

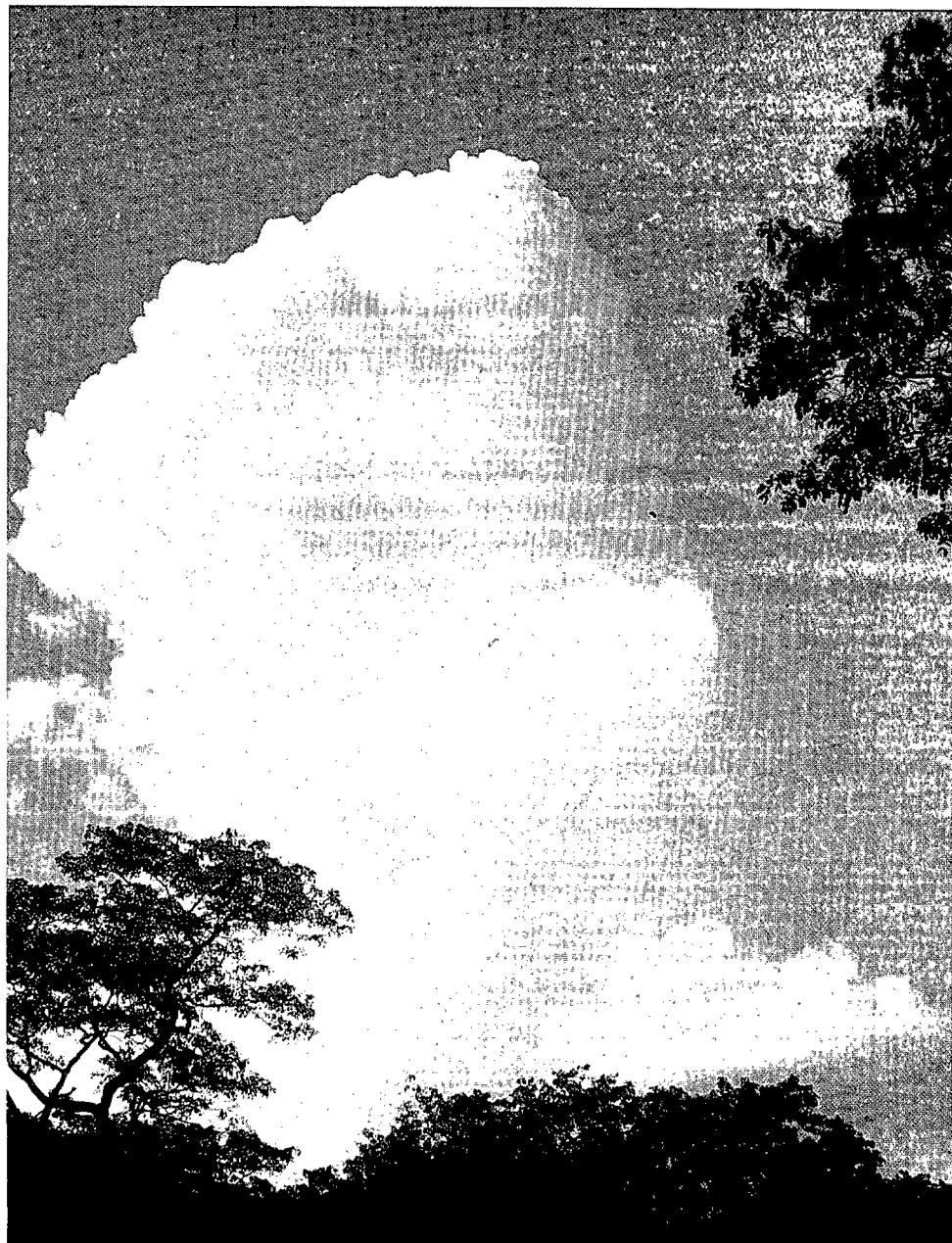
DNMI DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

ESTIMERING AV SNØAKKUMULERING OG SNØSMELTING

av EIRIK J. FØRLAND, KNUT HARSTVEIT & SOFUS L. LYSTAD

RAPPORT NR. 12/96



DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3
TELEFON: 22 96 30 00

ISBN 0805-9918

RAPPORT NR.

12/96 KLIMA

DATO

29.02.96

TITTEL

**ESTIMERING AV SNØAKKUMULERING OG
SNØSMELTING**

UTARBEIDET AV

**Eirik J. Førland
Knut Harstveit
Sofus L. Lystad**

OPPDRAKSGIVER

**Energiforsyningens Fellesorganisasjon (EnFO)
Det norske meteorologiske institutt (DNMI)**

OPPDRAKSNR. EnFO A-192

SAMMENDRAG

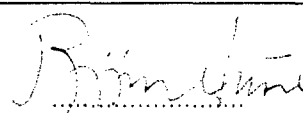
Det er testet ulike snøsmeltingsmodeller som kun benytter rutinemessige meteorologiske observasjoner. Spesiell vekt er lagt på generalisering av energibalanse-modellen DYRSMELT. De ulike modellene er testet dels ved hjelp av snøputedata, dels ved målte verdier av snødybde og snøtetthet ved utvalgte målestasjoner.

Til simuleringen av netto snømagasin på utvalgte lokaliteter er det benyttet DNMI's AMOR-vannbalansemodell. Foreløpige resultat viser godt samsvar mellom simulert snømagasin og observert snømagasin på nærliggende snøputer.

Det er lagt vekt på å finne frem til snøakkumulerings-modeller som kan benytte rutinedata fra DNMI's observasjoner og prognoser (HIRLAM). Modellene kan derfor enkelt utvides til også å gi prognoser for forventet snøsmelting opp til 7 dogn fremover i tid.

UNDERSKRIFT


Eirik J. Førland
PROSJEKTLEDER


Bjørn Aune
FAGSJEF

INNHold

1. INNLEDNING	3
2. SNØSMELTINGSMODELLER	5
2.1 Generelle forhold	5
2.2 Modell parametrisering	5
2.3 Modell struktur	6
2.4 Energibalansmodellen «DYRSMELT»	8
3. NETTO SNØMAGASIN UTTRYKT SOM KAR-MODELL	12
3.1 Kar-struktur	12
3.2 Kar-behandling	13
4. RESULTATER OG DISKUSJON	14
4.1 Modellresultater for tetthetsmålinger	14
4.2 Modellresultater for snøputemålinger	20
5. SIMULERING AV SNØSMELTING OG NETTO SNØMAGASIN PÅ UTVALGTE LOKALITETER	28
6. OPPSUMMERING	35
7. REFERANSER	36
8. APPENDIKS	37
8.1 Program struktur	37
8.2 Input-parametre.....	38
8.3 Output-parametre	39
8.4 Snøputeregistreringer 1994/95 og 1995/96	40

1. INNLEDNING

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har utarbeidet snøakkumuleringskart for kraftverksbransjen siden 1951. Disse kartene gir for hver vintersesong summen av nedbør fra snøakkumuleringens begynnelse frem til siste dag i månedene januar til og med april. Nedbørsummen blir uttrykt i prosent av den normale nedbør regnet fra snøakkumuleringssesongens normale starttidspunkt frem til månedens siste dato. Begynnelsetidspunktet for hvert år fastslås på meteorologisk grunnlag, og tegnes inn på spesielle kart. Snøakkumuleringskartene utarbeides for tre standard høydenivå: 400, 800 og 1200 m o.h. Denne typen snøakkumuleringskart tar ikke hensyn til avsmelting i akkumuleringssesongen, og kan derfor gi et misvisende bilde av netto snømagasin i kraftverkens nedbørfelt.

DNMI startet i 1993 i samarbeid med Energiforsyningens Fellesorganisasjon (EnFO) prosjektet A-192 "Forbedring av snøakkumuleringskart". Prosjektet besto av to delprosjekt:

- 1). Evaluering og forbedring av de eksisterende snøakkumuleringskart.
- 2). Utvikling av snøsmeltingsmodell til beregning av netto snømagasin

Delprosjekt 1 ble sluttrapportert i 1994 (Førland & Arntzen, 1994). Det ble beregnet nye normaler for nedbørhøyde og startdato for snøakkumuleringssesongen. I tillegg ble det utarbeidet oversikt over frekvensfordeling og trender for startdatoer for snøakkumuleringssesongen og for snøakkumulerings-prosenter ved utgangen av april. I de vestlige fjellområder ble det funnet en klar tendens til økende snømagasin utover i perioden 1960-1994. Det er også et kuriosum at det i milde vintre er en klar tendens til stor snøakkumulering i fjellområdene på Vestlandet (Førland, 1994).

I det opprinnelige prosjektforslag var det foreslått en forenklet kartfremstilling av akkumulerte nedbørverdier fra og med fikserte datoer (eks. 1. mai og 1. oktober). Det er laget rutiner for utarbeidelse av slike kart, og kart med akkumulert nedbør f.o.m. 1. oktober inngår nå i DNMI's hurtigstatistikk. På grunn av store variasjoner i startdato både mellom ulike regioner og fra år til år, viste det seg at slike kart ikke uten videre kunne erstatte de eksisterende snøakkumuleringskart. For å unngå avbrudd i presentasjon av informasjon om snømagasin i kraftverkens nedbørfelt, ble det utviklet en mer moderne fremstillings-metodikk for de tradisjonelle snøakkumuleringskartene på DNMI's nye database. Mesteparten av utviklingsarbeidet med de nye kartene er utført som egeninnsats fra DNMI.

Denne rapporten beskriver arbeidet i delprosjekt 2), der hovedmålsettingen var å utvikle metodikk for estimering av akkumulert snømagasin som tar hensyn til nedbørtype og avsmelting i vintersesongen. En forutsetning var at input-data i modellene kun skulle baseres på rutinemessige værdata innsamlet fra DNMI's telegraferende værstasjoner. Det er dermed mulig å få en kontinuerlig, sanntids oppdatering av akkumulert snømagasin. De valgte input-data er også tilgjengelige i DNMI's prognosemodeller. Dermed er det i prinsippet mulig å beregne netto snømagasin og snøsmelting i vilkårlige punkt (f.eks. gridpunkt) eller areal (nedbørfelt) både i sanntid og som prognoser for opptil 7 døgn.

I denne rapporten beskrives først ulike modeller som hittil er brukt til å simulere avsmelting fra snømagasinet (kapittel 2.1-2.3). I kapittel 3 beskrives den kar-modellen som brukes til estimering av lokal vannbalanse. I kapittel 4.1 evalueres resultater fra estimering av snøtetthet og snømagasin for spredte punktmålinger. Mest realistisk beskrivelse av snøsmelting fås ved å benytte energibalansmodeller, og derfor er modellen «DYRSMELT» (kapittel 2.4) testet mot de tilgjengelige input-data.

Det viste seg at evaluering av modellene var avhengig av bedre tidsoppløsning enn det manuelle tetthetsmålinger og snøtakseringsmålinger tillot. Det ble derfor innhentet snøputedata og data fra automatiske værstasjoner nær snøputene. Det var vekslende kvalitet på disse dataene, slik at det måtte legges ned en del arbeid i å plukke ut perioder med akseptabel kvalitet. I kapittel 4.2 testes energibalansmodellen mot avrenningsdata fra en moden snøpakke hentet fra snøputeregistreringer fra Lybekkbråten og Sagelva.

På forsøksbasis har DNMI for intern bruk startet simulering av netto snømagasin på utvalgte lokaliteter. Noen resultater fra simuleringene for vintersesongene 1994/95 og 1995/96 er gitt i kapittel 5.

En hjertelig takk rettes til Statkraft (v/Erling Lie) og Sira-Kvina (v/Ivar Skregelid) for organisering av snøtetthetsmålingene som er benyttet i kapittel 4.1, og til NVE (v/Kjell Repp) som har stilt snøputedata til disposisjon for prosjektet. En spesiell takk til John Tveit, Inst. for Vassbygging, NTH som har latt prosjektet få tilgang til et kvalitetskontrollert datasett med snøputedata og værdata fra Sagelva-feltet.

2. SNØSMELTINGSMODELLER

2.1 Generelle forhold

Utgangspunktet for de valgte modeller er at all nødvendig informasjon skal være gitt via standard meteorologisk informasjon, dvs. den informasjon som overføres f.eks. via SYNOP kode.

Modellen som beskriver utviklingen av netto snømagasin er bygget som en karmodell, hvor ulike prosesser fyller eller tapper karet og karstatus gjøres opp en gang pr døgn. Dette siste krav er en følge av at nedbør som fyller karet de fleste steder kun rapporteres en gang pr døgn. Det samme gjelder for parametre som karakteriserer snøforhold, dvs. snødekke og snødybde.

Resultatene fra modellene er rene punkttestimater, da bare informasjonen fra en stasjon benyttes uten forsøk på arealfordeling av de geofysiske inngangsverdiene. Modellene vil også være endimensjonale siden enhver horisontal strømming av vann utelukkes.

Snøsmelteprosessene i slike modeller kan parametriseres på ulik måte. Fra en helt enkel temperaturindeks metode til en komplett energibalanse for snølaget. Den komplette energibalansemetoden vil umiddelbart være den fysikalsk mest tilfredstillende metoden, men siden SYNOP koden ikke inneholder noen informasjon om stråling må denne beregnes eller parametriseres via tilgjengelig informasjon.

2.2 Modell parametrisering

Som nevnt kan snøsmelte-verdier beregnes ut fra en full energibalanse relasjon for snølaget, men dette krever en stor mengde inngangs variable delvis basert på parametre som kan være meget vanskelig tilgjengelig (ikke målt rutinemessig eller ikke målt i det hele tatt.)

Modellene som er benyttet i kapittel 2.2, 2.3 og 2.4 er derfor i energibalanse-sammenheng «parametriserte». Fysikalsk sett vil en parametrisering være best fundert via en ren dimensjonsanalyse, dvs. de ulike prosessene eller leddene i energibalanseligningen bringes på dimensjonsløs form via dimensjonsløse produkter. I kapittel 2.4 blir det beskrevet en energibalansmodell som er tilpasset norske forhold.

Prosessene som inngår i den parametriserte energibalansen kan resymeres som

1. Netto stråling	Q_N
2. Konvektiv utveksling med luft	Q_H
3. Fordampning/kondensasjon	Q_E
4. Varmeledning fra underlaget	Q_G
5. Energiutveksling med regn	Q_R

Innen konveksjon vil dimensjonsløse produkter som Grashof tall og Prandtl tall inngå, massetransport involverer også Nusselt tall. Ved å forenkle problemet til et stasjonært fenomen hvor lengde dimensjonen ikke inngår (snøflater er så store at kanteffekter ikke inngår) vil man kunne etablere relasjoner av typen

$$Q_N = \phi_1(T, e, N, \alpha)$$

$$Q_H = \phi_2(T, U)$$

$$Q_E = \phi_3(T, e, U)$$

$$Q_G = \phi_4(T)$$

$$Q_R = \phi_5(T)$$

hvor T er temperatur, e vanndamptrykk (representerer fuktighet) og U er vind (representerer ulike transportkoeffisienter). Parametriseringen av Q_N er et "gjestimat" basert på formler som Ångstrøm, Brunt eller Idso og N er et mål for skydekket og α er snøflatens albedo.

