

naturgrunnlag

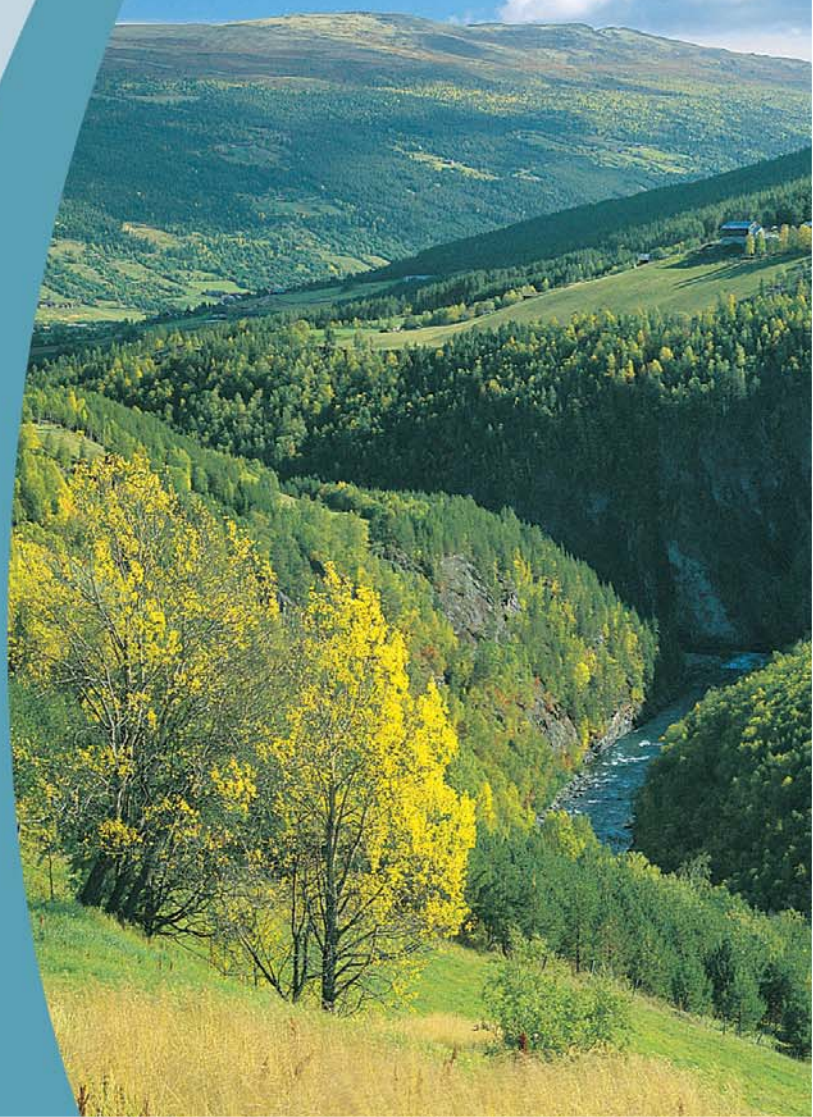
og arealbruk



Arne Grønlund

JORDFORSK

Naturgrunnlag og arealbruk i Glommas nedbørfelt



HYDRA - et forskningsprogram om flom

HYDRA er et forskningsprogram om flom initiert av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i 1995. Programmet har en tidsramme på 3 år, med avslutning medio 1999, og en kostnadsramme på ca. 18 mill. kroner. HYDRA er i hovedsak finansiert av Olje- og energidepartementet.

Arbeidshypotesen til HYDRA er at summen av alle menneskelige påvirkninger i form av arealbruk, reguleringer, forbygningsarbeider m.m. kan ha økt risikoen for flom.

Målgruppen for HYDRA er statlige og kommunale myndigheter, forsikringsbransjen, utdannings- og forskningsinstitusjoner og andre institusjoner. Nedenfor gis en oversikt over fagfelt/tema som blir berørt i HYDRA:

- Naturgrunnlag og arealbruk
- Skaderisikoanalyse
- Tettsteder
- Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak
- Flomdemping, flomvern og flomhandtering
- Databaser og GIS
- Modellutvikling

Sentrale aktører i HYDRA er; Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB), Jordforsk, Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges Landbruks-høgskole (NLH), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), SINTEF, Stiftelsen for Naturforskning og Kulturminneforskning (NINA/NIKU) og universitetene i Oslo og Bergen. HYDRA is a research programme on floods initi-

HYDRA - a research programme on floods

ated by the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) in 1995. The programme has a time frame of 3 years, terminating in 1999, and with an economic framework of NOK 18 million. HYDRA is largely financed by the Ministry of Petroleum and Energy.

The working hypothesis for HYDRA is that the sum of all human impacts in the form of land use, regulation, flood protection etc., can have increased the risk of floods.

HYDRA is aimed at state and municipal authorities, insurance companies, educational and research institutions, and other organization.

An overview of the scientific content in HYDRA is:

- Natural resources and land use
- Risk analysis
- Urban areas
- Flood reduction, flood protection and flood management
- Databases and GIS
- Environmental consequences of floods and flood prevention measures
- Modelling

Central institutions in the HYDRA programme are; The Norwegian Meteorological Institute (DNMI), The Glommens and Laagens Water Management Association (GLB), Centre of Soil and Environmental Research (Jordforsk), The Norwegian Geological Survey (NGU), The Agriculture University of Norway (NLH), The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), The Norwegian Institute of Land Inventory (NIJOS), The Norwegian Institute for Water Research (NIVA), The Foundation for Scientific and Industrial Research at the Norwegian Institute of Technology (SINTEF), The Norwegian Institute for Nature and Cultural Heritage Research (NINA/NIKU) and the Universities of Oslo and Bergen.

HYDRA-rapport nr. N03

Naturgrunnlag og arealbruk i Glommas nedbørfelt

av

Arne Grønlund
Jordforsk

Forord

Prosjektet naturgrunnlag og arealbruk er en del av HYDRA-programmet og er organisert i 5 delprosjekter:

1. Studier i små delnedbørfelt, hvor målsettingen er å klarlegge hvilke betydning grunnforhold og arealbruk har for lagringsevne, oppholdstid, vannforbruk og avrenning til vassdrag.
2. Naturgrunnlag og arealbruk i større nedbørfelt, hvor målsettingen er å framskaffe data til et database over grunnforhold og eksisterende arealbruk i Glommas nedbørfelt.
3. Endringer i landbrukets arealbruk, hvor målsettingen er å framskaffe data om endringer i landbrukets arealbruk de siste 2-300 årene.
4. Hydrologisk modellering, hvor målsettingen er å teste og utvikle hydrologiske modeller i de utvalgte delnedbørfeltene og foreta beregning av avrenning som funksjon av grunnforhold, vegetasjon, topografi, arealbruk og meteorologi.
5. Naturlige magasineringsområder, hvor målsettingen er å undersøke hvilke flomdempende og flomdrivende effekt topografi, grunnforhold og vegetasjon har på flomsituasjonen i flomutsatte vassdrag og utvikle typeeksempel på temakart over naturlige magasineringsområder basert på disse faktorene.

N-gruppen, som har hatt ansvaret for prosjektet naturgrunnlag og arealbruk, har hatt følgende sammenstilling:

Arne Grønlund, Jordforsk, prosjektleder
Noralf Rye, Geologisk institutt, Universitetet i Bergen, faglig ansvarlig
Søren Elkjær Kristensen, NVE
Steinar Myrabø, Jordforsk
Lars Andreas Roald, NVE
Trond Rinde, Institutt for vassbygging, NTNU
Bjørn Follestad, NGU
Stein Tomter, NIJOS
Jon Arne Eie, GLB
Torodd Hauger, Fylkesmannen i Østfold, miljøvern-avdelingen (på vegne av DN).

