



Norges hydrologiske stasjonsnett –analyse og strategi

Thomas Skaugen (red.)

7
2010

R
A
P
P
O
R
T



Norges hydrologiske stasjonsnett –analyse og strategi

Rapport nr (#! "!

Redaktør: Thomas Skaugen

ISSN: 04/ 0,1721

ISBN: 867,71,30/ ,/ 603,8

Opplag: 70

Forsidefoto: .

(Foto: NVE-hydrologisk avdeling)

Sammendrag: Rapporten beskriver den nåværende og mulig fremtidige bruk samfunnet gjør av hydrologiske data. De hydrometriske serier inndeles i klasser, og det skisseres en metode for objektiv, automatisk design av målenettverk etter formål. Nåværende stasjonstyper og muligheter for nye stasjonstyper diskuteres og databehov for forskjellige eksisterende og fremtidige relevante formål beskrives.

Emneord: Stasjonsnett, hydrologi

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate Adresseendring?
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Innhold

Forord	6
Sammendrag	7
1. Bakgrunn	9
2. Mål og omfang	10
3. Hydrologisk stasjonsnett	11
3.1 Innledning	11
3.2 Definisjoner	12
3.3 Eierskap	13
3.4 Bruk av hydrologiske data og noen krav til stasjonsnettet.....	13
3.5 Oppbyggingen av stasjonsnettet	15
3.6 Navnsetting av hydrologiske målestasjoner.....	16
3.6.1 Dagens praksis.....	16
3.6.2 Forslag til felles praksis.....	17
3.7 Krav til tidsoppløsning.....	19
4. Klassifisering av hydrometriske serier	19
4.1 Langtidsserie (L).....	19
4.2 Regional serie (R)	20
4.3 Prosjektserie (P).....	20
4.4 Driftserie (Dr)	20
4.5 Diverse serier (Di, Fo, Ff, U, Sa).....	20
5. Kriterier for det fremtidige stasjonsnettet	21
5.1 Generelt.....	21
5.2 Generelt verktøy for optimalisering av stasjonsnett	22
5.3 Spesifikk vurdering av stasjoner	27
5.4 Videre arbeid med stasjonsnettet	28
6. Generelt og status om de enkelte stasjonstyper	28
6.1 Vannstand og vannføring.....	28
6.2 Vanntemperatur og is.....	29

6.3	Sedimenttransport	32
6.4	Bre	34
6.5	Snø	35
6.6	Markvann og grunnvann	36
6.7	Endret stasjonsstandard ?	38
7.	Fremtidig behov for datatyper	38
7.1	Nye vanndata.....	39
7.2	Ikke-tradisjonell datainnsamling	40
7.3	Kobling til vannkvalitetsdata	41
7.4	Klimaendringer og databehov	42
7.4.1	<i>Følger av klimaendringer</i>	42
7.4.2	<i>Klimaovervåkning</i>	43
7.5	Data for flomvarslingskart	44
7.6	Skred og databehov	45
7.7	Grid data.....	46
7.8	Data policy	47
8.	Oversikt over Norges hydrologiske stasjonsnett	47
	Referanser	49
	Vedlegg 1	51
	Vedlegg 2	54

Forord

Det er en av NVEs viktigste oppgaver å drive et nasjonalt nett av målestasjoner som omfatter vannets kretsløp på og under landjordens overflate. NVE skal også administrere, utvikle og vedlikeholde en nasjonal hydrologisk database. Det nasjonale stasjonsnettet omfatter både statsfinansierte og eksternt finansierte stasjoner. Det finnes også enkelte stasjoner og dataserier hos andre norske institusjoner enn NVE, opprettet for disse institusjonenes egne behov, og som ikke inngår i det nasjonale stasjonsnettet. Totalt omfatter den nasjonale hydrologiske databasen ca. 250 000 stasjonsår.

Beskrivelsen og vurderingen av Norges hydrologiske stasjonsnett som rapporteres her er motivert av at det er nesten 10 år siden forrige gjennomgang samt at noen nye prioriteringer og føringer er lagt for vårt nasjonale stasjonsnett:

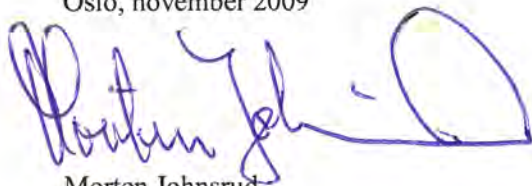
- NVEs posisjon med ansvar for oversikten over landets vannressurser er uendret
- Fokus på klimaendringer og konsekvensene derav er forsterket
- EUs vanddirektiv er innført siden 2003
- Flomvarslingens behov går i retning av større fokus på varsling av vannstands nivåer i elver og sjøer.
- NVE er blitt nasjonal myndighet for alle typer skred fra 2009.

I tillegg har vi funnet det nødvendig å legge til som føring at Norge skal ha hydrologiske data som muliggjør hydrologiske vurderinger, beregninger og forskning i alle deler av landet.

Rapporten beskriver den nåværende og mulig fremtidige bruk samfunnet gjør av hydrologiske data. De hydrometriske stasjoner inndeles i klasser, og det skisseres en metode for objektiv, automatisk design av målenettverk etter formål. Nåværende stasjonstyper og muligheter for nye stasjonstyper diskuteres og databehov for forskjellige eksisterende og fremtidige relevante formål beskrives.

Rapporten er utført av en intern arbeidsgruppe i tidsrommet februar- november 2009. Arbeidsgruppen takkes for innsatsen.

Oslo, november 2009



Morten Johnsrud

avdelingsdirektør

Sammendrag

En ambisjon er at landets sentrale hydrologiske tjeneste bør dekke *alle* leddene i landfasen av vannets kretsløp, og at datainnsamlingen må være representativ for landets naturgitte hydrologiske forhold, og den bruk vi gjør av våre vannressurser.

Rapporten diskuterer den bruk samfunnet gjør av hydrologiske data i dag og mulig bruk i fremtiden, og den stiller krav om at stasjonsnettet skal fylle klare bruksbehov (kap. 3).

Rapporten gir et grunnlag for å klassifisere hydrologiske serier etter formål. Klassifisering og databruk vil bli deler av stasjonsopplysningene, og leder frem til et sett av generelle, og i størst mulig grad objektive kriterier for å opprettholde eller legge ned stasjoner. Forskjellige krav og kriterier stilles til de enkelte stasjonskategorier (kap. 4).

Når vi oppretter nye stasjoner eller legger ned gamle er det viktig at kriteriene er i størst mulig grad kvantifiserbare. En metodikk skisseres som på objektivt grunnlag antyder optimal stasjonstetthet. Det skal også være mulig å etterprøve valgene som gjøres (kap 5).

I kapittel 6 beskrives hydrologiske parametere som i dag lagres i NVEs hydrologiske database. Begrunnelse og relevans fremheves og status for dagens målenettverk for de forskjellige parameterene er beskrevet. Det diskuteres også behovet for et avtalefestet forpliktende samarbeid med met.no om hydrometeorologiske målinger.

I kapittel 7 forsøker vi å antyde hva fremtidens krav vil være til landets hydrologiske målenettverk sett i lys av de føringer som er lagt i mandatet, men også ut i fra gruppens erfaring innenfor operativ, forvaltningsrettet hydrologi.

Kapittel 8 lister opp endel relevant litteratur om Norges hydrologiske stasjonsnett. Særlig fremheves informasjon de forskjellige innsynsverktøyene (NVE Atlas, programmer i Start systemet) gir om hydrologiske stasjoner, målenettverk og geografisk plassering.

1. Bakgrunn

Hydrologisk avdeling nedsatte i februar 2009 en arbeidsgruppe med mandat å gjøre en ny vurdering av stasjonsnett. En tidligere rapport fra 2003, "Norges hydrologiske stasjonsnett" (Pettersson (red.) NVE rapport 7, 2003), har vært retningsgivende for prioriteringer som er gjort i stasjonsnettets siden. Arbeidet med rapporten fra 2003 startet i 2001 og siden det er nesten 10 år siden siste vurdering av stasjonsnettets samt at noen nye føringer og prioriteringer ligger til grunn, er det hensiktsmessig å foreta en ny vurdering av det hydrologiske stasjonsnett.

I mandatet som lå til grunn for rapporten fra 2003 er det følgende forutsetninger: "oversikt over Norges vannressurser, fremtidige klimaendringer og innføring av EUs vanddirektiv". Forutsetningene som ligger til grunn for en ny stasjonsnett-vurdering er ikke endret i vesentlig grad, men noen nye prioriteringer og føringer er lagt:

- NVEs posisjon med ansvar for oversikten over landets vannressurser er uendret
- Fokus på klimaendringer og konsekvensene derav er forsterket
- EUs vanddirektiv (Vanddirektivet) er innført siden 2003
- Flomvarslingens behov går i retning av større fokus på varsling av vannstands nivåer i elver og sjøer.
- NVE er blitt nasjonal myndighet for alle typer skred fra 2009.

I tillegg har vi funnet det nødvendig å legge til som føring at Norge skal ha hydrologiske data som muliggjør hydrologiske vurderinger, beregninger og forskning i alle deler av landet.

