39.

I denne rapporten gir vi en generell vurdering av hvilke konsekvenser moderne, industrielt torvuttak for torvproduksjon har på naturmangfold og andre viktige økosystemtjenester fra myr, slik som klimaregulering (karbonlager), erosjons- og flomdemping, regulering av vasskvalitet gjennom filtrering, regulering av ferskvasstilførsel til elver og innsjøer fra omkringliggende nedbørsfelt, biobrensel og vekstsubstrat for jord- og hagebruk. Videre gis det en generell vurdering av effektene av en utfasing av dagens torvuttak på naturmangfold og økosystemtjenester. Her vurderes ulike scenarier for utfasing og ulike typer etterbehandling av de berørte myrene. Rapporten gir også en generell beskrivelse og gjennomgang av viktige tiltak ved restaurering av myr etter torvuttak med fokus på restaurering av høgmyr.

Effekten av følgende scenarier for etterbehandling er vurdert: 1) Ingen etterbehandling, 2) Restaurering mot funksjonell myr, 3) Etablering av annen våtmark, 4) Etablering av paludikultur og 5) Etablering av annet jordbruks- eller skogbruksareal. For hvert scenario har vi så gjort en vurdering av hvilken betydning det får om: a) Dagens torvuttak fortsetter så lenge torvressursene på stedet er drivverdige, men nye torvuttak settes ikke i gang, eller b) alle torvuttak avsluttes umiddelbart.

Industrielt uttak av torv fra norske myrer, til produksjon av ulike torvprodukter, fører til tap av naturmangfold og økosystemtjenester, og spesielt er høgmyrene utsatt. En stor del av de registrerte torvuttakene ligger på typisk høgmyr eller atlantisk høgmyr. Dette er naturtyper som er truet i Norge og Europa. Alt dyre- og planteliv på den opprinnelige myra forsvinner og alle andre viktige økosystemtjenester opphører. Uansett hvilken etterbehandling som velges vil det beste tiltaket for å opprettholde økosystemtjenestene være å forhindre at nye myrområder tas i bruk.

Torvuttak har vært svakt regulert og ansvaret for etterbehandling har i mange tilfeller vært overlatt til kommunene eller torvprodusentene selv. Dette har gitt stor variasjon i krav til etterbehandling, og torvuttak som har gått ut av drift har oftest blitt forlatt uten etterbehandling, eller gjort om til jordbruksareal. Disse etterbehandlingsalternativene gir ingen positiv effekt på naturmangfold og viktige økosystemtjenester knyttet til myr. Spesielt gjelder dette *ingen etterbehandling* som i verste fall kan forsterke de negative effektene av torvuttak. *Restaurering mot funksjonell myr* vil gi det beste resultatet for naturmangfoldet, og over tid gjenopprette de aller fleste økosystemtjenestene som er knyttet til intakt myr. Også *etablering av paludikultur* eller *annen våtmark* vil ha positive effekter, men her er kunnskapen mangelfull. Det er usikkert om *etablering av skog* som etterbehandling gir positive effekter for naturmangfoldet eller andre økosystemtjenester som knyttes til intakt myr på lang sikt.

Det er et stort behov for å innhente mer kunnskap knyttet til uttak av torv generelt, da spesielt med tanke på nordiske forhold. Dette gjelder både kunnskap om konsekvenser av torvuttak, metoder for restaurering og kunnskap om effekter av etterbehandling. Økt kunnskap er avgjørende for å kunne utarbeide mer presise krav til torvindustrien og retningslinjer for avvikling av torvuttak, og for å gjøre en best mulig vurdering av hvilken etterbehandling som er mest hensiktsmessig for det enkelte torvuttak.

Nøkkelord: Høgmyr – Myr – Paludikultur – Restaurering – Revegetering - Torvmark – Torvtekt – Våtmark

Dag-Inge Øien, Marte Fandrem, Anders Lyngstad og Asbjørn Moen, NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for naturhistorie, NO-7491 Trondheim

Summary

Øien, D.-I., Fandrem, M., Lyngstad, A. & Moen, A. 2017. Outphasing of peat extraction in Norway – effects on natural diversity and other important ecosystem services. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-6: 1-39.

This report gives a general assessment of the consequences of modern, industrial peat excavation on natural diversity and other important ecosystem services from mires, such as climate regulation (carbon storage), erosion and flood mitigation, regulation of water quality through filtration, regulation of freshwater supply to rivers and lakes from surrounding catchments, biofuel, and growing media for agricultural and horticultural use. Furthermore, it gives a general assessment of the effects an outphasing of present peat excavation practise has on natural diversity and ecosystem services. Different scenarios for outphasing and different types of after-treatment of the affected mires are evaluated. The report also gives a general description and review of important measures in restoration of mires after peat extraction with focus on the restoration of raised bogs.

The effect of the following scenarios for after-treatment has been assessed: 1) No after-treatment, 2) Restoration towards functional mire, 3) Establishment of other wetland types, 4) Establishment of paludiculture, and 5) Establishment of agricultural or forested area. For each scenario, we have also evaluated the impact of: a) Current peat extraction continues as long as the peat resources on the sites are commercially viable, but mining in new sites will not commence, or b) present peat extraction stops immediately at all sites.

Industrial extraction of peat from Norwegian mires, for the manufacture of various peat products, leads to loss of natural diversity and ecosystem services. A large share of the registered peat extraction sites are found on typical raised bog or atlantic raised bog localities, and raised bogs seem to be particularly at risk. Raised bogs are threatened nature types both in Norway and in Europe. All animal and plant life on the original mire disappears, and all other important ecosystem services ceases. Regardless of after-treatment, the best measure to sustain ecosystem services from mires will be to prevent peat extraction on new sites.

The regulation of peat extraction has been weak, and the responsibility for after-treatment has in many cases been left to the local municipality, or the peat producers themselves. This has resulted in large variation in requirements on after-treatment. Abandoned peat extraction sites have in most cases been transformed to agricultural land, or left without after-treatment. These alternatives for after-treatment give no positive effect on natural diversity or important ecosystem services associated with mires. This holds especially for *no after-treatment*, which can, potentially, enhance the negative effects of peat extraction. *Restoration towards functional mire* gives the best results for natural diversity, and over time will restore most of the ecosystem services associated with intact mires. Also, establishment of *paludiculture* or *other wetland types* will have positive effects, but here we lack knowledge. It is uncertain whether *establishment of forest* as an after-treatment will have positive effects on natural diversity or other ecosystem services in the long run.

There is considerable need for more knowledge related to peat extraction in general, and for Scandinavia in particular. This applies both to knowledge on the consequences of peat extraction, methods for restoration, and on effects of after-treatments. A better knowledge base is a prerequisite in order to be able to formulate precise requirements to the peat industry, and to formulate guidelines for the winding-up of peat extraction sites. It is also necessary to be able to make informed decisions about which type of after-treatment would be most appropriate for a particular peat extraction site.

Key words: Mire – Natural diversity - Paludiculture - Peat cutting - Peatland – Raised bog – Restoration – Revegetation - Wetlands

Dag-Inge Øien, Marte Fandrem, Anders Lyngstad and Asbjørn Moen , NTNU University museum, Department of natural history, NO-7491 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	6
1 Innledning	7
2 Myra som økosystem med hovedvekt på nedbørmyr og høgmyr	8
2.1 Begreper og inndelinger	8
2.2 Artsmangfold på nedbørmyr	10
2.3 Hydrologi, akrotelm og katotelm	11
2.4 Økosystemtjenester fra myr	12
3 Torvuttak i Norge	15
3.1 Regulering og høstingsmetoder	15
3.2 Omfanget av torvuttak for torvproduksjon i Norge	15
3.3 Torvuttak på høgmyr i Norge	17
4 Konsekvenser av torvuttak	20
4.1 Konsekvenser for myrnaturen	20
4.2 Konsekvenser for andre naturtyper	21
4.3 Konsekvenser for fauna	21
5 Effekter av utfasing av torvuttak ved ulike scenarier	22
5.1 Ingen etterbehandling	22
5.2 Restaurering mot funksjonell myr	24
5.3 Etablering av paludikultur (vått jordbruk)	25
5.4 Etablering av annen våtmark	25
5.5 Etablering av jord- og skogbruksareal	26
5.5.1 Oppdyrking	26
5.5.2 Skogreising	27
6 Metoder for restaurering av myr etter torvuttak	30
6.1 Generelt	30
6.2 Rewetting	30
6.3 Restaurering av vegetasjon og torvakkumulering	31
7 Oppsummering og konklusjon	33
8 Referanser	34
Vedlegg	38
Vedlegg 1 Retningslinjer for avvikling og etterbehandling av torvuttak	38
Vedlegg 2 Eksempel på beslutningssystem for restaurering av myr	39

Forord

Med bakgrunn i Meld. St. 14 (2015-2016); "Natur for livet – Norsk handlingsplan for naturmangfold", har Klima – og miljødepartementet (KLD) bedt Miljødirektoratet om å konsekvensutrede en delvis eller fullstendig utfasing av bruk av torv i Norge. KLD har bedt direktoratet «gjøre en vurdering av alle relevante konsekvenser av å fase ut bruken av torv i Norge helt eller delvis. Vurderingen vil danne grunnlag for regjeringens videre arbeid med torv. Den bør oppsummere dagens situasjon og redegjøre for hvilke erstatningsprodukter som finnes. Både miljøkonsekvenser (klima, naturmangfold og andre miljøverdier – i Norge og utlandet) og konsekvenser for næring og privatpersoner bør belyses og vurderes i en helhet. Det bør også pekes på om det vil være behov for utvikling av nye erstatningsprodukter, og hvordan dette vil kunne gjøres. Generelt bør erstatningsprodukter gi reell, global miljøforbedring og ha adekvate egenskaper for de som skal bruke produktene. Relevante aktører bør involveres ved behov. Samtidig ber vi direktoratet vurdere om det er hensiktsmessig å pålegge merking av jordprodukter tydeligere.»

Foreliggende rapport inngår i denne vurderingen og omhandler konsekvenser på «naturmangfold og andre miljøverdier». Arbeidet ble gjennomført i september og oktober 2017 på oppdrag fra Miljødirektoratet. Prosjektleder hos NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for naturhistorie har vært senioringeniør Dag-Inge Øien. Kontaktperson hos Miljødirektoratet har vært seniorrådgiver Vibeke Husby.

Trondheim, oktober 2017

Dag-Inge Øien

1 Innledning

I mer enn tusen år har vi i Norge tatt ut torv til brensel, og store områder har blitt påvirket, spesielt i kystområdene der fjerning av torva mange steder har ført til at store områder er uten torv eller jord, og med berg i dagen (Kaland & Kvamme 2013). I tiden omkring andre verdenskrig omfattet denne aktiviteten et årlig torvuttak fra ca. 4000 daa myr (Løddesøl 1948), og da er ikke små torvuttak brukt i enkelthusholdninger tatt med. Johansen (1997) anslår at om lag 290 km² (290 000 daa) myr er brukt til brenntorv og strøtorv fram til 1990-tallet. Denne bruken av torv avtok raskt utover på 1950-tallet og er i stor grad avsluttet. De siste tiåra er torv som er tatt ut i Norge i hovedsak brukt til veksttorv og strøtorv, og det er denne utnyttinga av torvressursene som ligger til grunn for våre vurderinger i denne utredningen.

Uttaket av torv fra norske myrer til produksjon av ulike torvprodukter foregår i dag i all hovedsak på nedbørmyrer med djup torv. Dette påvirker naturmangfoldet (arter og naturtyper) på og omkring berørte myrområder, samt andre økosystemtjenester disse systemene bidrar med. Viktige økosystemtjenester, i tillegg til naturmangfold, vil være klimaregulering (karbonlager), erosjons- og flomdemping, regulering av vasskvalitet gjennom filtrering, regulering av ferskvasstilførsel inn til elver og innsjøer fra omkringliggende nedbørsfelt, biobrensel og vekstsubstrat for jord- og hagebruk. I tillegg har slike myrer verdi som historiske arkiv, friluftsområder og kulturlandskap knyttet til tradisjonell torvtekt, etc.

I denne rapporten gir vi en generell vurdering av hvilke konsekvenser moderne (industrielt) torvuttak for torvproduksjon har på naturmangfold og de andre viktige økosystemtjenestene som myrene bidrar med. Konsekvenser av historisk og tradisjonell torvtekt, hovedsakelig brenntorv til bruk lokalt, er ikke vurdert. Videre gis det en generell vurdering av effektene av en utfasing av dagens industrielle torvuttak. Her vurderes ulike scenarier for utfasing og ulike typer etterbehandling av de berørte myrene. Vurderingene er gjort med hovedvekt på nedbørmyr og høgmyr, siden det er disse myrtypene som i hovedsak er berørt av torvuttak.

Det er gjort få vitenskapelige studier i Norge vedrørende effekten av torvuttak på myrnaturen, naturmangfoldet og andre viktige økosystemtjenester, og det er sparsomt med erfaringer fra restaurering av myr etter torvuttak. Rapporten er derfor i stor grad basert på resultater fra andre land, i hovedsak fra Europa og boreale deler av Nord-Amerika. Det er de siste åra publisert et stort antall vitenskapelige artikler, bøker og mer populærvitenskapelige artikler internasjonalt innen temaene myr, klimagasser, restaurering og økosystemtjenester. For en oppdatert og langt mer omfattende behandling av myrlitteraturen viser vi til Rydin & Jeglum (2013), Wichtmann et al. (2016) og Joosten et al. (2017).

Nomenklatur for plantearter følger Frisvoll et al. (1995) for moser og Elven (2005) for karplanter. Myrterminologien følger Joosten et al. (2017).

2 Myra som økosystem med hovedvekt på nedbørmyr og høgmyr

2.1 Begreper og inndelinger

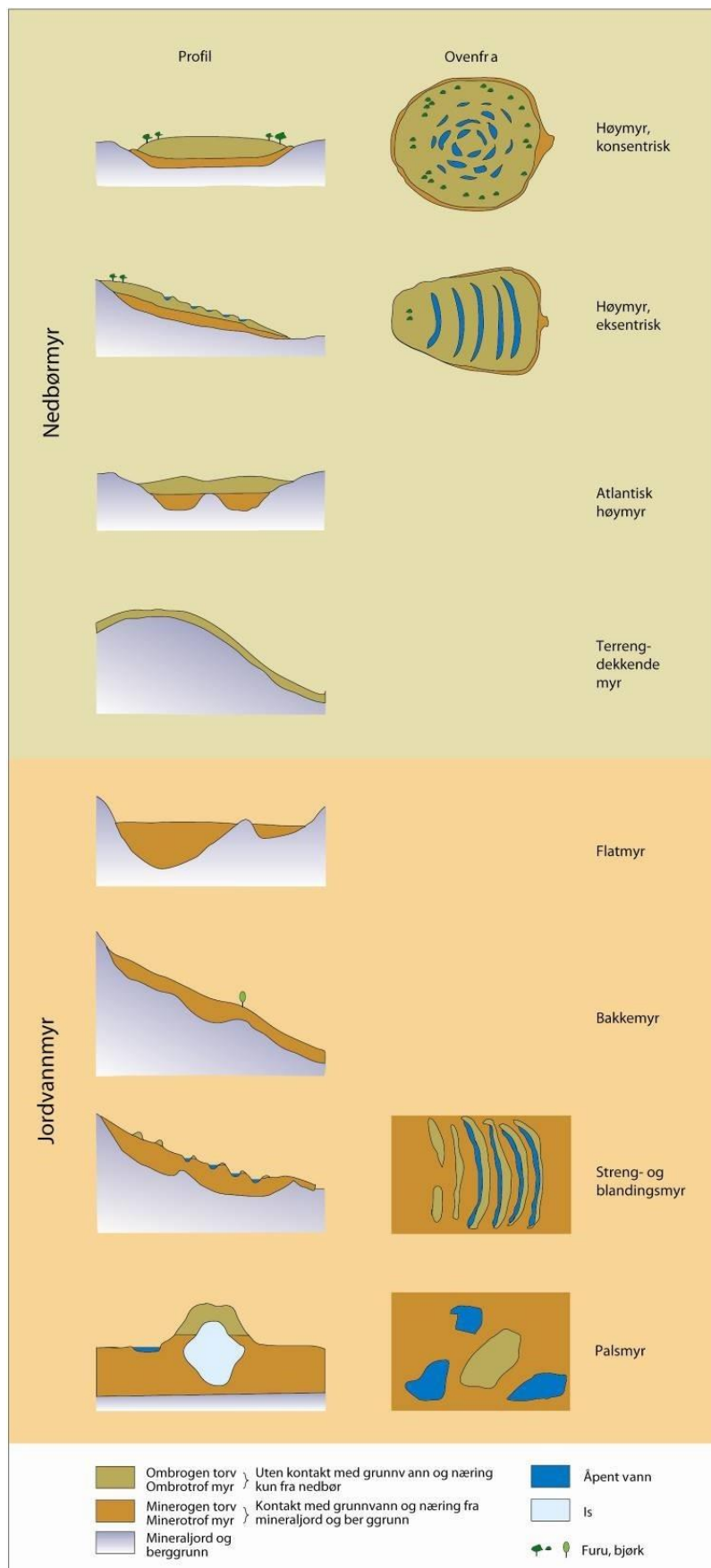
Begreper og inndelinger av myr i denne rapporten følger i hovedsak arbeidet med verneplan for myr i Sør-Norge (f.eks. Moen 1983, 1995) og seinere arbeider som danner kunnskapsgrunnlag for handlingsplaner for ulike myrtyper (Moen et al. 2011a, b, Øien et al. 2015, Lyngstad et al. 2016). Denne inndelingen ligger også til grunn for inndelingen i torvmarksformer og landskapsdeltyper (naturkomplekstyper) i Natur i Norge (NiN; Halvorsen et al. 2009, 2016).