Ås, februar 1999

Arne Grønlund

Innhold

Side

	Sammendrag	4
	Summary	5
1	Innledning.....	6
2	Datakilder	7
2.1	Kriterier for valg av datakilder	7
2.2	Høyde over havet	7
2.3	Geologi og løsmasser	7
2.4	Arealtilstand og arealbruk	7
3	Bearbeiding og beregning	9
3.1	Hovedprinsipper for sammenstilling av data	9
3.2	Skogdata	9
3.3	Innhold av nyttbart vann i rotsonen	10
3.3.1	Bestemmelse ut fra pF-kurve	10
3.3.2	Bestemmelse på grunnlag av skogbonitet	10
4	Karakterisering av Glommas nedøbrsfelt.....	13
4.1	Høyde over havet	13
4.2	Geologi og løsmasser	13
4.3	Arealtilstand og arealbruk	14
4.4	Skogtilstand	15
4.4.1	Generelt om skogens virkning på avrenning og flom	15
4.4.2	Treslag	15
4.4.3	Bonitet	15
4.4.4	Hogstklasser	15
4.4.5	Middelhøyde og grunnflate	18
	Litteratur	21
	Tidligere utgitt i HYDRA-serien	22

Sammendrag

Denne rapporten gir en beskrivelse av naturgrunnlag og eksisterende arealbruk som har betydning for avrenning og flom i Glommas nedbørfelt.

Data om naturgrunnlag og arealbruk skal legges inn i en database i form av et digitalt kart med 100 x 100 m pixelstørrelse med følgende parametre: høyde over havet, geologisk avsetningstype, arealtilstand, treslag, skogbonitet, hogstklasse, middelhøyde og kronedekningsprosent for skog, bladarealindeks og mengde nyttbart vann i rotsonen. Bladarealindeks skal beregnes på grunnlag av treslag, middelhøyde og trærnes grunnflate. Innhold av nyttbart vann er beregnet på grunnlag av skogbonitet, produksjonsevne og skogens vannforbruk i et tørkeår.

Glommas nedbørfelt er jevnt fordelt på høydesoner fra 0 til 1500 m. Snøsmeltingen vil derfor foregå over en lang periode og hyppigheten av store vårflommer er derfor relativt liten.

De nordlige deler av nedbørfeltet er dominert av djup morene, elv- og breelavsetninger som har relativt stor lagringskapasitet for vann og en betydelig flomdempende effekt, mens grunnlendt jord og marine avsetninger, som vanligvis gir mindre flomdemping, dominerer i den sørlige delen av feltet.

Ca 50 % av nedbørfeltet er dekt av skog mens ca 6% er dyrket. Myr dekker ca 7 % mens annen snaumark dekker ca 37 % av nedbørfeltet. På grunn av større transpirasjon og intersepsjon gir skog generelt mindre avrenning og større flomdempende effekt enn dyrket mark, myr og annen snaumark.

Det produktive skogarealet i nedbørfeltet består av ca 51 % granskog, 35 % furuskog, 9 % lauvskog og 5 % uten dominerende treslag. Gran er det treslaget som generelt har størst bladarealindeks og flomdempende effekt. Akershus og Oppland har størst andel granskog. I Østfold og Hedmark er andelen av granskog og furuskog omtrent like stor. Andelen lauvskog øker fra sør til nord.

22 % av det produktive skogarealet er klassifisert som høg bonitet, 48 % som middels og 30 % som låg bonitet. Middels bonitet utgjør omtrent like stor andel i all fylkene. Østfold og Akershus har høyest andel høg bonitet og lavest andel låg bonitet. Boniteten er et uttrykk for skogens produksjonsevne og antas å være årsak til en stor del av variasjonen i transpirasjonen fra skog.

Hogstklasse er et mål på skogens utviklingstrinn. Snauhogd areal, dvs. hogstklasse I, utgjør ca 5 % av det produktive skogarealet, mens resten er relativt jevnt fordelt på hogstklassene II-IV.

Både middelhøyden og trærnes grunnflate øker med økende hogstklasse og bonitetsklasse. Middelhøyden er best korrelert med hogstklasse mens grunnflaten er best korrelert med bonitetsklasse.

Summary

This report gives a description of the natural resources and land use characteristics, which influence flooding in the Glomma catchment area in the southeastern part of Norway.

Data on natural resources and land use have been collected and will be stored in a database designed as a grid map with pixel size 100m x100m which will contain the following parameters: Altitude, geological deposits, land use, forest type, site quality classes, development classes for forest, mean tree height, base area of wood, coverage percent for forest, leaf area index and plant available water. The leaf area index has been calculated on the basis of the mean height and base area of trees. Available water has been calculated on the basis of site quality class, biomass production and water consumption in drought years.

The Glomma catchment area is evenly distributed over an area with altitudes ranging from 0 to 1500 m above sea level. This leads to long snow-melting periods and a rather low frequency of extreme spring floods.

In the north eastern parts of the catchment (Glomma branch), deep moraine and fluvial- and fluvioglacial deposits, with high flood peak buffering capacity predominate. In the north western parts of the catchment (Lågen branch) the elevation is much higher, and accordingly, the snow melting runoff is delayed. Shallow soils and clay soils, with lower flood peak reducing capacity, predominate in the southern part of the total catchment, but here, the elevation is much lower, and accordingly, the snowmelt runoff has already peaked before the maximum runoff in the north eastern parts.

About 50 % of the catchment area is covered by forest and about 6 % is cultivated, while peat soils cover about 7 % and moorland about 37 %. Due to higher transpiration and interception, forest areas yield less runoff and reduce flood peaks compared to cultivated land, peat and moorland.

The forest areas of the catchment consist of about 51 % spruce forest, 35 % pine forest and about 9 % deciduous forest. The share of spruce forest is highest in Akershus and Oppland while the share of pine is highest in Østfold and Hedmark. The share of deciduous forest increases from the south (Østfold) to the north (Oppland). Spruce forest commonly has a higher leaf area index than pine and deciduous forest and therefore a larger potential for reducing floods.

The distribution of land quality classes of the forest areas is as follows: 22 % high site quality, 48 % medium site quality and 30 % low site quality. Clear-cut areas (development class I) covers about 5 % of the forest areas; the rest is evenly distributed on the development classes II-V.

The mean tree heights and base area of tree trunks increase with increasing development class and site quality class. The mean tree height is most closely related to the development class; as the base area is most closely related to the site quality class.

1. Innledning

Prosjektet Naturgrunnlag og arealbruk, som har vært en del av HYDRA-programmet, har hatt som mål å forbedre grunnlaget for modellering av avrenning i forhold til:

- naturgrunnlaget, med spesiell vekt på lagringsevne og oppholdstid
- endringer i klima, vegetasjon og landbrukets arealbruk.

Denne rapporten omhandler resultatene fra delprosjektet naturgrunnlag og arealbruk i større nedbørfelt, som har hatt som mål å framskaffe data om naturgrunnlag og eksisterende arealbruk i Glommas og Lågens nedbørfelt. Data om topografi, geologi og løsmasser, jordbruk og skogbruk er prioritert. Dataene skal bearbeides og legges inn i en database som skal brukes sammen med meteo-

rologiske data som input-data i beregninger av avrenning fra nedbørfelt til vassdrag ved hjelp av modellsystemet LANDPINE (Rinde 1998). Dette arbeidet vil bli gjort i delprosjekt 4. Hydrologisk modellering.

Bearbeidingen og tilrettelegging for databasen blir gjort i samarbeid med et annet prosjekt i HYDRA-programmet som har ansvar for databaser og GIS. En del av bearbeidingen vil bli gjort i 1999.