Arbeidsgruppen som ble nedsatt besto av Thomas Skaugen (HB, leder), Erlend Moe (HH), Lars Evan Pettersson (HV), Lars Roald (HM) og Truls Bønsnes (HS). Gruppen har, gjennom 3 møter, laget en skisse til gjennomføring av prosjektet og la denne frem for, og fikk tilslutning fra ledermøtet i hydrologisk avdeling 16. juni 2009.

Gruppen identifiserte to oppgaver:

- Revidere og oppdatere rapport fra 2003 og presentere ny rapport innen oktober 2009 (denne).
- Initiere et prosjekt for objektiv bestemmelse av optimalt stasjonsnett.

Pettersson (red., 2003) er en meget god og detaljert gjennomgang av den hydrometriske virksomheten ved NVE og omtaler begrunnelse for målinger, stasjons- og parametertyper og fremtidige behov for stasjoner og data. Vi har valgt å beholde mye av strukturen fra del 1 i ny rapport, men vil utdype og revidere kapitlene i lys av vårt mandat. Det vil ikke i denne rapporten bli gjort en ny detaljert gjennomgang av stasjonsnettets etter mal av Pettersson (red., 2003), men vi vil skissere en metodikk for

utvikling av et verktøy for en objektiv bestemmelse av optimalt stasjonsnett basert på parametrene romlige variabilitet. Det er tenkt at en mer kontinuerlig vurdering av stasjonsnettets egnethet kan gjøres med et slikt verktøy slik at det meget tidskrevende arbeidet, hvor hele det nasjonale hydrologiske stasjonsnettet gjennomgås i detalj, ikke lenger er påkrevd.

2. Mål og omfang

Hydrologisk avdeling i NVE er nasjonal faginstans i hydrologi, noe som stiller krav til oss både som forvaltningsorgan, forskningssted og rådgivere. NVEs visjon og mål gir en ramme for å fylle alle disse oppgavene. En absolutt grunnleggende forutsetning for å lykkes er stasjonsnett av ypperste kvalitet. Dette gjelder både tilstrekkelig kvantitet, representativitet, datainnhenting, sikkerhet og utrustning.

En ambisjon er at landets sentrale hydrologiske tjeneste bør dekke *alle* leddene i landfasen av vannets kretsløp, og at datainnsamlingen må være representativ for landets naturgitte hydrologiske forhold, og den bruk vi gjør av våre vannressurser. Rapporten diskuterer den bruk samfunnet gjør av hydrologiske data i dag og mulig bruk i fremtiden, og den stiller krav om at stasjonsnettet skal fylle klare bruksbehov (kap. 3). Rapporten gir et grunnlag for å klassifisere hydrologiske serier etter formål. Klassifisering og databruk vil bli deler av stasjonsopplysningene, og leder frem til et sett av generelle, og i størst mulig grad objektive kriterier for å opprettholde eller legge ned stasjoner. Særlige krav og kriterier stilles til de enkelte stasjonskategorier (kap. 4). Når vi oppretter nye stasjoner eller legger ned gamle er det viktig at kriteriene er i størst mulig grad kvantifiserbare. En metodikk skisseres som på objektivt grunnlag antyder optimal stasjonstetthet. Det skal også være mulig å etterprøve valgene som gjøres (kap 5). I kapittel 6 beskrives hydrologiske parametere som i dag lagres i NVEs hydrologiske database. Begrunnelse og relevans fremheves og status for dagens målenettverk for de forskjellige parameterene er beskrevet. Det diskuteres også behovet for et avtalefestet forpliktende samarbeid med met.no om hydrometeorologiske målinger. I kapittel 7 forsøker vi å antyde hva fremtidens krav vil være til landets hydrologiske målenettverk sett i lys av de føringer som er lagt i mandatet, men også ut i fra gruppens erfaring innenfor operativ, forvaltningsrettet hydrologi. Kapittel 8 lister opp endel relevant litteratur om Norges hydrologiske stasjonsnett. Særlig fremheves informasjon de forskjellige innsynsverktøyene (NVE Atlas, programmer i Start systemet) gir om hydrologiske stasjoner, målenettverk og geografisk plassering.

Denne rapporten tar *ikke* for seg en detaljert gjennomgang av dagens stasjonsnett, slik tidligere arbeidsgrupper har gjort det. Vi mener tiden er inne for at stasjonsnettstrategien baseres på en kvantitativ vurdering av hvordan stasjonsnettet beskriver variabilitet i forhold til antatt reell variabilitet. En skisse til et verktøy er fremlagt i kap. 5 og gjennomgang av eksisterende stasjonsnett gjøres etter at et slikt verktøy er utviklet.

3. Hydrologisk stasjonsnett

3.1 Innledning

Hydrologisk avdeling ved NVE er den sentrale nasjonale institusjonen for kunnskap om Norges hydrologi. Avdelingen skal dekke samfunnets behov for hydrologiske data gjennom drift av et nasjonalt stasjonsnett og en nasjonal databank, og bidra til at beslutninger om bruk og vern av vannressurser fattes på et godt faglig grunnlag.

Verdien av hydrologiske data fra stasjonsnettet er en funksjon av eksisterende og mulig fremtidig bruk av data. Behovene for hydrologiske data endres stadig og stasjonsnettet og data-innsamlingen må tilfredsstille både dagens behov og ennå ikke uttrykte fremtidige behov.

For å dekke samfunnets nåværende og mulig fremtidige behov for hydrologiske data skal det settes opp kriterier for et optimalt stasjonsnett. World Meteorological Organisation (WMO) har stilt opp krav til en minste stasjonstetthet for ulike typer nedbørfelt (Basic Network Assessment Programme) (WMO, 1994). Dette bygger på en klassifisering av de ulike feltene ut fra feltegenskaper og beliggenhet. Vi vil i kapittel 5 skissere en metode for objektiv optimalisering av stasjonnett hvor WMO sine anbefalinger vil være retningsgivende for akseptabel stasjonstetthet. Optimal stasjonstetthet vil variere for de forskjellige klassene av stasjoner (kap. 4), som også uttrykker bruk av data, og for kvaliteten av data som er flagget for de forskjellige stasjonene gjennom kvalitetsløftets fase II som er en gjennomgang (i 2010) av stasjonsnettet mhp kvalitet. Et verktøy for optimalisering av stasjonsnett vil derfor dra nytte av at kvalitetsflagging av våre hydrologiske data er en søkbar egenskap i Hydra II. Etter at implementering av verktøyet er gjennomført kan det utføres analyser av stasjonsnettet og gis forslag til endringer.

De hydrologiske data som innsamles ved NVE kommer både fra hydrometriske stasjoner som eies og drives av NVE og som eies/drives av andre. De mest brukte parametrene (variablene) i stasjonsnettet og på databasen er vist i tabellen nedenfor.

Parameterkoder i NVEs hydrologiske database

Kode	Parameter	Måles	Beregnes
1000	Vannstand (m)	x	
1001	Vannføring (m ³ /s el. l/s)	(x)	x
1008	Overløp (m ³ /s)		x
1015	Overføring (m ³ /s)		x
1055	Driftsvannføring (m ³ /s)		x
1057	Forbitapping (m ³ /s)		x
1005	Istykkelse (m)	x	
1003	Vanntemperatur (°C)	x	
1200	Konsentrasjon suspendert minerogent materiale (mg/l)	x	
1208	Konsentrasjon suspendert organisk materiale (mg/l)	x	
2002	Snødybde (m)	x	
2003	Snøens vannekvivalent (m)	x	x

2024	Snøens tetthet (kg/m ³)	x	
2000	Grunnvannsnivå (m)	x	
2004	Teledyp – nedre (m)	x	
2015	Grunnvannstemperatur (°C)	x	
2001	Markfuktighet (%)	x	
2006	Jordtemperatur (°C)	x	
2018	Teledyp – øvre (m)	x	
2020	Tensjon (Pa)	x	
5011	Resistans ved markvannsmåling (ohm)	x	

I tillegg til de parametre med nummer som er nevnt ovenfor kommer enkelte andre parametre som registreres på enkeltstasjoner eller som bestemmes ut fra analyser, som for eksempel brefrontendringer mm. ([se Introduksjon til Hydra II](#) [Hfelles:/hd/hydra2/overs/intro.doc](#)).

3.2 Definisjoner

Dataserie: En tidsserie med beregnede eller avledete data. Vannføringsserier er for eksempel vanligvis dataserier og ikke måleserier.

Feltparameter: Fysisk eller klimatisk verdi som beskriver en egenskap ved nedbørfeltet.

Hydra II: NVEs system for å lagre, kontrollere, bearbeide, analysere og presentere hydrologiske og meteorologiske data.

Hydrologisk målestasjon: En stasjon hvor det foretas målinger av en eller flere hydrologiske parametre.

Hydrologisk regime: Hydrologiske parametres normale fordeling i løpet av året.

Hydrometrisk stasjon: Samme som hydrologisk målestasjon.

Karakteristiske verdier: Vanligvis middel- og ekstremverdier av hydrologiske parametre for forskjellige varigheter og forskjellige sesonger.

Måleserie: En tidsserie med direkte observerte data (ikke beregnede eller avledete data).

Nedbørfelt: Et område som har felles utløpspunkt for sitt avløp.

Sanntidsdata: Observerte data som er tilgjengelige innen ett døgn etter måling.

Spesifikk verdi: Verdi per arealenhet.