Myr defineres som et **landområde med fuktighetskrevede vegetasjon som danner torv**. Myrkompleks brukes om hele myra, avgrenset mot fastmark eller vatn. Innenfor samme myrkompleks er det ofte en mosaikk mellom ulike **myrmasiv** som framtrer som funksjonelle og kartleggbare enheter, ofte betegnet myrtyper (figur 1), for eksempel mosaikk mellom høgmyr og flatmyr. Et myrmasiv er en hydrologisk enhet, det vil si at innenfor et myrmasiv er det ett hydrologisk regime, og tilgrensende myrmasiv har separate hydrologiske regimer.

Myrene deles i to hovedtyper etter tilgangen på mineralnæring. **Minerotrof/minerogen myr (jordvassmyr)** er myr som får tilført mineraler fra vatn som har vært i kontakt med mineraljorda, dvs. minerogent (geogent) vatn, mens **ombrotrof/ombrogen myr (nedbørmyr)** bare får tilført næring fra nedbøren. Begrepene minerotrof og ombrotrof brukes biologisk og geografisk, for eksempel om plantelivet, mens minerogen og ombrogen brukes geologisk, for eksempel om torv.

Torvuttak fra norske myrer har foregått hovedsakelig på nedbørmyr, da det er i disse man finner de djupeste torvlaga (Lie 1982, Moen et al. 2011a, Joosten et al. 2015). Vi skiller mellom flere typer av nedbørmyr basert på ulike kriterier, bl.a. etter dannelse, hydrologi, form og vegetasjon. Etter myrenes form og hydrologi (hydromorfologi) har vi i arbeidet med faglig grunnlag for handlingsplaner for nedbørmyr skilt mellom sju typer av nedbørmyr der høgmyrene utgjør fem typer: Konsentrisk høgmyr, eksentrisk høgmyr, platåhøgmyr, kanthøgmyr og atlantisk høgmyr (de to førstnevnte og sistnevnte er vist i figur 1). De tre førstnevnte inngår i begrepet «typisk høgmyr», de to andre i «oseanisk nedbørmyr. I tillegg kommer terrengdekkende myr (vist i figur 1) og planmyr (Moen et al. 2011a, b). Minerotrofe myrer er også i noen tilfeller brukt til torvdrift, men de er ikke så godt egnet som ombrotrof myr på grunn av (oftest) grunnere torv samt høyere mineralinnhold i torva. Omfanget av torvuttak fra minerotrof myr har derfor vært mindre. For videre beskrivelse av de ulike myrtypene henvises til de to nevnte rapportene.

En omfattende utforskning av høgmyrene i Norge startet med Axel Blytt (1876). Han studerte lagdelingen i torva og satte denne lagdelingen i sammenheng med klimavekslinger. Han konkluderte med at stubbelagene måtte være avsatt i tørre perioder, mens torvlagene mellom måtte skrive seg fra fuktige perioder. Figur 2 viser utviklingen av ei typisk høgmyr fra siste istid til i dag. Norske studier av høgmyr er summert i Moen et al. (2011a). Fra 2012 har det blitt kartlagt høgmyr gjennom stereotolkning av digitale flybilder, og Sør-Norge sør for Dovre er nå ferdig kartlagt (Lyngstad et al. 2012, Lyngstad & Vold 2015, Lyngstad 2016, Lyngstad & Fandrem 2017).



HOVEDTYPER AV MYR

Figuren viser skjematisk noen hovedtyper av myr. I venstre kolonne er det vist en profil tvers gjennom myra (høydeskalaen er sterkt overdrevet), og til høyre er viktige overflatestrukturer vist.

Høymyr er tydelig hvelvet (konveks) nedbørsmyr, med en kuppel bygd opp av torv, og med helling ned mot de jordvannspåvirkete (mineotrofe) delene som vanligvis dekker små områder (lagg) og som fungerer som dreneringssystem. Det finnes mange typer.

Konsentrisk høymyr er symmetrisk oppbygd og finnes hovedsakelig på sørlige del av Østlandet; **eksentrisk høymyr** har det høyeste punktet nær den ene kanten og finnes i lavlandet på Østlandet og i Midt-Norge.

Atlantisk høymyr har gjerne flere kupler i et myrlandskap der det er vanskelig å sette grenser mot andre myrtyper.

Terrengdekkende myr er dominert av nedbørsmyr som dekker landskapet som et teppe. Myrene er dannet ved forsumpning og dekker platåer og skråninger i hellende terreng. Denne typen finnes i de mest nedbørrike områdene fra Rogaland til Troms.

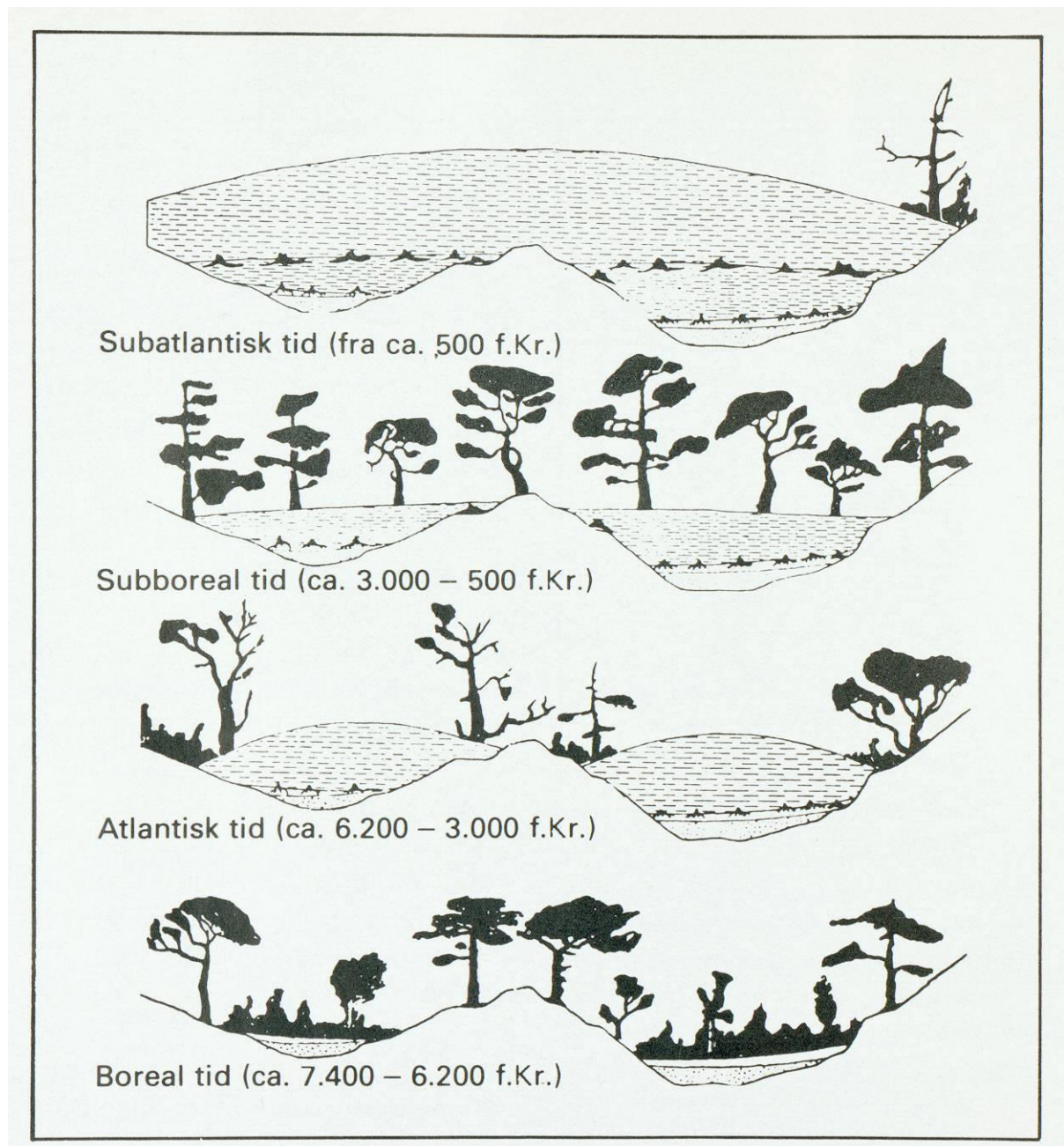
Flatmyr er jordvannsmyr i flatt terreng, gjerne i tilknytning til et tilvoksende tjern. Typen finnes overalt der det kan dannes myr.

Bakkemyr er jordvannsmyr i hellende terreng (over 3°). Finnes fra mellomboreal sone og oppover i fjellet. De bratte bakkemyrene (med helling på mer enn 15°) finnes bare i de mest nedbørrike delene av landet.

Strengmyr har regelmessig veksling mellom lange, smale forhøyninger (strenger) som virker demmende, og våte, flate partier (flarker); disse strukturene ligger på tvers av myras hellingsretning. Strengmyrtypene er vanligst i de østlige og nordlige deler av Norge, der de kan dekke store arealer.

Palsmyr er en veksling mellom flat jordvannsmyr som vanligvis er våt, og torvhauger (palser) som har en kjerne av frosset torv og is som holder seg frosset gjennom hele sommeren.

Figur 1. Skjematisk framstilling av noen hovedtyper av myr (myrmasivtyper). Fra Moen (1998).



Figur 2. Skjematisk framstilling av utviklingen av ei typisk høgmyr i Norge. For ca. 9500 år var det to tjern der det ble avsatt gytje og sjøsedimenter. Deretter kom en fase med minerotrof myrvegetasjon som avsatte minerogen torv (boreal tid). I atlantisk tid, med mye nedbør, vokste de to myrene sterkt både i høgda og horisontalt og den ombrotrofe vegetasjonen avsatte ombrogen torv. Etter hvert vokste de to myrene sammen til én, og fikk gjennom tida dyp, ombrogen torv. Myra var trebevokst i tørre klimaperioder, åpen i fuktige (etter Axel Blytts teorier). Fra Hafsten (1976) etter Holmsen (1922).

2.2 Artsmangfold på nedbørmyr

Myrene generelt har høgt grunnvatn som gir høg markfuktighet og oksygenfattig miljø nesten opp til overflata. Dette, sammen med lite mineralnæring i torva på nedbørmyr, gir dårlige livsbetingelser for de fleste plantearter, og i Norge finnes knapt 30 karplantearter på typisk høgmyr, og alle disse finnes også minerotroft. Dette står i kontrast til jordvassmyrene, der det finnes flere hundre karplantearter. Likevel er det et stort mangfold av liv i den øverste delen av torva på høgmyr, ikke

minst av bakterier, alger og sopp, artsgrupper vi kjenner dårlig (Andersen et al. 2013). Men det finnes også spesialister blant plantene som har tilpasset seg livet på høgmyra. Dette gjelder spesielt torvmosene (*Sphagnum* spp.) med hele 47 arter i Norge, av totalt 50 arter i Europa (Flatberg 2013). Det er registrert 21 torvmosearter på ombrotrof myr (Bakken & Flatberg 1995), noen få av disse (som bare finnes i oseaniske myrer) mangler på de ombrotrofe partiene på høgmyr i innlandet. Torvmosene er ved sin høge evne til utveksling av kationer i et miljø med lågt innhold av mineralnæring, og sin raske lengdevekst tilpasset det våte, oksygenfattige miljøet. Torvmosene vokser i skuddspissen og dør nedenfra. Døde torvmoser utgjør derfor en stor del av torva i høgmyra. I tillegg til torvmosene, lister Bakken & Flatberg (1995) opp 47 mosearter som inngår på ombrotrof myr; dessuten 15 lavarter.

Myrene har et rikt dyreliv (Desrochers & Van Duinen 2006), og generelt er det ikke så store forskjeller i artsinventaret av dyr mellom forskjellige myrtyper som det er for karplantene. En rekke arter av fugl og pattedyr er knyttet til myrene, og opptrer på nedbørmyr og høgmyr (Väisänen & Järvinen 1977, Desrochers & Van Duinen 2006). Myra er viktig både som hekke-/yngleplass og beite-/foringsområde. Et stort antall leddyr (spesielt mange insektarter) finnes på nedbørmyr. Dette gjelder bl.a. arter av sommerfugl, klegg, biller og edderkoppdyr (Spitzer & Danks 2006). Høgmyrene har blant annet mange billearter og midd, hvor torvmosene utgjør viktigste habitat (Moen et al. 2010, muntlig informasjon K.I. Flatberg).

Det finnes ingen true arter som er eksklusive for nedbørmyr i Norge, men høgmyr er levested for f.eks. torvflik (*Lophozia laxa* VU), som vokser i tuevegetasjonen, og huldretorvmose (*Sphagnum wulfianum* VU) kan finnes i laggen på høgmyr, men disse finnes også i andre habitater. I låglandet er intakte eller lite påvirkte høgmyrer ofte de eneste åpne og lite berørte arealene. Mange fuglearter er avhengige av slike arealer i hekkeperioden, bl.a. de true artene vipe (EN) og storspove (VU).

2.3 Hydrologi, akrotelm og katotelm

Ei typisk høgmyr har både akrotelm og katotelm, se figur 3. Akrotelmen utgjør det øverste laget, vanligvis fra noen få cm til 50 cm. Dette er det aktive og torvproduserende laget i myra, med stor kapasitet til lagring av vatn fra nedbøren ettersom akrotelmen ikke er vassmetta. Fluktuerende av grunnvatnet og horisontal avrenning i høgmyra skjer i dette laget.

Katotelmen er laget nedenfor akrotelmen ned til mineraljorda, og kan på ei nedbørmyr ofte utgjøre flere meter med torv. Dette laget er vassmetta, torva her består av 90-98 % vatn (Holden 2005), og det er så godt som fullstendig anaerobe forhold. I katotelmen er det svært liten nedbrytning av plantemateriale. Når dødt plantemateriale akkumulerer på overflata (i akrotelmen) på høgmyr øker også tykkelsen på katotelmen, og en stadig større andel av torva på myra vil etter hvert ligge i katotelmen. Etter som volumet av torv i katotelmen øker, vil også summen av nedbrytning bli større. Til slutt blir ei grense nådd der nedbrytning av torv i katotelmen er like stor som tilveksten i akrotelmen. Dette begrenser tykkelsen som høgmyra kan oppnå. Om det kommer en klimaforandring (for eksempel økt nedbør) kan veksten fortsette. Ei grøft gjennom dette «byggverket» av torv og vatn kan ødelegge hele balansen i systemet, og derved den naturlige utviklingen.

Etter som det aller meste av høgmyra utgjøres av katotelmen er det, ved restaurering, en tendens til å legge hovedvekten på vassbalansen i katotelmen. Men det som er kritisk for plantevekst og akkumulering av torv er forholdene i akrotelmen. Det er derfor viktig at katotelmen danner et godt grunnlag for dannelse og vekst av akrotelmen. Dette betyr ikke nødvendigvis at en må gjenskape hele den originale katotelmen.

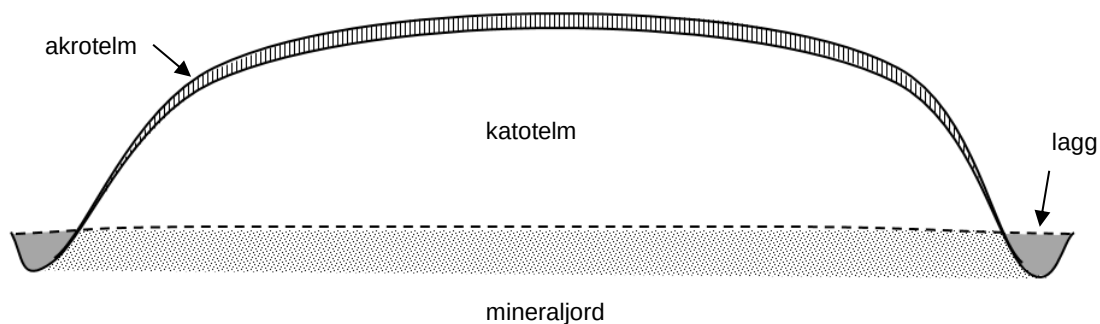
I intakte høgmyrer har akrotelmen mange viktige funksjoner, bl. a. ved å:

- Produsere plantemateriale og gi ny torv som øker størrelsen til katotelmen.
- Gi katotelmen vatn og derved bidra til permanent vassmetting i katotelmen.
- Være voksested med miljøforhold der myrplanter kan vokse, og der tilførselen av næring bare skjer gjennom nedbøren (ombrogen myr).