Rapporten gir en beskrivelse av datakilder og beregningsmetoder som er benyttet i prosjektet, samt en karakterisering av naturgrunnlag og arealbruk i Glommas nedbørfelt og en vurdering av hvilke betydning disse forholdene har for avrenning og flomrisiko i vassdraget.

2. Datakilder

2.1 Kriterier for valg av datakilder

Det foreligger store mengder data om naturgrunnlag og arealbruk fremskaffet gjennom naturressurskartlegging som kan utnyttes ved beregning av avrenning. En betydelig del av dataene foreligger i digital form.

I tabell 1 er det gitt en oversikt over hvilke datakilder for naturgrunnlag og arealbruk som er benyttet. Disse datakildene er valgt ut fra følgende kriterier:

- relevans, dvs. tematisk innhold, hvilke effekt de aktuelle egenskapene antas å ha på avrenningen og flomdemping og hvilke krav hydrologiske modeller stiller til input-data
- geografisk dekning av digitale kart
- målestokk/detaljeringsgrad
- kostnader ved å få tilgang til digitale kart eller databaser.

2.2 Høyde over havet

NVE har tidligere skaffet en landsdekkende høydedatabase fra Statens kartverk på grunnlag av topografiske kart i målestokk 1:50 000 og 20 m ekvidistanse.

2.3 Geologi og løsmasser

Det er foreløpig liten dekning av digitale kvartærgeologiske kart i målestokk 1:250 000 eller større. For Østfold, Akershus og Alvdal kommune i Hedmark foreligger det kart i målestokk 1:50 000 i digital form. Et kvartærgeologisk kart for Hedmark i målestokk 1:250 000 (utgitt av Universitetet i Oslo), er digitalisert av NGU.

2.4 Arealtilstand og arealbruk

Kartserien n250-basen er utgitt av Statens kartverk i målestokk 1:250 000 og viser utbredelsen av vann, breer, skog, myr og tettsteder. Serien foreligger i digital form i NVEs database.

Markslog i økonomisk kartverk omfatter både naturgrunnlag og arealbruk og er basert på:

- arealtilstand som omfatter dyrka jord, skogareal (som er videre inndelt etter treslag), annen jorddekt fastmark, myr, grunnlendt mark og bart fjell
- produksjonsevne for skog (bonitetsklasser på grunnlag av potensiell årlig tilvekst)
- muligheter for jordbruk (klassifisering av dyrkbar jord, terrengforhold for eksisterende dyrket jord)
- tilleggsklassifisering av skog, dyrkbar jord og myr som er egnet for oppdyrking eller skogreising.

Økonomisk kartverk dekker hele landet med unntak av uproduktive fjellområder. En del av arealet foreligger i digital form. Dekningen av digitale markslogskart er størst i Akershus og Østfold. Bare mindre deler av Gudbrandsdalen og Østerdalen er digitalisert.

Landskogtakseringen gir informasjon om ressurs- og miljødata i skog, bl. a.:

- stående volum og årlig tilvekst
- arealbruk og arealfordeling
- markas produksjonsevne
- treslags- og dimensjonsfordeling
- tetthet og aldersfordeling.

Landskogtaksering blir utført som prøveflatetakst og er gjennomført som 6 mer eller mindre landsomfattende registreringssyklus (takseringsomdrev), fra årene:

1. 1919–30
2. 1937–56
3. 1957–64
4. 1964–76
5. 1980–86
6. 1986–93

Det 6. takseringsomdrev omfatter mer enn 50 000 prøveflater i hele landet, eller ca 3–4000 flater pr fylke, og dekker alt utmarksareal under barskoggrensa.

Tabell 1. Datakilder for naturgrunnlag og arealbruk.

Table 1. Data sources for natural resources and land use.

Tema	Kart/dataserie	Målestokk/ detaljeringsgrad	Dekning
Høyde over havet	Topografiske kart	1:50 000, ekvid. 20 m.	Hele nedbørfeltet
Geologi og løsmasser	Kvartærgeologiske kart	1:50 000	Østfold og Akershus
		1:250 000	Hedmark
Arealtilstand og arealbruk	n250-basen	1:250 000	Hele nedbørfeltet
	Økonomisk kartverk	1:5000	Deler av nedbørfeltet
	Landsskognaktsering	3-4000 flater pr fylke, tidsserier fra ca 1920	Hele nedbørfeltet

3. Bearbeiding og beregning

3.1 Hovedprinsipper for sammenstilling av data

Data over naturgrunnlag og arealbruk er lagt inn i en database i form av et digitalt rasterkart med pixelstørrelse 100 x 100 m, hvor følgende opplysninger er knyttet til hvert pixel:

- stedfesting (koordinater, vassdragsnummer, fylkes- og kommunenummer)
- høyde over havet (med avledet hellingsklasse og -retning)
- geologisk avsetningstype (for Østfold, Akershus og Hedmark)
- arealtilstand (barskog, lauvskog, myr, bart fjell, annen jorddekt fastmark, vann, isbre)
- treslag
- skogbonitet
- skogtilstand (hogstklasse, høyde, bladarealindeks og kronedekningsprosent)
- mengde nyttbart vann i rotsonen

3.2 Skogdata

Digitale markslagsdata med opplysninger om treslag og bonitet foreligger bare for en del av punktene i 100x100 m nettet. For de øvrige punktene i skog må disse opp-

lysningene beregnes på grunnlag av data fra Landskogtakseringen. Bonitet beregnes ved hjelp av en regresjonsmodell som en funksjon av høyde over havet, nordlig bredde, hellingsretning og -grad. For Østfold, Akershus og Hedmark, hvor det foreligger kvartærgeologiske data, er dataene først stratifisert etter geologisk avsetningstype (i klassene djup morene, grunn morene, elv/breelavsetning, myr).

Bonitet er oppgitt som H40-klasser i Landsskogtakseringens data (H40=høyde ved 40 års alder i brysthøyde). Klasseinndelingen er basert på intervaller på 2 eller 3 m. I databasen skal det benyttes en enklere inndeling som er benyttet i økonomisk kartverk og som er basert på årlig produksjonsevne. Tabell 2 viser sammenhengen mellom bonitetsklasser i økonomisk kartverk, årlig tilvekst og tilhørende klasser i H40-systemet.

De øvrige opplysningene om skogtilstand (treslag, hogstklasse, middelhøyde, grunnflate, og kronedekningsprosent) beregnes for de enkelte punkt i 100x100m rutenettet ved randomisering med utgangspunkt i den samme arealfordelingen som i Landsskogtakseringens data.

Bladarealindeks (Leaf Area Index=LAI) estimeres på grunnlag av data om treslag, hogstklasse, grunnflate og middelhøyde etter følgende ligninger utarbeidet av Petter Nilsen NISK:

Treslag	Hogstklasse II		Hogstklasse III-V	
	Formel	Maks	Formel	Maks
Gran	$LAI=0+0,35 \cdot \text{Middelhøyde}$	2,5	$LAI=0,5+0,25 \cdot \text{Grunnflate}$	6
Bjørk og furu	$LAI=0+0,32 \cdot \text{Middelhøyde}$	2,3	$LAI=0,5+0,18 \cdot \text{Grunnflate}$	4

Tabell 2. Bonitetsklasser i økonomisk kartverk, årlig tilvekst og tilhørende klasser i H40-systemet.

Table 2. Site quality classes used in the Economic Map Series, annual growth and corresponding classes in the H40 system.