Stasjon: En stasjon knyttes til et geografisk punkt og er et målested eller referansested. Det er ikke noe krav at det er gjort målinger ved stasjonen. Dersom det knyttes en simulert serie til et geografisk punkt, opprettes en stasjon i dette punktet.

Stasjonsnett: Med stasjonsnett menes vanligvis mengden av målestasjoner for en eller fler parametre.

Stasjonsnummer: Stasjoner gis et todelt nummer, hvor første ledd er vassdragsområdets nummer og annet ledd er et løpenummer innenfor vassdragsområdet.

NVEs GIS-system: Et nasjonalt informasjonssystem som inneholder en samlet oversikt over informasjon om norske vassdrag og nedbørfelt.

For definisjon av hydrologiske termer, se også (Johansson, 1984; Østrem, 1993).

3.3 Eierskap

Stasjonseier er den som bekoster drift av stasjonen, inkludert etablering, vedlikehold og nedlegging. Normalt, men ikke alltid, eies også måleinstrumenter og overføringsutstyr av stasjonseier.

Driftsansvar følger ofte eierskapet. Normale driftsoppgaver inkluderer vedlikehold, feltarbeid, kalibreringer og databehandling. Ansvar for driften av konsesjonspålagte stasjoner bestemmes av stasjonseier, men driften skal utføres etter normer som NVE setter, og NVE kontrollerer utførelsen. NVE kan eventuelt påta seg driftsansvar for konsesjonspålagte stasjoner som oppdrag fra stasjonseier.

Data fra stasjoner som enten har offentlig eier, eller fra stasjoner som er pålagt en tiltakshaver som del av konsesjonsbetingelsene, er offentlige, dvs. allmennheten skal ha uhindret tilgang til data, eventuelt mot å dekke kostnader ved å skaffe dem til veie. Et unntak er de sanntidsdata som stasjonseieren med rimelighet vurderer som forretningsmessig viktige for sin virksomhet. I slike tilfeller er det en sperrefrist for offentliggjøring. Se for øvrig (Tollan (red.), 2008).

Data fra stasjoner i privat eie, og som ikke er konsesjonspålagte, er ikke automatisk offentlig tilgjengelige.

Basisstasjoner som er så viktige for samfunnet at kontinuitet og beste praktisk tilgjengelige teknologi kreves, skal som regel eies og drives av NVE.

3.4 Bruk av hydrologiske data og noen krav til stasjonsnettet

Samfunnet trenger hydrologiske data for svært mange formål: teknisk-økonomiske, for tilsyn og kontroll, for forskning og statistikk og mange andre. Det er alltid et bruksbehov som styrer opprettelse av stasjoner, og bortfall av fornuftig bruk som

avgjør om stasjoner kan legges ned. Klassifisering av databruk er derfor helt avgjørende for utviklingen av et nasjonalt stasjonsnett. Dette kapittelet redegjør for de viktigste bruksområder. Klassifiseringen vil bli lagt inn som stasjonsopplysning i Hydra II under rubrikken ”Bruksområde for måleserie”.

3.4.1 Hydrologiske data brukes til å **kartlegge og overvåke Norges hydrologi** (hydrologiske parametres fordeling i tid og rom, tidsutvikling og karakteristiske verdier). Avrenningskart, for eksempel i form av isolinjer (isohydatere), er et viktig produkt. Også griddede kart over meteorologiske og hydrologiske parametere, historisk, sanntid og prognoser er viktig informasjon (seNorge.no). Det årlige totalavløpet fra landet må kunne beregnes. Stasjonsnettet skal gi data som skal kunne brukes til å beskrive regimet i de viktigste vassdragene og i et utvalg av representative elvestrekninger og nedbørfelt, samt til å påvise mulige trender i regimet.

Stasjonsnettet skal også gi representative data som kan danne grunnlag for å estimere naturlige forhold for umålte steder i Norge. Dette forutsetter at det finnes et tilstrekkelig antall målesteder til å fange opp den meteorologiske variabiliteten i Norge og variabilitet som er avhengig av geologi, elveløpets og nedbørfeltets egenskaper.

Hydrologiske verdier for spesifikke tidspunkter kan også ofte være viktige å kjenne til.

3.4.2 Hydrologiske data brukes til **forskning**, bl.a. til studier av klimavariasjoner og klimaendringer. Stasjonsnettet skal gi data som gir grunnlag for studier av hydrologiske prosesser i tilnærmet homogene nedbørfelt eller miljøer. Et alternativ til direkte målinger er statistisk analyse og bruk av modeller for å simulere vannføring og andre parametre basert på meteorologiske inngangsdata. Dette krever at modellene gir tilstrekkelig gode resultater og at innsamlingen av meteorologiske inngangsdata holdes ved like.

3.4.3 Hydrologiske data brukes til beregninger i forbindelse med **utbygging av vannressursene** og bygging og arealutnyttelse i og langs vassdrag. Bruk og utnyttning av vannressursene i og langs våre vassdrag krever kunnskap og innsikt i hydrologi. Tekniske inngrep sammen med en optimalisert drift av kraftverk må alltid balanseres mot miljøverdier knyttet til vassdraget.

3.4.4 Hydrologiske data brukes til **miljøovervåking**, til klimatiske og biologiske vurderinger og til å klarlegge effekter av inngrep i vassdrag. I regulerte vassdrag skal det være mulig dels å overvåke at manøvreringsreglement blir overholdt, dels å dokumentere effekten av reguleringene og dels å rekonstruere de naturlige forholdene, dvs. utføre tilsigsberegninger. Tilsigsberegninger krever at det finnes data for regulert vannføring for punktet som beregningen skal utføres for. Dersom ikke direkte observasjoner av vannføringen foreligger, betyr dette eventuelt måling av produksjonsvannføring og spill/forbitapping. Dessuten kreves data for oppstrøms overføringer og magasiner av betydning. Større reguleringer kan innebære at vann føres over feltgrenser gjennom ”takrenner” og komplekse overføringer. Skal man kartlegge vannbalansen i slike system, kreves målinger i alle overføringspunkt, noe

som kan være urealistisk. Skal tilsigsberegninger utføres for slike system med en rimelig sikkerhet, er det påkrevet med data fra uregulerte referansefelt.

3.4.5 Hydrologiske data brukes til støtte for **økt sikkerhet**, bl.a. for damsikkerhet, prognosering og varsling, og for beredskap mot flom. Flomfrekvensanalyse krever lange tidsserier. For prognoser og varsler kreves ofte data i sann tid, og de er også viktige som dokumentasjon av faktiske hendelser i og langs vassdrag.

3.4.6 Hydrologiske data brukes til **ressursovervåking**. De er en støtte for myndigheter og allmennheten for å kunne håndtere problemer i perioder med knapphet på vann. Dette kan være aktuelt for både alminnelig vannforsyning og energiforsyning.

3.4.7 Hydrologiske data brukes for **ifylling/komplettering** og beregning av avledete dataserier. Dette er data fra viktige sammenlikningsstasjoner ved ifylling og isredusering i datainnkjøring, data fra stasjoner som inngår i tilsigsberegningene, både vannføringsserier, magasinserier, overføringer, overløp og driftsvannføringer, data fra stasjoner der det er etablert multiple regresjonslikninger for ifylling av data (bl.a. EOF-stasjoner) samt data for nedbør-avløpsmodeller.

3.4.8 Videre brukes vannføringsdata til å **tolke data** eller for beregninger i forbindelse med innsamling av data for andre hydrologiske parametre (snø, massebalanse, vanntemperatur, sedimenttransport, biologiske og kjemiske parametre, grunnvann og markvann).

Bruken av data fra hver stasjon klassifiseres for å vise hvilke **avhengigheter** som finnes mellom ulike serier, eller hvilken **annen viktig bruk** vi gjør av serien. Slike opplysninger er viktige når endringer i stasjonsnett skal vurderes. Det vil fortsatt være behov for separate lister, i Hydra II-tabeller, over stasjoner som det er etablert modeller for, eller som har vært brukt i store enkeltundersøkelser (Eksempler: isohydatkart 1961-1990, flomsonekart, LAVANTI, EOF-stasjoner, IHD-, FRIEND-, PRA-, Hydra-programmene).

3.4.9 Det stilles også **internasjonale krav** til utveksling av hydrologiske data. Det skal være mulig å beregne tilløpet til fjorder og havstrekninger, og tilløpet/avløpet over landegrensene mot Sverige, Finland og Russland. Det er krav om slik rapportering bl.a. til EU via Statistisk sentralbyrå, og til OECD og European Environment Agency. Internasjonale avtaler og lovverk (eksempelvis EU) kan også komme til å stille nye og i dag ukjente krav til stasjonsnett.

3.5 Oppbyggingen av stasjonsnett

De eldste hydrologiske målestasjonene ble etablert i midten og slutten av 1800-tallet i forbindelse med kanaliseringsarbeid og tiltak mot flomskader. Etter hvert ble mange stasjoner etablert i forbindelse med planlegging av kraftutbygging og fordi man så behovet av å få en oversikt over landets vannressurser.