Høgmyr er myrmasse der torvoverflata på de sentrale delene ligger høgere (hvelva parti) enn de minerogene omgivelsene. Dette er et bemerkelsesverdig trekk ved høgmyra som naturtype. Høgmyra kan dannes, utvikles og opprettholdes under bestemte klimaforhold, og klimaendringer vil endre høgmyrenes utvikling og utbredelse.

Etter som vellykket restaurering av høgmyr er avhengig av utviklingen av akrotelmen, er det viktig å ha kjennskap til forhold som kan bygge akrotelmen (Joosten et al 2017: 53). Ofte benevnes høgmyr som akrotelm-myr (Couwenberg & Joosten 1999). Plantene som kan bidra, og den torva de danner, må kombinere mange egenskaper. Det gjelder å ha stor lagringskapasitet av vatn (store og mange porer) for å hindre senkning av grunnvassnivået. Men samtidig må de ha liten evne til å lede bort vatn (små og få porer) for å hindre store tap ved avrenning. Disse forholdene er vanskelig å kombinere, og akrotelm-myrrer er begrenset til flate eller nesten flate myrområder. Akrotelm kan ikke dannes i sterkt hellende terreng.

Torvmosene har en viktig funksjon for akrotelmen på høgmyrene våre gjennom høg produksjon og god evne til lagring av vatn. De viktigste torvmoseartene i denne sammenheng inkluderer kysttorvmose, rusttorvmose, kjøtt-torvmose, vortetorvmose og rødtorvmose (*Sphagnum austinii*, *S. fuscum*, *S. magellanicum*, *S. papillosum*, *S. rubellum*). Dette er dominerende arter i tue og matte på store myrareal (Flatberg 2013). I tillegg er en rekke andre mosearter og ikke minst karplantearter viktige for utviklingen av akrotelmen, f.eks. heigråmose, furumose, sigdmoser, røsslyng, torvull og bjønnskjegg (*Racomitrium lanuginosum*, *Pleurozium schreberii*, *Dicranum* spp., *Calluna vulgaris*, *Eriophorum vaginatum*, *Trichophorum cespitosum*). I arbeidet med å bygge opp igjen høgmyr, er de nevnte artene spesielt aktuelle.



Figur 3. Tverrsnitt gjennom ei typisk høgmyr med et tynt lag av akrotelm øverst, en dyp katotelm under, og med mineraljord nederst.

2.4 Økosystemtjenester fra myr

I tillegg til sitt unike artsmangfold, vil en rekke ulike økosystemtjenester kunne knyttes til myr generelt, og høgmyrene spesielt. Økosystemtjenester er i dag et gjenkjennelig begrep for mange, og omfatter de funksjonene et økosystem har som gir fordeler for oss mennesker (Bonn et al. 2016). Økosystemtjenester gir et rammeverk for å belyse og øke bevisstheten rundt verdiene naturen gir oss. Hovedfokuset er funksjoner og tjenester som er positive for oss mennesker, og det er viktig å skille mellom bærekraftige økosystemtjenester, som ikke endrer eller skader økosystemet i vesentlig grad, og destruktive økosystemtjenester, som gagnar oss mennesker på bekostning av økosystemet. Vi kan videre dele inn økosystemtjenester i fire hovedkategorier: Støttende tjenester, forsyvende tjenester, regulerende tjenester, og kulturelle tjenester. I tabell 1 er det gjengitt hva vi anser som de viktigste økosystemtjenestene knyttet til intakte norske myrer.

Økosystemtjenestene kan stort sett relateres til tidligere mye brukte begreper som naturverdi eller verneverdi. Verdier av myr i naturtilstand i Norge er tidligere beskrevet i mange sammenhenger,

blant annet i publikasjoner og fylkesvise rapporter fra arbeidet med landsplan for myrreservater (for eksempel i Moen 1983, 1995). I myrrapportene er det beskrevet 16 kriterier for vern fordelt på naturverdier, naturvitenskapelige verdier og vurdering av tilstand og sårbarhet. Flere av disse kriteriene er knyttet til prioritering av lokaliteter for vern. Det henvises til beskrivelsene i myrrapportene, her gis en mer summarisk oppsummering av viktige naturverdier av høgmyr.

Tabell 1. Viktige økosystemtjenester fra intakt myr. Det er også angitt om økosystemtjenestene kan benyttes på en bærekraftige måte eller om dette har en destruktiv virkning på økosystemet. Bearbeidet for norske forhold etter Bonn et al. (2016).

Type økosystemtjenester		Eksempel	Bærekraftig/destruktivt
Støttende	Artsmangfold	Habitat for arter	Bærekraftig
	Jordoppbygging	Akkumulering av organisk materiale	Bærekraftig
	Næringsomsetning	Lagring, nedbryting og prosessering av næringsstoffer	Bærekraftig
Forsynende	Ville planter og bær	Plukking av molter og tranebær	Bærekraftig
	Vinterfôr	Slått av grasliknede vekster	Bærekraftig, men kan påvirke struktur og prosesser
	Beiteareal	Husdyr på beite på myrareal	Ofte bærekraftig, men vil påvirke negativt ved intensiv bruk (tråkkproblematikk)
	Torv til ulike formål	Uttak av torv til brensel eller vekstmateriale	Destruktivt
	Trevirke	Skogreising på drenert myr	Destruktivt
Regulerende	Klimaregulering	Produksjon og lagring av karbon i torvmasser	Bærekraftig
	Vasskvalitet	Filtrering av grunnvatn/nedbørsvatn gjennom torvmasser	Bærekraftig
	Flomdemping	Forsinket utflomming av nedbørsvatn gjennom torvmasser	Bærekraftig
	Brannndemping?		
Kulturelle	Friluftsliv og rekreasjon	Bruk av myrareal som turområde	Stort sett bærekraftig, men vil påvirke negativt ved intensiv bruk (tråkkproblematikk)
	Vitenskapelig og historisk dokument	Klimahistorisk lager gjennom gamle torvmasser	Bærekraftig

Økosystem med plante- og dyreliv. På et overordnet nivå er det klima, topografi og mineraljordas beskaffenhet som avgjør hvor det dannes myr (Moen 1998, Bonn et al. 2016). Myrene hos oss kan derfor sees som et produkt av klimaet fra istiden og fram til i dag, og særlig tydelig vises dette hos høgmyrene. Høgmyra (og generelt de ombrotrofe myrene) er dominert av ekstremt næringsfattige økosystemer. Plante- og dyreliv er tilpasset de spesielle miljøforholdene med tilførsel av næring bare fra nedbøren. Til tross for at artsinnholdet er lågt for de fleste plante- og dyregrupper, er ombrotrof myr spesielt viktig i regionale studier. En rekke dyrearter, for eksempel fugl og pattedyr bruker høgmyra sammen med andre naturtyper (se også avsnitt 2.2).

Produksjon og karbonlager. Produksjon er en fundamental biologisk egenskap, der plantene er produsentene. Gjennom planteproduksjon og siden nedbrytning ved hjelp av mikroorganismer vil

næringsstoffer tas opp, omdannes og sirkuleres. Myrene er spesielle ved at de har større produksjon av plantemateriale enn det som brytes ned, og dermed avsettes torv. Over tid vil det da bygges opp et organisk substrat der karbon utgjør om lag 50 %. Myr generelt, og høgmyr spesielt, lagrer slik karbon. Verdens torvmarker inneholder om lag en tredjedel av verdens organiske karbon i jord, og inneholder mer enn dobbelt så mye karbon som verdens skoger (Joosten & Clarke 2002). Frigjøring av disse karbonlagrene er ansett som et betydelig bidrag til økt atmosfærisk karbon, og dermed en viktig klimaregulerende faktor.

Produksjon som er knyttet til myrvegetasjon har i uminnelige tider blitt høstet og utnyttet. Bær som molte og tranebær har blitt høstet, og anses i mange områder fortsatt som viktige naturvarer for lokal økonomi, og myrer med høg produksjon i feltsjiktet har blitt slått til vinterfôr eller blitt benyttet til beite.

Grunnvassreservoar og flomdemper.

Globalt inneholder torvmarkene ca. 10 % av ferskvassressursene (Joosten & Clarke 2002). Myrene virker som svamper i terrenget, og er viktige for grunnvassforholda. Når det er sagt, så er myrenes evne til å bidra til flomdemping mye omdiskutert, og svaret er svært sammensatt (Joosten & Clarke 2002). Myrene er nært opptil vassmetta store deler av tida, og vil dermed ikke kunne ta opp særlig mye mer ved store nedbørsmengder. Litt grundigere forklart kan man si at det i katotelmen er et statisk vasslager. Katotelmen er så å si helt vassmetta. Vatnet her beveger seg svært lite eller ingenting, og dette vatnet vil dermed ikke kunne regnes inn i den lokale vasssyklusen. Akrotelmen derimot, har et mer dynamisk vasslager, hvor volumet fluktuerer med nedbøren. Lagringskapasiteten er likevel begrenset, da ei velfungerende myr krever høg vasstand. Akrotelmen vil raskt mettes ved nedbør, hvor overflødig vatn vil renne av myra som overflatevatn. Det vil da være myras overflatestrukturer og vegetasjon som avgjør hastigheten på overflatevatnet, og om myra vil bidra som en flomdemper til nedstrøms arealer (Holden et al. 2008). Nedbørmyrer regnes vanligvis å ha strukturer og vegetasjon som har en viss flomdempende effekt (Joosten & Clarke 2002).

Vassfiltrering. Myrene kan bidra til å filtrere forurenset grunnvatn og nedbørsvatn (Bonn et al. 2010). Akkumulerende torv med høgt grunnvatn kan blant annet lagre store mengder sulfat (SO_4) og er svært effektive til å holde på atmosfærisk nitrogen (N). Uorganisk N tas opp i vegetasjonen der det omdannes til organiske forbindelser, som deretter vil lagres i torva der den videre nedbrytningsprosessen forsinkes eller stoppes (Joosten & Clarke 2002).

Prosesser og historisk dokumentasjon. Myrene er dynamiske natursystemer (byggverk) av torv og vatn, der geologi (inkludert mineraljord, topografi med mer) og tidligere tiders klima har gitt grunnlaget for lokale og regionale likheter og forskjeller. Ingen annen naturtype er så preget av klimaforholdene som myrene. Vegetasjonen er fullt og helt avhengig av næringsstoffer ført med av nedbøren, og er også svært følsom for endringer i temperatur- eller fuktighetsregime. Endringer i noen av disse klimatiske forholdene kan gi store utslag i forekomsten av arter og dominansforholdene dem imellom. Ettersom myra er et byggverk av tidligere tiders akkumulering av plantebiomasse gjenspeiler myras utvikling og morfologi tidligere og nåværende klimaforhold. Ved kartlegging og beskrivelse av regionale klimaforskjeller og inndeling i naturgeografiske regioner i verden, er myrene, og spesielt høgmyrene derfor av spesiell verdi. Pollen og fragmenter av trær og andre planter (makrofossiler) er ofte godt bevart i høgmyrenes dype torvlag. Høgmyrene er derfor svært viktige kilder til data i vegetasjons- og klimahistoriske studier.

Klarhet. I mange sammenhenger, bl.a. ved forskning, forvaltning og ved pedagogisk bruk av natur, er naturtypens utforming av verdi. I dette ligger bl.a. at sammenhenger og prosesser er fattbare. Spesiell interesse knytter det seg til lokaliteter med «velutvikla» myrtyper, og her står høgmyrene i en særklasse blant naturtypene. Det regelmessige byggverket av torv og vatn som for eksempel ei velutvikla typisk høgmyr representerer er avhengig av klima og topografi/geologi. I gunstige områder kan høgmyra vokse videre etter som torva avsettes (eller brytes ned), og formen på hele høgmyra, inkludert kuppelens hvelving er avhengig av klimaet. Når det gjelder størrelsen av hele myrkomplekset er det av betydning, men det avgjørende er at myrmassivet som utgjør høgmyra kan utvikles fritt.

3 Torvuttak i Norge

3.1 Regulering og høstingsmetoder

Torvuttak i Norge er regulert i Jordloven paragraf § 10 – Uttak av myr, som ble endret i 2013. Denne stadfester at det alltid skal «liggja att eit forsvarleg torv- eller jordlag», og at myrarealene skal «setjast i stand ut frå omsynet til etterbruken av arealet til landbruksføremål og naturvern». I tillegg ble kommunene informert i brev fra Kommunal- og Moderniseringsdepartementet i 2015 om at torvuttak krever behandling etter plan- og bygningsloven (pbl). Her poengteres det at det er kommunenes ansvar å vurdere om et torvuttak er et vesentlig terrenginngrep og dermed et søknadspliktig tiltak (pbl § 20-1). Uttak av torv kan også utløse krav om reguleringsplan, dersom tiltaket kan sies å få vesentlige virkninger for miljø og samfunn (pbl § 12-1). Det er alltid krav om konsekvensutredning for torvuttak på områder større enn 1500 daa, mens for mindre arealer vil det være krav om konsekvensutredning dersom disse kan få vesentlige virkninger på miljø og samfunn (forskrift om konsekvensutredninger for planer etter plan- og bygningsloven).

Industrielt torvuttak i Norge benytter i dag ulike metoder for høsting av torv, men «vakuumbhøsting» er kanskje den mest benyttede. Dette innebærer at grøfter legges med fast avstand og overflata harves («freses») jevn. 2-3 mm av torva tørkes av gangen og høstes inn med «vakuumbhøstere» etter 1-2 dager. Dette kan gjentas 15-25 ganger i løpet av et år, og om lag 7 cm av torva høstes inn i et godt år (pers. medd. Torleif Tollersrud, styreleder i Norske Torv- og Jordprodusenters Bransjeforbund). For torv med best kvalitet benyttes en mekanisert metode hvor mindre blokker kuttes ut ved hjelp av spesialisert maskineri og legges til tørk. Denne metoden ligner noe på den tradisjonelle metoden med torvstikking. Ei myr kan være i produksjon i opptil 30-70 år, avhengig av dybden på torva og størrelsen på myra. Uttaket avsluttes senest når det som har blitt ansett som et «forsvarlig» torvlag er nådd. Dette tilsvarer i snitt 30 cm gjenværende torvdybde i uttaksområdet. Det er svært forskjellig fra kommune til kommune hva som kreves av etterarbeid, og hva slags etterbruk som planlegges for arealene (pers. medd. Torleif Tollersrud).

3.2 Omfanget av torvuttak for torvproduksjon i Norge

Omfanget av torvuttak for torvproduksjon i Norge etter 1990 er utredet av NIBIO (Søgaard et al. 2017). Utredningen er basert på en spørreundersøkelse til torvprodusentene i 2015 og en arealkartlegging basert på kartdata fra AR5- og FKB-databasene. Kort oppsummert anslår NIBIO at 20 000 daa myr utnyttes til torvproduksjon i dag. Årlig volum av produsert torv rapportert inn til Direktoratet for mineralforvaltning (DMF) har variert fra 140 000 m³ til 340 000 m³, med et gjennomsnitt på 220 000 m³ i perioden 1990-2015. Tallene er basert på årlig omsetning av dyrkingsmedier og jordforbedringsprodukter basert på torv, og ikke direkte på produksjon av torv. Det er ikke nøyaktig samsvar mellom årlig produksjonsvolum og omsetning. Gjennomsnittet er likevel svært likt estimatet for gjennomsnittlig totalt produksjonsvolum for perioden 2010-2014 hos Søgaard et al. (2017). Søgaard et al. (2017) fant 42 aktive torvuttak som til sammen utgjør 10 735 daa. Med unntak av noen få i Nordland og Nord-Trøndelag, er de fleste av disse lokalisert til låglandet på Østlandet. I tillegg har de identifisert 94 torvuttak på til sammen 8148 daa som ikke lenger er aktive. Samtidig understreker de at både arealet og antallet torvuttak er usikkert. Metoden som er brukt fanger ikke opp alle torvuttak, spesielt gjelder dette torvuttak som er tatt ut av produksjon.

I forbindelse med vår egen utredning har vi gått gjennom NIBIOs datasett, og undersøkt historiske flyfoto samt LiDAR-data for de registrerte lokalitetene. Vi har lagt til areal der vi ser at omfanget av torvuttaket er større enn tidligere registrert, og vi har lagt til nye lokaliteter eller endret status (aktiv eller tidligere) for lokaliteter basert på informasjon vi har funnet. På bakgrunn av dette har vi registrert 42 aktive torvuttak med et areal på 14 566 daa, og 100 tidligere torvuttak på til sammen 5990 daa. Årsaken til den betydelige forskjellen i oppgitt areal av aktive og tidligere torvuttak i forhold til NIBIOs undersøkelse, er at det største torvuttaket i Norge (fire ganger så stort som det nest største), beliggende på Andøya (figur 4), var vurdert som avviklet i NIBIOs rapport. Vi har nylig fått informasjon om at det fortsatt er i aktiv drift. Med tidligere torvuttak menes arealer som fortsatt

er gjenkjennelige som myrer og stort sett er åpne landskap. De aller fleste av disse er større industriuttak, men også noen historiske torvuttak gjennomført med mer tradisjonelle metoder.