Siden snøsmeltingen, SM kan uttrykkes som:

$$SM = F(Q_N, Q_H, Q_E, Q_G, Q_R)$$

kunne en tenke seg

$$SM = F(T, e, U, N, \alpha)$$

$$= f(T) + O(2) + \dots$$

dvs en ren parametrisering via temperaturvariable, mens andre parametre kun gir andre ordens bidrag. Produkt- eller additiv-funksjonssammenheng i de ulike parametrene kunne også tenkes. Overflateparameteren α , albedo er så parametrisert via snødekkets mektighet og alder siden siste snøfall.

2.3 Struktur for de parametriserte snøsmeltingsmodeller

I parametriseringen av snøsmeltingsmodeller er det benyttet formler med forskjellig behov for antall input parametre. Av den enkleste typen, $SM = F(T)$ er valgt 6 ulike formler. I tillegg er det benyttet en modell som inkluderer fuktighet og vind og tilsist en ren parametrisering av alle ledd i energibalansen. Energibalansemodellen som er tilpasset norske forhold er presentert i kapittel 2.4

2.3.1 $SM=F(T)$

Beregner snøsmelting pr dag (mm/dag) etter Corps of Engineers [1956] med formler

åpne felt :	$SM = a_1 \cdot (TM - a_2)$	$TM_2 < TM < TM_1$
	$SM = b_1 \cdot (TX - b_2)$	$TX_2 < TX < TX_1$
skog :	$SM = c_1 \cdot (TM - c_2)$	$TM_4 < TM < TM_3$
	$SM = d_1 \cdot (TX - d_2)$	$TX_4 < TX < TX_3$

input er TM døgn-middel temperatur eller TX døgnets maksimums temperatur og konstantene a_i , b_i , c_i , d_i og output er SM snøsmelting som mm/døgn.

Videre er inkludert en standard temperaturindex formel av typen [NVE,1986]

$$SM = b_1 \cdot TM \quad TM_2 < TM$$

2.3.2 SM=F(T,A,U)

En litt mer datakrevende formel av kombinert type er gitt av Popov [1947,1948] og har formen:

$$SM = a_1 \cdot (1 - \alpha) \cdot (TX - TM - a_2) + a_3 \cdot (TM - TN) + a_4 \cdot (TM - a_5) \cdot U$$

hvor som før TM er døgnetts middell temperatur, TX og TN er henholdsvis døgnetts maksimums og minimums temperatur, α er døgnetts midlere albedo og U er som før middel vind. SM er snøsmelting pr døgn.

En noe tilsvarende formel er gitt av Light [1941] og har formen

$$SM = U \cdot (a_1(TM - a_2) F(H) + a_3 \cdot (e - a_4))$$

der TM igjen er døgn middell temperaturen, U er middel vind, e er vanndamptrykk og H stasjonshøyde. SM er igjen snøsmelting pr døgn.

2.3.3 SM=F(LAT,T,N,A,U,e)

Energibalanse formelen parametriseres gjennom beregning av maksimal globalståling via breddegraden LAT og reduksjon via mengde av lave skyer og totalt skydekke. Den langbølgede balansen tar utgangspunkt i Stefan-Boltzman relasjonen og reduksjon gies via overnevnte skyparametre samt vanndamp innhold i luft. Konvektive og massetransport prosesser beskrives via standard formelapparat (potensial relasjoner), se f.eks. lign.(2.4.7) og (2.4.8).

2.4 Energibalansmodellen «DYRSMELT»

Komplett energibalanse for en snøpakke kan skrives som

$$Q_M + Q_I = Q_N + Q_H + Q_E + Q_R + Q_G \quad (\text{lign.2.4.1})$$

der Q_M er samlet energi tilført snøpakken, Q_I er endring av snøpakkens indre energi, Q_N er netto strålingsbalanse, Q_H og Q_E de turbulente flukser av følbare og latent varme, Q_R varme-tilførsel fra regnvann og Q_G tilførsel av jordvarme (Harstveit, 1984).

I denne undersøkelsen betraktes smelting fra en moden snøpakke, dvs. en snøpakke mettet med fritt vann og med døgnmiddeltemperatur nær 0°C . Q_I er derfor et neglisjerbart ledd på døgnbasis, selv om timesverdiene i form av feks. frysing og tining av fritt vann ikke er det. Vi ser også bort fra Q_R idet 10 mm regn ved en temperatur på 5°C bare produserer 0.6 mm smeltevann. Vi ser også bort fra jordvarmen Q_G , som nok ville gitt et bidrag ved snø på oppvarmede flater, slik som snøfall på bar mark sent på våren og tidlig på høsten.

Smelting av en snøpakke i moden tilstand, dvs. mettet med fritt vann og ved temperatur 0°C , og uten varmeutveksling med jorden under, kan da modelleres på døgnbasis ved lign.(2.4.2).

$$Q_M \approx Q_N - Q_H + Q_E \quad [\text{Wm}^{-2}] \quad (\text{lign.2.4.2})$$

Enheden i lign.(2.4.1) er $[\text{Wm}^{-2}]$. For å smelte en snøpakke som gir en vannekvivalent på 1 mm trengs det en energimengde på 0.333 MJm^{-2} . Dette gir at 1 mm vann pr. døgn produsert ved smelting, definert som 1 mm smelteekvivalent pr døgn, kan betegnes ved $[\text{mmdgn}^{-1}] = 0.333 \text{ MJm}^{-2} \text{ dgn}^{-1} \approx 3.85 \text{ Wm}^{-2}$. Snøsmeltingen (SM) i mm/døgn kan derfor uttrykkes som:
 $SM = Q_M / 3.85$.

Samlet smeltefluks, Q_M

Ved en moden snøpakke kan vi ved måling av vann som forlater snøpakken få et estimat for Q_M . Dette kan gjøres ved å måle vannet som forlater snøpakken med et snølysimeter og trekke fra evt. tilført regnmengde. Det kan også gjøres ved å måle tyngdereduksjonen (snøpute) og trekke fra evt. tilført snømengde. I begge tilfelle vil det være best å foreta døgnmålinger. Fordi snømengden tilføres mest energi om dagen, kan mye smeltevann være på veg nedover snøpakken om dagen. Det beste tidspunktet for målingene er derfor sent på kvelden fordi man da fanger opp smeltevannet som er produsert på dagtid og samtidig lar mestedelen av evt. negativt energi-input om natten gå inn i neste dags budsjett. Tilført dagvarme må da først smelte og oppvarme snøpakken slik at smeltevann igjen kan renne av. Derved behandles pluss og minus i Q_I innenfor samme døgn. Naturlig måletidspunkt blir da ved midnatt. Dette bør i alle fall tilstrebes ved bruk av automatiske målemetoder. Ved andre måletidspunkter vil støy kunne tilføres målingene ved døgnlig oppløsning idet det ikke blir samsvar mellom høyre og venstresiden i lign.(2.4.1).

Netto strålingsbalanse, Q_N

Netto strålingsbalanse er gitt ved en kortbølget del $Q_S(1-\alpha)$, og en langbølget del $Q_{L\downarrow} - \sigma T_0^4$

$$Q_N = Q_S(1-\alpha) + Q_{L\downarrow} - \sigma T_0^4 \quad (\text{lign.2.4.3})$$

Her er Q_S globalstrålingen og α snødekkets albedo. $Q_{L\downarrow}$ er langbølget tilbakestråling fra atmosfæren og σT_0^4 langbølget utstråling fra snøflaten. σ er Stephan Boltzmanns konstant.

I prinsippet kan alle strålingsfluksene måles. Praktisk er dette bare gjennomførbart som punktmålinger og egner seg derfor best ved siden av snølysimeter/snøpute, eller også i ganske små nedbørfelt. Ofte er det imidlertid aktuelt å benytte rutinemessig innsamlede meteorologiske data der strålingsmålinger ikke inngår.

I Harstveit (1984) er det utledet/kalibrert formler som gjør at strålingsparameterne kan estimeres på grunnlag av kjennskap til ekstrateristrisk kortbølget stråling, Q_{EX} ; observert skydekke, c ; snødekkets alder, t ; lufttemperatur, T_a og overflatetemperatur, T_0 .

Globalstråling, Q_S

Relativ globalstråling Q_S/Q_{EX} kan bestemmes utfra skydekket, c i deler av 1:

$$Q_S = Q_{EX} [-0.16(1-c) + 0.08\sqrt{(1-c)} + 0.07] \quad (\text{lign.2.4.4})$$

Q_{EX} er bestemt utfra solarkonstanten, geografisk posisjon og tid på året. Ligningen er optimalisert for april/mai ved bruk av strålingsdata målt i Dyrdalen, 437 moh 11 km SE for Bergen og skydekkeobservasjoner fra Bergen (Bergen - Florida). 102 døgnmålinger er benyttet og korrelasjonskoeffisienten var 0.88. Ligningen burde gjelde når skydekket i stor grad er bestemt ved adveksjon av fuktige luftmasser, slik forholdet vanligvis er under smelteepisodene i Norge.

Albedo, α

$$\alpha = -0.13(1-c) - 0.05 \ln t + 0.87 \quad (\text{lign.2.4.5})$$

er gitt som en funksjon av skydekket, c i deler av 1 og antall døgn siden siste snøfall, t . Etter at dette snøfallet er smeltet bort, går man tilbake til snøfallet før dette. Ligningen er utledet i Dyrdalen med korrelasjonskoeffisient på 0.75. Den burde strengt tatt vært kalibrert mhp. forholdene på det aktuelle stedet den skal brukes. Ligningen viser at det er høyere albedo ved skyet vær enn ved klarvær, dette som følge av multippel refleksjon (Harstveit, 1984) fra snødekket.

Langbølget tilbakestråling, $Q_{L\downarrow}$

Langbølget tilbakestråling kan bestemmes utfra skydekket, c i deler av 1 og lufttemperaturen, T_a :

$$Q_{L\downarrow} = 102\sigma T_a^4 + 70.7(1-c) - 91.5 \quad [\text{Wm}^{-2}] \quad (\text{lign.2.4.6})$$

$Q_{L\downarrow}$ er modellert ut fra filosofien om at langbølget tilbakestråling til overflaten skyldes to tilnærmet uavhengige prosesser. Det ene leddet skyldes stråling utenfor det atmosfæriske vindu (8-13 μm). Denne stråler da som et sort legeme og er kun avhengig av temperaturen. Absorpsjonsbåndene for vanndamp er oftest fulle, slik at den langbølgede strålingen i det bakkenære sjikt varierer lite med det aktuelle fuktighetsnivået. Inne i vinduet derimot er atmosfæren transparent når vann ikke forekommer i flytende eller fast form eller andre partikler virker absorberende. Denne avhenger da av skytemperaturen og skydekkets «tetthetsgrad». Som en første ordens tilnærmelse kan vi si at stråling i vinduet øker proporsjonalt med skydekket.

Konstantene i lign.(2.4.6) er funnet ved multiplere korrelasjonsanalyse fra 150 månedsdata 1965-79 fra Bergen med σT_a^4 og $1-c$ som uavhengig variable. Korrelasjonskoeffisienten var hele 0.95 hvilket indikerer at filosofien med ukoblede ledd er fornuftig.

Langbølget utstråling, σT_0^4

Langbølget utstråling er antatt proporsjonal med snøens overflatetemperatur i 4.de potens, dvs. vi bruker Stephans - Boltzmanns lov og betrakter snøen som et sort legeme. Ved snøsmelting vil $T_0=273.15\text{K}$. Ved modellering over et smeltende snødekke settes $T_0=T_a$ når $T_a < 273.15\text{K}$. Dette vil i mange tilfelle være noe ukorrekt, ved stille, klart vær faller bakketemperaturen til en lavere verdi enn lufttemperaturen. Ved temperaturer straks over 273K og tørr luft med lite globalstråling vil likevel $T_0 < 273\text{K}$. Vi ser bort fra slike effekter når vi betrakter smelteepisoder, men problemet med negativ energibalanse må sees næyere på dersom det er lange perioder med kjølig vær i betraktningsperioden.

Turbulente varmekulser, Q_H og Q_E

Som tilnærming brukes verdier fra Dyrdaalen (Harstveit, 1984):

$$Q_H = f(u)(T_a - T_0) \quad (\text{lign.2.4.7})$$

$$Q_E = 17f(u)(e_a - e_0) \quad (\text{lign.2.4.8})$$

Varmefluksene er ved konstant vind proporsjonale med forskjellen mellom lufttemperatur (vanndamptrykk) i lufta og ved bakken. Sammenhengen varierer lineært med vindhastigheten. I Dyrdalsområdet ble vindfunksjonen optimalisert ved målte verdier av alle øvrige ledd i lign.(2.4.2), samt målinger av lufttemperatur, vanndamptrykk og vindhastighet, $U_{1.3m}$. Vindfunksjonen kan derved skrives:

$$f(U) = aU - b \quad [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}] \quad (\text{lign.2.4.9})$$

For de to stasjonene med best kvalitet ble konstantene (a,b) funnet til (3.65, 0.0) og (3.1, 2.3). Ved andre målehøyder for vindhastighet, U anbefales omregningsformelen

$$U_{1.3m} = U_z \left(\frac{1.3m}{z} \right)^{0.17} \quad (\text{lign.2.4.10})$$

Dette gir (2.58, 0.0) og (2.19, 2.3) for (a,b)- settene ovenfor.

I lign. (2.4.7) og (2.4.8) representerer T_0 og e_0 forholdene ved snøflaten. Ved en smeltende snøflate er $T_0 = 273.15\text{K}$ og $e_0 = 6.11 \text{ mb}$. Når lufttemperaturen, $T_a < 273.15\text{K}$ settes $T_0 = T_a$ og $e_0 = e(T_a)$ selvom dette ikke er helt korrekt (se langbølget utstråling).