En stor del av de hydrologiske målestasjonene i Norge er pålagte tiltakshavere i vassdragene som en del av konsesjonsvilkårene. De gjeldende begrunnelsene for pålegg er sammenfattet i seks punkter, se Tollan (red.)(2008):

- 1) Gjøre det mulig for myndigheter og allmennhet å kontrollere at konsesjonsvilkårene for en regulering eller annet vassdragstiltak blir overholdt;
- 2) Beskrive de faktiske hydrologiske forhold i den delen av vassdraget som er påvirket av et vassdragstiltak, og å klarlegge endringer som følge av tiltaket;
- 3) Sikre datagrunnlag for hydrologiske beregninger i aktuelle felt og eventuelt å erstatte målestasjoner som etter et vassdragstiltak ikke gir representative data;
- 4) Skaffe data for rekonstruksjon av naturlige forhold (inkludert tilsigsforholdene) i et regulert vassdrag;
- 5) Skaffe data for økt sikkerhet og beredskap i vassdraget. Dette gjelder både funksjonssikkerhet ved vassdragstiltak, trygghet mot ulykker på is og bre, og beredskap mot flom, inkludert offentlig flomvarsling;
- 6) Gi myndigheter og allmennhet oversikt over ressurs situasjonen for å kunne håndtere problemene i perioder med knapphet på vann. Dette kan være aktuelt for både alminnelig vannforsyning og energiforsyning.

De pålagte stasjonene utgjør en stor og viktig del av landets stasjonsnett. NVEs oppgave er å sørge for at det egne stasjonsnett er tilstrekkelig omfattende i uregulerte vassdrag, spesielt at den romlige fordelingen er tilstrekkelig god.

Det har blitt mer og mer påkrevet at de hydrologiske dataene er tilgjengelige i sann tid. Det er spesielt for flomvarsling og ressursovervåking som dette er helt nødvendig, men også for andre formål er sanntidsdata etterspurt.

3.6 Navnsetting av hydrologiske målestasjoner

3.6.1 Dagens praksis

Tradisjonelt sett har de hydrologiske målestasjonene for vannstand og vannføring fått navn etter elven eller innsjøen der stasjonen ligger eller etter et lokalt navn nær stasjonen. Ofte har man gitt stasjonen navn etter elven i ubestemt form der elven har et sammensatt navn med elv som grunnord, mens stasjonsnavn med -bekken gjerne blitt i bestemt form (eks. 163.5 Junkerdalselv og 16.154 Brusetbekken, men 400.1 Bayelva og 18.11 Tjellingtjernbekk). Også stasjoner i innsjøer og ved fosser har gjerne fått navnet i ubestemt form (eks. 2.11 Narsjø, 11.4 Elgtjern, 50.3 Eidfjordvatn og 151.28 Laksfors).

I senere tid har noen stasjoner som ligger i innsjøer fått et vedheng for å presisere hvilken innsjø det gjelder (eks. 16.75 Tannsvatn (Lognvikvatnet) og 12.65 Skjerdal (Tyrifjorden)).

Det finnes også eksempler på stasjonsnavn som er endret for å tilpasse seg mer eller mindre uttalede lokale ønsker. Målestasjonen 15.79 Orsjoren het tidligere både

Ossjøen og Orsjøen, mens 15.61 Holmfoss i Numedalslågen i lang tid het Fossørød, som er en mindre kjent gård nært den lokalt mer kjente Holmfossen.

For vanntemperaturstasjoner finnes skriftlige navneregler, men ellers har ikke Hydrologisk avdeling noen vedtatte regler for navnsetting av de hydrologiske stasjonene i landet. Målestasjoner for vanntemperatur og is har så å si alltid fått navn med elven/innsjøen først og med et tillegg for å presisere hvor i elven/innsjøen stasjonen ligger. Eksempler er 163.24 Junkerdalselva ovf. Lønselv, 2.706 Atna v/Lia bru og 2.817 Aursunden v/Evavollen (11). Tillegget (11) i det siste eksemplet er en støtte for å vise hvor i innsjøen målingene utføres. Stasjonen er i dette tilfellet et målepunkt og ikke et instrument eller en fast installasjon.

3.6.2 Forslag til felles praksis

Vi foreslår at følgende prinsipper skal gjelde for navnsetting av hydrologiske målestasjoner:

Hovedregel:

Navnet skal beskrive stasjonen fra et hydrologisk synspunkt. Som viktig element i navnet bør det derfor inngå ett av disse:

- Elvenavn
- Navn på innsjø
- Kraftverk

1. **Vannstandstasjoner (og stasjoner for andre parametere) i innsjøer/magasin** bør ha navnet til innsjøen som stasjonsnavn, enten alene eller med et tillegg som beskriver hvor i innsjøen stasjonen ligger. Eksempler kan være Mjøsa ved Hamar, Tyrifjorden ved Skjerdal.
2. **Vannføringsstasjoner i elv** kan enten ha bare elvenavnet som stasjonsnavn eller ha et lokalt navn først med tillegget i xxxelv, f.eks Knappom i Flisa eller Laksfors i Vefsna. Vanligvis er det bare én vannføringsstasjon i alle små og mellomstore elver, slik at det er tilstrekkelig med elvenavnet som stasjonsnavn. I større elver er det mer aktuelt å ha en spesifisering i navnet.
3. **Vannføringsstasjoner i uregulert innsjø** bør fortrinnsvis ha både innsjønavnet og elvenavnet med i stasjonsnavnet, f.eks. Fonnvatn i Guddalselv.
4. **Når vannføringsstasjonen er et kraftverk** bør kraftverksnavnet følges av elvenavnet, f.eks. Solbergfoss kraftverk i Glomma.
5. **For målestasjoner for vanntemperatur og sedimenttransport** kan andre varianter av navnsettingsprinsippene være mest hensiktsmessige.

Ved nærmere beskrivelse av stasjonen bør det fortsatt tenkes "hydrologisk". Dersom det er store sideelver, kraftverk eller innsjøer i nærheten kan navnet eventuelt refereres til disse slik som disse tenkte stasjonene:

Altaelva ovf. Alta kraftverk
Altaelva ndf. Eibyelva
Trysilelva ndf. Femunden

Dersom slike elementer ikke er til stede kan navnet knyttes til stedsnavn:

Altaelva v/Gargia
Karasjokka ovf. Karasjok

Er målingene tatt nært utløpet av en innsjø bør dette ses i navnet:

Vågåvatnet utløp Her er stasjonen i innsjøen
Ottaelva ndf. Vågåvatnet Her er stasjonen i elva nedenfor innsjøen

Et ikke uvanlig måleoppsett er der Vesleelv renner ut i Storeelv, og en har stasjoner i Storeelv nedstrøms og oppstrøms samløpet samt oppstrøms i Vesleelv. De tre stasjonene bør da hete:

Storeelva ovf. Vesleelva
Storeelva ndf. Vesleelva
Vesleelva (eller Vesleelva ovf. Storeelva)

6. **For stasjoner som ikke ligger i tilknytning til elv** (grunnvann, markvann og snø) gjelder prinsippet om at navnet skal gi bruker mest mulig hensiktsmessig informasjon om *hvor* stasjonen ligger. Slike stasjoner kan ha sammensatte navn av typen Torp i Enebakk (kommune) eller Berg ved Magnor (tettsted).

Fortrinnsvis bør ikke forkortelser benyttes, men vanlige forkortelser er:

kr.st. eller krv. = kraftstasjon, kraftverk etc.
ovf. = ovenfor
ndf. = nedenfor
v/ = ved

Navnene bør så langt mulig følge navnene i Sentralt stedsnavnregister (SSR) som vedlikeholdes av Statens kartverk

Samiske navn:

Dersom "norske" navn er vanlige i bruk bør de benyttes.

Vanligvis ser en mange skrivemåter på samiske navn. Disse endingene bør brukes:

jokka = elva
javri = sjøen

Veletablerte stasjonsnavn som følger hovedregelen med at de inneholder navn på elv, innsjø eller kraftverk, bør ikke endres.

3.7 Krav til tidsoppløsning

Tidsoppløsningen ved registrering av data ved målestasjoner er avhengig av parameter som måles og tregheten i dens variasjon med tiden. Anbefalt tidsoppløsning er for:

- | | |
|---------------------------|--|
| - vannstand/vannføring | 1 time (hyppigere i små felt) |
| - magasin vannstand | 1 døgn |
| - is | varierende |
| - vanntemperatur | 6-8 timer |
| - sedimenter (suspensjon) | 6 timer (hyppigere under flom) |
| - massebalanse på bre | 2 ganger per år |
| - snø | 3-4 ganger i løpet av vinteren (manuelle målinger),
1 døgn (kontinuerlige målinger) |
| - grunnvann | 1 uke (manuelle målinger)
1 døgn (kontinuerlige målinger) |
| - markvann | 1 time |

4. Klassifisering av hydrometriske serier

Basert på nordiske anbefalinger, og tilpasset også andre parametere enn vannstand/vannføring, inndeles de hydrometriske måleseriene (heretter kalt serier) i 8 hovedkategorier; langtidsserie (L), regional serie (R), prosjektserie (P), driftserie (Dr) og diverse serier (Di, Fo, Ff, U, Sa). I prinsippet kan en videre inndeling i mer spesielle klasser kan også gjøres, men de 8 hoved kategoriene representerer et minimum av kategorisering. Klassifiseringen av måleseriene på vannføring som er gjort i Pettersson (2003) vil bli lagt inn som stasjonsopplysning i HYDRA II. Klassene, eller kombinasjoner av klasser, vil også, til en viss grad, være sammenfallende med klassene som anvendes for å definere nett av basisovervåking i forbindelse med implementering av Vanddirektivet (jfr kap 7.3). Merk at en serie kan oppfylle kriteriene til flere klasser og kan derfor tilordnes flere klasser.