Bonitetsklasser i økonomisk kartverk	Årlig tilvekst, m ³ /dekar/år	Tilhørende H40-klasser
Høg	>0,5	H17 og større
Middels	0,3-0,5	H11 og H14
Låg	0,1-0,3	H6 og H8
Impediment	<0,1	

3.3 Innhold av nyttbart vann i rotsonen

For bestemmelse av nyttbart vann i rotsonen har en vurdert to uavhengige metoder, nemlig beregning ut fra pF-kurve og ut fra skogbonitet.

3.3.1 Bestemmelse ut fra pF-kurve

Bruk av pF-kurve er den klassiske metoden for å beregne mengden nyttbart vann og kan skisseres slik:

- Det velges en representativ pF-kurve for de ulike jordartsguppene.
- Nyttbart vann beregnes som differansen mellom vanninnhold ved pF 2,0 og pF 4,2.
- Gjennomsnittlig rottdybde bestemmes for de ulike kombinasjoner av treslag, jordartsgruppe og hogst-klasse.
- Nyttbart vann i mm beregnes som rotsonetykkelse (mm) * prosent nyttbart vann/100.

Mengden nyttbart vann i morenejord i skog på Østlandet varierer mellom 8 og 15%, med ca 10 % som middel (Sylvi Haldorsen, personlig meddelelse). På elv- og breelvvassetning foreligger det svært lite av tilsvarende målinger.

På grunn morene vil rottdybden begrenses av dybden til fjell. Etter samråd med NGU har en satt gjennomsnittlig dybde til 30 cm for denne klassen.

Beregning av plantetilgjengelig vann ut ved denne metoden vil være usikker av flere årsaker:

- På breelv- og elveavsetning er det svært stor variasjon i mengden av nyttbart vann. Det foreligger dessuten relativt få pF-målinger.
- Bestemmelse av rottdybde må gjøres skjønsmessig. Variasjonen i rottdybde er derfor svært stor. På djup sandjord (breelv- og elveavsetning) kan røttene i noen tilfeller gå ned til flere meters dybde for å ta opp vann.
- I terreng med vannsig fra omgivelsene kan den faktiske mengden vann som er disponibel til fordampning i en tørkeperiode være større enn det nyttbare vannet som kan lagres i rotsonen på et gitt tidspunkt.

Disse feilkildene vil trolig føre til at mengden nyttbart vann som er disponibel til fordampning underestimeres.

3.3.2 Bestemmelse på grunnlag av skogbonitet

Motivet for å fokusere på denne metoden er følgende:

- I perioder med forsommertørke i Norge er vann en viktig begrensende faktor for skogvekst. Det må derfor antas å være en viss sammenheng mellom skogbonitet og mengde tilgjengelig vann.
- Det foreligger store mengder data om skogbonitet i økonomisk kartverk og Landsskogtakseringens materiale.

I et normalår, hvor det er gjentatte nedbørsepisoder i løpet av vekstsesongen, vil det årlige vannforbruket normalt være større enn den vannmengden som på et gitt tidspunkt kan lagres i rotsonen. I ekstreme tørkeår, hvor vann er den viktigste vekstbegrensende faktoren, kan man derimot anta at alt tilgjengelig vann blir forbrukt. Vannforbruket (ET) i et tørkeår kan uttrykkes i ligningen:

$$ET = \text{Plantetilgjengelig vann i jorda} + N_{\text{eff}} \quad (1)$$

hvor N_{eff} = total nedbør i vekstsesongen - intersepsjon

Vannforbruket kan også uttrykkes som:

$$ET = PB/WUE \quad (2)$$

hvor

PB = årlig produksjon av biomasse

WUE = effektiviteten av vann som produksjonsfaktor (water use efficiency) uttrykt i g produsert tørrestoff pr kg vann forbrukt.

Ved å kombinere ligning 1 og 2 får en:

$$\text{Plantetilgjengelig vann i jorda} = PB / WUE - N_{\text{eff}} \quad (3)$$

Produksjon av biomasse kan generelt beregnes som:

$$PB = PS * Ts/SA \quad (4)$$

hvor

PS = produksjon av stammetrevirke

Ts = tørrestoffinnhold

SA = stammetrevirkets andel av total biomasse

Produksjonsevne for stammetrevirke og stammetrevirkets andel av total biomasse kan avledes ut fra bonitetklassen. På grunnlag av Landsskogtakseringens materiale for Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland har en beregnet midlere H40 verdi for de ulike bonitetsklassene (tabell 3.) Data for årlig produksjon av stammetrevirke for den perioden hvor veksten er størst kan skaffes fra produksjonstabeller for gran, furu og bjørk, presentert i f. eks. Norsk skoghåndbok (red. av Steinset 1998).

Produksjonsevnen målt i tilvekst pr dekar og år avhenger både av H40-klasse og treslag. For høy bonitet (middelverdi 18,4) er produksjonsevnen beregnet som middelverdien av produksjonsevnen for H20 og H17, for middels bonitet (middelverdi 12,6) som middelverdien av H14 og H11, og for låg bonitet (middelverdi 12,6) som produksjonsevnen for H8. Tabell 3 viser produksjonsevne for de enkelte treslag og et veid gjennomsnitt av produksjonsevnen for alle treslagene på grunnlag den frekvensfordelingen treslagene har i Glommas nedbørfelt (jfr. tabell 10, kap 4.4). For impediment, som er definert som areal med produksjonsevne mindre enn 0,1 m³/dekar/år, er den gjennomsnittlige årlige produksjonsevnen satt til 0,07 m³. Andel av stammetrevirket av total biomasse er oppgitt av Petter Nilsen (personlig meddelelse).

Undersøkelser av årringbredde på skogstrær tyder på at årlig skogproduksjonen kan variere med opp til pluss/minus 30 % i forhold til et normalår (Bjørn Tveite, personlig meddelelse). Produksjonen i et ekstremt tørkeår kan derfor settes til 70 % av normal produksjon.

Tørrstoffinnholdet i biomassen er satt til 400 kg/m³.

"Water use efficiency" (WUE) oppgis i litteraturen til å variere mellom 1 og 8 g tørrstoff/kg vann. Målinger i Norge tyder på WUE-verdier på mellom 1 og 3 g/kg (Petter Nilsen, personlig meddelelse). På grunn av antatt bedre utnyttelse av vann i tørkeår velger en å sette WUE til 3 g tørrstoff/kg.

Nedbør i vekstsesongen (juni-august) i et tørkeår er satt til 50 mm.

Beregnete verdier av plantetilgjengelig vann i jorda på ulike boniteter er presentert i tabell 4.

For skog i hogstklasse 1 og 2 må mengden av nyttbart vann i rotsonen reduseres på grunn av mangelfullt utviklet rotsystem. I likhet med planter generelt utvikles røttene til skogstrær forholdsvis sterkere enn overjordiske deler de første årene. En kjenner imidlertid ikke til undersøkelser hvor dette er kvantifisert. Som et grovt estimat vil en redusere mengde nyttbart vann med 50 % for hogstklasse 2 på djup morene, elv- og breelv og torvjord. På grunnlendt morene foretas ingen reduksjon, fordi en forutsetter at rottybden begrenses av dybden til fjell etter få år. For hogstklasse 1, som bare består av bunnvegetasjon, og impediment, hvor skogproduksjonen er svært liten, kan nyttbart vann settes til 30 mm (20 cm rottybde og 15% nyttbart vann i de øverste 20 cm).