Oversikt over ligningsapparatet for energibalanseregninger med «DYRSMELT»

$$Q_M \approx Q_N + Q_H + Q_E \quad [\text{Wm}^{-2}, \text{mmdgn}^{-1}] \quad (\text{lign.2.4.2})$$

$$Q_N = Q_S(1-\alpha) + Q_{L\downarrow} - \sigma T_0^4 \quad (\text{lign.2.4.3})$$

$$Q_S = Q_{EX}[-0.16(1-c) + 0.08\sqrt{(1-c)} + 0.07] \quad (\text{lign.2.4.4})$$

$$\alpha = -0.13(1-c) - 0.05 \ln t + 0.87 \quad (\text{lign.2.4.5})$$

$$Q_{L\downarrow} = 1.02\sigma T_a^4 + 70.7(1-c) - 91.5 \quad [\text{Wm}^{-2}] \quad (\text{lign.2.4.6})$$

$$Q_H = f(u)(T_a - T_0) \quad (\text{lign.2.4.7})$$

$$Q_E = 1.7 f(u)(e_a - e_0) \quad (\text{lign.2.4.8})$$

$$f(U_{10m}) = aU_{10m} + b \quad [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}] \quad (\text{lign.2.4.9})$$

$$U_{10m} = U_z \left(\frac{10m}{z} \right)^{0.17} \quad (\text{lign.2.4.10})$$

T_a = Lufttemperatur ($^{\circ}\text{K}$)

T_0 = Overflatetemperatur ($=273.15^{\circ}\text{K}$ ved $T_a \geq 273.15^{\circ}\text{K}$; $=T_a$ ved $T_a < 273.15^{\circ}\text{K}$)

c = Skydekke (i deler av 1, klart: $c=0$, overskyet $c=1$)

t = Snødekkets alder (døgn etter siste snøfall)

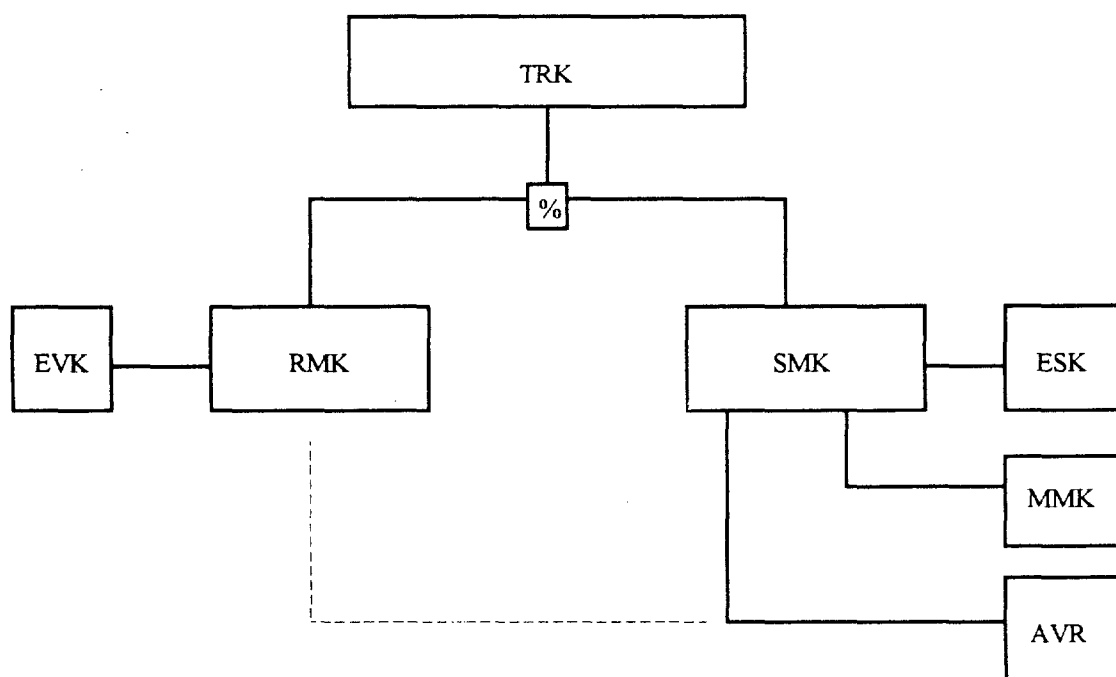
e_a = Luftens vanndamptrykk (hPa)

e_0 = Vanndamptrykk (hPa) ved bakken (ved smeltende snø er $e_0 = 6.11 \text{ hPa}$)

3. NETTO SNØMAGASIN BESKREVET SOM KARMODELL

3.1 Kar-struktur.

Den lokale vannbalansemodellen kan betraktes som en rekke kar som har til hensikt å ta vare på vann i ulike former og som resultater av ulike prosesser. Innholdet i et hvert kar er gitt i mm vann. I de inledende forsøk med en dynamisk modellstruktur presiseres at snødyp (SDY) ikke benyttes dynamisk, bare som en "on/off" parameter, det vil si at visse kar opprettes og visse prosesser igangsettes dersom $SDY > 0$. Formålet med dette er å kunne bruke SDY som en kalibrerings parameter på et senere tidspunkt se pkt 3.2.



TRK :	kar for total nedbør i mm
RMK :	kar for flytende nedbør i mm
EVK :	kar for fordampning av flytende nedbør i mm
SMK :	kar for fast (snø) nedbør i mm
ESK :	kar for fordampning av fast nedbør i mm
MMK :	kar for smeltet snømagasin i mm vann
AVR :	kar for avrenning i mm
% :	prosess for fordeling av fast / flytende nedbør

Innen karstrukturen vil ESK og EVK, fordampningskarene, være de eneste som totalt er tapt innen den lokale vannbalansen. AVR eller avrenningskaret kan enten gå til et jordmagasin eller «tapes» som ren overflate avrenning.

3.2. Kar-behandling

Når modellen registrer et snøfall opprettes et snømagasin kar (SMK). Dette eksisterer så lenge som rapportert snødyp (SDY) er større enn null. Tilførsel til SMK vil primært være snønedbør. I et nedbørdøgn hvor det forekommer både fast og flytende nedbør vil modellen prosentfordele denne etter innrapporterte værtegn og sende "fast-prosent" til SMK. SMK mister innhold via fordampning fra snøen og via smelting som ren "energi" smelting eller smelting som en følge av regn.

I prinsippet kunne SMK være uendelig, dvs. fungere som en voksende svamp med ubegrenset mulighet til å ta opp vann. Dette er imidlertid lite realistisk og modellen må dermed sette en øvre grense på SMK. Denne kan parametriseres i modellen via snøens tetthet (VAT).

Hvis VAT defineres som

$$VAT = SMK/SDY$$

defineres i modellen en $\max(VAT)$ slik at øvre grense på SMK blir

$$\max(SMK) = \max(VAT) \cdot SDY$$

Modellen vil da definere en avtapping eller avrenning (AVR) via

$$AVR = SMK - \max(SMK)$$

hvor

$$AVR = \begin{cases} 0 & AVR \leq 0 \\ AVR & AVR > 0 \end{cases}$$

4. RESULTATER OG DISKUSJON.

4.1 Modellresultater for tetthetsmålinger

Som nevnt i kapittel 3 kan tettheten i snø benyttes til å teste hvordan en modell for snødekket oppfører seg. Verdier for snøtetthet inngår beklageligvis ikke i det faste meteorologiske måleopplegget, men for noen få steder finnes enkelte data. I tabell 4.1 er vist hvilke steder som er benyttet i denne studien.

Tabell 4.1 Steder med tetthetsmålinger

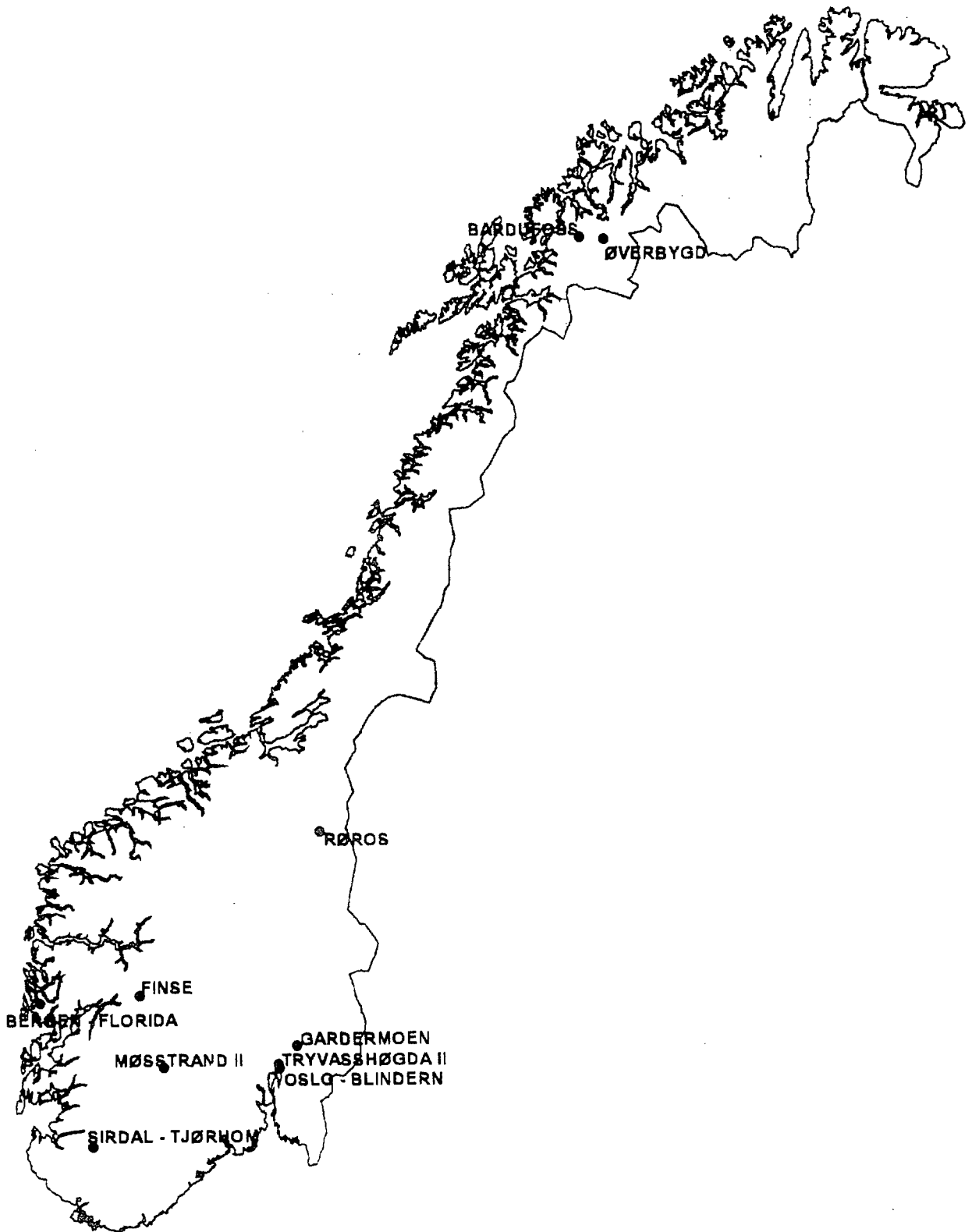
nr	navn	lat	lon	hoh (m)	kommune
8980	Øverbygd	690107	191682	0078	1924 Målselv
8935	Bardufoss	690354	183241	0076	1924 Målselv
4292	Sirdal-Tjørhom	585325	085091	0500	1046 Sirdal
3162	Møsstrand II	595042	081084	0977	0834 Vinje
2584	Finse	603602	073006	1224	1233 Ulvik
1896	Tryvasshøgda II	595920	104133	0528	0301 Oslo
1870	Oslo-Blindern	595656	104324	0094	0301 Oslo

Enkeltverdier av snøtetthet er for angitte steder observert til angitt tidspunkt i første halvdel av 1993 og verdiene er vist i tabell 4.2. Disse er rene singulære målinger og kan derfor meget vel være beheftet med en viss usikkerhet. Det hadde til modell kalibreringsformål vært mere hensiktsmessig med en måleserie hvor også dynamikken, det vil si trendene i en utvikling av snødekkets morfologi ville avspeile seg. Disse data er imidlertid verdifulle ved at de kan gi en mulighet til ikke bare en kalibrering på sesongbasis (tid), men også gi mulighet for en romlig, geografisk, vurdering av hvordan de enkelte "snøalgoritmene" oppfører seg under ulik klimatisk påvirkning.

Tabell 4.2 Enkeltverdier av snøtetthet 1993.

nr	navn	dato	tetthet	dato	tetthet
8980	Øverbygd			27/4	0.403
8935	Bardufoss			27/4	0.435
4292	Sirdal-Tjørhom	4/2	0.380	16/4	0.476
3162	Møsstrand II			2/4	0.361
2584	Finse			16/4	0.420
1896	Tryvasshøgda II			15/4	0.350

I tillegg finnes en serie av verdier fra Oslo-Blindern gjennom første halvpart av året 1994 som vist i tabell 4.3



Figur 4.1 Kart over meteorologiske målestasjoner benyttet i analysene

Tabell 4.3 Enkeltverdier av snøtetthet 1994.

nr	navn	dato	tetthet
1870	Oslo-Blindern	13/1	0.28
		26/1	0.26
		1/2	0.26
		7/2	0.24
		11/2	0.253
		4/3	0.241
		10/3	0.326
		15/3	0.368
		18/3	0.349
		26/3	0.368
		30/3	0.403
		5/4	0.353

Denne serien tilfredstiller til en viss grad kravet til dynamikk med hensyn på tid, men er tatt i et område med lite stabilt vinterklima, det vil si at man kan forvente store morfologiske endringer i et snødekke over relativt korte tidsrom. Dette kan medføre temporære smelteperioder med påfølgende tilfrysing slik at betingelsen om et relativt homogent snølag vanskelig kan oppfylles.

I tabell 4.4 er vist et resyme over snøforholdene på stasjonene benyttet i rapporten.

Tabell 4.4 Resyme av snøforhold 1992/1993.

nr	navn	første snøfall dato	første stabile snødekke dato	siste stabile snødekke dato	maks. snødyp cm	maks. snødyp dato
8980	Øverbygd	07-10	10-10	19-05	96	14/3
8935	Bardufoss	07-10	10-10	09-05	75	13/3
4292	Sirdal-Tjørhom	18-10	11-11	10-05	155	25/1
3162	Møsstrand II	15-10	18-10	31-05	212	24/1
2584	Finse	09-10*	13-10	17-07	405	19/4
1896	Tryvasshøgda II	13-10	16-10	16-04	56	28/11
1870	Oslo-Blindern**	15-10	22-11	08-04		

* Finse rapporterer snøfall, men ikke noe snødekke 15-09

** Data for Oslo-Blindern er for 1993/1994

Vi registrerer en bemerkelsesvis konsistens i tidspunkt et for etableringen av et "stabilt snødekke", med et stabilt snødekke menes at snødybden er større enn null i hele snødekke perioden. Vi ekskluderer dermed et "første" snødekke som så smelter i løpet av en kortere periode likesåvel som en eventuell serie med "siste" snøfall som smelter og har bar mark inimellom.

Vi finner også en bra sammenheng mellom tidspunkt for "første snøfall" og starten på det stabile snødekket når vi ser bort fra Oslo-Blindern, noe som er en konsekvens det som ble nevnt over. Avslutningen av det stabile snødekket viser derimot en meget stor variasjon innen de stasjonene som er benyttet i rapporten

I den innledende fasen ble modellen testet mot de nevnte 8 smelteformler og følgende forkortelser ble brukt

Modell 1	Popov formel
Modell 2	USA1 formel
Modell 3	USA2 formel
Modell 4	USA3 formel
Modell 5	USA4 formel
Modell 6	T index formel
Modell 7	Lights formel
Modell 8	Energibalanse formel

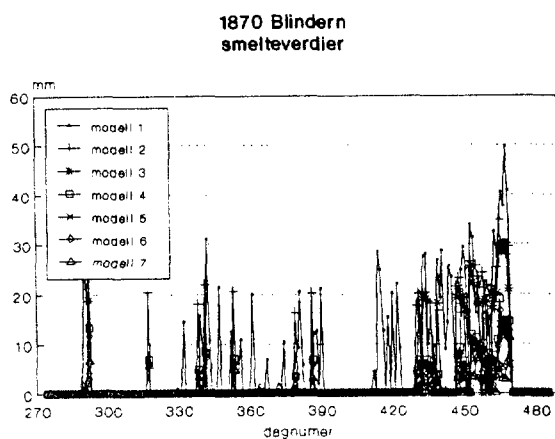
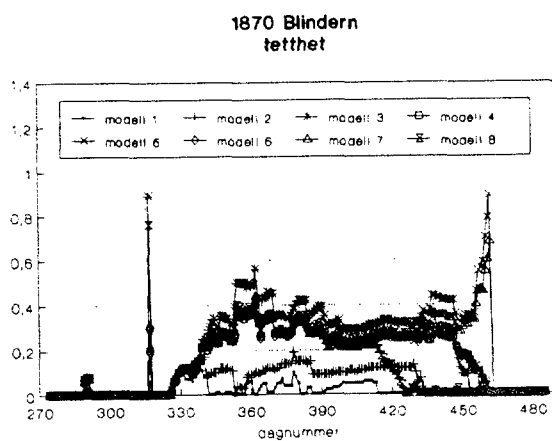
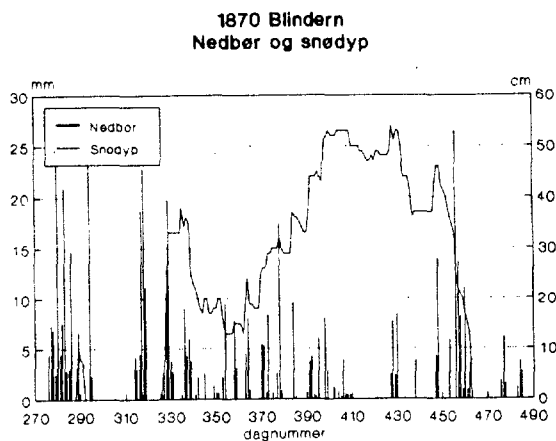
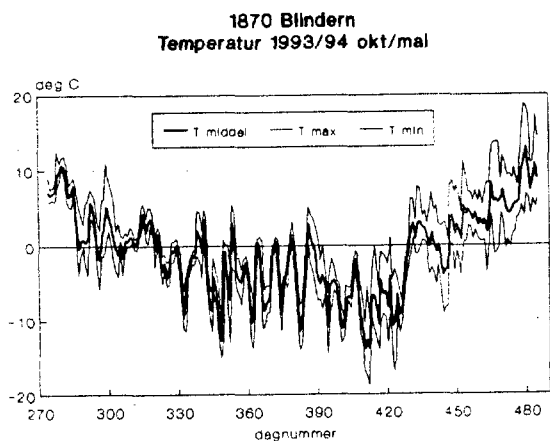
For hvert uttestet punkt (stasjon) kan gies en figur med nedbør og snødyp, en figur med maksimum-, minimum- og middel temperatur, en figur med smelteverdier og en figur med beregnet tetthet for snølaget. (Som eksempel viser figur 4.2 resultater for Oslo-Blindern).