4.1 Langtidsserie (L)

Denne gruppen omfatter serier som er med på å beskrive det hydrologiske regimet dvs, de hydrologiske forholdene i uregulerte og regulerte vassdrag. Driften av serier i denne gruppen skal i utgangspunktet ikke være tidsbegrenset. En langtidsserie er karakterisert ved:

- Lang serie, eller opprettet med det formålet
- God datakvalitet
- Data må kunne brukes for flere ulike formål, bl.a. beregning av karakteristiske verdier for parameteren og til å overvåke langtidsvariabiliteten og til å definere nåtidsforhold mot forholdene i tidligere perioder

Langtidserier kan nedlegges eller gis annen klassifisering hvis forholdene ved stasjonen endres (store reguleringer, redusert datakvalitet osv.).

4.2 Regional serie (R)

Regionale serier beskriver de naturlige forholdene. De sørger også for at den geografiske spredningen av stasjoner er tilstrekkelig omfattende slik at de hydrologiske forholdene i hele landet kan beskrives tilstrekkelig godt. En regional serie er karakterisert ved:

- Uregulert eller ubetydelig regulert felt
- Data er overførbare til felt med liknende feltegenskaper eller liknende miljøforhold
- Data bør kunne brukes til å etablere regionale formelverk for estimering av avrenningskarakteristika i umålte felt
- Data bør kunne brukes til kalibrering av modeller, prognosering og scenarier
- Data bør forekomme i sanntid.

4.3 Prosjektserie (P)

Denne gruppen omfatter serier opprettet for kortere tid i forbindelse med for- og etterundersøkelser eller andre spesielle problemstillinger, eller for å komplettere den regionale dekingen av langtidsseriene i ulike undersøkelser. Serier opprettet i forbindelse med tidsbegrensede oppdrag hører til denne gruppen. Seriene kan være innrettet for å undersøke bestemte aspekter av målt parameter, uten å gi data som er nyttbare til andre formål. En prosjektserie er karakterisert ved:

- Avgrenset observasjonsperiode
- Datakvalitet avhengig av formålet

Enkelte prosjektserier kan med tiden vise seg å være kvalifisert for å bli langtidsserier.

4.4 Driftserie (Dr)

Denne gruppen omfatter serier som inngår i drift av kraftverk, vannverk, industri, irrigasjons- og oppdrettsanlegg osv. Eksempel på datatyper er driftsvannføringer, spill, forbitapping, inntak og utslipp i forbindelse med overføringer m.m. Serier for overvåking av minstevannføringspålegg eller andre grenseverdier kan høre inn blant driftserie.

4.5 Diverse serier (Di, Fo, Ff, U, Sa)

Denne gruppen kan omfatte serier av mer tilfeldige målinger (Di). Eksempler er for steder der det foreligger observerte flomvannstander i forbindelse med store flommer utenfor det ordinære stasjonsnett. Likeså kan det tenkes oppsetting av skalaer for

måling av flomvannstand ved byer og tettsteder der det er flomproblemer uten at det kan etableres vannføringskurver. Så sant slike serier kan stedfestes entydig kan disse legges inn i Hydra II. Videre kan enkelte serier være spesielt godt egnet for å studere hydrologiske prosesser i forholdsvis homogene felt eller miljøer. Slike stasjoner kan spesifiseres som **forskningsserie (Fo)**, **serie fra forsøksfelt (Ff)** eller **urbanserie (U)**. De er karakterisert ved:

- Fra et lite nedbørfelt – vanligvis opp til 100 km², men oftest vesentlig mindre
- Datainnsamling med fin tidsoppløsning
- Ofte måles flere parametre

Sanntidsserier (Sa) er serier der data kommer inn i Hydra II daglig, av og til flere ganger i løpet av døgnet. De fleste slike sanntidsserier kan kalles opp ved behov for overføring av helt ferske data.

For nasjonal vannføringsprognosering og flomvarsling er det viktig at det finnes et stasjonsnett med sanntidsdata for vannføring/vannstand som er ekstra sikret med oppfølging fra ansvarlige ved svikt ved dataoverføring eller andre problemer. Dette nettet med **prioriterte stasjoner for flomvarslingen (FI)** skal være et basisnett for at en god flomvarslingstjeneste skal kunne opprettholdes for hele landet og vil i de fleste tilfellene være sammenfallende med klasse **R**.

Det kan diskuteres om man skal definere et stamnett, et nett av basisstasjoner. Det vil i tilfelle være et stasjonsnett som gir et tilstrekkelig godt bilde av vannressursene i landet. Det vil nødvendigvis omfatte også pålagte stasjoner, dvs. som driftes (eies) av tiltakshavere i vassdragene. Dette kommer i konflikt med tanken at NVE skal eie og drifte basisstasjonene.

Begrepet primærstasjoner benyttes ofte uten at det er klart definert. Det kan oppfattes som at det er spesielt gode data fra slike stasjoner. Vi må erkjenne at flere av de stasjoner som er prioritert for flomvarslingen eller ville naturlig høre til stamnettet ikke har data med høyest kvalitet. De kan ha fått betegnelsen primærstasjon pga av andre kvaliteter som f.eks representativitet.

5. Kriterier for det fremtidige stasjonsnettet

5.1 Generelt

Det forutsettes at det framtidige stasjonsnettet minst skal omfatte observasjoner av alle parametre som inngår i dagens stasjonsnett. Arbeidsgruppa mener at en logisk ambisjon for landets hydrologiske sentraltjeneste er å dekke *alle* leddene i landfasen av vannets kretsløp med målinger. Når forholdene ligger til rette bør det vurderes å etablere målinger av vannbalanse-elementer som i dag ikke observeres. Blant slike

elementer kan nevnes meteorologiske data (i samarbeid med met.no), fordampning fra fri vannflate, aktuell evapotranspirasjon, vanntransport i tunneler og kulverter (vannkraftsystemer unntatt).

Generelt gjelder at stasjonsnettet skal ha en god geografisk spredning og dekke variasjonene i Norges klima, samt representere ulike typer av vassdrag og miljøer (store og små vassdrag, innsjørike og innsjøfattige vassdrag, ulike typer av terreng og omgivelser, ulik høyde over havet osv.). Det er nødvendig for å kunne beskrive de hydrologiske parametrenes variasjon i tid og rom. I homogene områder kan stasjonsnettet være mer spredt enn i heterogene områder.

Hydrologisk avdeling har utarbeidet et prinsippnotat om måleaktivitet på Svalbard som finnes som Vedlegg 1 bak i rapporten.

5.2 Generelt verktøy for optimalisering av stasjonsnett

I et optimalt designet målenettverk for et bestemt formål er balansen mellom kost og nytte funnet slik at den marginale verdien av tilleggsmålinger er mindre enn utgiftene forbundet med å innhente målingene. Prinsippet virker i utgangspunktet enkelt, men i Hydrologisk avdeling sitt virke som forvalter av Norges vannressurser kan det i mange tilfeller være vanskelig å prissette hydrologisk informasjon. Grunnen er at hydrologiske data har veldig mange bruksområder som prissetter hydrologisk informasjon forskjellig. Å konstruere en rigid kost - nytte prosedyre er derfor ikke mulig. Dessuten er fremtidige bruksområder (og forvaltningsoppgaver) ukjente på det tidspunkt målenettverket designes.

I litteraturen finner vi tre nivåer av målenettverk inndelt etter informasjonens detaljeringsgrad (Rodriguez-Iturbe and Meija, 1974). Nivå 1) gir ett basisnivå for informasjon for regional og nasjonal planlegging. Dette brukes for ressuroversikt og som utgangspunkt for planlegging av mer spesifikke måleprogram. Nivå 2) brukes for generell regional vannressurskartlegging og overvåkning, mens nivå 3) brukes for planlegging av spesifikke lokale aktiviteter.

Etter vår oppfatning kan NVEs og Hydrologisk avdelings generelle måleaktivitet beskrives som å innhente informasjon på nivå 1) og 2), mens nivå 3) er reservert spesifikke lokalt avgrensede aktiviteter som f.eks et forskningsprosjekt med en lokal problemstilling eller et inngrep. Man kan argumentere for at aktiviteter som flom- og skredvarsling krever detaljerte data med høy oppløsning i tid og rom, men detaljeringsnivået vi har lagt oss på i forbindelse med denne aktiviteten er å overvåke og varsle på regional skala.

To prinsipp legges til grunn for optimalisering av målenettverk (Rodriguez-Iturbe and Meija, 1974):

1) Skal målenettet operere på et fastlagt budsjett, ønsker vi å minimere feilen på estimatet av de involverte hydrologiske variablene. 2) Skal målenettet fungere etter et kriterium om minimum akseptabel feil, vil vi søke å minimere kostnadene ved utbygging av stasjonsnett.