Figur 4. Aktivt torvuttak på Andmyran, Andøya, i Nordland. Foto: norgeibilder.no

Basert på vår gjennomgang har vi også registrert 7 lokaliteter på til sammen 1143 daa på tidligere torvuttak som nå enten er oppdyrket areal (figur 5), eller er tilplantet/grodd til med tett skog. Ingen av disse ble fanget opp av NIBIOs søkekriterier (Søgaard et al. 2017). Vi må understreke at selv

om dette bidrar til et bedre datagrunnlag har vi fortsatt begrenset kunnskap om faktisk areal av oppdyrking eller skogreising på tidligere torvuttak.

Et torvuttak kan foregå på deler av ei myr, men i slike tilfeller vil effekten av torvuttaket på myras hydrologi strekke seg langt ut over det arealet der torv er tatt ut. I et studium fra Estland måler for eksempel Paal et al. (2016) senking av vassnivå opptil 320 m fra grøfter, og de påviser økt vekst hos trær på grunn av drenering opptil 400 m fra grøfter. Den drenerende effekten av torvtekt er, uten tvil, minst like stor og vidtrekkende. Dette studiet fra flatmyr gir en pekepinn på hvilke arealer som berøres ved drenering av myr i flatt lende. I praksis vil hele myrmassiv (som er hydrologiske enheter) der torvtekt foregår bli påvirket. Hvis torvtekten er omfattende er det sannsynlig at hele myrmassivet ødelegges som funksjonell myr. Hvis omfanget er begrenset kan det oppstå en ny hydrologisk likevekt der deler av et myrmassiv kan forbli funksjonell myr. Det er imidlertid svært vanskelig å forutse hvordan utviklingen i slike tilfeller vil bli. I NiN (Halvorsen et al. 2016) brukes betegnelsen *endringsgjeld*, og i det ligger at vi har et dokumentert inngrep som vil gi opphav til (videre) endringer framover, men der det endelige resultatet ikke kan måles direkte i naturen her og nå. På den bakgrunn er det relevant å bruke areal for berørte myrmassiv som en indikator på myrareal som berøres av torvtekt. Samla areal av myrmassiv påvirket av aktive torvuttak er om lag 24 000 daa, og samla areal påvirket av tidligere torvuttak er om lag 11 000 daa. I tillegg er noe over 2000 daa omgjort til annet areal, men her er som sagt tallene svært usikre. Alle disse kalkuleringene er gjort ut fra de dataene vi har hatt til rådighet.



Figur 5. Den sørlige enden av Stormyra på Sandnesmoen (lokalitet 4128 i Lyngstad & Vold (2015)) i Sør-Odal, Hedmark, i 2002 (til venstre) og 2016 (til høyre). Det tidligere torvuttaket er nå dyrka mark. Foto: norgeibilder.no.

3.3 Torvuttak på høgmyr i Norge

Det har fra 2012 vært gjennomført kartlegging av typisk høgmyr i Norge (Lyngstad et al. 2012, Lyngstad & Vold 2015, Lyngstad 2016, Lyngstad & Fandrem 2017), se kapittel 2.1. Digitale flybilder av nyere dato har blitt systematisk gjennomgått i stereomodell (3D), og myrkomplekser som omfatter minst ett myrmassiv med typisk høgmyr har blitt klassifisert, avgrenset og beskrevet. Så langt er Hedmark, Oppland, Akershus, Oslo, Østfold, Vestfold, Buskerud, Telemark Aust-Agder og Vest-Agder kartlagt. Dette utgjør ca. 114 000 km², og omfatter om lag 75 % av det antatte utbredelsesområdet for typisk høgmyr i Norge. Myrenes tilstand har blitt vurdert ut fra omfanget av inngrep som vises på flybilder (veier, grøfter, kultivering osv.). Gjennom disse undersøkelsene har

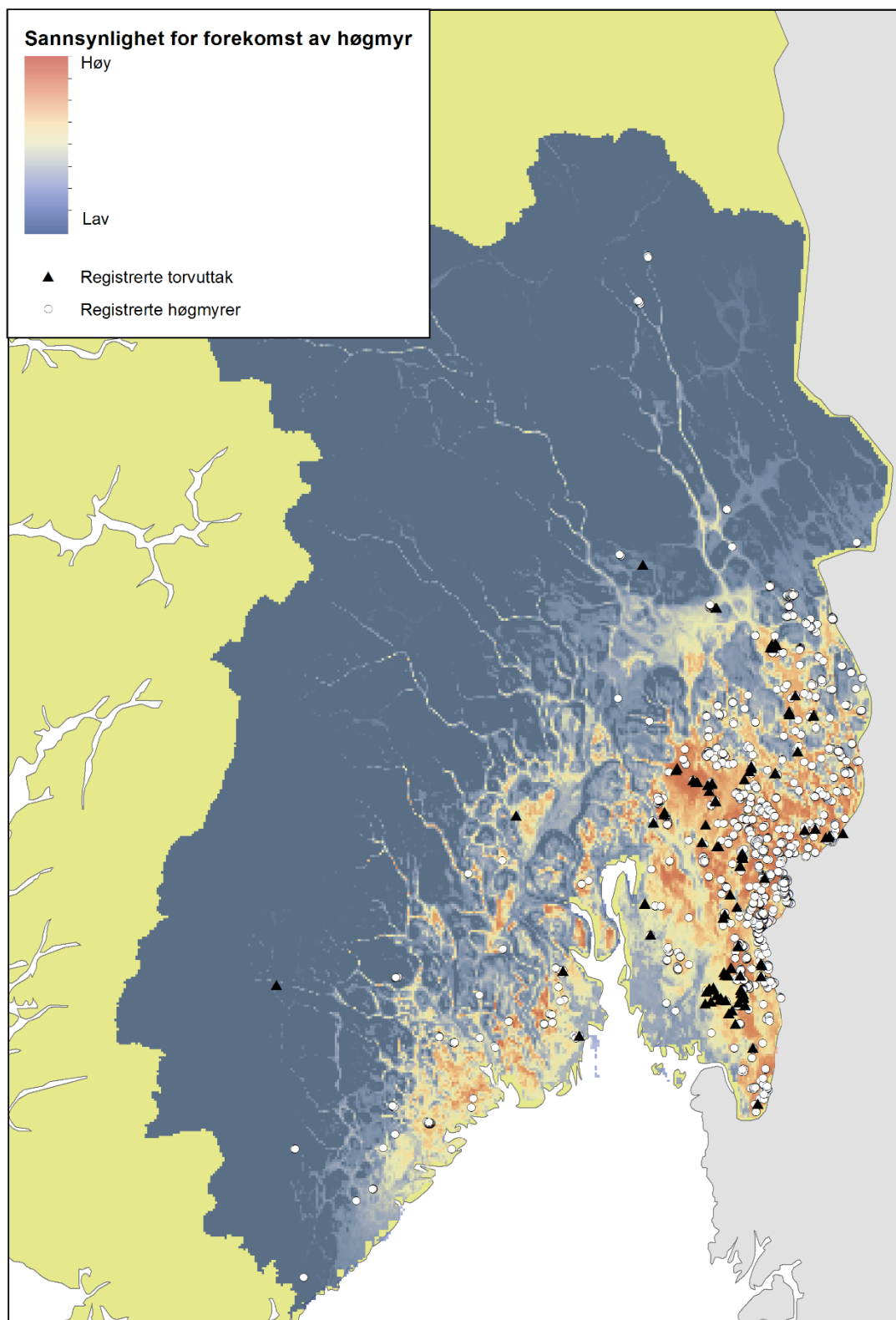
så langt 471 lokaliteter med typisk høgmyr blitt registrert, og arealet på myrmassiver med typisk høgmyr er 107 500 daa.

Blant de 149 registrerte torvuttakene er det 45 som overlapper med registrerte høgmyrer; 17 av de aktive, 26 av de tidligere, og 2 av de omgjorte tidligere torvuttakene. Det er sannsynlig at enda flere av torvuttakene opprinnelig har vært typisk høgmyr, men de er i dag så påvirket at de ikke lenger er mulig å klassifisere på nye flybilder. I figur 7 har vi sammenstilt informasjon om aktive torvtak og utbredelse av typisk høgmyr på Øst- og Sørlandet. Figuren viser både registrerte forekomster med typisk høgmyr og sannsynligheten for forekomst av typisk høgmyr i denne regionen estimert ved hjelp av utbredelsesmodellering (distribution modelling) (Fandrem et al. i trykk). Utbredelse er estimert gjennom «environmental niche modeling» (ENM), som bygger opp et sannsynlighetskart basert på et sett med klimatiske og topografiske variabler som er relevante for utbredelse av typisk høgmyr. Fra figur 7 ser vi at de fleste torvuttakene ligger i områder der de økologiske forholdene ligger til rette for dannelse av typisk høgmyr.

Det er estimert at vi har om lag 1400 km² (1 400 000 daa) med oseanisk nedbørmyr i Norge, hvorav kanskje 250 000 daa er kanthøgmyr og atlantisk høgmyr (Lyngstad et al. 2016: vedlegg 5). De vestligste og nordligste torvuttakene vil sannsynligvis være å finne på slike myrer. Vi vet blant annet med sikkerhet at torvuttakene på Andøya foregår på atlantisk høgmyr, da myrene her er svært godt dokumentert (Osvald 1925, Buys 1992, Bjerke 2005). Om alle disse uttakene er å finne på atlantiske høgmyrer, vil det tilsvare 4820 daa med aktivt torvuttak og 503 daa med eldre torvuttak.



Figur 6. Glesmyra (lokalitet 4208 i Lyngstad (2015)) i Våler, Hedmark, 2016. Aktivt torvuttak på eksentrisk høgmyr. Foto: norgeibilder.no



Figur 7. Kart over kjente forekomster med typisk høgmyr og torvuttak på Østlandet, med sannsynlighet for forekomst av typisk høgmyr (basert på utbredelsesmodellering, se tekst) i bakgrunnen.

4 Konsekvenser av torvuttak

4.1 Konsekvenser for myrnaturen

Norge har i europeisk sammenheng spesielt stor variasjon i myrnaturen. Konsekvensene av torvuttak fra ulike myrtyper varierer sterkt, og vi har derfor spesielt kompliserte forhold for restaurering av våre myrer. Det er gjort få vitenskapelige studier i Norge vedrørende konsekvenser av torvuttak på myrnaturen, naturmangfoldet og andre viktige økosystemtjenester. Vi er derfor avhengige av resultater fra studier i andre land når vi skal vurdere dette. Når det gjelder nedbørmyrer i sørlige deler av landet (bl.a. typisk høgmyr) kan slik kunnskap hentes fra Mellom-Europa og landene i øst. Når det gjelder de oseaniske myrene (bl.a. atlantisk høgmyr) kan kunnskap hentes fra Storbritannia. Imidlertid vil vi i denne sammenheng hovedsakelig begrense oss til forholdene for nedbørmyr i innlandet, og da hovedsakelig knyttet til typisk høgmyr, da det er i denne regionen vi finner de aller fleste torvuttakene i Norge.

Utnytting av myra for skogbruk, jordbruk eller torvdrift betinger senking av grunnvatnet. Etter som torva i ei funksjonell nedbørmyr for mesteparten består av vatn (mer enn 90 %), fører drenering til synking av myroverflata og mer kompakt torv samt utviklingen av makroporer (Holden 2005). De hydrologiske forholdene som styrer vassbevegelsene i myra endres, noe som kan føre til at myra får mindre kapasitet til å lagre vatn og regulere flom. Drenering fører til oksidasjon av torv som ikke lenger er metta med vatn. Grøfta myr mister på denne måten noen mm (eller noen steder med tørt og varmt klima noen cm) med torv årlig. Denne prosessen øker ved tilførsel av kalk og gjødsel. Bárcena et al. (2016) beregner gjennomsnittlig årlig synking på dyrka myr i Norge til 16,3 mm. Resultatet av senket myrflate gjør det nødvendig med dypere grøfting for å senke grunnvatnet, noe som fører til videre oksidasjon, senket myroverflate osv. Grøfting påvirker myra langt utover grøftas areal (Roy et al. 2000, Landry & Rochefort, 2012), og mye eller hele myras hydrologi vil dermed forstyrres ved et større torvuttak.

Ved moderne storskala torvdrift fjernes vegetasjonen og det øverste torvlaget. Myra dreneres og lag på lag med tørr torv på den drenerte myra harves av ved hjelp av store høstingsmaskiner. Vanligvis blir hele akrotelmen fjernet og uttaket av torv pågår til man når torv som er for sterkt omdannet til å være egnet som vekst- eller strøtorv, i noen tilfeller helt ned til mineraljorda. I Norge stanser imidlertid generelt driften når torvlaget er nede i 30 cm (se avsnitt 3.1).

Etter at torvdrifta opphører ligger det igjen en mer eller mindre steril «torvørken» der all vegetasjon og dyreliv som holdt til på myra før torvdrifta startet er borte. Dette inkluderer også frøbanker og andre diasporer og det meste av mikroorganismer. Evnen til å lagre vatn vil være sterkt redusert og ødeleggende for økosystemtjenester knyttet til flomdemping og vasskvalitet. I tillegg vil erosjon fra sterk vind og regn føre til ytterligere avtorving (Holden et al. 2006). Vegetasjonsfrie torvmarker er også svært utsatte for brann, og slike branner kan bli mye mer omfattende enn branner i intakt myr. Granath et al. (2016) viser at i boreale myrer gir kombinasjonen tørkeperioder og drenering eller torvtekt en brann som går mye dypere i torva, og dybden avhenger av hvor mye vasstanden er senket. De estimerer f.eks. et karbontap på 21 tonn per daa hvis brannen går ned til 30 cm torvdybde, noe som tilsvarer ca. 600 år med karbonfangst for ei slik myr.

Grøfting og uttak av torv vil direkte påvirke og forringe de økosystemtjenestene myrene forsyner oss med. Karbonutslipp fra drenerte myrer og torvuttak i Norge er ikke tema i denne rapporten, og her viser vi til Grønlund et al. (2008), Joosten et al. (2015), Bárcena et al. (2016) og Søgaard et al. (2017). Vi vil imidlertid understreke at når det skal lages et regnskap over økosystemtjenester fra myr må man både ta hensyn til utslipp relatert til uttak av torv og grøfting og ødeleggelsen av myras evne til å ta opp karbon for framtida. I samband med torvtekt er det nedbørmyr i låglandet som oftest utnyttes, og funksjonell nedbørmyr i låglandet i våre områder lagrer årlig om lag 20-30 g karbon per m² (Turunen et al. 2002). Dette fortsetter så lenge myras hydrologi er intakt, og naturforholdene ligger til rette for myrvekst. Torvtekt for å skaffe brenntorv eller torvstrø, for utforming av landskap eller andre formål fjerner raskt karbon fra myr og torvmark, og torvuttakene forblir kilder til karbonutslipp så lenge hydrologien ikke gjenopprettes (rewetting) (Mäkiranta et al. 2007, Couwenberg et al. 2011).

4.2 Konsekvenser for andre naturtyper

Torvtekt vil påvirke naturen også utenfor myra der torvtaket ligger. Av størst betydning er påvirkninger av vassdraget i nedbørfeltet der torvtaket ligger. Dette er knyttet til økosystemtjenestene flomkontroll og vassrensing, nevnt i kapittel 2.4. Etter torvtekt vil ei myr holde dårligere på vatn, og ved nedbør vil dette føre til avrenning av næringsstoffer, som har blitt frigjort ved oksidering av torva. Spesielt ved flom og mye regn vil vatnet erodere kraftig. Det betyr at vassdragene nedstrøms torvtak vil få tilført mer løsmasser, både av mineralsk og organisk opphav, og også mer kolloider og ioner. Humusstoffer som vaskes ut av torva (DOC) er en del av dette bildet. Dette vil påvirke vassdragene både gjennom økt sedimentering og endring av vasskvaliteten. Økt tilførsel av næringsstoffer (eutrofiering) kan gi økt biomasseproduksjon (inkl. algeoppblomstring) i og langs vassdraget, og sammen med tilført humus kan dette gi problemer med lavt oksygenivå i perioder med lav vassføring. Effekten vises først, og er sterkest, i bekker og elver nær de drenerte myrene. Se Marttila (2010) og referanser der for oversikt og ytterligere detaljer.

Norge har sluttet seg til EUs rammedirektiv for vatn, og forvaltning av vassforekomster skjer gjennom vassforskriften. Der hvor avrenning fra torvtak påvirker vassdragene nedstrøms vil dette, etter hva vi kan forstå, måtte utløse forvaltningstiltak etter gjeldende regelverk.