Siden SM er null når snødypet er null (modell betingelse) vil en sammenligning av snødyp og smelting gi en indikasjon på formlenes evne til å beskrive sluttlig smelting mens tetthetsverdiene gjennom hele snøsesongen vil gi en "over all" beskrivelse av modellens evne til å angi dynamikken i smelteprosessen.

Variasjonen i de løpende tetthetsverdiene vil derfor kunne utgjøre en slags "rimelighets" fasit på hvilke eller hvilken smelteformel som ser ut til å fungere "best". Denne eller disse vil da kunne legges til grunn for beregningen av det dynamiske snømagasinet. Siden også smelteformlene har empiriske konstanter kan justering av disse også ha basis i justering til en rimelig tetthetsverdi.

Men vi vil først kun benytte de observerte punktmålingene for å se hvordan de ulike modellene oppfører seg ved ulik klimabelastning. I sammenheng med simuleringene i kapittel 5, må det presiseres at ingen kalibrering av modellene er foretatt i tabell 4.5.

Via beregnet snøtetthet for hver dag i den stabile snødekke perioden etableres tabell 4.5 som viser beregnet tetthet ved angitt dato for "målt" (observert) tetthet.



Figur 4.2 Resultat av snøsmeltingssimuleringer med ulike modeller for 1870 Oslo-Blindern

Tabell 4.5 Observert og beregnet tetthet ved gitt dato.

obs.		tetthet	beregnet tetthet ved gitt dato							
nr	dato	verdi	eq1	eq2	eq3	eq4	eq5	eq6	eq7	eq8
8980	27/4	0.403	0	0	0	0.10	0.22	0.04	0.29	0
8935	27/4	0.435	0	0	0	0	0.41	0	0.13	0
4292	04/2	0.380	0	0	0.10	0.02	0.10	0.02	0.06	0
4292	16/4	0.476	0	0	0.80	0	0.09	0	0.04	0
3162	02/4	0.361	0	0.20	0.28	0.25	0.28	0.25	0.25	0.1
2584	16/4	0.420	0	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.1
1896	15/4	0.350	0	0	0.41	0.40	0.68	0.41	0.52	0

Verdiene som er beregnet er overveiende for lave. Dette kan skyldes at alle modellene beregner for stor smelting for tidlig i sesongen, eller at et "igjenfrysings-kan" ikke er implementert i kan strukturen.

For eventuelt å finne en dato hvor beregnet tetthet er lik den observerte etableres tabell 4.6. Her betyr - ikke funnet "så stor" tetthet, ? indikerer at beregnede tetthetsverdier fluktuerer så meget at en definitt dato ikke kan bestemmes. (xx) betyr en "maksimums verdi" av riktig størrelsesorden, men likevel så forskjellig at dato er meget usikker.

Tabell 4.6 Observert og beregnet dato for gitt tetthet .

obs.		tetthet	dato for observert tetthet							
nr	dato	verdi	eq1	eq2	eq3	eq4	eq5	eq6	eq7	eq8
8980	27/4	0.403	-	-	-	(22/12)	17/4	(15/12)	8/5	(3/2)
8935	27/4	0.435	-	-	-	(9/3)	1/5	(4/5)	5/5	(15/2)
4292	04/2	0.380	-	-	(19/12)	-	5/1	-	-	-
4292	16/4	0.476	-	-	-	-	-	-	-	-
3162	02/4	0.361	-	26/3	23/4	26/4	7/5	12/5	7/5	-
2584	16/4	0.420	-	(13/5)	29/5	14/6	27/5	8/6	25/5	(31/12)
1896	15/4	0.350	13/12	1/2	?	?	?	10/4	?	27/2

Det er meget stor spredning i resultatene, men siden disse baserer seg på en punktmåling som fasit er dette ikke overraskende. Det ser ut til at eq5 og eq7, det vil si USA formel 4 samt Light's formel gir best resultater, men det må også bemerkes at ingen av de benyttede algoritmene er "tilpasset" eller kalibrert på noen måte.

4.2 Modellresultater for snøputemålinger

4.2.1 Isolering av smelteprosessen

For å etablere optimale snøsmeltemodeller ved hjelp av snøputer er det viktig å eliminere feilkilder mest mulig. Analysene er derfor begrenset til de tilfelle der avsmeltet snø fører til reduksjon av snøpakkens vannekvivalent. Snødekket er derfor forutsatt mettet med fritt vann og tilnærmet isotermt, dvs. at vi har en såkalt moden snøpakke. I regelen er dette tilfredsstillt i smelteepisoder på 10 - 20 dager hvert år i april eller april/mai. Noen døgn fra desember, januar og mars er også med. Smeltesdata er i dette arbeidet hentet fra snøputer, men resultater fra en tidligere undersøkelse ved hjelp av snølysimetre i Dyrdaalen (Harstveit, 1984) er også trukket med.

Data er hentet fra to snøputer, Lybekkbråten ved Gardermoen og Sagelva utenfor Trondheim. Data fra 1969 - 1989 på Lybekkbråten og 1970 - 1994 fra Sagelva er benyttet i denne studien. Det er perioder med brudd i seriene og vintre med lite snø, samt enkelte perioder, spesielt på Lybekkbråten, med meget varierende vannekvivalenter som ikke skyldes meteorologiske forhold. Disse er tatt bort. Vi har også perioder på noen år med brudd i seriene begge steder. På Lybekkbråten er det data også fra 1990 til 1994, men disse er ikke tatt med da de vil bli brukt ved senere simulering av netto snømagasin på et uavhengig datasett. Til sammen gir dette 249 døgn med snøsmelting på Sagelva og 146 døgn på Lybekkbråten, til bruk i denne studien.

På snøputen på Lybekkbråten nær Gardermoen er snøvekten ifølge NVE avlest ca. kl. 13 hver dag. På Sagelva eksisterer kontinuerlige 3 timers datasett. Snøputedata er avlest som endring i vannekvivalenten gjennom en trykkforandring på puten. For hvert døgn finnes smeltet snø, SM [mm] ved

$$SM = S + P_s - P_r \quad (\text{lign 4.2.1})$$

hvor S er endring i vannekvivalent, P_s nedbør i form av snø og P_r nedbør i form av regn. På Lybekkbråten er det benyttet data fra Gardermoen som er vurdert til regn eller snø etter følgende prosedyre: Nedbørmengden er avlest hver 6. time. Hver time er det notert nedbørslag. Nedbørmengden defineres som regn/snø etter prosentvis rapportering. Sagelva har ingen representativ værstasjon for hele perioden som kan gi definisjon av nedbørslag. Her er nedbørmengden, P evaluert hver 3. dje time og $P=P_r$ når $T>1.1^\circ\text{C}$ og $P=P_s$ når $T\leq 1.1^\circ\text{C}$. Omslagstemperaturen $T=1.1^\circ\text{C}$ er benyttet også i Dyrdaalen og er foreslått av Killingtveit (1976) og Furmyr (1975).

Som en tilnærmet hovedregel kan vi si at en smelteepisode starter 2. dre dag i en 3-døgnsperiode når avrenningen gir ca. 5 mm vann hver av dagene. Dette er ikke helt slavisk fulgt idet alle smelteepisoder er individuelt vurdert. I regelen vil smelteepisodene om våren bare deles i to eller flere deler når det er tydelig stopp i avrenningen i en 3-dagers periode. For å hindre randeffekter ved lite snø på puten er det som hovedregel bare tatt med perioder når det er minst 60 mm vannekvivalent igjen på puten ved slutten av perioden. Grensen kan ha vært noe høyere ved intens stråling og noe lavere ved overskyet vær.

Datakravet framkommer av kap. 2.3. Tabell 4.2.1 gir en oversikt over tilgjengelige meteorologiske data for de to stedene. For Lybekkbråten er samtlige data hentet fra Gardermoen. Alle strålingsparametre er parametrisert fra disse data gjennom ligninger gitt i kap. 2.3. Fra Sagelva har vi temperatur og nedbørsdata for hele perioden, mens globalstråling, luftfuktighet og vindhastighet finnes for deler av perioden. Ved mangler er data hentet fra Værnes gjennom korrelasjonsligninger etablert for felles periode. Netto langbølget stråling er parametrisert for hele perioden og det er kjørt forsøk både med målt og parametrisert globalstråling for den perioden der måling eksisterer.

Tabell 4.2.1

Oversikt over meteorologiske parametre benyttet ved smeltesimulering ved Sagelva, S og Lybekkbråten, L. Data er hentet fra forsøkstedene selv eller fra værstasjonene Værnes, V eller Gardermoen, G. Tabellen angir også hvorvidt parametrene er målt, eller hva de er modellert utfra. Parametersymboler, se kap. 2.4 samt lign. 4.2.1.

	T	e(T,RH)	U	c	$\alpha(t,c)^1$	Q_S^2	$Q_S(Q_{EX},T,c)^3$	$Q_{L\downarrow}(T,c)^4$	Pr,Ps,t
Sagelva	S	S ⁵ , V ⁶	S ⁷ , V ⁸	V	S, V	S	S, V	S, V	S
Lybekkbråten	G	G	G ⁹	G	G		G	G	G

¹ Modellert ved lign 2.4.5

² Målinger, 1983-94

³ Modellert ved lign 2.4.4

⁴ Modellert ved lign 2.4.6

⁵ Målinger fra Sagelva 1985-1994

⁶ Målinger fra Værnes 1970-1984, korrelasjonsligninger fra 1985-94 benyttet

⁷ Målinger fra Sagelva 1970-1974

⁸ Målinger fra Værnes, 1975-1995, beregnet fra korrelasjonsligninger mellom Værnes og Sagelva

⁹ Vindmålinger fra Gardermoen er multiplisert med en eksponeringsfaktor på 0.6

4.2.2 Kvalitetsmål

Som standardmål på tilpasning brukes ofte korrelasjonskoeffisienter. Vi har ved modelltilpasning valgt å legge større vekt på en koeffisient kalt modelleffektivitet, i tillegg til modellens evne til å treffe gjennomsnittlig avsmeltning (lav skjevhet). Dette fordi en standard korrelasjonsanalyse etablerer lineære sammenhenger og korrelasjonskoeffisienter som forutsetter lineære transformasjoner fra uavhengig til avhengig variabel.

Tilpasning mellom målt og beregnet smelting er gjort ved å beregne modelleffektiviteten, R2.

$$R2 = 1 - \sigma_r^2 \sigma^{-2} \quad (\text{lign. 4.2.2})$$

hvor σ er standardavviket til målingene, mens σ_r er restfeil, gitt som et standardavvik mellom målt, Q_M og beregnet, Q_M' smelting:

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (Q_M - Q_M')^2} \quad (\text{lign. 4.2.3})$$

4.2.3 Resultater fra tidligere undersøkelser i Dyrdalen

De turbulente varmekuller, Q_H og Q_E er beregnet fra vind, fuktighet og temperaturdata hver ½ time. Deretter er det beregnet døgnmidler av disse, som sammen med døgnmidler av stråling gav døgnmidler av modellert energiinput. Avsmeltningen ble målt ved smeltevannsmålere (snølysimeter).

Tabell 4.2.2

Oversikt over antall smeltesdøgn, N , gjennomsnittlig smelting, SM , standardavvik, σ , restfeil, σ_r , modelleffektivitet, $R2$ og optimale konstanter a [$Wm^{-2}K^{-1}m^{-1}s$] og b [$Wm^{-2}K^{-1}$] i den lineære vindfunksjonen $f(U)=aU_{10m}+b$ for stasjonene i Dyrdalen, 1979-82.

Stasjon	N	SM [mm]	σ [mm]	σ_r [mm]	R2	a	b
Dyrdalsvatn	122	11.4	15.3	6.9	0.80	2.58	0.0
Austlihylla	82	13.5	11.5	8.4	0.47	2.19	0.0
Frotveit (åpen)	29	11.7	5.6	3.0	0.71	2.19	2.3
Frotveit (skog)	26	13.2	7.0	2.9	0.83	3.81	1.9

Frotveit (skog) representerer måling inne i skogen, dvs. mellom trærne i løvskog. Austlihylla hadde noe dårligere datakvalitet, spesielt var tilpasning lite god ved regn. Stasjonen Dyrdalsvatn representerer da åpent område over tregrense, mens Frotveit (åpen) representerer et mindre åpent område i et skogkledt landskap. På Dyrdalsvatn var $a=3.65 Wm^{-2}K^{-1}m^{-1}s$ og $b=0.0$ optimal, målehøyde for U , 1.3m. Omregnet til vindhøyde 10 m og mm smelteekvivalent, er $a=2.58 Wm^{-2}K^{-1}m^{-1}s$. Tilsvarende på Frotveit var $a=2.19$ og $b=2.3$. Dette parametersettet passet også noenlunde bra på Dyrdalsvatn og det ble i (ref) konkludert med en slik anbefaling. Vi skal her bemerke at vindhastigheten var svært lav på Frotveit under smelteperiodene, 0.6 m/s som målt gjennomsnitt. Da er usikkerheten stor pga. starthastighet på anemometeret. Dersom denne var feks. 0.3 m/s som oppgitt av Aanderaa, passer straks (2.58,0.0) bedre med $R2$ på 0.63 mot 0.67 ved ukorrigert U og (2.19,2.3) ved bruk av døgnmidlede parametre).