Uansett hvilket prinsipp som legges til grunn for optimalisering av målenettet er det behov for en objektiv kvantifisering av hvordan målenettet er designet mhp feil i estimeringen av de forskjellige hydrologiske variable. Norge er stort og krav til optimalt målenett vil endre seg med nye brukere og andre forvaltningsoppgaver. Et annet problem er at de forskjellige hydrologiske variable måles med svært varierende romlig og temporal oppløsning. Vi ønsker en kvantifisering av målenettets presisjon basert på automatiske, objektive rutiner som kan sammenholde eksisterende målenettverk opp mot generelle anbefalinger fra WMO (Verdens meteorologiske organisasjon) og mer spesielle krav fra lokalkjente og erfarne eksperter. Hensikten med et mest mulig automatisk system er at målenettet med jevne mellomrom lett kan gjennomgås og vurderes. Vi unngår de store, meget arbeidskrevende ”oppdyrningene” hvor lokalkjente eksperter nitid går igjennom stasjonsnettet og gir sine, til dels, subjektive vurderinger av utplasseringer av nye stasjoner eller nedleggelse av gamle. Et automatisk, objektivt system, vil bare kunne antyde status for et område mhp stasjonsdekning og gi generelle anbefalinger. Ut i fra en slik basisinformasjon vil eksperter kunne gjøre en videre vurdering basert på hydrologisk, meteorologisk og geografisk lokalkjennskap.

Pr. 2009 har NVE ansvar for (i samarbeid med met.no) operativ generering av griddata for nedbør, temperatur, snø og snøparametere, avrenning, grunnvann, markvann. Pupponen (1996) fremholder i NHP-publikasjonen ”Hydrometric monitoring and its development in the Nordic countries” at land som kjører modeller på nasjonal basis, (eg. flomvarslingen, senorge) bør optimalisere sine stasjonsnett. Grunnen til dette er naturligvis at modellen virker best med informasjon fra nettverk hvor interpoleringsfeil er minimert.

Informasjonen fra et stasjonsnett kan måles i henhold til *bias* og *presisjon* (Dingman, 2002).

Bias er avviket mellom et estimert romlig/tids middel og den sanne verdien, mens *presisjon* er den usikkerhet som introduseres fordi vi måler bare enkelte steder, og ikke kontinuerlig i rom eller tid. For fortsettelsen henvender vi oss bare til rommet, men de samme prinsipper gjelder for tid.

Bias er en systematisk feil som kan rettes på ved f.eks utplassering av stasjoner i områder med en annen klimatisk karakteristikk enn det eksisterende stasjonsnett, f.eks utvide stasjonsnettet mot høyde for å korrigere for orografiske effekter. Her spiller det altså inn at vi har en jevn fordeling av observasjonspunkter i rommet (at alle variasjoner av klimatiske særtrekk er inkludert).

Presisjon kan økes (usikkerhet reduseres) med tettere stasjonsnett, eller ved opprettholdelse av de lange tidsseriene. Det forutsetter altså den samme jevne fordelingen som for å redusere bias, men høyere tetthet av målinger fordres.

Høy romlig (temporal) variabilitet, og (lav) romlig korrelasjon bidrar til å redusere presisjonen.

For integrerte parametere som vannføring blir romlig skala en viktig faktor. Hvis det midles over stort areal (tidsperiode) øker presisjonen, men man betaler med at vi mister detaljer i tid og rom. Hvis vi skal metodisk behandle alle observasjoner som

punkter, må vi inndelegere observasjoner av vannføringsdata i arealklasser, og behandle observasjoner i hver arealklasse som egne parametere.

USGS har utviklet verktøy som er tatt i bruk i noen land (Moss et al 1982; Stedinger and Tasker (1985); Tasker, 1986). Verktøyet er best egnet for områder med lav regional variabilitet, men er uegnet i alpint terreng med høy variabilitet (Moss, pers.komm).

Skisse til metode

Vektet for forskjellig romlig variabilitet og - korrelasjon søker vi et stasjonsnett hvor vi har

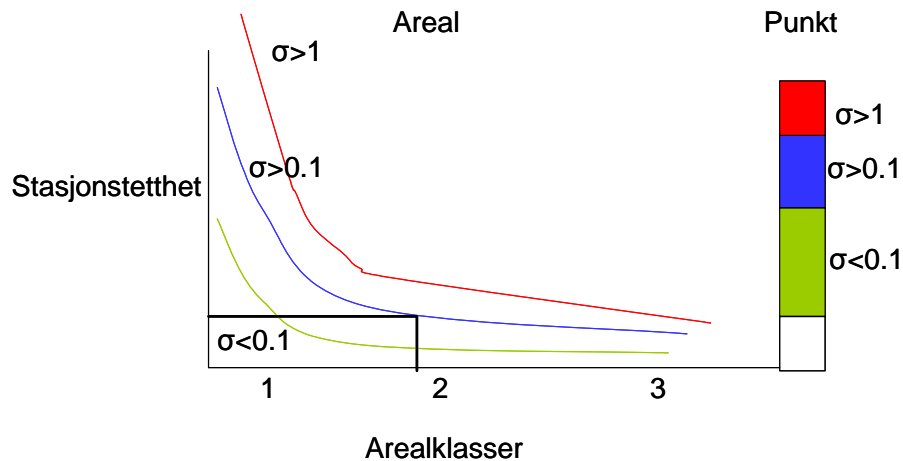
- i) Akseptabel tetthet i rommet.
- ii) jevn fordeling i **rommet (x-y)** og
- iii) jevn fordeling mot **høyde over havet (z)** (man kunne argumentert for økende tetthet mot høyden da variabiliteten forventes å øke med høyde)

Vi tar utgangspunkt i romlig variabilitet av nedbør σ_p^2 (I første omgang tar vi ikke inn over oss romlig korrelasjon, da informasjon om korrelasjon sannsynligvis er å finne i variabilitetsmålet. Høy variabilitet medfører liten korrelasjon (se Skaugen, 1997)).

I FoU arbeid ved Hydrologisk avdeling er romlig variabilitet av nedbør som funksjon av arealmiddel beregnet for ruter ($70 \times 70 \text{ km}^2$) som dekker hele Norge. Dette er gjort for tidsserien 1990-2008. Som mål på romlig variabilitet av nedbør velger vi den verdien av romlig variabilitet som fremkommer ved en hendelse av nivå midlere arealnedbør beregnet gjennom hele tidsserien...

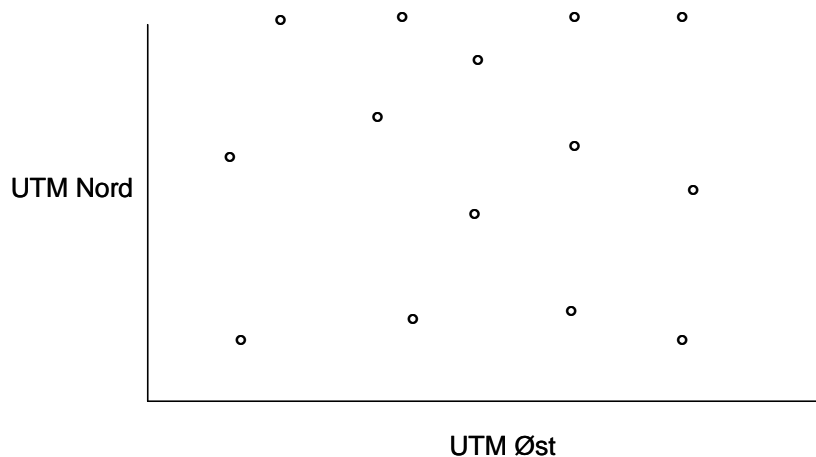
La oss anta at vi kan klassifisere disse rutene opp i 3 klasser av nedbørsvariabilitet, σ_{P-H}^2 , σ_{P-M}^2 , σ_{P-L}^2 , høy, middels og lav nedbørsvariabilitet.

I retningslinjer vi finner fra WMO eller terskler som vi bestemmer selv definerer vi akseptabel stasjonsdekning som funksjon av romlig nedbørsvariabilitet både for punktmålinger (snø, nedbør, temperatur) og for intergrerte målinger (avløp, sediment) (se figur 1).



Figur 1. Kvantitativ bestemmelse av dekningsgrad basert på nedbørens romlige variabilitet (σ). Terskler for akseptabelt nivå bestemmes for arealklasser av integrerte variable og for punktmålinger.

Når overstående analyse er gjort, gjøres en analyse om fordelingen av stasjoner er homogen i rommet (ingen klustere av stasjoner). Et mål på dette kan være at vi innenfor området som studeres ikke finner noen signifikant trend i x-koordinat-y-koordinatplott. (se figur 2)



Figur 2. Tenkt fordeling av stasjoner i planet (x-y). Optimal plassering viser ingen klustere eller preferert fordeling i noen retning. Et kvantitativt mål på dette kan være at vi ikke finner signifikant lineær trend.

Vi ønsker også at hvert høydeintervall skal være representert. Da kan et krav være at vi skal ha et stigningstall som er 0 eller positivt i et plott som viser frekvens (y

akse) mot hoh (x akse), se figur 3. Her er det et poeng at det vektet mot hypsografisk kurve slik at dekningsgraden tar hensyn til arealet i høydesonene. Reell dekningsgrad n [stasjon / km²], blir da

$$n = N / (f_{i,i+1} A) \quad (1)$$

hvor i er høydeintervall, A er areal, f er arealfraksjon (mellom 0 og 1) og N er antall stasjoner innenfor hvert høydeintervall.

Eks. Totalt areal er 100 km². Fra 0 til 200 moh har vi 5 stasjoner, fra 200 til 400 er det 3 stasjoner og fra 400 til 600 har vi 1 stasjon. Arealet fra 0 til 200 er 60 km², fra 200 til 400 er 30 km² og fra 400 til 600 er det 10 km².