4.3 Konsekvenser for fauna

For spesialisert og lite mobil fauna, som små insekter og edderkoppdyr, og for torvlevende sopp og bakterier, vil torvuttak ha en direkte negativ påvirkning og stort sett føre til en fullstendig ødeleggelse av habitat. Myrene er også viktige habitater for en hel del mer mobile dyr, som benytter myrene som ett av flere habitater, slik som fugler og pattedyr. Mange steder vil torvtekt bety et bortfall av svært viktige åpne naturlige landskap, og dermed begrense mulighetene for hekking/ynghing og utveksling/migrering mellom populasjoner. Myrene og deres omkringliggende skogområder er ofte viktige viltkorridorer, bl.a. for store herbivorer, som elg og rådyr.

5 Effekter av utfasing av torvuttak ved ulike scenarier

I dag kjenner vi til at det drives industrielt torvuttak på 42 myrlokaliteter (avsnitt 3.2). Aktiviteten er konsentrert til lågereliggende deler av Østlandet, og har stor innvirkning på myrnaturen i dette området. Spesielt er hovedmyrtypen høgmyr utsatt (se avsnitt 3.3), og viktige økosystemtjenester som myrene bidrar med (tabell 1) er sterkt skadelidende i områder med torvuttak. Høgmyrene er også ansett som trua naturtyper både i Norge og Europa (Moen & Øien 2011, Janssen et al. 2016).

Stans i nye torvuttak, uansett scenario for etterbehandling, vil redusere de negative konsekvensene for myrnaturen og dens økosystemtjenester på myr. Imidlertid har en høg andel av myrene i låglandet, der torvdrift er mest aktuelt, inngrep i en eller annen form, og hydrologien på hele eller deler av myrene kan være forstyrret. I slike tilfeller vil effekten av torvuttak være relativt mindre enn i intakt myr fordi deler av f.eks. dreneringseffekten allerede er en realitet. Samtidig vil store inngrep med mye myrsynking, nedbryting av torv og oppslag av trær gjøre myrer lite interessante med tanke på torvdrift. Det er derfor grunn til å tro at det er myrer med lite omfattende inngrep som vil være aktuelle å utnytte. For slike myrer vil torvuttak bety en gjennomgripende endring av de økologiske forholdene, på samme vis som for intakte myrer. De positive økologiske effektene av å la være å utnytte ei myr til torvdrift vil være mindre i myrer med inngrep sammenlignet med helt intakte myrer. Der hvor inngrepene er små vil imidlertid artsmangfold, hydrologi og beskaffenhet av torva være nær det vi finner i intakt myr, og restaurering vil oftest være billig, enkelt og kunne gi gode resultater på kort tid. Etter torvuttak vil de økologiske forholdene forandres fundamentalt, og restaurering blir dyrere, mer komplisert, og vil ta lang tid.

Nedenfor gis det en beskrivelse og vurdering av hvilke generelle effekter utfasing av torvuttak får for naturverdier og andre viktige økosystemtjenester på myr i Norge etter hvilke type etterbehandling som iverksettes etter at torvdrifta er avsluttet. Vurderingen er delt i fem hovedscenarier:

- 1) Ingen etterbehandling
- 2) Restaurering mot funksjonell myr
- 3) Etablering av paludikultur
- 4) Etablering av annen våtmark
- 5) Etablering av annet jordbruks- eller skogbruksareal.

For hvert hovedscenario har vi så gjort en vurdering av hvilken betydning det får om:

- a) Dagens torvuttak fortsetter så lenge torvressursene på stedet er drivverdige, men nye torvuttak settes ikke i gang.
- b) Alle torvuttak avsluttes umiddelbart.

Effekter på økosystemtjenestene er oppsummert i tabell 2.

5.1 Ingen etterbehandling

Ingen etterbehandling vil gi ingen eller svært liten positiv effekt på økosystemtjenester i forhold til myrer som det fortsatt drives torvuttak på. På forlatt åpen ombrogen torvmark vil det vanligvis bety videre oksidasjon og utslipp av klimagasser, manglende flomdemping, torvflukt (vind) og erosjon med vatn, og med tilhørende utslipp og fare for redusert vasskvalitet i omgivelsene. Det er svært sannsynlig at arealet vil forbli en torvørken over lang tid, og videre utvikling kan bli styrt av tilfeldige etableringer av ugrasplanter. En forlatt minerotrof torvoverflate vil raskere kunne gro til, men også her vil utviklingen bli styrt av tilfeldigheter. Det er også sannsynlig at slike ødelagte myrer vil være sårbare for etablering av invaderende arter, men dette har vi per i dag for lite kunnskap om.

Torvmosene kan bruke lang tid på å reetablere seg på tidligere torvuttak, først og fremst er det karplanter som vil etablere seg (Lavoie et al. 1996, Lavoie et al. 2003, Poschlod et al. 2007, Poulin et al. 2005, Gonzales et al. 2014). Lokal og regional variasjon i inngrep og naturforhold vil ha betydning for utviklingen, f.eks. vil et oseanisk klima kunne gi bedre levekår for torvmoser enn et kontinentalt klima. På Sætremyrane i Hornindal er det et gammelt, forlatt torvtak der det f.eks. er god tilvekst av torvmose i flere gamle torvgroper med betydelig helning (figur 8; Lyngstad et al.

2015). Dette har skjedd uten noen form for etterbehandling. I et mer kontinentalt klima, slik det er på Østlandet der de fleste aktive torvtakene ligger, kan det være vanskeligere å få i gang spontan torvmosevekst. Uttørking i tørre og varme perioder midtsommers er kjent å kunne ta livet av torvmosespirer (Graf et al. 2012). Hvis grøfter eller andre drenerende strukturer er lagt langs helningsretningen er det større sjanse for at myra vil brytes ned videre etter at torvuttaket er avslutta, enn hvis de er lagt på tvers av helningen.

I de fleste tilfeller er det svært lite sannsynlig at myras økologiske funksjon vil bli gjenopprettet med tilhørende økosystemtjenester uten etterbehandling. En slik utvikling er svært uheldig og bør ikke tillates, men i dag er dette dessverre vanlig etter torvdrift (se figur 9). Hvis det ikke skal stilles krav til etterbehandling av torvuttak, vil det derfor ha liten betydning for naturmangfold og økosystemtjenester knyttet til myr om dagens torvuttak får fortsette til torvressursene på stedet ikke lenger er drivverdige eller om alle torvuttak avvikles umiddelbart. Det er mulig at en umiddelbar stans vil kunne ha en viss innvirkning på utslippsraten av klimagasser, som trolig vil være noe mindre i et forlatt torvuttak sammenlignet med et aktivt torvuttak, men her henviser vi til delutredning om klimagassutslipp for videre vurdering.



Figur 8. Spontan reetablering av torvmoser i torvgrop i platåhøgmyr på Sætremyrane, Hornindal, Sogn og Fjordane. Det er minst 60 år siden torvtekten stanset. Oppslag av bjørk viser at det ikke er (rent) ombrotrofe forhold lenger. Foto: A. Lyngstad 2014.



Figur 9. Breidmosen ved Tveiterskogen, Skiptvet, Østfold (lokalitet 1084 hos Lyngstad & Vold (2015)). Et tidligere torvuttak som i 2015 fremdeles ligger åpent. Det ser ikke ut til å ha vært aktivitet her siden før 2003 (så langt tilbake det foreligger flybilder). Foto: norgebilder.no

5.2 Restaurering mot funksjonell myr

Det finnes en god del erfaring med restaurering av myr etter torvuttak fra andre land. En oppsummering av disse erfaringene med beskrivelse og gjennomgang av viktige tiltak er gitt i kapittel 6. Her blir metodikken kun kort omtalt.

Egenskapene til det gjenværende torvlaget bør være utslagsgivende for restaureringsmål etter utfasing av torvuttak. Om det fortsatt gjenstår betydelige mengder med ombrogen torv etter torvuttak, det vil si nok til at torvoverflata over det meste av arealet ikke vil bli påvirket av jordvatn, vil det være aktuelt med restaurering mot nedbørmyr. Dette kan skje på hele eller deler av arealet. Topografien under torvlaget kan gjøre det hensiktsmessig å behandle ulike deler for seg, f.eks.

hvis man kommer ned på et nivå som tilsvarer nivået de første tusenåra i figur 2. Det kan også være hensiktsmessig å begrense størrelsen som skal restaureres ved å bygge terskler eller voller rundt den delen med djupest/minst omdannet torv (Wheeler 1997). Dette vil gjøre det lettere å holde vasstanden høy og stabil, og øke sjansen for raskere etablering av ny ombrotrof vegetasjon.

Dersom det er tatt torv ned til minerogen torv, eller det er lite ombrogen torv igjen, vil det være hensiktsmessig å restaurere den gjenværende torvoverflata mot jordvassmyr (minerotrof myr). Erfaringer fra utlandet tilsier at en styrt utvikling ved hjelp av aktiv tilførsel av myrplanter anbefales. Revegetering kun basert på naturlig (spontan) etablering av arter vil være uforutsigbar og kan gi uheldige utslag (se avsnitt 5.1 og kap. 6). Dersom mineraljorda er kalkrik, kan rikmyrsamfunn utvikles, og f.eks. konkurransesvake rødlistearter plantes inn. Det er flere eksempler på at dette har lyktes, f.eks. på Brackagh Bog i Nord-Irland, som nå er blant de mest artsrike i den regionen (Wheeler 1997). Av andre eksempler på restaurering mot ulike minerotrofe myrtyper kan nevnes områdene Bic-Saint-Fabien og Rivière-du-Loup i Canada (Malloy & Price 2014, Graf & Rochefort 2008).

Uansett om man restaurerer mot nedbørmyr eller jordvassmyr vil en vellykket restaurering gi økt naturmangfold og ha positive effekter på de aller fleste økosystemtjenestene (tabell 2). Umiddelbar stans i torvuttak vil gi større muligheter for å restaurere områdene tilbake til funksjonelle nedbørmyrer enn hvis torvuttakene får fortsette til de ikke lenger er drivverdige. Da er sannsynligheten stor for at kun restaurering mot jordvassmyr vil være mulig.

5.3 Etablering av paludikultur (vått jordbruk)

På samme måte som restaurering mot ny funksjonell myr innebærer etablering av paludikultur («vått jordbruk») at hydrologien i området gjenopprettes slik at vasstanden er stabil og nær overflata. I stedet for å etablere myrvegetasjon, plantes eller sås det ulike typer vekster for høsting som bevarer torvlaget og potensielt kan gi ny torvvekst. Paludikultur er best egnet på minerogen torvoverflate og kan f.eks. være aktuelt i område med lite tilgang på ordinært jordbruksareal (se avsnitt 6.3)

Etablering av et «vått jordbruk» vil være positivt for mange av de samme økosystemtjenestene som intakte myrområder bidrar med. Det vil bidra til økt vasskvalitet i omgivelsene gjennom redusert avrenning, en viss vassrensende effekt og gjennom å hindre eller redusere ytterligere erosjon og utvasking av organisk materiale og næringsstoffer. Etablering av et vått jordbruk vil på den måten også ha positiv effekt for omkringliggende naturtyper. I tillegg vil det bremse eller stoppe nedbrytinga av torv og ha positiv effekt på jordoppbygging og næringsomsetning, men det vil ikke gi ny myrnatur. Avhengig av hvilke vekster som dyrkes kan etablering av et vått jordbruk også være positivt for økosystemtjenestene knyttet til vinterfôr og beiteareal. Etablering av et vått jordbruk vil også gi reduserte klimagassutslipp, men dette avhenger bl.a. av høstingsmetodikk og i hvor stor grad vasstandsnivået fluktuere.

Det vil sannsynligvis være en fordel også for etablering av et vått jordbruk om torvuttakene stanses umiddelbart og ikke får fortsette til de ikke lenger er drivverdige. En større del av torvlaget blir bevart, noe som øker mulighetene og sannsynligheten for å etablere et bærekraftig vått jordbruk.

5.4 Etablering av annen våtmark

Med «annen våtmark» menes i denne sammenheng våtmark i vid forstand som ikke er myr. Det vil si tjern, grunne småvatn, vegetasjonsrike (små) innsjøer og sumpområder i tråd med Ramsarkonvensjonens definisjon av våtmark, som var utgangspunktet for arbeidet med verneplaner for våtmark i Norge (Miljøverndepartementet 1976). Ramsarkonvensjonens definisjon inkluderer også marine områder med brakkvatn eller saltvatn, men det er svært lite sannsynlig at torvtak i industriell skala foregår, eller har foregått, på myrer som ligger så lavt at arealene kan bli saltvassbunn-systemer eller marine vassmasser. Etablering av annen våtmark på tidligere torvtak vil derfor

omfatte ferskvassbunnsystemer, limniske vassmasser, samt våtmarkssystemer uten torv eller torvdannelse slik det er definert i NiN2 (Halvorsen et al. 2016).

Restaurerte torvtak med «annen våtmark» vil i praksis bestå av små vatn eller tjern med tilhørende helofyttsummer (vegetasjon dominert av graminider og urter med luftkanaler i rot, stengel og blad). Dette kan være et aktuelt restaureringsmål dersom det gjenværende torvlaget er svært tynt eller fragmentert, eller terrengformen eller andre egenskaper ved lokaliteten gjør det vanskelig å etablere et hydrologisk regime som må til for at ny myr skal kunne etablere seg i det tidligere torvuttaket. Eksempler på rewetting med et slikt formål eller resultat er Porlamossen i Laxå, Sverige (Jordan et al. 2016), og Seda myr i nordlige Vidzeme, Latvia (Klavins et al. 2010).

Det finnes, etter hva vi kan finne ut, ingen erfaring med denne type restaurering i Norge, med unntak av noen få eksempler på restaurering av grunne vatn og våtmarker etter drenering (f.eks. Rusasetvatnet i Ørland, Sør-Trøndelag). Dette er dessuten en stor og kompleks problemstilling der resultatet varierer svært i forhold til utgangspunktet man har ved restaureringstidspunktet (se bl.a. Wheeler & Shaw 1995, Ramseier et al. 2009), men generelt vil etablering av en slik type våtmarksområde være positivt for mange av økosystemtjenestene som intakte myrområder bidrar med. Det vil ha en flomdempende effekt og vanligvis redusere avrenning, hindre eller redusere ytterligere erosjon og utvasking av organisk materiale og således gi økt vasskvalitet i omgivelsene (Maltby 2009, White & Reddy 2009). Unntak kan være om vatnet vasker ut mye næringsstoffer fra nedbrutt torv og eksponert mineraljord når torvtaket settes under vatn. Påvirkningen fra næringsstoffer som mobiliseres på denne måten vil avta over tid, men hvis det er store mengder torv som demmes ned vil denne kunne være en kilde til utslipp av næringsstoffer i lang tid. Vi anbefaler derfor ikke å ha annen våtmark som restaureringsmål hvis det er mye torv igjen i torvtaket, og hvis det er mulig å få til myrvekst igjen.

Etablering av et område med «annen våtmark» vil ha klare positive effekter på naturmangfoldet, kanskje særlig for fuglelivet (Lamers et al. 2002), også i omkringliggende naturtyper. På kort sikt vil imidlertid ikke dette tiltaket gi ny myrnatur med oppbygging av ny torv. På lang sikt kan det på nytt dannes myr gjennom gjenvoksing av innsjøer og tjern, men det betinger at forholdene ligger til rette for avsetting av organisk materiale. Dersom de nye våtmarkene gir større arealer med helofyttsummer kan dette også være positivt for økosystemtjenestene knyttet til vinterfôr og beiteareal. Etablering av et våtmarksområde vil også gjøre området mer attraktivt for friluftslivet. Effekten på klimagassutslipp er usikker. Dette avhenger av hvor mye av den gjenværende torva som brytes ned og omdannes til metangass, og hvor mye som tas opp i den nye vegetasjonen. Eventuelle anaerobe forhold vil også gi økt utslipp av N₂O (White & Reddy 2009).

5.5 Etablering av jord- og skogbruksareal

5.5.1 Oppdyrking

I Norge er etablering av jordbruksareal (hovedsakelig for grasproduksjon) den vanligste etterbehandlingen av torvuttak. Dette gjelder spesielt eldre og mindre torvuttak som hovedsakelig produserte brenntorv.

Etablering av dyrkamark på gamle torvuttak gir liten eller ingen positiv effekt på flere av de viktige økosystemtjenester som kommer fra intakte myrer. Dreneringa fortsetter og overflata blir jevnlig pløyd opp med tilhørende nedbryting av torv, og vegetasjonen er svært artsfattig. En slik etterbehandling gir derfor svært liten positiv effekt for artsmangfoldet, og har begrenset effekt på jordoppbygging og næringsomsetning. Etablering av dyrkamark vil redusere torvflukt og erosjon, men effekten på vasskvaliteten er usikker, og vil variere etter dyrkingsmetode, hydrologien i området, og hvor mye næringsstoffer som tilføres utenfra. Oppdyrking kan være positiv for vinterfôr og beiteareal, men har sannsynligvis ingen positiv effekt for friluftsliv. Dyrkamark gir noe redusert utslippsrate av klimagasser i forhold til torvuttak (Joosten et al. 2012), men nedbryting av torv gir fortsatt utslipp av klimagasser, og gjødsling kan potensielt gi økt utslipp av N₂O, samtidig som netto opptak av karbon er tilnærmet null.