Fra Dyrdalsvatn har vi at modellen er lite følsom for små feil i data input som blir innført ved bruk av data fra nærliggende værstasjoner i 10 - 20 km avstand framfor data målt nær lysimeteret, når klimatologiske korreksjoner er innført og en fornuftig vindstasjon er valgt. Også bruk av døgnmidlede inputparametre gir små utslag, for Dyrdalsvatn gikk $R2$ ned fra 0.80 til 0.79, for Frotveit (åpen) fra 0.71 til 0.67. Måling av kortbølget og langbølget stråling framfor bruk av modeller tilpasset Bergensområdet, se lign 2.4.4 og 2.4.6 gav heller ikke særlig store forbedringer. Måling av albedo kan være å foretrekke, modellering ved lign. 2.4.5 var svakt bedre enn en midlere antagelse på 0.70, men heller ikke sistnevnte gav noen stor svekkelse av kvaliteten.

4.2.4 Resultater fra snøputene på Lybekkbråten og Sagelva

Ved optimalisering på Sagelva så vel som Lybekkbråten passer konstantene vesentlig bedre enn (2.19,2.3). På Sagelva er (2.58,0.0) 3.65 tilnærmet optimal. På Lybekkbråten gav begge funksjonene for høy verdi av beregnet smelting og gav også negative verdier av modell-effektiviteten, R2. Negative verdier betyr at restfeilen er like stor som stasndardavviket, hvilket gjør modellen statistisk eller helt feil. En vindfunksjon som reduserer de turbulente varmekulser til 60% gav mye bedre tilpasning. Ved å se på gjennomsnittlig vindfart i april - mai på Kise (anemometer), Hvam, Vinger, Flisa, Fluberg-Røen og Østre Toten og dividere denne på tilsvarende for Gardermoen, finner vi at eksponeringsfaktoren på disse stedene var 0.51, 0.51, 0.84, 0.52, 0.65, 0.57 og 0.68, hvilket gir 0.61 som midlere faktor. Denne benyttes på Lybekkbråten. Årsaken er at Gardermoen har økt vindfart som følge av åpne rullebaner i dominerende vindretning. Det er således meget god overenstemmelse mellom en antatt gjennomsnittlig eksponeringsfaktor og optimalisering mhp vindfunksjonen. Dette styrker filosofien i energibalansmodellen ytterligere. Konklusjonen er at vindfunksjonen $(a,b)=(2.19,0.0)_{u=10m}$ er forholdsvis ropbust og passer i flere typer terreng. En må imidlertid legge vekt på å få representative vindmålinger.

Tabell 4.2.3

Oversikt over antall smeltesdøgn, N , gjennomsnittlig smelting, S_m , standardavvik, σ , restfeil, σ_r , modelleffektivitet, R_2 ved faste konstanter a [$Wm^{-2}K^{-1}m^{-1}s$] og b [$Wm^{-2}K^{-1}$] i den lineære vindfunksjonen $f(U)=aU_{10m}+b$ for snøputestasjonene, samt lysimeterne Dyrdalsvatn og Frotveit (åpen).

Stasjon	N	S_m [mm]	Q_m [mm]	σ [mm]	σ_r [mm]	R2	a	b
Lybekkbråten	146	12.5	11.7	6.6	6.1	0.15	2.58	0.00
Sagelva	249	16.3	15.5	9.5	7.5	0.38	2.58	0.00
Lybekkbråten,3d	48	12.5	11.7	5.1	3.8	0.45	2.58	0.00
Sagelva,3d	83	16.3	15.5	8.1	5.8	0.50	2.58	0.00
Dyrdalsvatn	122	11.4	11.4	15.3	7.0	0.79	2.58	0.00
Frotveit (åpen)	29	11.7	10.0	5.6	3.4	0.63	2.58	0.00

Optimale R2-verdier på Lybekkbråten var 0.15-0.25, avhengig av hvilken grad av skjevhet som kunne aksepteres for midlere avsmelting i forhold til midlere målt. Ved (2.58,0.0) var $R_2=0.15$ uten stor skjevhet. Ved bruk av 3 døgnmidler fra snøpute og modellert energiinput (basert på midling av døgnflukser over 3 døgn), ble modelleffektiviteten vesentlig bedre, $R_2=0.45$. For Sagelva var tilsvarende tall 0.38 og 0.50, dvs. også en forbedring, om enn noe mindre. En slik undersøkelse er også gjort på Frotveit (åpen), og ingen bedring ble der funnet. Forklaringen må da ligge i at en del støy fra snøputene blir fjernet ved midlingsprosedyren. Ifølge J.Tveit (pers.komm.) er snøputen i Sagelva fulgt godt opp, bl.a. gjennom kontrollmålinger av vannekvivalent Snøputen på Lybekkbråten er ifølge NVE avlest kl.13 på det datasettet vi har tilgjengelig i denne undersøkelsen. Dette betyr en større feilkilde enn for Sagelva og for Dyrdalen, der regnskap gjøres opp ved midnatt. Dette fordi det er mer vann på vei ned gjennom snødekket kl. 13 enn ved midnatt, og det er uklart hvilket døgn dette blir definert til.

Det er derfor naturlig at forbedringen er større på Lybekkbråten enn for Sagelva, men at Sagelva fortsatt gir best resultater. Fortsatt gir imidlertid data fra begge putene dårligere resultater enn data fra det dårligste av lysimeterne i Dyrdalen. Dette skyldes nok at bruk av lysimetre er en bedre måte å måle avsmelting på enn snøputer.

Ved bruk av måledata for Q_s i perioden 1983-94 ved Sagelva (161 døgn), ble det funnet tilnærmet samme modelleffektivitet, dette er samme resultat som fra Dyrdalen som viste at det er lite å vinne ved å måle framfor å parameterisere strålingsparamterne.

Ved bruk av konstant albedo på 0.70 økte modelleffektiviteten ved Sagelva, mens den sank på Lybekkbråten. Dette kan tyde på at det kanskje ikke er noe særlig å hente i forsøket på å legge inn en dynamisk albedomodell. Det er også mulig at albedomodellen fra Dyrdalen ikke passer spesielt godt i Sagelva-feltet.

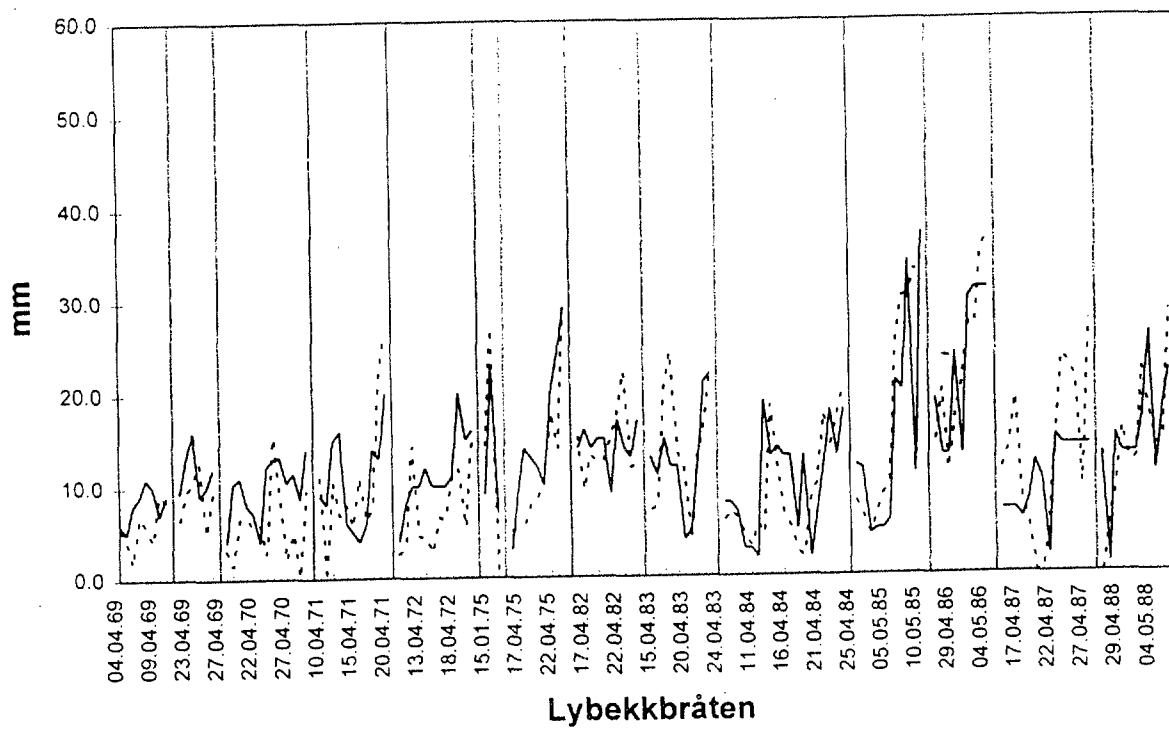
Fra Dyrdalsstudiene har vi at det er bare små gevinster å hente i å benytte timesverdier for temperatur, fuktighet og vind, beregne flukser og deretter midle, framfor å lage døgnflukser av døgnmidler direkte. Det er også vist at data fra nærliggende værstasjoner kan benyttes uten store feil, dersom fornuftige vindstasjoner og akseptable høydekorreksjoner på vind og fuktighet legges inn. Det kan være aktuelt å gjøre slike tester for Sagelva og Lybekkbråten også, ved en senere anledning.

Tabell 4.2.4

Gjennomsnittlig temperatur, T , vanndamptrykk, e , vindhastighet, u (1.3m), skydekke, c , samt energitilførsel i form av absorbert kortbølget innstråling, effektiv langbølget innstråling og de turbulente flukser av følbare, Q_H og latent, Q_E varme under smelteepisodene. Latent varme-fluks, Q_E i klamme angir forhold ved skydekke, $c < 0.90$ og $c \geq 0.90$

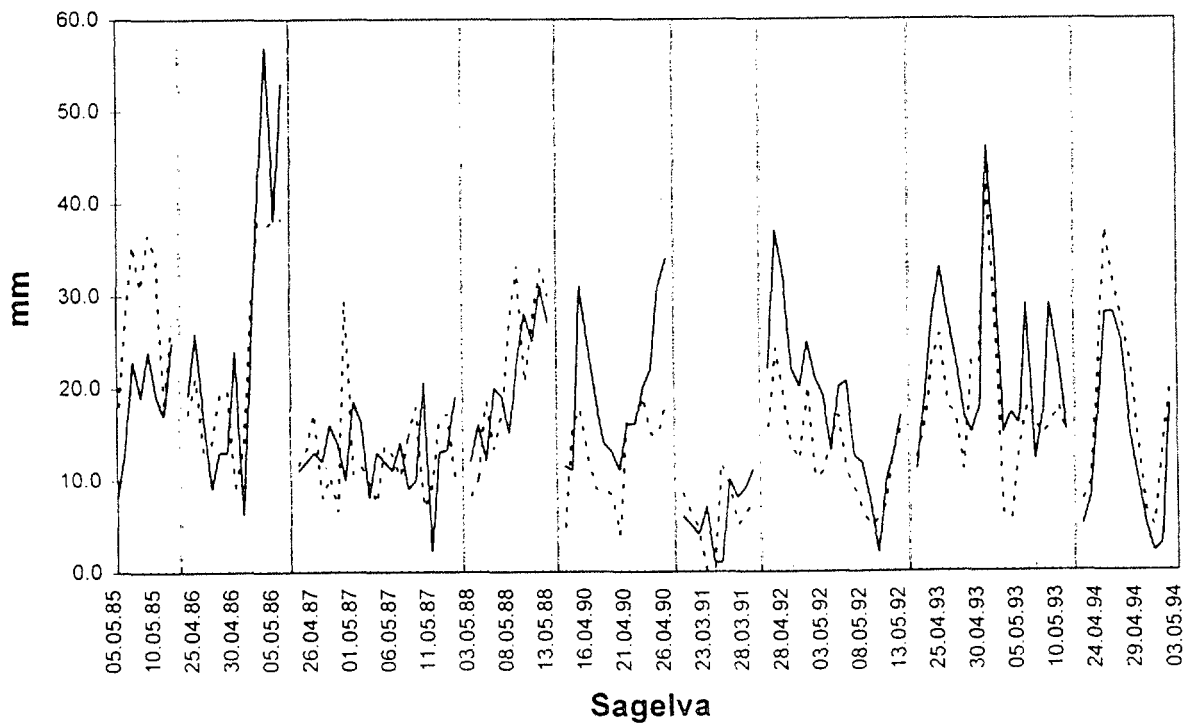
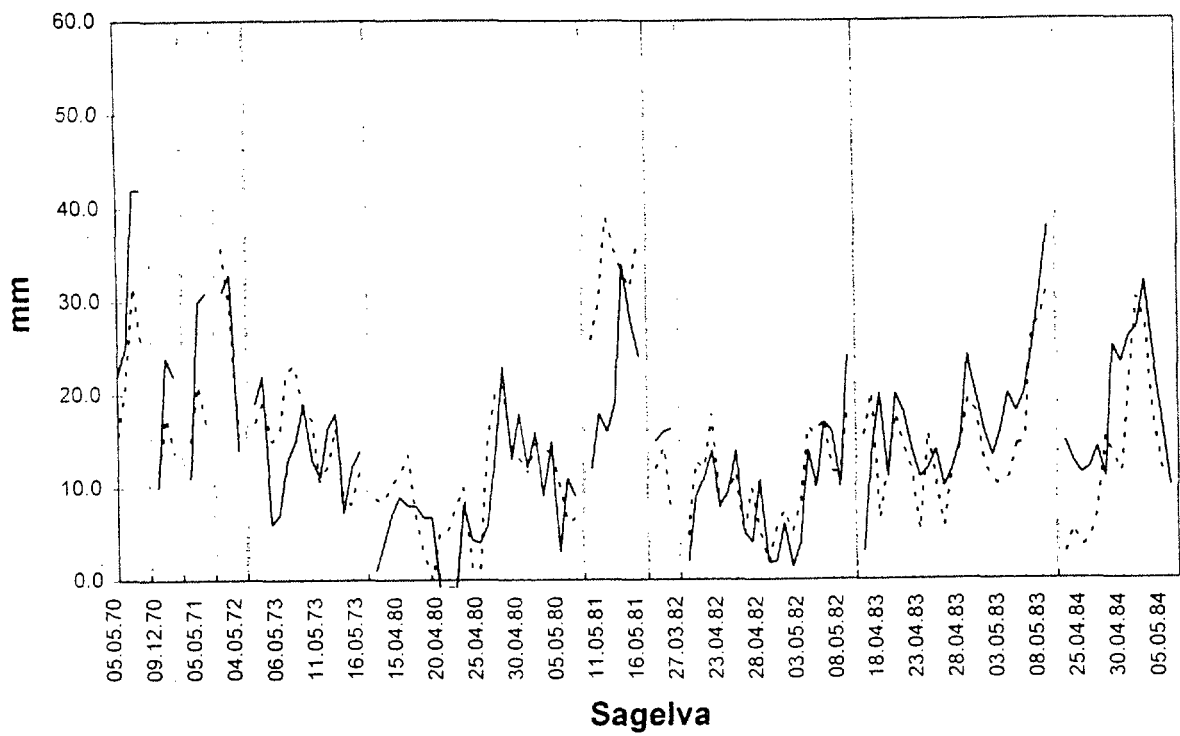
	T (°C)	e (Hpa)	u m/s	c	$Q_s(1-\alpha)$ Wm^{-2}	$Q_{L\downarrow} - \sigma T^4$ Wm^{-2}	Q_H Wm^{-2}	Q_E Wm^{-2}
Lybekkbråten	4.2	5.8	1.2	0.65	47	-19	18	-2 (-4,5)
Sagelva	5.2	6.8	1.2	0.68	45	-12	22	5 (4,5)
Dyrdalsvatn	2.3	5.7	2.6	0.71	33	-17	30	-2 (-10,16)
Frotveit (åpen)	3.9	6.9	0.9	0.79	35	-16	19	6 (2,12)
Frotveit (skog)	3.8	7.0	0.6	0.79	28	2	16	5 (2,8)

Tabell 4.2.4 viser at noe mer kortbølget stråling mottas av snødekket under smelting på Lybekkbråten og Sagelva enn tilfellet var rundt Bergen. På disse snøputestedene var det den klart største energikilden. Ellers gir langbølget stråling negative bidrag alle steder, bortsett fra inne i selve skogen. Latent varmeutveksling er i middel liten, men varierer med skydekket, og i Dyrdalen gav dette store positive bidrag ved tett skydekke og store negative bidrag ved lett skyet vær.