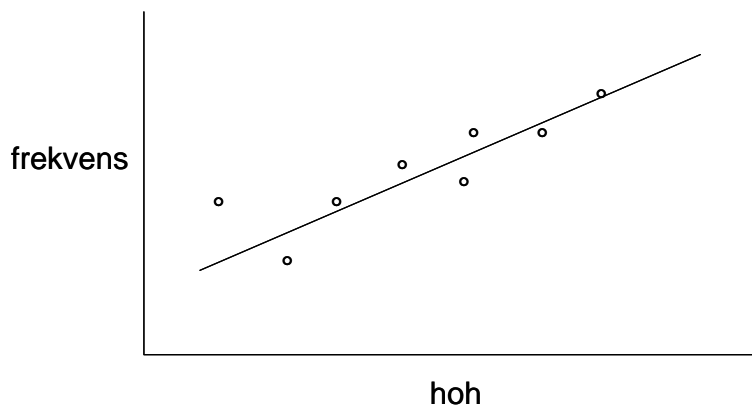
Da gir likning (1) følgende reell dekningsgrad:

$$0-200: \quad 5/(0.6*100) = 0.083 \quad [\text{stasjon} / \text{km}^2]$$

$$200-400: \quad 3/(0.3*100) = 0.1 \quad [\text{stasjon} / \text{km}^2]$$

$$400-600: \quad 1/(0.1*100) = 0.1 \quad [\text{stasjon} / \text{km}^2]$$

Vi finne altså at det er det laveste området som er underdekket.



Figur 3. Tenkt antall stasjoner mot høyde. Vi ønsker at frekvens ikke skal avta med høyden. Generelt sett ønsker vi at dekningsgraden skal øke med høyden siden vi antar at variabiliteten på hydrologiske variable også øker med høyden.

Ideelle krav til stasjonsdekning tas fra litteraturen (WMOs retningslinjer). I en analyse av landet mhp overstående vil vi få informasjon om hvor det er for lite/mye, og kunne gjøre våre prioriteringer deretter.

Analysen er tenkt å kunne gjøres ut i fra de stasjonssøk som bruker måtte definere. For eksempel kan man gjøre analyse av tetthet av lavvannsstasjoner, eller man skal vurdere nettet for basisovervåking i henhold til retningslinjer gitt av Vanndirektivet. Det er derfor viktig at klassifisering og kvalitetsmerking av måleserier gjøres samvittighetsfullt og at prosedyren kan vurdere stasjonsnett for klasser av serier delt inn i for eksempel bruksområde, kvalitet, arealstørrelser, lengde på tidsserier, etc.

5.3 Spesifikk vurdering av stasjoner

Overstående delkapitler gir en generell vurdering av stasjonsnett i forhold til romlig variabilitet av nedbør, og fordeling i rommet og mot høyden. I dette delkapitlet gis retningslinjer for å vurdere enkeltstasjoners egnethet. Det er mange gode grunner for å opprettholde stasjoner, og likeså for å legge dem ned. De stasjoner som bør vurderes nedlagt, eventuelt flyttet, er stasjoner med dårlig datakvalitet eller der god datakvalitet krever uforholdsmessig stor innsats eller stort investeringsbehov, stasjoner med høye driftskostnader og hvor sammenlignbare stasjoner finnes, og stasjoner hvor informasjonen kan erstattes av data fra andre stasjoner. Initiativ for eventuelt å nedlegge målestasjoner som er pålagt tiltakshavere med hjemmel i Vassdragsreguleringsloven § 12 tas overfor Kongsjansavdelingen.

Kriteriene nedenfor er utformet som kriterier for å opprettholde en stasjon. Skulle en aktuell stasjon ikke tilfredsstille kriteriene for å bli opprettholdt, er den naturligvis en sterk kandidat for å bli nedlagt.

Vi bør:

Opprettholde stasjoner langt nede i **hovedvassdragene** og i store sidevassdrag fordi de observerer avrenningen fra store områder og også ofte representerer vannføringen i tettbefolkede og økonomisk viktige områder. De nederste stasjonene i hovedvassdragene er spesielt viktige for å beregne totalavrenningen til havet.

Opprettholde stasjoner som gjør det mulig å beregne tilløpet/avløpet over **landegrensene** mot Sverige, Finland og Russland.

Opprettholde stasjoner med **lange dataserier**, eventuelt med supplerende datainnsamling der reguleringer har ødelagt disse, slik at seriene kan forlenges ved ulike metoder. Slike dataserier er spesielt viktige for å identifisere trender i det hydrologiske regimet og for å beregne ekstremverdier, samt for å studere konsekvenser av klimaendringer og klimavariasjoner.

Opprettholde et tilstrekkelig antall **regionale** stasjoner til å kunne **beregne hydrologiske parametre i umålte felt**. I forbindelse med dette bør det opprettes noen nye stasjoner i områder med dårlig regional dekning, mens enkelte stasjoner eventuelt kan vurderes for nedleggelse i områder med stor stasjonstetthet og relativt homogene forhold. Nettet av slike stasjoner må også ivareta forskjeller i feltegenskaper.

Opprettholde stasjoner i små og homogene felt, som kan gi godt grunnlag for studier av **hydrologiske prosesser**. Hit regnes også stasjoner i **urbane** strøk. Slike stasjoner skal oftest ha datainnsamling med fin tidsoppløsning.

Opprettholde stasjoner som er viktige for vannføringsprognosering, **flomvarsling** og beredskap i flomsituasjoner, primært i flomutsatte

vassdrag/elvestrekninger. I NVEs Flomsonekartplan er slike vassdrag/elvestrekninger identifisert. Slike stasjoner skal være utstyrt for fjernoverføring av data i sann tid. Stasjoner for snømålinger er viktige i denne sammenhengen, både stasjoner med sanntidsdata og som måler maksimalt snømagasin.

Opprettholde stasjoner i regulerte vassdrag som er eller ventes bli **konsesjonspålagte**. Slike stasjoner skal bl.a. gjøre det mulig å overvåke at manøvreringsreglement blir overholdt (HRV/LRV i magasiner, minstevannføring) og å utføre tilsigsberegninger (avløp, driftsvannføring og forbitapping, magasin vannstander, overføringer).

Opprettholde stasjoner som brukes i undersøkelser av **effekter av inngrep** i vassdrag.

Opprettholde stasjoner der det foregår innsamling av flere parametre i **programmer som skal fortsettes**. Det gjelder stasjoner med dataserier som er viktige for å tolke eller beregne andre hydrologiske parametre.

Opprettholde stasjoner som er viktige for **miljøovervåking**.

Opprettholde stasjoner i store, **regulerte og uregulerte innsjøer**.

Opprettholde bremålinger i tilstrekkelig omfang for å kunne **beregne breenes volumendring** og innvirkning på avrenningen.

5.4 Videre arbeid med stasjonsnett

Når kriteriene er fastlagt, skal alle aktive serier klassifiseres i henhold til vedtatt klassifiseringssystem for serier og bruk og kvalitet. Det arbeidet som skal gjøres i kvalitetsløftets fase II er meget viktig for karakteriseringen av de hydrologiske stasjonsnett og –parametere. Det er viktig at klasse, bruk og kvalitet er søkbare egenskaper for alle serier i Hydra II.

.

6. Generelt og status om de enkelte stasjonstyper

6.1 Vannstand og vannføring

Dagens stasjonsnett (november 2009) omfatter ca. 780 vannstandsstasjoner, de fleste i reguleringsmagasiner, og ca. 680 vannføringsstasjoner. Antallet målestasjoner knyttet til kraftverk (driftsvannføring, overløp, forbitapping, overføring) er ca. 160.

Data fra stasjonsnett gir grunnlag til beregning av karakteristiske verdier som årsmidler, månedsmidler og ekstremverdier (lavvannføring/lavvannstand og

flomvannføring/flomvannstand). De lange dataseriene gir også grunnlag for vurdering av trender i regime og vannressursenes størrelse.

De fleste vannstandsstasjonene er i reguleringsmagasiner. Observasjonene benyttes spesielt til kontroll av at manøvreringsreglementets bestemmelser om HRV og LRV overholdes, til ressurovervåkning knyttet til energisektoren og i forbindelse med vurdering av flomfare.

Ved vannføringsstasjonene er det vannstander som observeres slik at her finnes datagrunnlag både for vannføringsanalyser i elvestrekningen og vannstandsanalyser for målestedet, som i mange tilfeller er i en innsjø.

For å få en best mulig oversikt over landets totale vannressurser og vurdere eventuelle trender, er det ønskelig at vannføringsobservasjoner foretas i flest mulig av landets store elver. I dag er rundt 60 % av landets vassdragssystem dekket av vannføringsstasjoner. Dårligst dekningsgrad er det i Nordland og på deler av Vestlandet.

Det er en generell mangel på vannføringsstasjoner i små felt.

I utgangspunktet bør stasjoner med lange dataserier, over 10 år, og der kvaliteten regnes som god, ikke nedlegges. Unntak kan være:

- Meget ressurskrevende stasjoner.
- Regulerte stasjoner der overføring inn eller ut av feltet ikke måles eller ikke kan beregnes, og der stasjonene ligger langt oppe i vassdrag eller ikke er knyttet til andre interesser (flomproblemer, miljøovervåking, andre typer målinger osv.). Stasjoner nederst i hovedvassdrag er uansett interessante å beholde (avløp til hav).