Det er vanskelig å si om det har betydning for etablering av jordbruksareal om torvuttakene stanses umiddelbart eller får fortsette til de ikke lenger er drivverdige, men sannsynligvis vil det være mindre behov for drenering og dermed letter å dyrke opp arealet dersom det er tynnere torvlag etter at torvuttaket er avviklet.

5.5.2 Skogreising

Drenering av myr for skogreising er klart den vanligste påvirkningen på myr i Norge. Om lag 4100 km² var grøfta for dette fram til 1995 (Johansen 1997). Grøfting av ny myr for planting av skog er forbudt etter «Forskrift om berekraftig skogbruk» (<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-07-593>).

Skogreising på torvuttak (vi forutsetter her at det brukes stedegne treslag) betinger at dreneringa fortsetter og at grøfter holdes vedlike med tilhørende nedbryting av torv. Et slikt tiltak vil derfor ikke gi ny myrnatur med tilhørende økosystemtjenester og i tillegg redusere eller fjerne muligheten for senere å etablere funksjonell myr på arealet. Etablering av en produksjonsskog kan likevel ha positiv effekt for omkringliggende naturtyper sammenlignet med ingen etterbehandling, ved at torvflukt og erosjon avtar eller stoppes. Økt evapotranspirasjon fra skog i vekst og endret overflatestruktur kan potensielt også gi redusert avrenning og økt flomdemping. Planting av skog vil også gi raskere tilgroing av torvoverflata, og etablering av et tresjikt kan i tillegg skape habitater for en rekke arter av planter og dyr, inklusive fugl og vilt, og midlertidig også for ville bær og sopp. I en kort fase før skogen blir for tett kan økt tilgang på høstbare arter på den måten også ha en positiv effekt på friluftslivet. Effekten på naturmangfold og friluftsliv vil variere etter lokale forhold som lokalklima, topografi (inkl. hydrologi) og næringstilgang. Skogreising gir noe redusert utslippsrate av klimagasser i forhold til torvuttak (Joosten et al. 2012), siden skog i vekst har et netto opptak av karbon, men dette vil ikke oppveie utslippet fra nedbryting av torv som følge av dreneringa.

Det er vanskelig å si om det har betydning for skogreising på tidligere torvuttak om torvuttakene stanses umiddelbart eller får fortsette til de ikke lenger er drivverdige, men sannsynligvis vil det være mindre behov for drenering og dermed lettere å etablere produksjonsskog dersom det er tynnere torvlag etter at torvuttaket er avviklet.

Tabell 2. Oppsummering av generelle effekter av utfasing av torvuttak på naturmangfold og andre viktige, helt eller delvis bærekraftige, økosystemtjenester fra myr i forhold til fem scenarier for etterbehandling. Grønne farger angir at etterbehandlingen har positiv effekt, lys grønn markerer svakere positiv effekt enn mørkere grønn farge. Gul farge angir usikker effekt eller lite sannsynlig med positiv effekt, mens rød farge angir at den negative effekten av torvuttak fortsetter etter at driften er avviklet.

Økosystemtjeneste	Etterbehandling					
	1) Ingen	2) Restaurering mot funksjonell myr	3) Etablering av paludikultur	4) Etablering av annen våtmark	5a) Jordbruk	5b) Skogbruk
Naturmangfold	Ukontrollert utvikling. Svært lite sannsynlig med positiv effekt.	Positiv for myrnatur og omkringliggende natur. Umiddelbar stans i torvuttak gir større mulighet for restaurering mot nedbørmyr i forhold til videre drift.	Kan være positiv for omkringliggende naturtyper, men avhengig av hvilke vekster som dyrkes.	Positiv for artsmangfold og omkringliggende naturtyper, men gir ikke ny myrnatur.	Består ofte av monokulturer, eller noen få innførte arter.	Kan være positiv for omkringliggende naturtyper (trolig kun midlertidig), og ha direkte positiv effekt for fugl og vilt. Gir ikke ny myrnatur.
Jordoppbygging	Ukontrollert utvikling. Svært lite sannsynlig med positiv effekt.	Gjenoppretter naturlige prosesser	Reduserer nedbryting av torv og kan potensielt gi ny torvvekst.	Lite sannsynlig med positiv effekt.	Eventuell positiv effekt er trolig mindre enn effekten av fortsatt drenering og nedbryting av torv.	Eventuell positiv effekt er trolig mindre enn effekten av fortsatt drenering og nedbryting av torv.
Næringsomsetning	Ukontrollert utvikling. Svært lite sannsynlig med positiv effekt.	Gjenoppretter naturlige prosesser.	Gjenoppretter helt eller delvis naturlige prosesser.	Usikker. Avhengig av utgangspunktet og hydrologiske forhold.	Eventuell positiv effekt er trolig mindre enn effekten av fortsatt drenering og nedbryting av torv.	Eventuell positiv effekt er trolig mindre enn effekten av fortsatt drenering og nedbryting av torv.
Ville planter og bær (inkl. medisplanter)	Ukontrollert utvikling. Svært lite sannsynlig med positiv effekt.	Gir potensielt nye voksesteder.	Kan være positiv, men avhengig av hvilke vekster som dyrkes	Usikker. Avhengig av utgangspunktet	Lite sannsynlig med etablering av populasjoner av slike arter.	Skogreising kan midlertidig gi vekstvilkår for høstbare arter (sopp og bær).
Vinterfôr	Ukontrollert utvikling. Svært lite sannsynlig med positiv effekt.	Positiv effekt ved restaurering til jordvassmyr.	Kan være positiv, men avhengig av hvilke vekster som dyrkes	Positiv effekt hvis sluttresultatet gir vegetasjon som kan høstes	Kan være positiv, men avhengig av hvilke vekster som dyrkes.	Lite sannsynlig med positiv effekt.
Beiteareal	Ukontrollert utvikling. Svært lite sannsynlig med positiv effekt.	Positiv effekt ved restaurering til jordvassmyr.	Kan være positiv, men avhengig av hvilke vekster som dyrkes	Positiv effekt hvis sluttresultatet gir vegetasjon egnet til husdyrbeite	Positiv ved grasproduksjon.	Lite sannsynlig med positiv effekt.
Klimaregulering	Nedbryting av torv fortsetter.	Reduserer nedbryting av torv og gir ny torvvekst.	Reduserer nedbryting av torv og kan	Usikkert. Avhengig av utgangspunktet.	Utslippsraten av klimagasser	Utslippsraten av klimagasser reduseres, og skog i

	Etterbehandling					
Økosystemtjeneste	1) Ingen	2) Restaurering mot funksjonell myr	3) Etablering av paludikultur	4) Etablering av annen våtmark	5a) Jordbruk	5b) Skogbruk
			potensielt gi ny torvvekst.		reduseres, men opptaket er svært lite.	vekst har netto opptak av karbon, men det oppveier ikke utslippet fra torv i nedbryting.
Vasskvalitet	Erosjon og avrenning fortsetter	Reduserer erosjon og avrenning.	Reduserer erosjon og avrenning.	Reduserer erosjon og avrenning.	Usikker. Avhengig av dyrkingsmetode.	Usikker, avhengig av omfanget av grøfting.
Flomdemping	Vasslagringsevnen er ikke gjenopprettet.	Øker, og gradvis gjenoppretter vasslagringsevnen. Størst effekt ved restaurering mot nedbørmyr.	Øker, og potensielt gjenoppretter vasslagringsevnen.	Øker vasslagringsevnen.	Usikker. Som over.	Usikker. Som over.
Brannndemping	Tørr overflate av bar torv i lang tid.	Høg vasstand og rask tilgroing av overflata	Høg vasstand og rask tilgroing av overflata.	Høg vasstand og rask tilgroing av overflata.	Raskere tilgroing av overflata, men fortsatt drenering.	Raskere tilgroing av overflata, men fortsatt drenering. Økning i brennbart materiale øker brannfare på sikt.
Friluftsliv og rekreasjon	Mangler kvaliteter som er attraktive for friluftslivet.	Gjenskaper kvalitetene til det opprinnelige myrområdet	Lite sannsynlig at det gjenskapes kvaliteter som er attraktive for friluftslivet.	Gjenskaper opprinnelige kvaliteter og gir også nye attraktive kvaliteter for friluftsliv.	Lite sannsynlig at det gjenskapes kvaliteter som er attraktive for friluftslivet.	Skogreisning kan midlertidig gi attraktive kvaliteter for friluftsliv (f.eks. høstbare arter).
Vitenskapelig og historisk dokument	Fortsatt drenering, nedbryting av torv.	Reduserer nedbryting av torv og gir ny torvvekst.	Reduserer nedbryting av torv, og potensielt ny torvvekst.	Nedbryting av torv stoppes, ny akkumulering av materiale (men ikke torv).	Fortsatt drenering og nedbryting av torv.	Fortsatt drenering og nedbryting av torv.

6 Metoder for restaurering av myr etter torvuttak

6.1 Generelt

En mye brukt definisjon på økologisk restaurering er gitt av Society for Ecological Restoration (SER): «Ecological restoration is the process of assisting the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged, or destroyed» (SER 2004). Økologisk restaurering betyr altså å reparere skadet eller ødelagt natur slik at funksjonen gjenopprettes eller bedres. I forhold til myr vil det innebære at hydrologien gjenopprettes og at myrvegetasjonen reetableres med tilhørende torvakkumulering.

Uttak av torv fører til stor skade på myra som økosystem gjennom drenering, fjerning av vegetasjon og torv. Vanligvis er hele akrotelmen borte, ødelagt eller sterkt skadet. Men, i motsetning til nedbygging av myr (veger og andre anlegg), er det etter uttaket av torv vanligvis ei overflate som potensielt kan restaureres til myr eller annen type våtmark. På denne måten kan ei grøfta myr eller myr der torv er tatt ut ha et «liv» etter inngrepet.

Mulighetene for restaurering av torvoverflata varierer fra myr til myr bl.a. på grunn av lokal variasjon i topografi (inkl. hydrologi), geologi, omfang av inngrep, og forhold ved torvoverflata. For eksempel kan den aktuelle torvoverflata ha ombrogen eller minerogen torv, mineraljord kan forekomme i hele eller deler av overflata, eller myra kan ligge på sjøavsetninger. I tillegg til den lokale variasjonen kommer regional variasjon som henger sammen med variasjon i klimaet.

I boreonemoral og sørboreal vegetasjonssone er høgmyr å betrakte som en form for «klimaks-type», der myra gjennom mange tusen år (ofte 9000-10 000 år) har utviklet seg. Utgangspunktet var gjerne mineraljord eller sjøsediment/gytje, og så har minerogen torv og senere ombrogen torv vokst fram (se figur 2). Den eksponerte myroverflata etter torvdrift kan inkludere alle disse substrattypene.

Dersom man lykkes i å restaurere ei ombrogen torvoverflate til at den igjen aktivt akkumulerer torv, vil det likevel ligge svært lang fram i tid før det eventuelt har dannet seg ei ny høgmyr på stedet. Torvkuppelen på ei høgmyr bruker lang tid på å dannes. I Norge regner vi 1 mm torvvekst per år som høgt (Moen et al. 2011a), noe som tilsier at det vi ta om lag 1000 år å bygge opp 1 m torv. For å gjenskape ei høgmyr med flere meter tykke torvlag trengs det lenger tid, og fullstendig gjen-skaping av ei høgmyr betinger at arealet vernes og får utvikle seg fritt i flere tusen år. Vårt klima er i endring, og våtere, varmere forhold kan gi økt torvvekst slik at vegen fram til ei høgmyr er kortere. Blir det for varmt eller tørt vil imidlertid torvveksten stanse, og høgmyr vil ikke lenger kunne utvikles.

Under følger en beskrivelse og gjennomgang av viktige tiltak ved restaurering av myr etter torvuttak. Fokuset er på regenerering av nedbørmyr med hovedvekt på høgmyr. Beskrivelsene er breie og generelle, og skiller ikke mellom ulike høgmyrtyper, ulike lokale miljøforhold eller regionale forskjeller. Beskrivelsene er i stor grad basert på internasjonale studier og erfaringer (bl.a. Abel et al. 2011, Graf et al. 2012, Wichtmann et al. 2016, Joosten et al. 2017). Se også Joosten et al. (2015) som oppsummerer metoder for restaurering av drenert myr relatert til klimagassutslipp.

6.2 Rewetting

Rewetting («vassheving»; norsk begrep finnes ikke) går ut på å delvis eller fullstendig reversere tidligere drenering ved å heve grunnvassnivået. Det viktigste målet er å oppnå permanent vassmetning i hele torvlaget ved å heve vassivået nært opp til, eller over torvoverflata. Svingningene i grunnvassnivået må være små. Det er viktig å understreke at rewetting alene ikke er nok for å gjenskape hydrologien på myr med torvdrift. Grunnleggende egenskaper i torva (f.eks. porestruktur) er endret og kan kun gjenskapes ved ny torvvekst.

Heving av vasstanden oppnås ved å redusere tapet av vatn fra myra, ved å hindre avrenning fra overflata og andre deler av myra/torva, ved å redusere evapotranspirasjonen og ved å tilføre vatn utenfra. Plugging eller blokkering av grøfter er kanskje det viktigste tiltaket for å holde tilbake overflatevatn og redusere avrenninga. Etablering av forsenkninger på overflata eller grunne oppsamlingsbasseng er også brukt for å gi økt fuktighet og vasstand og øke etablering og vekst av torvmoser. Bygging av voller eller terrasser er benyttet ved restaurering av torvuttak med ujevn topografi for å holde tilbake overflatevatn og smeltevatn om våren. Bruk av fasiliterende planter (engelsk: «nurse plants», planter som beskytter og fasiliterer for andre planter; «ammeplanter» er også et begrep som er brukt på norsk) eller strølag (se nedenfor) vil også øke fuktigheten i overflata og redusere fordampingen i forhold til bar torv. Det kan også være nødvendig å kappe ned trær som har etablert seg, da disse kan bidra til økt evapotranspirasjon (men ikke nødvendigvis, se nedenfor).

Før tiltak settes i verk er det viktig å foreta en vurdering/analyse av potensialet for rewetting. Viktige kriterier vil være (bearbeidet etter Abel et al. 2011):

- **Tilgangen på vatn.** Denne må være tilstrekkelig. For vurderingen av vasstilførsel trengs oversikt over hydrologien til myra. Dette er spesielt viktig ved restaurering av minerotrof myr som får sin vasstilførsel fra omgivelsene. Dette betinger god kunnskap om mange forhold, bl.a. klima, grøftenes påvirkning, topografi og nedbørfelt. Man må 'forstå' hydrologien i lokaliteten og omgivelsene. Her er det nødvendig med god eksperthjelp (se f.eks. Edom et al. 2010)
- **Arealbruk** (land use). Gjelder både innenfor myrkomplekset og i nedbørfeltet. Dersom arealbruken betinger drenering må delvis rewetting vurderes. Bruk av nedbørfeltet som kan påvirke myras hydrologi omfatter bl.a. drenering, tapping av grunnvatn (f.eks. til drikkevatt), gruvedrift (spesielt om den påvirker grunnvatnet). Intensivt skogbruk og jordbruk i nedbørfeltet kan og påvirke myra, bl. a. gjennom evapotranspirasjon og mindre grunnvassendringer.
- **Relieff.** Myras morfologi/topografi er avgjørende for det grunnvassnivået som kan etableres på ulike deler av myra. Studier tilsier at en får best effekt ved å heve det gjennomsnittlige årlige grunnvassnivået omtrent til overflata av størst mulig del av myra. På hellende myrpartier kan det være nødvendig å lage demninger. Her er det nødvendig å påse at det ikke oppstår for våte forhold ovenfor demningen og motsatt nedenfor.
- **Tilvekst av trær.** Trær kan ha en negativ innflytelse på hydrologien etter som de kan endre evapotranspirasjonen. For å minske evapotranspirasjonen må tynning eller fullstendig fjerning av trær vurderes. Men trær kan og redusere evapotranspirasjonen som et resultat av redusert vindstyrke og økt skygge. Trærnes rolle må derfor nøye vurderes.

6.3 Restaurering av vegetasjon og torvakkumulering

For å gjenskape det hydrologiske regimet og ei funksjonell myr fra ei drenert og degradert myr brukt til torvuttak, må det i tillegg til rewetting reetableres et vegetasjonsdekke som gir ny torvvekst. Det er så vidt vi vet ikke gjort forsøk med dette i Norge. Riktignok er det de senere årene startet opp restaurering av flere grøfta myrer (se bl.a. Hagen et al. 2015), og så langt finnes det et par eksempler på overvåking av vegetasjonsutvikling etter restaurering. På Rønnåsmyra i Grue ble ca. 10 000 m grøfter blokkert i 1982, og utviklingen er fulgt opp med overvåking av vegetasjonsendringer (Nordbakken & Økland 2004). Også på Smøla er utviklingen etter restaurering fulgt (Weldon & Grønlund 2016), men dette gjelder tidligere dyrka myr.