Figur 4.2.1

Målt smelting, SM ved moden snopakke på snøputen (heltrukken linje), sammen med modellert smelting, QM ved energibalansmodellen (stiplet linje).



Figur 4.2.2

Målt smelting, SM ved moden snøpakke på snøputen (heltrukken linje), sammen med modellert smelting, QM ved energibalansemodellen (stiplet linje).

4.2.5 Graddagsmodeller

Korrelasjon mot lufttemperatur på døgnbasis gav $r=0.63$ (0.63 ved 3-døgns midler) ved Dyrdalsvatn og 0.83 (0.85 ved 3-døgns midler) på Frotveit (åpen) og 0.93 (0.95 ved 3-døgns midler) på Frotveit (skog). På Lybekkbråten var tilsvarende $r=0.66$ (0.78 ved 3-døgns midler), ved Sagelva $r=0.70$ (0.79 ved 3-døgns midler). Årsaken til den lave korrelasjonen ved Dyrdalsvatn er helt tydelig stedets mer vindutsatthet. Sterk vind og fuktig kontra tørr luft gir da stor gevinst kontra tap av varme. Ved å optimalisere graddagsmodellen mot fuktig og tørt vær hhv, økte korrelasjonskoeffisienten, r til 0.78. Som vi ser er korrelasjonen mellom lufttemperatur og avsmeltning stor på Frotveit.

Den lavere korrelasjonen ved snøputene skyldes datakvaliteten på putene. Dette ekemplifiseres tydelig ved å betrakte 3-døgns midlene, med korrelasjonsbedring fra 0.66/0.70 til 0.78/0.79 begge steder. Forbedringen var også her størst for Lybekkbråten. Bare mindre forbedringer sees ved tilsvarende lysimetermidlinger.

Tabell 4.2.5

Graddagskoeffisienter og korrelasjonskoeffisienter mellom lufttemperatur og målt snøsmelting

Stasjon	N	k	k _l	T*	r
Lybekkbråten	146		1.9	-2.5	0.66
Lybekkbråten	146	2.7			0.56
Sagelva	249		2.3	-1.9	0.70
Sagelva	249	3.0			0.66
Lybekkbråten,3d	48		2.1	-1.9	0.78
Lybekkbråten,3d	48	2.8			0.72
Sagelva,3d	83		2.6	-1.2	0.79
Sagelva,3d	83	3.1			0.78
Dyrdalsvatn	122		4.0	-0.5	0.63
Dyrdalsvatn	122	4.4			0.62
Frotveit (åpen)	29		2.6	-0.6	0.83
Frotveit (åpen)	29	3.0			0.82
Frotveit (skog)	26		3.6	0.2	0.93
Frotveit (skog)	26	3.5			0.93

Graddagskoeffisientene faller i 3 hovedgrupper. Dyrdalsvatn representer forhold over tregrensen ($k=4.4$), Frotveit (skog) forhold som kan forekomme mellom trærne inne i lauskog, ($k=3.5$), mens de øvrige representerer åpne sletter eller glenner i et ellers skogdekket landskap ($k=3.0$). Tabellen illustrerer at det er meget nødvendig å velge representative koeffisienter for aktuell terrengtype. Dersom dette kan gjøres, kan forholdene modelleres brukbart under skoggrensen, men heller dårlig i høyfjellstrøk på Vestlandet.

5. SIMULERING AV SNØSMELTING OG NETTO SNØMAGASIN PÅ UTVALGTE LOKALITETER

Dynamikken i en generell geofysisk modell gies av hvor godt modellen representerer endringene fra en tilstand over til en ny tilstand. I denne sammenheng er modellens evne til å estimere en "korrekt verdi" til et hvert tidspunkt av underordnet betydning bare de relative forhold i verdiene er korrekte.

«Korrekte» verdier vil da kunne oppnåes via enten en ren additiv funksjon ("nullpunktsforskyvning") eller en multiplikativ funksjon som må være konstant (ha samme verdi) innen hele simulerings perioden. Siden en modell for snø/snøsmelting må "basis kalibreres" via parameteren $SDY=0$, så må en multiplikativ funksjon benyttes i denne sammenheng.

Dersom inngangsvariable ikke direkte stammer fra test eller kalibrerings-stedet, men fra en "nærliggende" lokalitet, vil det være naturlig med en forskjell i de kvantitative, numeriske estimatene, mens hvis avstanden ikke er for stor, vil den kvalitative utvikling være mer ens. Dette skyldes at prosesser som innstråling og nedbørtløsning er mer "regionalt" preget. Dette kunne nødvendiggjøre også en "basis kalibrering" med hensyn til første dato for $SDY>0$, en ren nullpunktsforskyvning, men dette vil neppe være av avgjørende betydning for verdien av totalt akumulert vanninnhold i snødekket, siden forskjellene i start på stabilt snødekke kontra første registrerte snøfall for de ulike lokaliteter ikke varierer så meget, konferer tabell 4.4.

De pålagte standard observasjonstidene innen det meteorologiske observasjonsnettet er klokken 01, 07, 13 og 19 NNT. Modellen oppdateres klokken 07 siden nedbør- og snøforhold registreres på dette tidspunkt. Det er noe uklart til hvilket tidspunkt på døgnet snøpute verdiene refereres til, sannsynligvis kl 13, og en eventuell differanse i tid her vil kunne gi opphav til kunstige forskjeller mellom modell resultater og kalibrerende snøpute verdier.

I det følgende er vist resultater for en dynamisk simulering av snødekkets vannekvivalent i mm for fire lokaliteter som vist i tabell 5.1. Det er gitt data for benyttet meteorologisk stasjon sammen med den kalibrerende snøpute.

Tabell 5.1 Meteorologiske stasjoner og korresponderende snøputer.

meteorologisk stasjon				snøpute stasjon			
navn	lat	lon	hoh	navn	lat	lon	hoh
Tryvasshøgda II	595920	104133	0528	Brunkollen	595826	103141	0370
Gardermoen	601239	110481	0202	Lybekkbråten	601504	110505	0200
Møsstrand II	595042	081084	0977	Groset	595018	081900	0950
Røros	623404	112302	0628	Vauldalen	623841	120204	0820

Simuleringen er utført med alle modellene som er beskrevet i kapittel 2.3, men er her vist for energibalanse modellen som naturlig nok er den som gir de beste resultatene for alle teststasjonene. Det kan bemerkes at for stasjonskombinasjonen Møsstrand II/Groset viser også indeks modellene brukbare resultater, men for de andre lokalitetene gir disse altfor høye smelteverdier. Dette er forøvrig også i tråd med resultater fra kapittel 4.1

I figur 5.1 til 5.8 er vist kvalitative resultater for simuleringen av vannekvivalenten angitt ved de fire snøputene i tabell 5.1. Snøputeregistreringene fra de fire lokalitetene er gjengitt i Appendiks 8.4. Modell verdiene er kalibrert mot maksimum verdi for hver snøpute i løpet av sesongen via en kalibreringsfaktor K. De anvendte K-faktoreer er gjengitt i tabell 5.2. Samme K-faktor er benyttet for hele akkumulasjons-sesongen. Vi etablerer altså:

$$\text{Verdi}_{\text{modell}} = K * \text{Verdi}_{\text{snøpute}}$$

Tabell 5.2 Verdi av kalibreringsfaktor K for vintersesongene 1994/95 og 1995/96

Stasjons-kombinasjon	vinter	
	1994/95	1995/96
Tryvasshøgda II/Brunkollen	1.1	1.3
Gardermoen/Lybekkbråten	1.6	1.4
Møsstrand II/Groset	1.5	1.5
Røros/Vauldalen	3.6	4.3

Overenstemmelsen i den kalibrerte modellens dynamikk med snøputene må sies å være tilfredstillende. Modellen ser således ut til å gi et tilnærmet riktig bilde av de kvalitative endringer i netto snømagasin. Tabell 5.2 viser at K-faktorene varierer mellom 1.1 og 4.3, og er litt forskjellige for de to sesongene. Det er flere årsaker til dette:

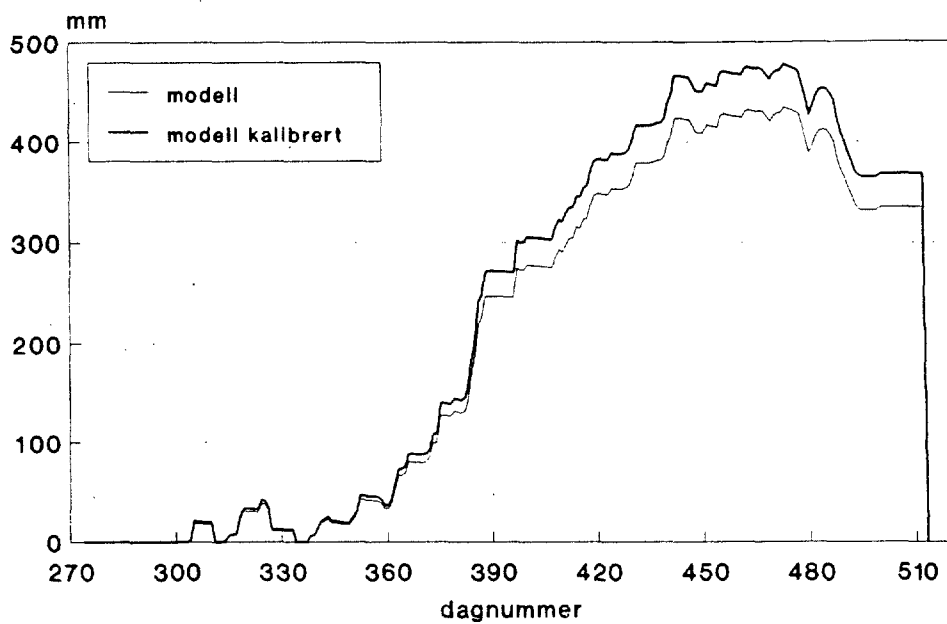
a). P.g.a. vindeffekter rundt nedbørmålere er «sann» nedbør (dvs. på bakken ved snøputene) vesentlig høyere enn målt nedbør. Førland et al., (1996) har angitt en korreksjonsfaktor for målt snønedbør på 1.05 for ekstremt vindbeskyttede lokaliteter, til over 1.80 for vindeksponerte målesteder i kyst- eller fjell-områder. Denne korreksjonsfaktoren varierer også fra vinter til vinter avhengig av vindforhold og andel nedbør som faller som snø. K-faktoren for Tryvasshøgda, Gardermoen og Møsstrand ligger alle i et intervall som kan forklares ved oppfangningssvikt i nedbørmåleren.

b). Simuleringene er kun basert på DNMI's værstasjoner, dvs. nedbørmålingene er ikke foretatt på samme lokalitet som snøputeregistreringene. Det er f.eks. store gradienter i nedbør mellom Røros og Vauldalen. I vintersesongen 1994/95 ble det ved DNMI's målestasjon i Vauldalen målt 41% mer nedbør enn på Røros, og i 1995/96 (tom. januar) 95% mer nedbør. Når det tas hensyn til denne nedbørgradienten, er K-faktoren av størrelsesorden 2, dvs. samme størrelsesorden som korreksjonsfaktoren for målt nedbør i høyfjellsområder.

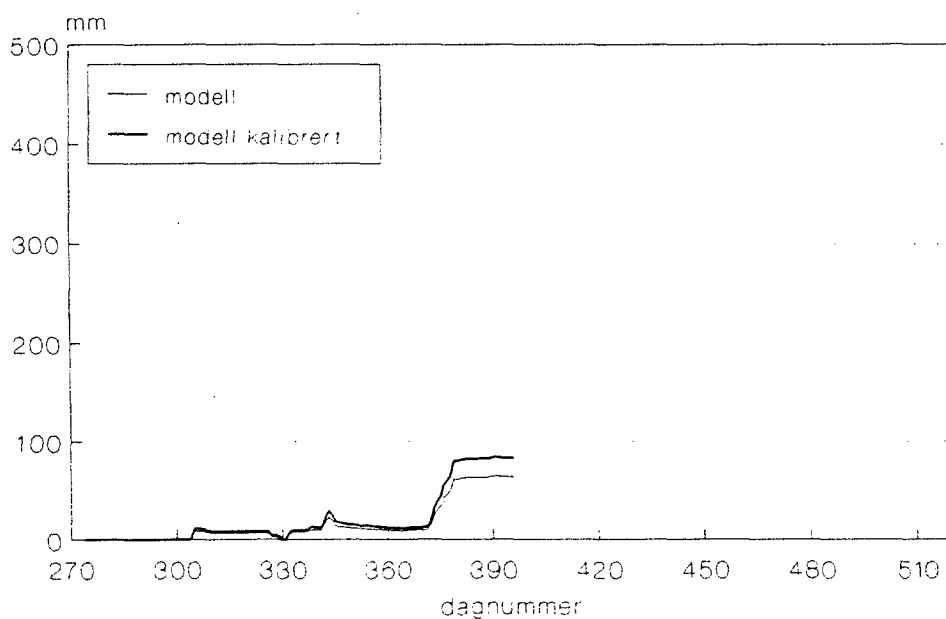
c). Usikkerhet i simuleringmodellen (f.eks. overestimering av snøsmelting) kan også bidra til økt K-faktor.

Simuleringene 1994/95 er avsluttet ved utgangen av mai 1995. Energibalansmodellen bekrevet i kapittel 2.4 og 4.2 ser ut til å gi bedre estimat av snøsmelting enn modell 8 (kapittel 2.3.3) som hittil er benyttet i simuleringene. P.g.a. problemer med tilgang til snøputedata (cfr. kapittel 1) var energibalansmodellen ikke ferdig uttestet da simuleringen for sesongen 1995/96 startet. Denne modellen vil bli anvendt i videre simuleringer, og kan også benyttes til å beskrive minkingen i netto snømagasin utover i vårsmeltingsperioden.