Denne metoden for beregning av plantetilgjengelig vann på grunnlag av produksjon av trevirke kan bare anses som gyldig for lokaliteter hvor det er vannunderskudd i tørkeår. Det er usikker hvorvidt metoden generelt gir riktige resultater enn bruk av pF-kurve. Den er basert på forutsetninger om at all fordampning fra skogareal i vekstsesongen i et tørkeår går via trærne, at produksjonen i ekstreme tørkeår aldri er lavere enn 70 % av den normale produksjonen og en skjønnsmessig valgt WUE som er den samme for alle bonitetsklassene. På lokaliteter med god bonitet, hvor det foreligger mangelfulle data fra pF-målinger, bør den likevel kunne brukes til å skaffe input-data til hydrologisk modellering av virkningen av arealbruksendringer.

Tabell 3. Produksjonsevne for stammetrevirke og stammetrevirkets andel av total biomasse.

Table 3. Productive capacity for trunk timber and the proportion of trunk timber to total biomass.

	Midlere H40-verdi	Produksjonsevne for stammetrevirke, m ³ /dekar og år				Prosent stammetrevirke av tot. biomasse
		Gran	Furu	Bjørk	Veid snitt	
Høg	18,4	1,27	1,11	0,81	1,20	50
Middels	12,6	0,63	0,56	0,48	0,60	40
Låg	7,5		0,31	0,24	0,26	30
Impediment					0,07	20

Tabell 4. Årlig produksjon av biomasse i normalår og tørkeår, vannforbruk i tørkeår og beregnet innhold av plantetilgjengelig vann i jorda.

Table 4. Annual biomass production in normal years and drought years, water consumption in drought years and calculated content of plant available water in soil.

	Årlig produksjon av biomasse, kg/dekar/år		Vannforbruk i tørkeår, mm	Plante-tilgjengelig vann i jorda, mm
	Normalår	Tørkeår		
Høg	960	672	224	174
Middels	600	420	140	90
Låg	373	261	87	37
Impediment	140	98	33	-17

4. Karakterisering av Glommas nedbørsfelt

4.1 Høyde over havet

Data om høyde over havet er relevant for ekstrapolering av meteorologiske data og beregning av terregegenskaper som hellingsretning og hellingsgrad. Høydedata kan også brukes til å karakterisere nedbørfeltet med hensyn til avrenningsforhold.

Store høydeforskjeller over korte avstander fører generelt til raskere avrenning og mindre lagring i løsmasser og magasiner i en nedbørsepisode. Store regionale høydeforskjeller innen et nedbørfelt vil imidlertid føre til at snøsmeltingen foregår over en lengre periode, og at risikoen for flomtopper om våren i de nedre deler av vassdraget blir mindre. Tabell 5 viser at Glommas nedbørfelt er relativt jevnt fordelt på høydesoner basert på 300 m intervaller. Høydesonen 0–300 m omfatter først og fremst Østfold, Akershus, Solør, nærområdet til Mjøsa og de lavestliggende områdene i Gudbrandsdalen og Østerdalen. De sørlige områdene av Hedmark utgjør det

meste av sonen 300–600 m. Sonene 600–900 og 900–1200 m ligger hovedsakelig i Gudbrandsdalen og nordre deler av Østerdalen, mens det meste av arealet høyere enn 1200 m hovedsakelig fins i de nordlige deler av Gudbrandsdalen. Den relativt jevne regionale fordelingen av areal på høydesoner bidrar til at hyppigheten av større vårflokker i Glommas nedbørfelt ikke er spesielt stor.

4.2 Geologi og løsmasser

Geologiske forhold har stor betydning for avrenning og flomrisiko, både direkte gjennom løsmassenes evne til infiltrasjon, vannlagring og transport for vann, og indirekte som vokseplass for skog og annen vegetasjon. Evne til infiltrasjon, vannlagring og vannledning avhenger både av permanente egenskaper til løsmassene og temporære forhold betinget av vær og årstid. De permanente egenskapene omfatter særlig tykkelse og lagringskapasitet (porevolum og porefordeling), mens de temporære bl. a. omfatter grunnvannsstand, vanninnhold og teleforhold. Generelt kan en si at løsmassenes flomdempende virkning øker med tykkelse og innhold av luftfylte porer. Under nedbørsepisoder kan vann infiltreres og lagres i det luftfylte porevolumet. I perioder med høyt vanninnhold og frossen jord er den flomdempende effekten betydelig redusert. Løsmassenes egenskaper vil derfor ha større dempende virkning på sommer og høstflokker enn på vårflokker.

Tabell 6 viser arealfordelingen av geologiske avsetningstyper i de delene av Akershus og Hedmark som tilhører Glommas nedbørfelt. Arealer som er klassifisert som djup morene dekker ca 60 % av arealet i Hedmark og

Tabell 5. Glommas nedbørfelt fordelt på høydesoner.

Table 5. The altitude distribution in the Glomma catchment.

Høydesoner	km ²	% av nedbørfeltet
0–300m	7691	18
300–600m	9181	22
600–900m	10135	24
900–1200m	8690	21
1200–1500m	4004	10
>1500	2272	5

Tabell 6. Prosentvis fordeling av geologiske avsetningstyper i de deler av Akershus og Hedmark som tilhører Glommas nedbørfelt.

Table 6. The distribution of geological deposits in Akershus and Hedmark counties within the Glomma catchment. Percent.

	Morene, djup	Bart fjell, tynt og usammenhengende jorddekke	Elv- og breelv-avsetning	Hav-, fjord- og strand-avsetning	Flom-, innsjø- og vind-avsetning	Myr og torv
Akershus	7	51	8	24	5	5
Hedmark	60	19	11	0	0	11

Tabell 7. Arealfordelingen av hovedklasser av arealtilstand og arealbruk i Glommas nedbørfelt.

Table 7. The area distribution of major land use classes in the Glomma catchment.

Fylke	Sum areal km ²	Hovedklasser av arealtilstand, % av sum areal					
		Dyrket	Skog	Myr	Annen snaumark	Snø og breer	Tettsteder
Hele nedbørfeltet	41922	5,8	48,9	7,1	36,8	0,8	0,5
Østfold	1790	24,0	52,3	1,6	19,6	0,0	2,5
Akershus	2828	18,8	67,0	2,6	9,3	0,0	2,3
Hedmark	19253	4,5	60,2	9,7	25,3	0,0	0,3
Oppland	16294	3,6	33,5	5,3	55,4	1,9	0,3
Sør-Trøndelag	1757	1,4	35,2	9,1	52,8	1,3	0,2

bare 7 % av arealet i Akershus. Denne jordarten har varierende dybde, fra ca 0,5 og opp til flere meter, og vil særlig bidra til å redusere sommer og høstflommer etter at jorda er tørket opp på forhånd.

Grunnlendt jord, bestående av bart fjell og arealer med tynt og usammenhengende jorddekke, utgjør ca 50 % av arealet i Akershus og ca 20 % av arealet i Hedmark. Slike jordarter har liten lagringskapasitet for vann og derfor generelt liten flomdempende effekt.

Elv- og breelavsetning, som dekker ca 11 % i Hedmark og ca 8 % av arealet i Akershus har vanligvis stor dybde og innhold av luftfylte porer, og dermed som regel stor flomdempende effekt. Variasjon i kornstørrelse og porefordeling er imidlertid stor. En del av elveavsetningene langs Glomma består av finsand og silt, som har høyt vanninnhold det meste av året.

Flom-, innsjø- og vindavsetning, som dekker ca 5 % av arealet i Akershus består vanligvis av godt sortert silt og finsand. Slike jordarter har vanligvis god kapillær ledningsevne, lavere innhold av luftfylte porer og mindre infiltrasjonsevne enn grovere jordarter. Vanninnholdet er ofte høyt, bortsett fra i tørkeperioder. Den flomdempende effekten blir derfor relativt liten.

Marine avsetninger (hav-, fjord- og strandavsetning), som dekker ca 25 % av arealet i Akershus, består for det meste av leirjord som generelt har liten infiltrasjonsevne, liten andel luftfylte porer og dermed liten flomdempende effekt.