Internasjonalt finnes det derimot en stor mengde litteratur med erfaringer fra restaurering av degraderte myrer. Hovedkonklusjonen etter flere tiår med restaurering av tidligere torvuttak på boreale **nedbørmyrer**, hovedsakelig fra Nord-Amerika, er at tilføring av plantefragmenter (diasporer) av torvmoser er eneste brukbare alternativ for å få tilbake et torvmosedominert vegetasjonsdekke innen rimelig tid (Rocheft & Lode 2006, Graf et al. 2012). Når et torvmosedekke er etablert trengs ikke introduksjon av andre myrplanter. Arter med gode regenererings-egenskaper som rusttorvmose, rødtorvmose og klubbetorvmose (*Sphagnum fuscum*, *S. rubellum*, *S. angustifolium*) anses som de beste donorartene (Rocheft et al. 2003), og fragmenter fra de

øverste 10 cm anbefales som donormateriale etter som regenereringspotensialet synker med dybden. Det anbefales også et beskyttende dekke av strø (halm eller høy) fasiliterende planter (f.eks. filtbjørnemose *Polytrichum strictum*). Dette bedrer mikroklimaet på overflata (økt luftfuktighet, redusert fordamping og uttørking, og redusert effekt av barfrost) og økt etablering av torvmoser (Groeneveld & Rochefort 2002, 2005, Price et al. 2003).

Restaurering av vegetasjonen på **jordvassmyr** eller ei minerogen torvoverflate etter torvuttak kan være en større utfordring på grunn av mer kompleks hydrologi og stor variasjon i vegetasjonsdekket. Blotta, minerogen torv, til forskjell fra ombrogen torv, vil ofte gro til relativt raskt med ulike våtmarksplanter. For å gjenopprette ei funksjonell myr med torvakkumulering og dominans av typiske myrarter (f.eks. arter av starr, torvmoser og brunmoser) må disse artene tilføres aktivt (Graf et al. 2008). I litteraturen nevnes to hovedteknikker:

- overføring av mosesjikt (tilsvarer metoden brukt for nedbørmyr)
- overføring av feltsjikt (slått av feltsjikt og overføring av biomassen)

Overføring av mosesjikt fungerer best, men gir større påvirkning av donorlokaliteten. Her kan innsåing være et alternativ hvis målsettingen er revegetering med karplanter. Transplantasjon kan brukes for arter som rekrutterer dårlig fra frø. Bruk av strø og fasiliterende planter kan være et alternativ, men spontant etablert vegetasjon kan fungere som beskyttelse uten ytterligere introduksjon eller bruk av strølag (Graf et al. 2012).

Et alternativ til restaurering av myrvegetasjon etter rewetting er etablering av såkalt **paludikultur** (engelsk: paludiculture, av latin «palus» = myr, sump; norsk begrep finnes ikke, men kan alternativt oversettes med «vått jordbruk»). Det innebærer at man i stedet dyrker vekster for høsting som bevarer torvlaget og i noen tilfeller også bidrar til ny torvvekst. Paludikultur er best egnet på en minerogen torvoverflate, og både spontant forekommende vekster og kulturvekster kan brukes (Wichtmann et al. 2016). Det omfatter dyrking av vekster for ulike formål, hovedsakelig biomasse til energiformål (brensel), fiber, tømmer, vekstmedium og andre industrielle råmaterialer, men også til produksjon av mat, dyrefôr og medisinsplanter. Paludikultur kan bidra til økt matproduksjon i områder med lite tilgang på ordinært jordbruksareal, og frigjøre ordinært jordbruksareal til matproduksjon ved å benytte våte arealer til produksjon av biomasse til annet bruk (råvarer, fiber, brensel, etc.). Det finnes en internasjonal database med oversikt over arter som potensielt kan brukes i paludikultur (Abel et al. 2013), inkludert torvmoser (f.eks. vortetorvmose *Sphagnum papillosum* og sumptorvmose *S. palustre*) og andre arter som trives i vårt klima, f.eks. stortranebær, takrør, strandrør, bukkeblad, svartor, ulike starrarter (*Oxycoccus palustris*, *Phragmites australis*, *Phalaris arundinacea*, *Menyanthes trifoliata*, *Alnus glutinosa*, *Carex* spp.). Vi har ikke funnet eksempler på at grøftet eller degradert myr er blitt brukt til dette i Norge, men myrslått slikt det var praktisert i det førindustrielle jordbruket i Norge (se bl.a. Moen 1989, Lyngstad et al. 2016), kan kalles en form for paludikultur.

7 Oppsummering og konklusjon

Bruk av myr til torvuttak fører til tap av naturmangfold og økosystemtjenester, og spesielt er høgmyrene utsatt. Dette er naturtyper som er truet i Norge og Europa (Moen & Øien 2011, Janssen et al. 2016). Alt dyre- og planteliv på den opprinnelige myra forsvinner og alle andre viktige økosystemtjenester opphører. Torv er langt på vei en ikke-fornybar ressurs som det tar svært lang tid å erstatte, og uttak av torv må regnes som en destruktiv økosystemtjeneste. Uansett hvilken etterbehandling som velges vil derfor det beste tiltaket for å opprettholde økosystemtjenestene være å forhindre at nye myrområder tas i bruk.

Slik vi oppfatter det finnes det i dag ingen omforent forvaltning av torvressursene, inklusive spesifikke krav til etterbehandling av torvuttak. Lovverket (jordloven) har ikke vært presist nok, og ansvaret for etterbehandling har i mange tilfeller vært overlatt til kommunene eller torvprodusentene selv. Dette har ført til stor variasjon i krav til etterbehandling mellom kommunene og stort sett har torvuttak som har gått ut av drift blitt forlatt uten etterbehandling, eller gjort om til jordbruksareal. Disse etterbehandlingsalternativene gir ingen positiv effekt på naturmangfold og viktige økosystemtjenester knyttet til myr. Spesielt gjelder dette *ingen etterbehandling* som i verste fall kan forsterke de negative effektene av torvuttak. *Restaurering mot funksjonell myr* vil gi det beste resultatet for naturmangfoldet og over tid gjenopprette de aller fleste økosystemtjenestene som er knyttet til intakt myr. Også *etablering av paludikultur* eller *annen våtmark* vil ha positive effekter, men her er kunnskapsgrunnlaget spesielt mangelfullt. Når det gjelder *etablering av skog* som etterbehandling er vår konklusjon at det er usikkert om dette alternativet gir positive effekter for naturmangfoldet eller andre økosystemtjenester som knyttes til intakt myr på lang sikt.

Det er et stort behov for å innhente mer kunnskap knyttet til uttak av torv generelt, da spesielt med tanke på nordiske forhold. Dette gjelder både kunnskap om konsekvenser av torvuttak, metoder for restaurering og kunnskap om effekter av etterbehandling. En del av erfaringene fra utlandet har overføringsverdi til Norge, men vi har stor variasjon i myrnatur og spesielle forhold knyttet til vår beliggenhet og topografi. Riktignok foregår det nå også en del aktivitet her i landet når det gjelder restaurering av grøftet myr etter drenering. Kunnskap innhentet her har overføringsverdi til restaurering av torvuttak mot funksjonell myr, men for de andre etterbehandlingsalternativene er kunnskapen svært mangelfull. Økt kunnskap er avgjørende for å kunne utarbeide mer presise krav til torvindustrien og retningslinjer for avvikling av torvuttak (vedlegg 1), uansett om torvuttak blir forbudt eller ikke, og for å gjøre en best mulig vurdering av hvilken etterbehandling som er mest hensiktsmessig for det enkelte torvuttak. I etterkant av en slik kunnskapsinnhenting bør det også utarbeides veiledere eller beslutningssystem for hvordan prosessen med avvikling og etterbehandling gjennomføres. Abel et al. (2011) presenterer et slik beslutningssystem for degraderte torvmarker i Russland, og deler av dette er gjengitt i vedlegg 2.

8 Referanser

- Abel, S., Harberl, A. & Joosten, H. 2011. A Decision Support System for degraded abandoned peatlands illustrated by reference to peatlands of the Russian Federation. – Michael Succow Foundation, Greifswald.
- Abel, S., Couwenberg, J., Dahms, T. & Joosten, H. 2013. The Database of Potential Paludiculture Plants (DPPP) and results for Western Pomerania. – *Plant Diversity and Evolution* 130: 219-228.
- Andersen, R., Chapman, S.J. & Artz, R.R.E. 2013. Microbial communities in natural and disturbed peatlands: a review. – *Soil Biology and Biochemistry* 57: 979-994.
- Bakken, S. & Flatberg, K.I. 1995. Effekter av økt nitrogendeposisjon på ombrotrof myrvegetasjon. En litteraturstudie. – *Naturens tålegrenser Fagrapport* 72: 1-63.
- Bárcena, T.G., Grønlund, A., Hoveid, Ø., Sjøgaard, G. & Lågbu, R. 2016. Kunnskapsgrunnlag om nydyrking av myr. Sammenstilling av eksisterende kunnskapsgrunnlag om nydyrking av myr og synliggjøring av konsekvenser ved ulike reguleringstiltak. – NIBIO Rapport 2016-43: 1-59.
- Bjerke, J.W. 2005. Høymyrer i Andøy kommune - Kartlegging av forekomster primært på grunnlag av flybilde-serier. – NINA Rapport 82: 1-22.
- Blytt, A. 1876. Forsøg til en Teori om Indvandring af Norges Flora under vekslede regnfulde og tørre tider. – *Nyt Mag. Naturvid.* 21: 279-362.
- Bonn, A., Holden, J., Parnell, M., Worrall, F., Chapman, P.J., Evans, C.D., Termansen, M., Beharry-Borg, N., Acreman, M.C., Rowe, E., Emmett, B., Tsuchiya, A. 2010. Ecosystem services of peat – Phase 1. DEFRA Project code: SP0572.
- Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. & Stoneman, R. (red.) 2016. Peatland restoration and ecosystem services. – Cambridge University Press, Cambridge.
- Buys, E. 1992. Mire morphology, vegetation and hydrochemistry of the Andmyran mire reserve (Nordland, Norway) – *Troms Naturvitenskap* 70: 1-164.
- Couwenberg, J. & Joosten, H. 1999. Pools as missing links: the role of nothing in the being of mires. – S. 87-102 i: Standen, V., Tallis, J. & Meade, R. (red.) *Patterned mires and mire pools - Origin and development; flora and fauna.* – British Ecological Society, Durham.
- Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bährisch, S., Dubovik, D., Liashchinskaya, N., Michaelis, D., Minke, M., Skuratovich, A. & Joosten, H. 2011. Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. – *Hydrobiologia* 674: 67-89.
- Desrochers, A. & van Duinen, G.J. 2006. Peatland fauna. – S. 67-100 i: Wieder, R.K. & Witt, D.H. (red.) *Boreal Peatland Ecosystems.* Springer Berlin Heidelberg
- Edom, F., Münch, A., Dittrich, I., Kessler, K. & Peters, R. 2010. Hydromorphological analysis and water balance modelling of ombrotrophic and mesotrophic peatlands. – *Advances in Geosciences* 27: 131-137.
- Elven, R. (red.) 2005. Johannes Lid og Dagny Tande Lid. Norsk flora. 7. utgåve. – Samlaget, Oslo. 1230 s.
- Fandrem, M., Speed, J.D.M. & Lyngstad, A. i trykk. Typisk høgmyr som indikator i Naturindeks for Norge. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-x: 1-xx.
- Flatberg, K.I. 2013. Norges torvmoser. – Akademika forlag, Trondheim. 307 s.
- Frisvoll, A.A., Elvebakk, A., Flatberg, K.I. & Økland, R.H. 1995. Sjekkliste over norske mosar. Vitskapleg og norsk namneverk. – NINA Temahefte 4: 1-104.
- González, E., Henstra, S.W., Rochefort, L., Bradfield, G.E. & Poulin, M. 2014. Is rewetting enough to recover *Sphagnum* and associated peat-accumulating species in traditionally exploited bogs? – *Wetlands ecology and management* 22: 49-62.
- Graf, M.D., Bérubé, V. & Rochefort, L. 2012. Restoration of peatlands after peat extraction. – S. 259-280 i: Vitt, D.H. & Bhatti, J.S. (red.) *Restoration and reclamation of boreal ecosystems. Attaining sustainable development.* Cambridge University Press.
- Graf, M.D. & Rochefort, L. 2008. Techniques for restoring fen vegetation on cut-away peatlands in North America. – *Applied Vegetation Science* 11: 521-528.
- Graf, M.D., Rochefort, L. & Poulin, M. 2008. Spontaneous revegetation of cutaway peatlands of North America. – *Wetlands* 28: 28-39.

- Granath, G., Moore, P.A., Lukenbach, M.C. & Waddington, J.M. 2016. Mitigating wildfire carbon loss in managed northern peatlands through restoration. – Scientific reports 6:28498. DOI: 10.1038/srep28498
- Groeneveld, E.V.G. & Rochefort, L. 2002. Nursing plants in peatland restoration: on their potential to alleviate frost heaving problems. – *Suo* 53: 73-58.
- Groeneveld, E.V.G. & Rochefort, L. 2005. *Polytrichum strictum* as a solution to frost heaving in disturbed ecosystems: a case study with milled peatlands. – *Restoration Ecology* 13: 1-9.
- Grønlund, A., Hauge, A., Hovde, A. & Rasse, D.P. 2008. Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway: a comparison of three methods. – *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 81: 157-167.
- Hafsten, U. 1976. Axel Blytts epokegjørende teori om klimavekslinger og planteinnvandring. – *Forskningsnytt* 6: 24-30.
- Hagen, D., Aarrestad, P.A., Kyrkjeeide, M.O., Foldvik, A., Myklebost, H.E., Hofgaard, A., Kvaløy, P. & Hamre, Ø. 2015. Myrrestaurering 2015. Etablering av overvåkingsmetodikk for vegetasjon og grunnlagsanalyse før restaureringstiltak på Kaldvassmyra, Aurstadmåsan og Midtfjellmosen. – NINA Rapport 1212: 1-43.
- Halvorsen, R., Andersen, T., Blom, H.H., Elvebakk, A., Elven, R., Erikstad, L., Gaarder, G., Moen, A., Mortensen, P.B., Norderhaug, A., Nygaard, K., Thorsnes, T. & Ødegaard, F. 2009. Naturtyper i Norge (NiN) versjon 1.0.0. – www.artsdatabanken.no (2009 09 30).
- Halvorsen, R., medarbeidere og samarbeidspartnere 2016. NiN – typeinndeling og beskrivelsessystem for natursystemnivået. – *Natur i Norge, Artikkel 3* (versjon 2.1.0): 1–528. Artsdatabanken, Trondheim
- Holden, J. 2005. Peatland hydrology and carbon release: Why small-scale process matters. – *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 363: 2891-2913.
- Holden, J., Evans, M.G., Burt, T.P., Horton, M. 2006. Impact of land drainage on peatland hydrology. – *Journal of Environmental Quality* 5: 1764-1778.
- Holden, J., Kirkby, M.J., Lane, S.N., Milledge, D.G., Brookes, C.J., Holden, V., & McDonald, A.T. 2008. Overland flow velocity and roughness properties in peatlands. – *Water Resources Research* 44 W06415, doi:10.1029/2007WR006052
- Holmsen, G. 1922. Torvmyrenes lagdeling i det sydlige Norges lavland. – *Norges Geologiske Undersøkelse* 90: 1-244, 5 pl.
- Janssen, J.A.M et al. 2016. European red list of habitats. Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. – European Union, doi: 10.2779/091372.
- Johansen, A. 1997. Myrrealer og torvressurser I Norge. – *Jordforsk Rapport* 1997-1: 1-37.
- Joosten, H., Barthelmes, A., Couwenberg, J., Hassel, K., Moen, A., Tegetmeyer, C. & Lyngstad, A. 2015. Metoder for å beregne endring i klimautslipp ved restaurering av myr. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2015-10: 1-83.
- Joosten, H. & Clarke, D. 2002. Wise use of mires and peatlands. – International Mire Conservation Group and International Peat Society. Devon, UK. 304 s.
- Joosten, H., Sirin, A., Couwenberg, J., Laine, J. & Smith, P. 2012. The role of peatlands in climate regulation. – S. 63-76 i: Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. & Stoneman, R. (red.) *Peatland restoration and ecosystem services. Science, policy and practice*. Cambridge University Press.
- Joosten, H., Tanneberger, F. & Moen, A. (red.) 2017. Mires and peatlands in Europe. Status, distribution and conservation. – Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart.
- Jordan, I.S., Strömberg, M., Fiedler, J., Lundin, L., Lode, E., & Nilsson, T. 2016. Ecosystem respiration, methane and nitrous oxide fluxes from ecotopes in a rewetted extracted peatland in Sweden. – *Mires and Peat*, 17(7): 1-23.
- Kaland, P.E. & Kvamme, M. 2013. Kystlyngheiene i Norge. – kunnskapsstatus og beskrivelse av 23 referanseområder. – Miljødirektoratet Rapport M23-2013: 1-103.
- Klavins, M., Kokorite, I., Springe, G., Skuja, A., Parele, E., Rodinov, V., ... & Urtans, A. 2010. Water quality in cutaway peatland lakes in Seda mire, Latvia. – *Ecohydrology & Hydrobiology* 10: 61-70.
- Lamers, L. P., Smolders, A. J., & Roelofs, J. G. 2002. The restoration of fens in the Netherlands. – S. 107-130 i: Nienhuis, P.H. & Gulati, R.D. (red.) *Ecological restoration of aquatic and semi-aquatic ecosystems in the Netherlands (NW Europe)*. Kluwer Academic Publishers.
- Lavoie, C. & Rochefort, L. 1996. The natural revegetation of a harvested peatland in southern Québec: a spatial and dendroecological analysis. – *Ecoscience* 3: 101-111.