Tryvann II / Brunkollen
Vannekvivalent i mm
1994/95 okt/mai

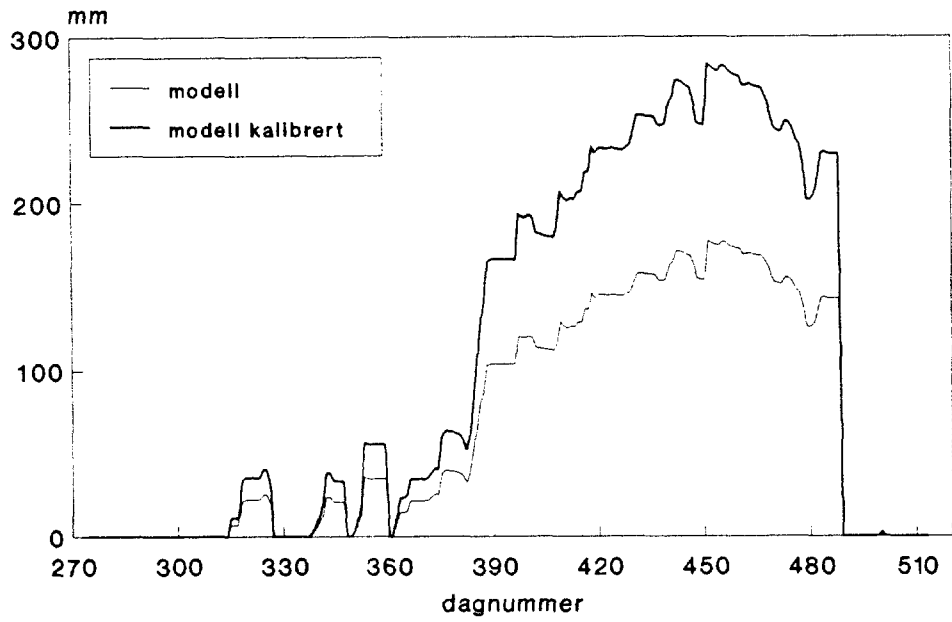


Tryvann II / Brunkollen
vannekvivalent i mm
1995/96 okt/jan

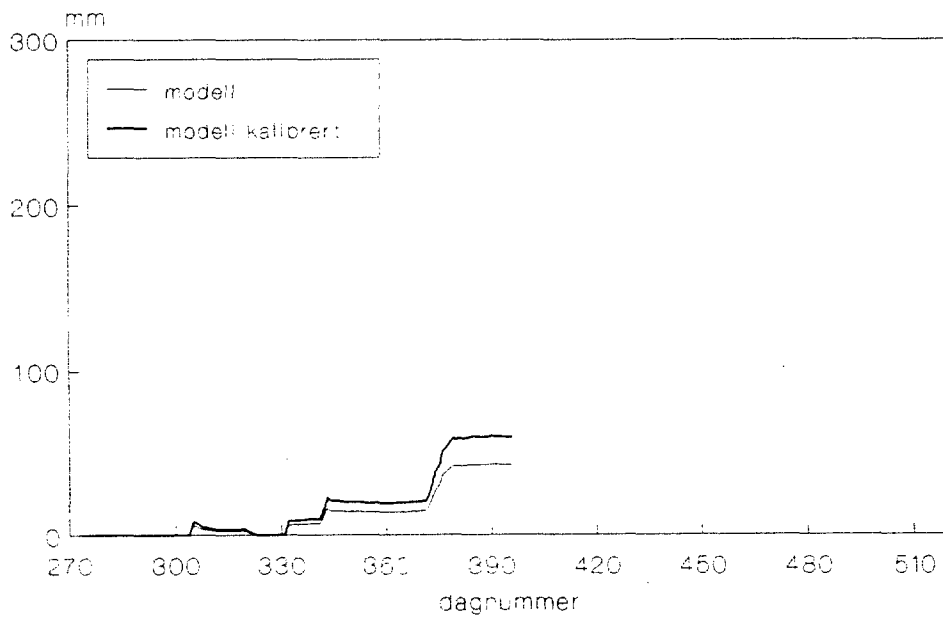


Figur 5.1 Simulering av netto snømagasin ved Tryvasshøgda/Brunkollen 1994/95 og 1995/96

Gardermoen /Lybekkbråten
vannekvivalent i mm
1994/95 okt/mai

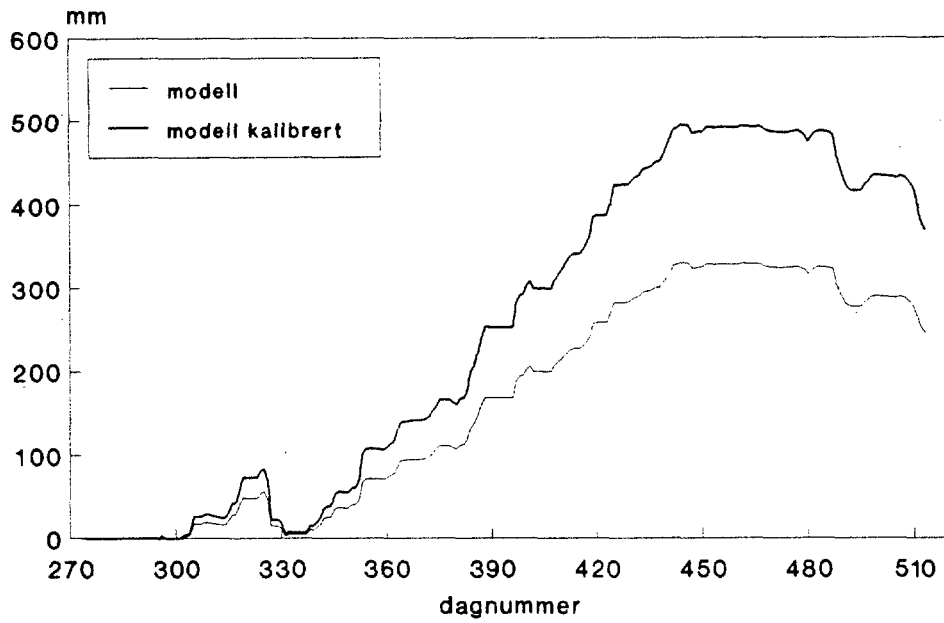


Gardermoen /Lybekkbråten
vannekvivalent i mm
1995/96 okt/jan

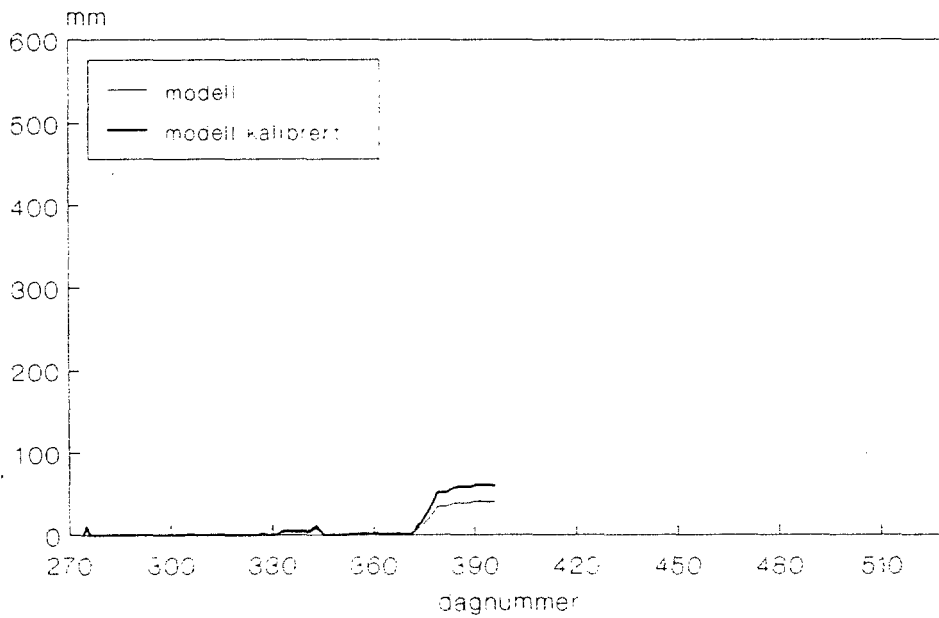


Figur 5.2 Simulering av netto snømagasin ved Gardermoen/Lybekkbråten 1994/95 og 1995/96

Møsstrand II /Groset
vannekvivalent i mm
1994/1995 okt/mai

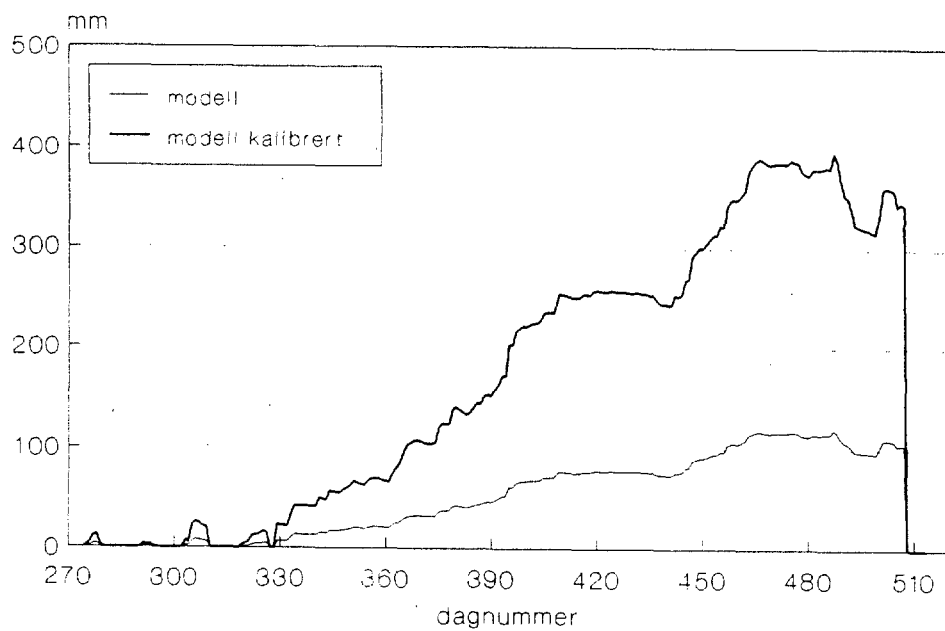


Møsstrand II /Groset
vannekvivalent i mm
1995/96 okt/jan

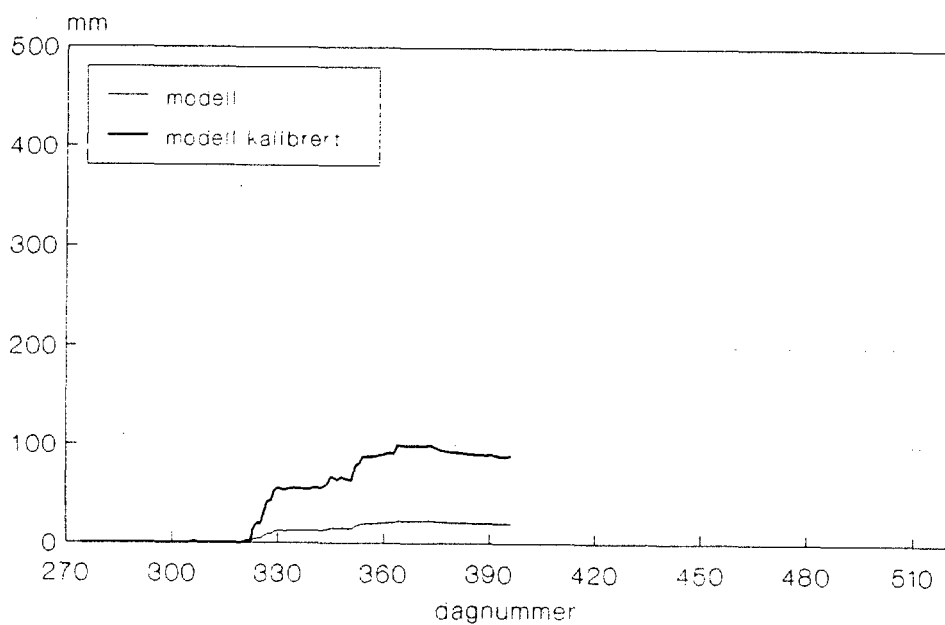


Figur 5.3 Simulering av netto snømagasin ved Møsstrand/Groset 1994/95 og 1995/96

Røros /Vauldalen
vannekvivalent mm
1994/95 okt/mai



Røros /Vauldalen
vannekvivalent i mm
1995/1996 okt/jan



Figur 5.4 Simulering av netto snømagasin ved Røros/Vauldalen 1994/95 og 1995/96

Modellene anvendes som sagt på et snølag hvor betingelsen $SDY > 0$ er den styrende parameter. I akumulasjonssesongen er ikke innlagt noen betingelser på snølaget hverken temperaturmessig eller med hensyn til homogenitet. Akumulert vann er bare sett som en vannmengde som er plassert i karet SMK (se pkt 3.1) og de prosesser som angår dette "faste vannet" er fordampning, smelting og avrenning. Det er derfor rimelig at den avslutende smelteperioden hvor snøpakken er moden (temperatur tilnærmet lik 0°C og vandamptrykk ca 6.11 hPa) krever den spesialbehandling som er gitt i "Dyrsmelt"-modellen. Figurene 5.1 til 5.4 viser en meget bratt avslutning for den endelige smeltesesongen, dette er for såvidt ikke helt urealistisk sett på bakgrunn av for eksempel snøputekurven for Lybekkbråten 1994/95 hvor et snølag med en vannekvivalent på ca 200 mm forsvinner på ca 1 uke. Modellen som er benyttet angir ennå kortere tid for den sluttlige smeltefasen, noe som med rimelighet kan forbedres med implementering av "Dyrsmelt"-modellen i den avsluttende smeltefasen.

Det kan vel også i parentes bemerkes at flomsituasjonen på Østlandet i 1995 var noe spesiell og betinget en stor og meget rask smelting, i så måte er avslutningen av denne akumulasjonssesongen ikke det mest representative grunnlag for en modell kalibrering.

6. OPPSUMMERING

DNMI har utarbeidet snøakkumuleringskart for kraftverksbransjen siden 1951. Disse snøakkumuleringskartene tar ikke hensyn til avsmelting i akkumuleringsseasonen, og kan derfor gi et misvisende bilde av netto snømagasin i kraftverkene snømagasin.

For å kunne gi en mer realistisk beskrivelse av netto snømagasin, er det testet 8 ulike snøsmeltingsmodeller hentet fra litteraturen. Alle de testede modeller ligger på en slik form at de kan kjøres direkte på rutinemessige meteorologiske observasjoner (dvs. innkommende sanntids værobservasjoner). Modellene er testet ved hjelp av snøputedata, samt ved målte verdier av snødybde og snøtetthet ved utvalgte målestasjoner. Energibalansmodellen «Dyrsmelt», som ble utviklet i Bergen, er testet mot snøputedata. Denne modellen kan beskrive snøsmelting ut fra fysiske prosesser med et minimum av parametre som må kalibreres for ulike typer terreng og klima. Det viste seg at halvempiriske ligninger med konstanter som ble funnet i Bergensområdet også egnet seg på Lybekkbråten og Sagelva, slik at modellen kunne brukes direkte. Snøputene viste seg å gi data av dårligere kvalitet enn lysimeterne i Dyrdalsområdet, men kvaliteten var likevel god nok til formålet.

Til simuleringen av netto snømagasin benyttes DNMI's AMOR-vannbalansmodell. Modellen er bygget som en karmodell, hvor ulike prosesser fyller og tapper karene. Ved beregningene blir både input og output variable simulert på timebasis for stasjoner som har denne målefrekvens, ellers benyttes døgnmidler. Beregningene blir oppdatert en gang pr. døgn. På forsøksbasis har DNMI for internt bruk startet simulering av netto snømagasin på utvalgte lokaliteter. Disse lokalitetene er dels synoptiske værstasjoner, dels stasjoner nær snøputer, og dels fiktive punkt i nedbørfelt. Beregningene kan også utføres for gridpunkt. Ved bruk av et tett gridnett (f.eks. HIRLAM) kan det lages landsomfattende kart, såvel som spesialberegninger for utvalgte nedbørfelt.