Myrjord, som dekker ca 5 % av arealet i Akershus og ca 11 % av Hedmark, har som regel høyt vanninnhold og

dermed liten flomdempende effekt. Men på grunn av at myr vanligvis ligger i flatt terreng, vil avrenningen likevel bli en del forsinket i myrområder.

4.3 Arealtilstand og arealbruk

Arealfordelingen av hovedklasser av arealtilstand og arealbruk i Glommas nedbørfelt er vist i tabell 7. Sum areal er hentet fra Statistisk årbok (SSB 1993). Dyrket jord er hentet fra siste landbrukstelling (SSB 1989)*. De øvrige klassene er beregnet på grunnlag av n250-basen. Arealer av myr beregnet på grunnlag av n250-basen er noe lavere enn det som er beregnet fra kvartærgeologisk kart. Dette avviket kan skyldes at en del arealer med tresatt myr og torvmark inngår i skogarealet i n250-basen.

Dyrket jord dekker ca 6 % av Glommas nedbørfelt. Nærmere halvparten av den dyrkede jorda fins i de nedre deler av vassdraget, i Akershus og Østfold. På grunn av drenering og plantevekst vil dyrket jord ha god ledig kapasitet til lagring av vann og dermed bidra til å redusere risikoen for flom sommer og høst. Dyrket jord kan imidlertid ha tettere overflate enn tilsvarende udyrket jord, og kan derfor gi raskere overflateavrenning.

Skogareal dekker ca 50 % av arealet i nedbørfeltet. Skog har generelt større transpirasjon og intersepsjon enn dyrket mark og snaumark, og bidrar også til å redusere innstrålingen og forsinke snøsmeltingen om våren. Skogens virkning på avrenning og flom er behandlet nærmere i neste kapittel.

Annen snaumark utgjør ca 37 % av arealet i nedbørfeltet og består hovedsakelig av areal over skoggrensa. Denne klassen utgjør derfor størst andel av arealet i Hedmark, Oppland og Sør-Trøndelag. Slike arealer har generelt mindre produksjon enn dyrket mark og produktiv skog, og har derfor mindre flomdempende effekt.

* For kommuner i Hedmark har en forutsatt at følgende andel ligger innenfor Glommas nedbørfelt:

Kongsvinger	0,4	Trysil	0,2
Grue	0,6	Rendalen	0,9
Åsnes	0,9	Tolga/Os	0,8

4.4 Skogtilstand

4.4.1 Generelt om skogens virkning på avrenning og flom

Skogen bidrar til å redusere avrenningen først og fremst gjennom transpirasjon og intersepsjon. Haveraaen (1981) fant for en 2-årsperiode etter hogst at årsavrenningen økte med 200-250 mm, eller 30 prosent på et felt i Andebu, Vestfold, i forhold til et kontrollfelt som ikke ble hogd.

Intersepsjonen avhenger i første rekke av treslag, tetthet, nedbørmengde og nedbørsintensitet. Dersom nedbøren er fordelt på mange episoder med liten intensitet, vil en stor del fordampe fra trekronene uten å nå bakken. Med de nedbørsforholdene en har på Østlandet kan en regne med at ca 30 % av årsnedbøren vil intersepteres i en fulltett granskog (Brække 1970). Tallaksen et al. (1996) oppgir et middel på 27 prosent intersepsjon av nedbør for 2 år i en granskog i Bærum.

Skogen vil dessuten føre til at snøsmeltingen om våren forsinkes på grunn av redusert innstrålingen. I et tett skogbestand er snøsmeltingen målt til 2 mm pr døgngrad. På snaumark stiger snøsmeltingen fra 3 til 6 mm pr døgngrad utover våren, hovedsakelig som følge av nedgang i snøens albedo (Lars Bengtson, personlig meddelelse). Differansen, som er 1-4 mm pr døgngrad, kan betraktes som effekten av skogen på redusert avrenning under snøsmeltingen. I noen tilfeller kan også skogen redusere utstrålingen fra overflaten og beskytte mot frost, slik at jorda kan infiltrere vann.

4.4.2 Treslag

Resultatene fra Landsskogtakseringen* (tabell 8) viser at gran er det dominerende treslaget og dekker halvparten av det produktive skogarealet i Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland. Andelen av gran er størst i Akershus og Oppland, mens andelen av furu er størst i Østfold og Hedmark. Andelen av lauvskog øker i rekkefølgen Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland.

Treslagsfordelingen har betydning for skogens evne til å redusere avrenning og flomtopper. Gran og furu, vil gi større intersepsjon enn lauvtrær som mister bladene på høsten, og gir dessuten vesentlig større skyggeeffekt under snøsmeltingen. Ved samme høyde og diameter har gran større bladmasse enn furu, og vil derfor være det treslaget som gir størst effekt på intersepsjon og skyggeeffekt.

* Landsskogtakseringen er basert på en statistisk kartlegging av hele fylker, men en forutsetter at tallene også er representative for de delene som ligger innenfor Glommas nedbørfelt.

4.4.3 Bonitet

Bonitet er et uttrykk for skogens produksjonsevne og er begrenset av jorddybde, jordkvalitet og klima. I Østfold og Akershus, som ligger under skoggrensa, er jorddybde den viktigste begrensende faktoren for boniteten, mens klima er den viktigste begrensningen i Hedmark og Oppland, hvor det meste av arealet ligger høyere over havet. Tabell 9 viser at ca 50 % av det produktive skogarealet i Glommas nedbørfelt er klassifisert som middels bonitet (produksjonsevne 3-5 m³ pr ha og år), og at andelen er omtrent like stor i de 4 fylkene. Andelen av høg bonitet er størst i Østfold og Akershus mens andelen låg bonitet er størst i Hedmark og Oppland, hovedsakelig som følge av økende høyde over havet.

I et litteraturstudium oppgir Brække (1970) en variasjon i transpirasjon fra 120 til 380 mm pr år. Variasjon i bonitet antas å være en av årsakene til denne variasjonen. I tabell 10 er det vist et eksempel på skogbonitetens betydning for transpirasjonen ut fra en teoretisk beregning. Produksjonsevnene for de tre bonitetsklassene er beregnet på grunnlag av gjennomsnittlig H40-verdi og produksjonstabeller for de enkelte H40-klasser og treslag (se f. eks. Steinset 1998). Den gjennomsnittlige utnyttelsesgraden for vann er satt til 2 g biomasse pr kg vann. De øvrige beregningene er gjort på grunnlag av de samme forutsetningene som i kap. 3.3 ved beregning av nyttbart vann.

Tabell 11 viser at gran er det vanligste treslaget på alle bonitetsklassene, og er sterkest representert på høg bonitet. Dette viser at høg bonitet, som under ellers like forhold må antas å gi den sterkeste transpirasjonen, også favoriserer gran, som er det treslaget som generelt har størst bladarealindeks og dermed størst intersepsjon og skyggevirksomhet. Furu, som er et mer nøysomt treslag, finnes særlig på middels og låg bonitet. Lauvskog fins særlig på middels og høg bonitet i Østfold, og i større grad på låg bonitet i Hedmark og Oppland. Dette kan henge sammen med at en del av lauvskogen i Østfold består av varmekrevende edellauvskogtyper, mens fjellbjørkeskog utgjør en vesentlig del av lauvskogen i Hedmark og Oppland.

4.4.4 Hogstklasser

Hogstklasse er et mål på skogens utviklingstrinn. Tabell 12 viser at ca 5 % av det produktive skogarealet tilhører hogstklasse I, som består av hogstflater, areal med enkeltrær som er satt igjen til frøsetting eller svært glissen skog. Det øvrige arealet er relativt jevnt fordelt mellom klassene II-V i nedbørfeltet sett under ett.