- Lavoie, C., Grosvernier, P., Girard, M. & Marcoux, K. 2003. Spontaneous revegetation of mined peatlands: An useful restoration tool? – *Wetlands Ecology and Management* 11: 97-107.
- Lie, O. 1982. Norges torvressurser. – *Jord og Myr* 6-6: 127-133.
- Lyngstad, A. 2016. Kartlegging av typisk høgmyr ved hjelp av flybilder. Oppland og nordlige deler av Hedmark. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2016-1: 1-93.
- Lyngstad, A., Barneveld, R., Grønlund, A., Hassel, K. & Weldon, S. 2015. Kartlegging av vegetasjon og torvmengder i Sætremyrane naturreservat. Forslag til overvåking og restaurering. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2015-5: 1-37.
- Lyngstad, A. & Fandrem, M. 2017. Kartlegging av typisk høgmyr ved hjelp av flybilder. Buskerud, Vestfold, Telemark og Aust-Agder. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-3: 1-89.
- Lyngstad, A., Holm, K.R., Moen, A. & Øien, D.-I. 2012a. Flybildetolkning av høgmyr i Solørrområdet, Hedmark. – NTNU Vitensk.mus. Rapp. bot. Ser. 2012-3: 1-51.
- Lyngstad, A., Moen, A. & Øien, D.-I. 2016. Evaluering av naturtyper i Emerald Network. Gjenvokningsmyr, aapamy, rikmyr, alpine rikmyrer og pionersamfunn. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk notat 2016-2: 1-51.
- Lyngstad, A. & Vold, E.M. 2015. Kartlegging av typisk høgmyr ved hjelp av flybilder. Østfold, Akershus og sørlige deler av Hedmark. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2015-3: 1-367.
- Lyngstad, A., Øien, D.-I., Fandrem, M. & Moen, A. 2016. Slåttemyr i Norge. Kunnskapsstatus og innspill til handlingsplan. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2016-3: 1-102.
- Løddesøl, A. 1948. Myrene i næringslivets tjeneste. – Grøndahl & Søn's Forlag. 330 s.
- Malloy, S. & Price, J.S. 2014. Fen restoration on a bog harvested down to sedge peat: A hydrological assessment. – *Ecological engineering* 64: 151-160.
- Maltby, E. 2009. Introduction – re-establishment of wetland functioning. – S- 721-728 i: Maltby, E. & Barker, T. (red.) *The wetlands handbook*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Mäkiranta P., Hytönen J., Aro L., Maljanen M., Pihlatie M., Potila H., Shurpali N.J., Laine J., Lohila A., Martikainen P.J. & Minkinen K. 2007. Soil greenhouse gas emissions from afforested organic soil croplands and cutaway peatlands. – *Boreal Environment Research* 12: 159-175.
- Marttila, H. 2010. Managing erosion, sediment transport and water quality in drained peatland catchments. – *Acta Universitatis Ouluensis C Technica* 375. Ph.D.-avhandling. 93 s.
- Miljøverndepartementet 1976. Våtmarkene - En verdifull naturressues. – Miljøverndepartementet, Oslo. 18 s.
- Moen, A. 1989. Utmarksslåtten - grunnlaget for det gamle jordbruket. – *Spor* 4-1: 36-42.
- Moen, A. 1983. Myrundersøkelser i Sør-Trøndelag og Hedmark i forbindelse med den norske myrreservatplanen. – *K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapp. Bot. Ser.* 1983-4: 1-138.
- Moen, A. 1995. The Norwegian national plan for mire nature reserves: methods, criteria and results. – *Gunneria* 70: 159-176.
- Moen A. 1998. Nasjonalatlas for Norge. Vegetasjon. – Statens kartverk, Hønefoss. 199 s.
- Moen, A., Dolmen, D., Hassel, K. & Ødegaard, F. 2010. Myr, kilde og flommark. – S. 51-65 i: Kålås, J.-A., Henriksen, S., Skjelseth, S. & Viken, Å. (red.) *Miljøforhold og påvirkninger for rødlistearter*. Artsdatabanken, Trondheim.
- Moen, A., Lyngstad, A. & Øien, D.-I. 2011a. Faglig grunnlag til handlingsplan for høgmyr i innlandet (typisk høgmyr). – NTNU Vitensk.mus. Rapp. Bot. Ser. 2011-3: 1-60.
- Moen, A., Lyngstad, A. & Øien, D.-I. 2011b. Kunnskapsstatus og innspill til faggrunnlag for oseanisk nedbørmyr som utvalgt naturtype. – NTNU Vitensk.mus. Rapp. Bot. Ser. 2011-7: 1-62.
- Moen, A. & Øien, D.-I. 2011b. Våtmark. – s. 75-79 i Lindgaard, A. & Henriksen, S. (red.) *Norsk rødliste for naturtyper 2011*. Artsdatabanken, Trondheim.
- Nordbakken, J.-F. & Økland, R.H. 2004. Vegetasjonsutvikling på nordre del av Rønnåsmyra naturreservat (Grue, Hedmark) etter gjenfylling av grøfter. – Upubl. notat til Fylkesmannen i Hedmark, 10 s.
- Osvald, H. 1925. Zur Vegetation der ozeanischen Hochmoore in Norwegen. – *Svenska Växtsociologisk Sällskapets Handlingar* VII: 1-106, 16 pl.

- Poschlod, P., Meindl, C., Sliva, J., Herkommer, U., Jager, M., Schuckert, U. & Wallner, T. 2007. Natural revegetation and restoration of drained and cut-over raised bogs in southern Germany- a comparative analysis of four long-term monitoring studies. – *Global Environmental Research (English Edition)* 11: 205.
- Poulin, M., Rochefort, L., Quinty, F. & Lavoie, C. 2005. Spontaneous revegetation of mined peatlands in eastern Canada. – *Canadian Journal of Botany* 83: 539-557.
- Price, J.S., Heathwaite, A.L. & Baird, A.J. 2003. Hydrological processes in abandoned and restored peatlands: an overview of management approaches. – *Wetlands Ecology and Management* 11: 65-83.
- Ramseier, D., Klötzli, F., Bollens, U. & Pfadenauer, J. 2009. Restoring wetlands for wildlife habitats. – S. 780-801 i: Maltby, E. & Barker, T. (red.) *The wetlands handbook*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Rochefort, L. & Lode E. 2006. Restoration of degraded boreal peatlands. – S. 381-423 i: Wieder, R.K. & Vitt, D.H. (red.) *Boreal peatland ecosystems*. Springer-Verlag.
- Rochefort, L. Quinty, F., Campeau, S. Johnson, K. & Malterer, T. 2003. Nort American approach to the restoration of Sphagnum dominated peatlands. – *Wetlands Ecology and Management* 11: 3-20.
- Rydin, H. & Jeglum, J.K. 2013. *The biology of peatlands*. Second edition. – Oxford University Press.
- SER - Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Version 2. – www.ser.org.
- Scott, A.G., Oxford, G.S. & Selden, P.A. 2006. Epigeic spiders as ecological indicators of conservation value for peat bogs. – *Biological conservation* 127: 420-428.
- Spitzer, K. & Danks, H.V. 2006. Insect biodiversity of boreal peat bogs. – *Annual review of entomology*, 51: 137-161.
- Søgaard, G., Økseter, R. & Borgen, S.K. 2017. Klimagassutslipp fra torvproduksjon i Norge. Metode, datagrunnlag og utslippsfaktorer benyttet i klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon (UNFCCC). – NIBIO Rapport 3-78: 1-35, 4 vedlegg.
- Turunen, J., Tomppo, E., Tolonen, K., & Reinikainen, A. 2002. Estimating carbon accumulation rates of undrained mires in Finland - application to boreal and subarctic regions. – *The Holocene* 12: 69-80.
- Weldon, S. & Grønlund, A. 2016. Restaurering av myr på Smøla 2011-2015. Effekter på vegetasjon og klimagassutslipp. – NIBIO Rapport 2(51): 1-27.
- Wheeler, B.D. 1997. Peat bogs - their life after peat extraction. – S. 126-135 i: Schmilewski, G. (red.) *Peat in Horticulture - its use and sustainability*. Proceedings of the International Peat Conference, Amsterdam 2.-7. november 1997. International Peat Society.
- Wheeler, B.D. & Shaw, S.C. 1995. A focus on fens - controls on the composition of fen vegetation in relation to restoration. – S. 49-72 i: Wheeler, B.D., Shaw, S.C., Fojt, W.J. & Robertson, R.A. (red.) *Restoration of temperate wetlands*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Wheeler, B.D., Shaw, S.C., Fojt, W.J. & Robertson, R.A. (red.) 1995. *Restoration of temperate wetlands*. – John Wiley & Sons, Chichester.
- White, J.R. & Reddy, K.R. 2009. Biogeochemical dynamics I: Nitrogen cycling in wetlands. – S. 213-227 i: Maltby, E. & Barker, T. (red.) *The wetlands handbook*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (red.) 2016a. *Paludiculture – productive use of wet peatlands. Climate protection – biodiversity – regional economic benefits*. – Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart.
- Øien, D.-I., Lyngstad, A. & Moen A. 2015. *Rikmyr i Norge. Kunnskapsstatus og innspill til faggrunnlag*. – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2015-1: 1-122.

Vedlegg

Vedlegg 1 Retningslinjer for avvikling og etterbehandling av torv-uttak

For det enkelte torvuttak som skal avvikles er det nødvendig å legge en plan for slutføring og etterbehandling uansett hvilken etterbehandling man velger («ingen etterbehandling» er her ikke et alternativ). En slik plan bør bestå av (minst) to deler: En slutføringsfase og en etterbruksplan.

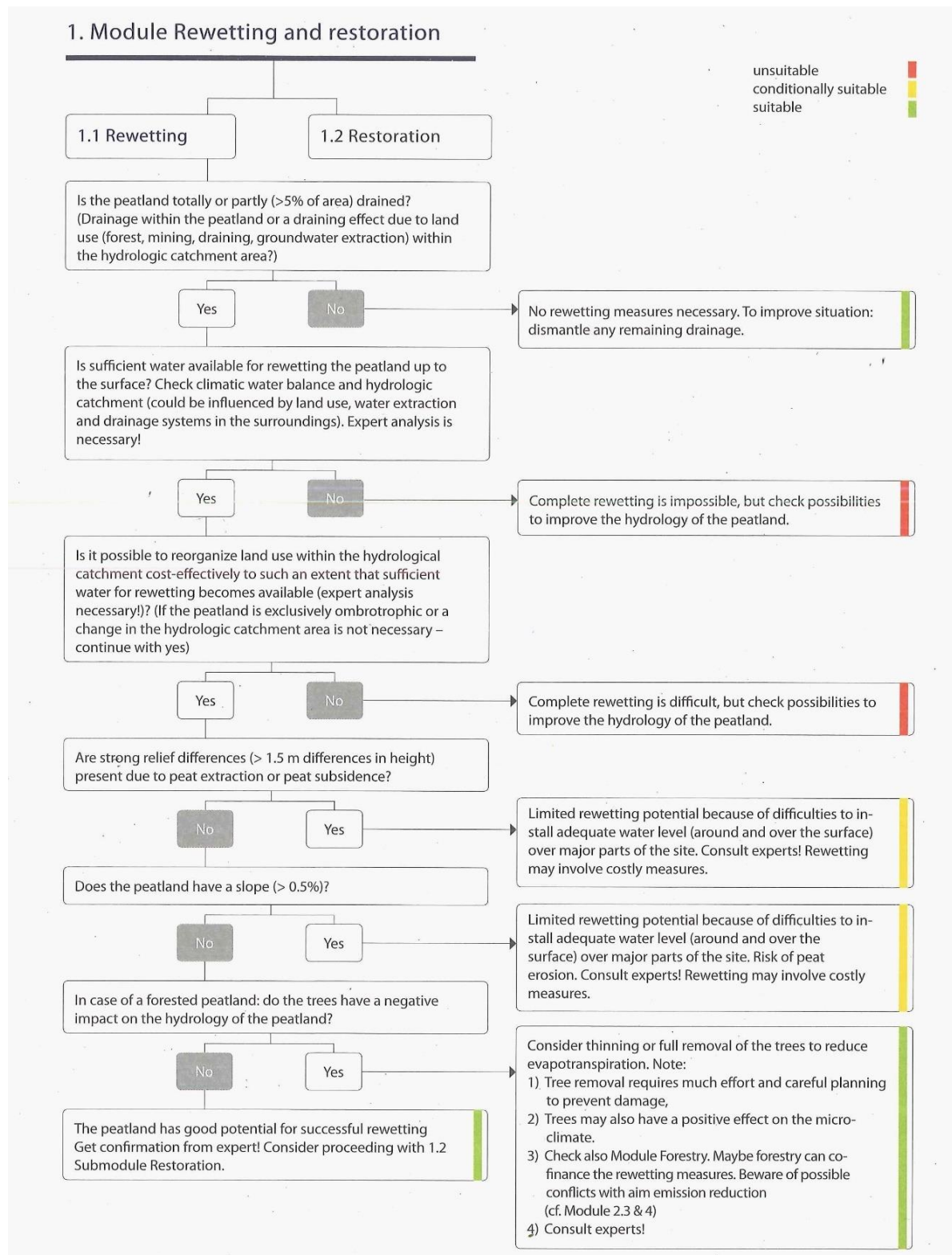
Slutføringsfasen kan gjerne starte før driften er avviklet, og her kartlegges tykkelsen og tilstanden på det gjenværende torvlaget, samt hydrologi og grunnforhold (under torva). Dette er nødvendig for å vurdere hvilke etterbehandlingsalternativer som er hensiktsmessige eller mulige. På den måten kan man også legge opp en avvikling som gjør den etterfølgende restaureringen så enkel som mulig.

På bakgrunn av slutføringsfasen utarbeider man så en **etterbruksplan** som minimum inneholder:

1. En målsetting for hvordan man vil at torvuttaket skal framstå etter at driften er slutt: Ny myr (nedbørmyr eller jordvassmyr), paludikultur, annen våtmark, skogsmark eller en kombinasjon av disse. I dette ligger det også en målsetting om hvilke økosystemtjenester man vil at det restaurerte området skal inneha: Naturmangfold, karbonlagring, vassfiltrering, torvmoseproduksjon, produksjon av ulike andre planteprodukter, bruk til friluftsliv og rekreasjon, etc.
2. Plan for tiltak som må gjennomføres: Ulike tiltak for rewetting (igjenfylling eller plugging av grøfter, oppdemming, tilføring av vatn utenfra, etc.) og revegetering.

Vedlegg 2 Eksempel på beslutningssystem for restaurering av myr

Diagrammet er hentet fra Abel et al. (2011), og viser hvordan man kan avgjøre hvilken behandling en degradert myrlokalitet bør få ut fra bestemte kriterier.



NTNU Vitenskapsmuseet er en enhet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

NTNU Vitenskapsmuseet skal utvikle og formidle kunnskap om natur og kultur, samt sikre, bevare og gjøre de vitenskapelige samlingene tilgjengelige for forskning, forvaltning og formidling.

Institutt for naturhistorie driver forskning innenfor biogeografi, biosystematikk og økologi med vekt på bevaringsbiologi. Instituttet påtar seg forsknings- og utredningsoppgaver innen miljøproblematikk for ulike offentlige myndigheter innen stat, fylker, fylkeskommuner, kommuner og fra private bedrifter. Dette kan være forskningsoppgaver innen våre fagfelt, konsekvensutredninger ved planlagte naturinngrep, for- og etterundersøkelser ved naturinngrep, fauna- og florakartlegging, biologisk overvåking og oppgaver innen biologisk mangfold.

ISBN 978-82-8322-114-5
ISSN 1894-0056

© NTNU Vitenskapsmuseet
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

www.ntnu.no/vitenskapsmuseet