Det er lagt vekt på å finne frem til snøakkumuleringsmodeller som kan benytte rutinedata fra DNMI's observasjoner og prognoser. Modellene kan derfor enkelt utvides til å gi prognoser for forventet snøsmelting opp til 7 døgn fremover i tid.

7. REFERANSER

CORPS OF ENGINEERS, U.S. ARMY (1956) *Snow hydrology*. U.S. Dept. of Commerce, Office of Technical Services.

Furmyr, S., 1975: *Resultater og erfaringer av nedbørundersøkelser i Fillefjell representative område 1967-74*. Den Norske IHD-komité, Oslo 1975.

Førland, E.J. & R.Arntzen, 1994: *DNMI's snoakkumuleringskart 1961-1991*. DNMI Rapport 43/94 KLIMA, 47 pp.

Førland, E.J., 1994: *Trends and problems in Norwegian snow records*. I "Climate variations in Europe", Proceedings from "European Workshop on Climate variations", Majvik, Finland, mai 1994, p. 205-215.

Førland, E.J., B.Dahlström, E.Elomaa, T.J nsson, H.Madsen, J. Per l , P. Rissanen, H.Vedin: 1996: *Manual for operational correction of precipitation data*. Nordic NHP-Working Group for Precipitation (In press)

Harstveit, K., 1984: *Snowmelt Modelling and Energy Exchange between the Atmosphere and a Melting Snow Cover*. Dr.scient thesis, Scientific report no 4, 1984, Geophysical Institute, University of Bergen, 113 pp.

Killingtveit,  ., 1976: *En studie av vannbalansen i Sagelva hydrologiske forskningsfelt*. Institutt for vassbygging, NTH Trondheim.

Light, P. (1941) *Analysis of High Rates of Snow Melting* Trans. Am. Geophys. Union vol 22, pp. 195-205

NVE (1986) *Beregning av dimensjonerende og p regnelig maksimal flom. Retningslinjer*. Norges Vassdrags og Energiverk, V-informasjon 1/1986 , 32 sider

Popov, E.G. (1947) *Approximate Computation of the Intensity of Snowmelt* (russisk) Dokladny TsIP, vol 1 Issue 4

Popov, E.G. (1948) *Heat Balance and Intensity of Snowmelt* (russisk) Trudy TsIP, Issue 9(36)

8. APPENDIKS

8.1 Program struktur

Modellen er skrevet i standard FORTRAN-77 med unntak av en spesiell assembler rutine for utplukk fra klima-avdelingens historiske ND-baserte lager. Fortranprogrammet er strukturert i ulike subrutiner som hver ivaretar sin delprosess. Programstrukturen er vist i nedenfor.

De ulike subrutinene har følgende funksjoner:

1. FROBI identifiserer program på skjerm
2. SOL mottar interaktiv informasjon fra tastatur
3. PELLE plukker data fra historisk arkiv
4. SUPERSYS styrer beregnings og utskrifts rutiner
5. NE19 spesial behandler stasjoner med 2 nedbørobservasjoner pr døgn
6. TBKN døgnmiddel beregninger av ulike parametre
7. FUKTD beregner ulike fuktighetsvariable
8. CHKVAER bestemmer nedbørtyper regn/sludd/snø
9. NPROS prosentfordeler nedbørtyper innen døgn
10. PMELT beregner smelting som en følge av regn
11. ALBEDO beregner albedo for snødekket
12. EVAPO beregner fordampning fra snødekket
13. POPOV beregner smelting via Popov/Kuzmin metode
14. USARC beregner smelting via US army, corps of engineers metode
15. LIGHT beregner smelting via Light's metode
16. INDEX beregner smelting via en ren temperaturindeks
17. EBAL beregner smelting via en ren energibalanse

8.2 Input parametre

Til modellens parametrisering av de ulike prosessene kreves følgende meteorologisk informasjon som inneholdes i standard SYNOP-kode og kommer inn til faste tidspunkter.

parameter akronym	parameter betydning	benevning	smelte rutine
TT07	luft-temperatur kl 07 nnt	°C	1,2,4,6,7,8
TT13	luft-temperatur kl 13 nnt	°C	1,2,4,6,7,8
TT19	luft-temperatur kl 19 nnt	°C	1,2,4,6,7,8
TX07	nattens maksimums temperatur	°C	1,2,4,6,7,8
TX19	dagens maksimums temperatur	°C	1,2,3,4,5,6,7,8
TN07	nattens minimums temperatur	°C	1,2,3,4,5,6,7,8
TN19	dagens minimums temperatur	°C	1,2,6,7,8
UU07	luft-fuktighet kl 07 nnt	%	7,8
UU13	luft-fuktighet kl 13 nnt	%	7,8
UU19	luft-fuktighet kl 19 nnt	%	7,8
FF07	vindhastighet kl 07 nnt	knop	1,7,8
FF13	vindhastighet kl 13 nnt	knop	1,7,8
FF19	vindhastighet kl 19 nnt	knop	1,7,8
NT07	total skymengde kl 07 nnt	kode	8
NT13	total skymengde kl 13 nnt	kode	8
NT19	total skymengde kl 19 nnt	kode	8
NL07	mengde av lave skyer kl 07 nnt	kode	8
NL13	mengde av lave skyer kl 13 nnt	kode	8
NL19	mengde av lave skyer kl 19 nnt	kode	8
WW07	værbeskrivelse kl 07 nnt	kode	alle
WW13	værbeskrivelse kl 13 nnt	kode	alle
WW19	værbeskrivelse kl 19 nnt	kode	alle
W107	værbeskrivelse mellom kl 19 og kl 07 nnt	kode	alle
W113	værbeskrivelse mellom kl 07 og kl 13 nnt	kode	alle
W119	værbeskrivelse mellom kl 13 og kl 19 nnt	kode	alle
RR07	nedbørmengde siste 12 eller 24 timer	mm	aale
RR19	nedbørmengde siste 12 timer	mm	alle
SDY	snødyp registrert kl 07 nnt	cm	alle
SDE	snødekket registrert kl 07 nnt	kode	alle

modell 1	Popov formel	modell 5	USA4 formel
modell 2	USA1 formel	modell 6	T index formel
modell 3	USA2 formel	modell 7	Lights formel
modell 4	USA3 formel	modell 8	Energibalanse formel

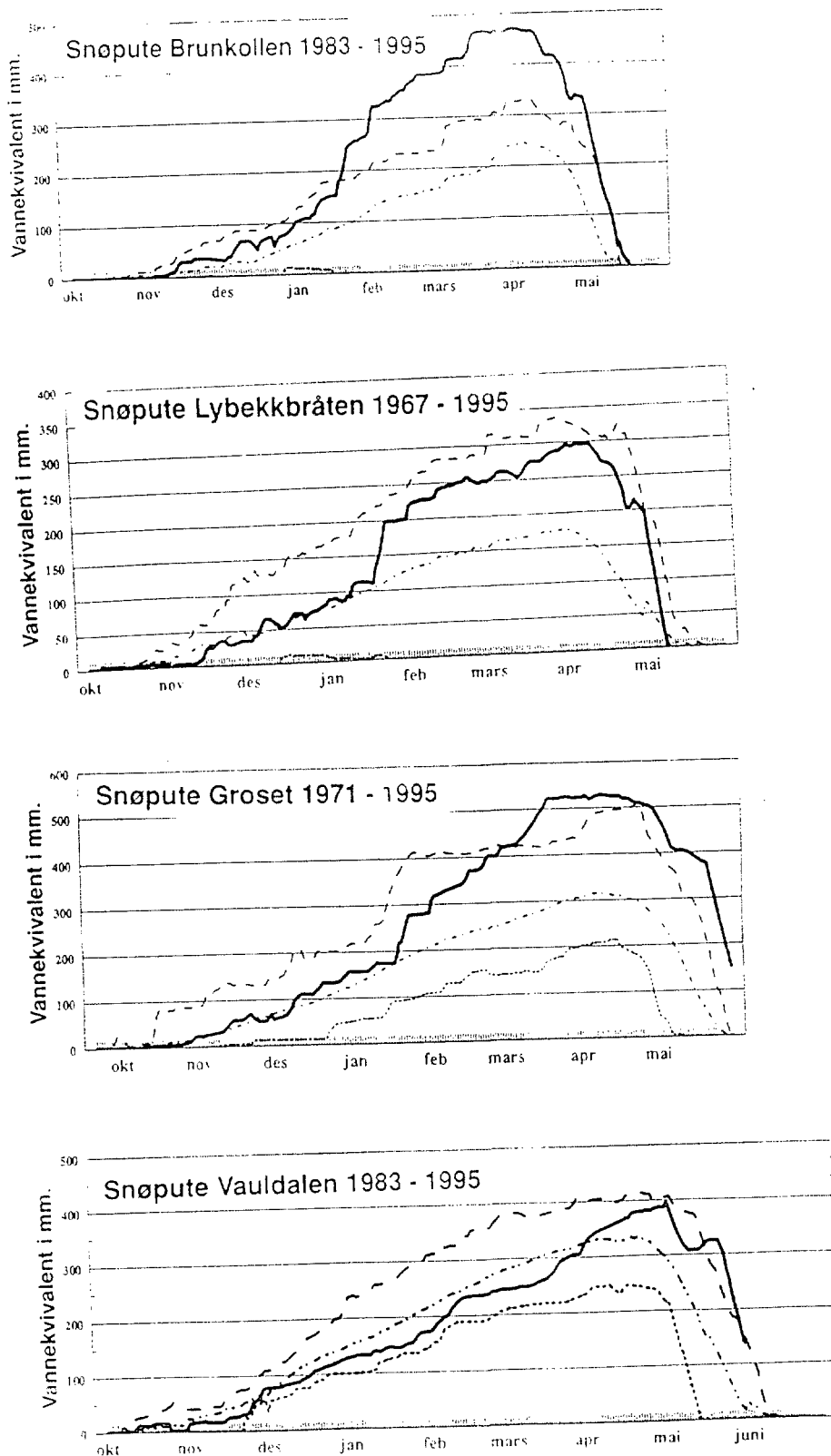
8.3 Output parametre

Innholdet av alle kar i modellen kan for et hvert døgn dumpes ut på en fil. Samtidig kan premissene for at en gitt prosess settes igang også skrives ut. Det vil gi en record som inneholder følgende elementer:

stedsidentifikasjon
 år
 dagnummer i året
 målt total nedbør
 snødekke
 snødyp
 værkarakteristikk (regn, sludd, snø,
 kontinuerlig nedbør eller bygevær)
 prosent flytende nedbør
 prosent fast nedbør
 albedo
 fordampning
 regnsmelt
 smelting (modell 1 til 8)
 akumulert nedbør (modell 1 til 8)
 vannverdi (modell 1 til 8)
 avrenning (modell 1 til 8) se avsnitt 3.2

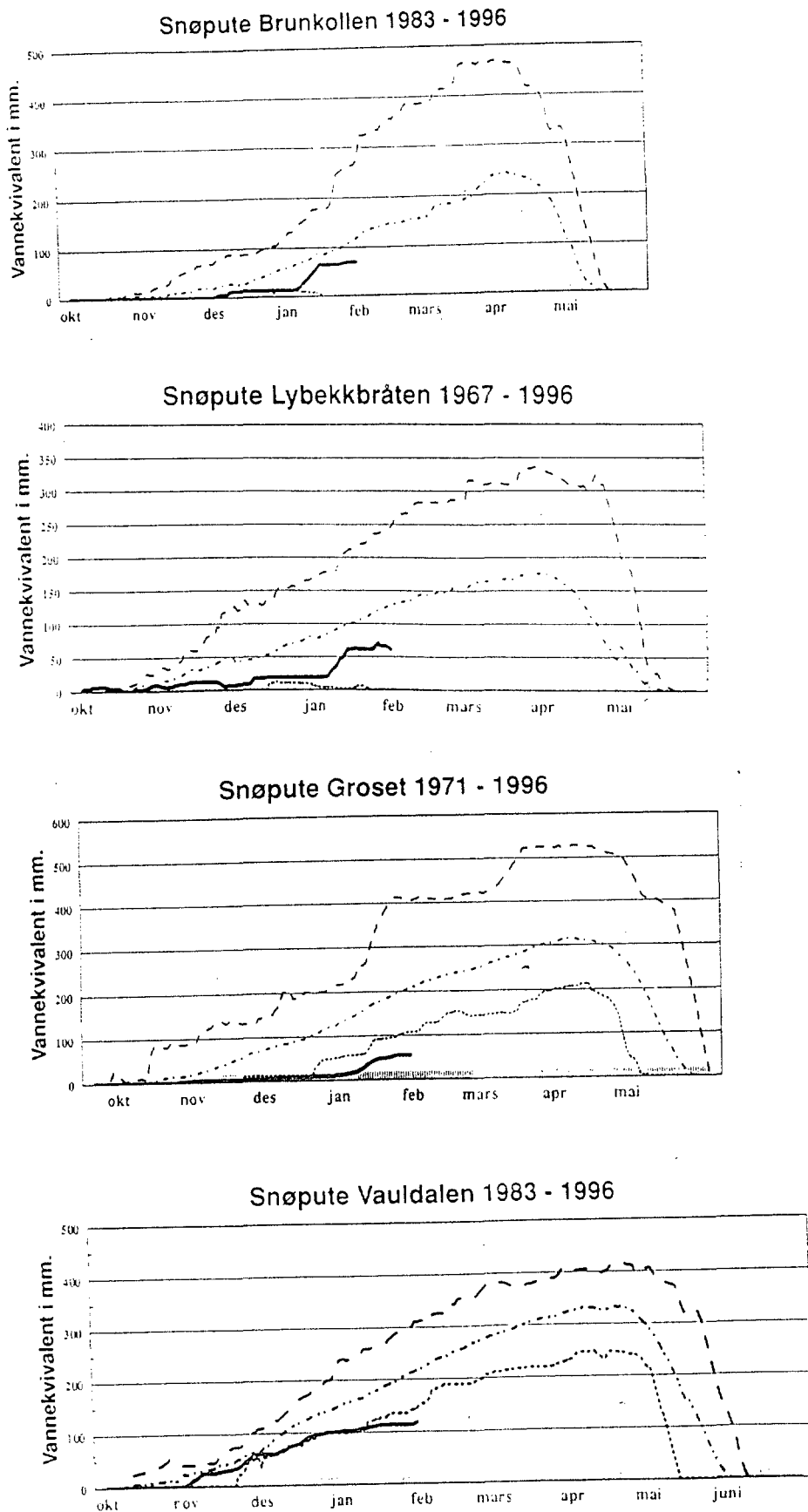
I tillegg kan også alle inngangsvariable (se avsnitt 8.2) også listes ut.

8.4 Snøputeregistreringer vintersesongene 1994/95 og 1995/96



Figur 8.1 Snøputeregistreringer pr. 31. mai 1995 (Fra Hydrologisk Månedsoversikt, Mai-Juni 1995, NVE-Hydrologisk avdeling)

— maksimum
 - - - median
 ····· minimum
 ————— årets kurve



Figur 8.2 Snøputeregistreringer pr. 31. januar 1996 (Fra Hydrologisk Månedsoversikt, Januar 1996, NVE-Hydrologisk avdeling)

—	---	- . - .
årsrets kurve	minimum	median	maksimum