For skog i hogstklasse I kan en regne med at det stort sett bare er bunnvegetasjonen som bidrar med transpirasjon og intersepsjon. Hogstklasse II har en øvre aldersgrense mellom 20 og 55 år, avhengig av boniteten. Ved

Tabell 8. Fordeling av treslag i Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland.

Table 8. The distribution of types of wood in Østfold, Akershus, Hedmark and Oppland counties.

Fylke	Antall flater	Fordeling på treslag, %			
		Gran	Furu	Lauvskog	Hogstflate
Alle fylkene	7694	51	35	9	5
Østfold	1329	45	46	5	4
Akershus	1600	58	28	9	5
Hedmark	3097	43	42	9	6
Oppland	1668	62	20	13	5

Tabell 9. Fordeling av bonitetsklasser i Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland.

Table 9. The distribution of site quality classes in Østfold, Akershus, Hedmark and Oppland counties.

Fylke	Antall flater	Fordeling på bonitetsklassar %		
		Høg	Middels	Låg
Alle fylkene	7694	22	48	30
Østfold	1329	32	40	29
Akershus	1600	33	52	16
Hedmark	3097	17	50	34
Oppland	1668	14	47	39

Tabell 10. Eksempel på skogbonitetens betydning for transpirasjonen.

Table 10. An example on the significance of site quality on the transpiration.

	Gj. snittlig H40-verdi	Gj.sn. prod. evne, m ³ /dekar/år	% stamme-trevirke	G.j.sn.prod. av bio-masse, kg tørrstoff/dekar /år	Beregnet transpirasjon
Høg	18,4	0,81	50	649	325
Middels	12,6	0,43	40	426	213
Låg	7,5	0,17	30	225	113

Tabell 11. Fordeling av bonitetsklasser på treslag i Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland.

Table 11. The distribution of site quality classes on types of wood in Østfold, Akershus, Hedmark and Oppland counties.

	Bonitet	Antall flater	Fordeling på treslag, %			
			Gran	Furu	Lauvskog	Hogstflate
Alle fylkene	Høg	1698	72	9	12	7
	Middels	3675	54	34	7	5
	Låg	2321	31	55	9	5
Østfold	Høg	419	75	9	9	7
	Middels	530	49	42	6	3
	Låg	380	6	92	1	2
Akershus	Høg	524	75	4	14	7
	Middels	827	59	28	7	5
	Låg	249	19	76	2	3
Hedmark	Høg	517	63	17	12	8
	Middels	1539	47	42	6	5
	Låg	1041	27	56	11	5
Oppland	Høg	238	75	5	16	4
	Middels	779	64	20	11	5
	Låg	651	55	25	14	6

Tabell 12. Fordelingen av hogstklasser i Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland.

Table 12. The distribution of development classes in Østfold, Akershus, Hedmark and Oppland counties.

Fylke	Antall flater	Fordeling på hogstklasser %				
		I	II	III	IV	V
Alle fylkene	7694	5	24	21	22	27
Østfold	1329	4	25	19	25	28
Akershus	1600	5	28	23	23	21
Hedmark	3097	6	24	23	20	27
Oppland	1668	6	21	18	20	35

Tabell 13. Fordelingen av bonitetsklasser på hogstklasser i Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland.

Table 13. The distribution of site quality classes on development classes in Østfold, Akershus, Hedmark and Oppland counties.

Fylke	Bonitet	Antall flater	Fordeling på hogstklasser %				
			I	II	III	IV	V
Alle fylkene	Høg	1698	7	23	35	20	15
	Middels	3675	5	29	23	19	24
	Låg	2321	5	18	8	27	42
Østfold	Høg	419	7	25	30	22	16
	Middels	530	3	29	20	22	26
	Låg	380	2	19	6	31	43
Akershus	Høg	524	7	23	30	25	15
	Middels	827	5	33	23	20	19
	Låg	249	3	22	8	31	36
Hedmark	Høg	517	8	23	43	15	12
	Middels	1539	5	28	26	17	24
	Låg	1041	5	19	10	27	38
Oppland	Høg	238	4	23	37	19	17
	Middels	779	5	26	20	19	29
	Låg	651	6	15	8	22	49

hjelp av produksjonstabellene kan det beregnes at den årlige produksjonen av stammetrevirke for hogstklasse II i gjennomsnitt er ca 20 % av produksjonen for hogstklasse III og IV. På grunn av sterkere vekst av røtter den første tiden, kan en gå ut fra at vannforbruket er i størrelsesorden 50 % av hogstklasse III-V. Den årlig produksjonen er vanligvis størst for hogstklasse III og IV, og avtar noe i hogstklasse V. På grunn av større høyde og bladarealindeks kan en imidlertid anta at hogstklassene III-V har omtrent samme vannforbruk.

Tabell 13 og 14 viser at fordelingen av hogstklasser på bonitet og treslag ikke er tilfeldig. Virkningen av skogtilstanden på avrenning og flom er et resultat av et samspill mellom disse faktorene. Når en skal etablere en database som skal være grunnlag for distribuert hydrologisk modellering, er det viktig at databasen gjenspeiler den fordelingen av hogstklasser på bonitet og treslag som resultatene fra Landsskogtakseringen viser.

Hogstklasse V dominerer på areal med låg bonitet. Gran og furu er jevnt fordelt på hogstklassene II-V, mens lauvskog har størst areal i hogstklasse II og III. Østfold er et unntak med størst andel lauvskog i klasse III og IV. Dette kan skyldes at en større del lauvskogen i Østfold består av gammel edellauvskog.

4.4.5 Middelhøyde og grunnflate

Tabell 15 viser skogens middelhøyde og grunnflate fordelt på fylke, hogstklasse og bonitet. Både middelhøyde og grunnflate øker med hogstklasse og bonitet, og er generelt større i Østfold og Akershus enn i Hedmark og Oppland. I middel for alle bonitetsklassene er middelhøyden ca 2,5 m for hogstklasse II, ca 12,3 m for hogstklasse III, ca 16,3 m for hogstklasse IV og ca 18 m for hogstklasse V. For hogstklasse V er middelhøyden ca 10 m høyere for høg bonitet som for låg bonitet.

Grunnflaten viser mindre variasjon mellom hogstklassene og større variasjon mellom bonitetsklassene enn middelhøyden. I middel for alle bonitetsklassene er grunnflaten ca 17,5 m²/ha for hogstklasse III, ca 20 m²/ha for hogstklasse IV og ca 21 m²/ha for hogstklasse V. Grunnflaten er gjennomgående ca dobbelt så stor på høg bonitet som på låg bonitet.

Middelhøyde og grunnflate er viktige parametre for å forklare transpirasjon og intersepsjon, og brukes til beregne bladarealindeksen.

Tabell 14. Fordelingen av treslag på hogstklasser i Østfold, Akershus, Hedmark og Oppland.

Table 14. The distribution of types of wood on development classes in Østfold, Akershus, Hedmark and Oppland counties.

Fylke	Treslag	Antall flater	Fordeling på hogstklasser, %				
			I	II	III	IV	V
Alle fylkene	Gran	3907	0	25	23	23	28
	Furu	2695	0	22	21	23	34
	Lauvskog	685	0	42	27	18	13
	Hogstflate	407	100	0	0	0	0
Østfold	Gran	599	0	28	20	26	26
	Furu	607	0	25	17	25	34
	Lauvskog	72	0	15	43	29	13
	Hogstflate	51	100	0	0	0	0
Akershus	Gran	932	0	29	24	25	22
	Furu	442	0	28	24	23	25
	Lauvskog	139	0	39	32	24	5
	Hogstflate	87	100	0	0	0	0
Hedmark	Gran	1341	0	26	26	22	26
	Furu	1313	0	21	23	23	33
	Lauvskog	265	0	48	24	13	15
	Hogstflate	178	100	0	0	0	0
Oppland	Gran	1035	0	19	19	22	39
	Furu	333	0	18	15	22	45
	Lauvskog	209	0	44	22	17	17
	Hogstflate	91	100	0	0	0	0

Tabell 15. Middelhøyde og grunnflate for ulike bonitetsklasser fordelt på hogstklasser.

Table 15. The mean tree heights and base area of tree trunks for different site quality classes distributed on development classes.

Fylke	Bonitet	Middelhøyde, m				Grunnflate m ² /ha		
		Hogstklasser				Hogstklasser		
		II	III	IV	V	III	IV	V
Hele feltet		2,5	12,3	16,3	18,1	17,5	19,8	21,0
Østfold		2,9	12,7	16,7	18,6	18,4	20,3	21,5
Akershus		2,5	13,0	18,0	20,3	18,7	22,8	24,0
Hedmark		2,4	12,0	15,4	17,5	16,3	18,2	18,9
Oppland		2,2	11,9	15,5	17,5	16,9	19,1	21,2
Hele feltet	Høg	2,7	13,9	20,4	24,8	21,7	28,2	30,4
	Middels	2,4	11,9	17,0	19,8	14,3	21,6	24,1
	Låg	2,2	9,8	13,1	14,9	11,0	13,3	15,7
Østfold	Høg	3,0	13,6	20,9	24,5	21,7	26,0	27,6
	Middels	2,9	12,2	17,0	19,8	16,4	20,8	23,2
	Låg	2,6	10,3	13,2	15,1	10,1	15,2	17,4
Akershus	Høg	2,6	13,9	20,3	25,2	22,3	28,3	29,8
	Middels	2,4	12,5	17,9	20,5	16,2	21,7	25,4
	Låg	2,0	11,3	14,4	15,6	14,9	15,8	16,6
Hedmark	Høg	2,6	13,8	20,4	24,8	20,3	30,5	33,0
	Middels	2,4	11,7	16,7	19,6	15,8	21,6	22,9
	Låg	2,3	9,5	12,9	14,5	10,0	11,7	13,1
Oppland	Høg	2,7	14,6	19,9	24,7	24,3	28,3	32,6
	Middels	2,1	11,2	16,5	19,7	15,9	21,8	25,5
	Låg	2,3	9,5	12,9	15,0	12,0	13,6	17,7

LITTERATUR

Brække, F. 1970. Myrgrøfting for skogproduksjon. Innflytelse på vannhusholdning og flomfare. Tidsskrift for skogbruk, 78 (2), 227-238.

Haveraaen, O. 1981. Virkning av snauhogst på vannmengde og vannkvalitet fra en østnorsk barskog. Medd. Nor. Inst. skogforsk. 36 (7): 1-27.

Rinde, T. 1998. A flexible hydrological modelling system developed using an object-oriented methodology. Ph.D. Thesis, The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.

Statistisk sentralbyrå. 1989. Landbruksstatistikk. Norges Offentlige statistikk. Oslo-Kongsvinger.

Statistisk sentralbyrå. 1993. Statistisk årbok. 495 s.

Steinset, T. A. 1998 (red.). Norsk skoghåndbok. Landbruksforlaget. 336 s.

Tallaksen, L.M., Schunselaar, S. and van Veen, R. 1996. Comparative model estimates of interception loss in a coniferous forest stand. Nordic Hydrology, 27(3):143-160.

Tidligere utgitt i HYDRA-serien

Flomdemping, flomvern og flomhandtering (F)

- F02 Estimating the mean areal snow water equivalent from satellite images and snow pillows.
Thomas Skaugen, NVE.
- F03 Modellstudie av regulerings flomdempende effekt i Gudbrandsdalslågen.
Magne Wathne og Knut Alfredsen, SINTEF

Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak (Mi)

- Mi01 Miljøkonsekvenser av flom - flom og vannkvalitet.
Bjørn Faafeng, Espen Lydersen, Gøsta Kjellberg, Vilhelm Bjerknes, NIVA
- Mi02 Virkning av flom på vannlevende organismer.
Åge Brabrand, John E. Brittain, Ketil Sand, Per Aass, UiO
Gunnar Halvorsen, Kjetil Hindar, Arne Jensen, Bjørn Ove Johnsen, NINA
Jo Vegar Arnekleiv, Dag Dolmen, NTNU
Bjørn Rørslett, NIVA
Jan Henning L'Abée-Lund, NVE
- Mi03 Miljøeffekter av flomforebyggende tiltak - en litteraturstudie.
Torbjørn Østdahl, Trond Taugbøl og Børre Dervo, Østlandsforskning.
- Mi04 Miljøtilpasninger ved eksisterende og nye flomsikringstiltak - en litteraturstudie.
Torbjørn Østdahl og Trond Taugbøl, Østlandsforskning.

Naturgrunnlag og arealbruk (N)

- N01 Naturlige magasineringsområder.
Bjørn Follestad, Norges geologiske undersøkelse
Noralf Rye, Geologisk institutt, UiB

Tettsteder (T)

- T01 Betydningen av lokal-/total overvannsdiskonering (LOD/TOD) på flommer.
Svein Endresen, Siv.ing. Svein Endresen AS.
- T03 Lokal og total overvannsdiskonering (LOD/TOD) - Beskrivelser av anlegg, erfaringer mm.
Svein Endresen, Siv.ing. Svein Endresen AS.

Kontaktpersoner

- formann i styringsgruppen:** Ola Skauge
Tlf. 73 58 05 00
E-post: ola.skauge@dirnat.no
- programleder:** Arnor Njøs
Jordforsk
Tlf. 64 94 81 70 (Jordforsk)
Tlf. 22 95 90 98 (NVE)
E-post: arnor.njos@jordforsk.nlh.no
E-post: xarn@nve.no.
- naturgrunnlag og arealbruk:** Arne Grønlund
Jordforsk
Tlf. 64 94 81 09
E-post: arne.gronlund@jordforsk.nlh.no
- Noralf Rye
Universitetet i Bergen
Tlf. 55 58 34 98
E-post: noralf.rye@geol.uib.no
- tettsteder:** Oddvar Lindholm
Norges Landbrukshøgskole
Tlf. 64 94 87 08
E-post: oddvar.lindholm@itf.nlh.no
- flomdemping, flomvern og flomhandtering:** Dan Lundquist
Glommens og Laagens
Brukseierforening
Tlf. 22 54 96 00
E-post: post@glb.no
E-post: danlund@sn.no
- skaderisikoanalyse:** Nils Roar Sælthun
Norsk institutt for vannforskning
Tlf. 22 18 51 21
E-post: nils.saelthun@niva.no
- miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak:** Olianne Eikenæs
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 92 24
E-post: oli@nve.no
- databaser og GIS:** Lars Andreas Roald
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 92 40
E-post: lars.roald@nve.no
- modellarbeid:** Ånund Killingtveit
Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet
Tlf. 73 59 47 47
E-post: aanund.killingtveit@bygg.ntnu.no
- programadministrasjon:** Olianne Eikenæs
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 92 24
E-post: oli@nve.no
Hjemmeside: <http://www.nve.no>
- Per Einar Faugli
Norges vassdrags- og energidirektorat
Tlf. 22 95 90 85
E-post: pef@nve.no



**Norges
vassdrags- og
energidirektorat**

Kontoradresse: Middelthuns gt. 29
Postadresse: Postboks 5091 Maj. 0301 Oslo