Alle stasjoner med kortvarige serier, under 10 år, kan i utgangspunktet vurderes for nedleggelse. Unntak er:

- Uregulerte stasjoner der man regner med å få gode data med tiden.
- Stasjoner som erstatter nedlagte stasjoner med lang dataserie.
- Stasjoner nederst i hovedvassdrag.
- Stasjoner som er knyttet til spesielle formål (flom, spesielle undersøkelser, oppdrag osv.).

6.2 Vanntemperatur og is

VANNTEMPERATUR I ELVER

Vanntemperaturdata er regnet som den viktigste abiotiske faktoren. Selv små endringer kan endre artssammensetningen i vannfaunaen. Brukere av vanntemperaturdata er derfor primært biologer. Mot kraftverksbransjen foretas målingene både for å finne ut virkningen av et kraftverksinngrep, men også for å kunne dokumentere om det er manøvreringen av kraftverket som er årsak til en eventuell fremtidig biotopisk endring (føre var prinsippet). Vanntemperaturen måles også som en klimaindikator.

Målinger av vanntemperatur tjener flere hensikter:

- Kartlegge temperaturregimer,
- Beskrive virkningene av reguleringer og biotopforsterkende tiltak,
- Skaffe informasjon av betydning for biologiske forhold, særlig i lakseførende vassdrag og vernet vassdrag

Vanntemperaturer er forholdsvis dårlig korrelert fra vassdrag til vassdrag, men godt korrelert i samme vassdrag. To målestasjoner i samme vassdrag gir oss derfor to fordeler:

- Kunnskap om temperaturendringer ned vassdraget
- Sikkerhet ved loggersvikt eller annet tap (flom, isgang, hærverk etc.)

Det er derfor ønskelig med minst to målestasjoner i de viktigste vassdragene.

Kostnadshensyn gjør at én målestasjon er det vanligste.

Det er vanskelig å simulere vanntemperaturen i driftsvannet fra kraftverk med dypvannsinntak i magasiner. Kraftverk er derfor ofte pålagt å måle vanntemperaturen i driftsvannet. I vassdrag med kraftverk vil det derfor som regel være flere målestasjoner. Mange av disse driftes på oppdrag av NVE, som regel med kraftverksansatte som observatører.

Pr oktober 2009 har vi ca. 285 stasjoner hvorav ca. 110 eies av NVE. Stasjonene er instrumentert med en logger i en metallbeholder som er festet med en kjetting til land. Løsningen er rimelig ved etablering, men sårbar for tap ved flom, isgang og hærverk. Vanntemperaturstasjoner kan ikke ligge i stille partier hvor det kan oppstå temperatursjiktninger i vannet. Dette gjør at det ofte ikke er mulig å knytte vanntempertursensorer direkte til vannføringsstasjoner. Men ny teknologi gjør det gradvis mulig å samordne stasjoner, og for tiden er det vanntempertursensor på omtrent 20 vannføringsstasjoner. Det er ønskelig å øke antall stasjoner med fjernoverføring.

Dagens stasjonsnett har både sterke og svake sider:

Sterke sider:

- Fleksibelt (Lett å flytte en stasjon).
- God dekning ved store reguleringer (pålegg).
- Brukbar dekning på Østlandet.
- Svært god dekning i enkelte områder i forbindelse med spesialundersøkelser.

Svake sider:

- Svært få fjernoverførte stasjoner.
- For dårlig dekning i uregulerte/vernete vassdrag.
- Mangelfull dekning i laksevassdrag.
- Dårlig dekning i kystvassdrag.

Foreløpige konklusjoner går heller mot en utviding enn en innskrenking av målenettet. Antallet stasjoner eid av NVE bør ligge rundt 200 for å få en bedre dekning i laksevassdrag og vernete vassdrag. Utvidingen kan blant annet skje ved flytting av stasjoner som blir overflødige ved etablering av vanntemperatursensorer på vannføringsstasjoner.

VANNTEMPORATUR I INNSJØER

Som for vanntemperatur i elver brukes dataene av biologer og som klimaovervåkning. Målinger i innsjøer inngår i Vanddirektivet.

I norske innsjøer dypere enn 10-20 meter vil det oppstå en tydelig temperatursjiktning sommer og vinter. Høst og vår får vannmassene samme temperatur fra overflate til bunn, og de kan blandes effektivt av vinden. Temperatursjiktningen er viktig for sirkulasjon og gjennomstrømning.

I dag måles vanntemperaturen ned til 100 m dyp på sensommeren og senvinteren i ca. 80 innsjøer. De fleste stasjonene eies av NVE. Vi har kategorisert innsjøene etter område, høyde over havet, størrelse, dyp og avstand fra kysten. De foreløpige analysene viser en klar overrepresentasjon av store og dype innsjøer på Østlandet. Det er brukbart med målinger på Vestlandet, men også der klart flest under 300 moh. I Trøndelag området er det svært få innsjøer, og ingen over 300 moh. har målinger. Videre nordover er det også for få målesteder.

Vi ønsker kontinuerlige målinger av innsjøene, men kostnadene pr. stasjon er såpass store at kombinasjonen av et titalls kontinuerlige stasjoner og 70 som måles to ganger i året manuelt virker mest realistisk i dag. Innføringen av Vanddirektivet og valg av basisstasjoner vil påvirke hvor vi måler. Når valget av basisstasjoner, er klart vil vi derfor revidere måleopplegget og prioritere basisstasjoner samt noen av de lengste tidsseriene.

ISMÅLINGER

NVE sender ukentlig ut ismeldinger om hvordan isforholdene er i Norge. Ismeldingen bygger på informasjon om isleggings/isløsnings-tidspunkter, og på istykkelsesmålinger.

Foruten ismeldingen bruker vi isdataene for klimaovervåkning. Isdata er også av interesse for biologer, og de siste årene har det vært en økende interesse for vinterhabitat i elver og isens effekt på dette.

Det har vært et omfattende observasjonsnett av is, særlig knyttet til vannføringsstasjoner fra den tiden hvor det ble utført manuelt. Med automatisering av vannføringsstasjonene har observasjonsnettet for is gradvis blitt redusert, og ved

aldersfracfall er stasjoner nedlagt. I dag er det kun 5 stasjoner hvor vi måler istykkelse hver 14. dag. Regularter er pålagt 1-2 istykkelsesmålinger samt observasjoner av islegging/isløsning. Tallet er økende, rundt 30 vann, men kvaliteten er svært variabel pga. sjeldne besøk i fjellet vinterstid. Moderne teknologi med web-kameraer gjør at vi følger med på islegging/isløsning på et 20-talls stasjoner.

Når gamle isdata er digitalisert, vil vi vurdere en gjenåpning av de lengste tidsseriene. Primært vil dette være ønskelig på stasjoner som ikke er påvirket av reguleringer. Webkameraer er en rimelig løsning som vil kunne gi informasjon om islegging/isløsning, og vi ser for oss at vi etablerer egne faste web-kameraer i tillegg til de vi overvåker fra andre kilder. Egne kameraer sikrer mer langsiktige observasjoner. For ismeldingen er det et behov for flere istykkelser enn vi får inn i dag, så antallet bør igjen økes, særlig i de nordlige landsdelene.

6.3 Sedimenttransport

Målestasjoner for sedimenttransport skal identifisere trender i sedimentregimet i viktige vassdrag og karakterisere vassdrag med forskjellige typer erosjonsprosesser. Det nåværende stasjonsnett for sedimenttransport dekker forskjellige erosjonsprosesser i norske vassdrag. Implementeringen av EUs vannrammedirektiv gjør det aktuelt å etablere sedimenttransportstasjoner i alle vannregioner. Dagens stasjonsnett for sedimenttransport omfatter 28 stasjoner, fordelt omtrent likt på regulerte og uregulerte elver.

Målestasjonene for sedimenttransport kan deles inn i tre hovedtyper:

1. **Regionale stasjoner**
2. **Sedimentkildestasjoner eller prosesstasjoner**
3. **Stasjoner i regulerte nedbørfelt (inngrepsstasjoner)**

De regionale stasjonene skal være representative for vassdragene innenfor en vannregion. De skal også kunne gi data for sedimenttransporten over lang tid for å kunne klarlegge eventuelle langtidsendringer. De regionale stasjonene vil gi data som kan brukes til å sammenligne og bedømme representativitet for kortere serier. Sedimenttransporten i regionale vassdrag vil som oftest være sammensatt av materiale fra flere forskjellige erosjonsprosesser.

Sedimentkildestasjonene eller prosesstasjonene skal bidra med data fra forskjellige erosjonsprosesser (brevassdrag, vassdrag i høyfjellet, i Arktis, i skogsvassdrag, leirvassdrag). Det skal være mulig å knytte transporten til en bestemt erosjonsprosess (f.eks. subglasial erosjon) eller gruppe av prosesser (f.eks. erosjonsprosesser i høyfjellsområder). Det skal være mulig ut fra de utvalgte stasjonene å estimere transporten i umålte vassdrag ved å sette opp sedimentbudsjetter. For å kunne anvendes i denne sammenhengen må feltet ha enhetlige erosjonsprosesser og minimalt med innsjøer. Det er viktig med måleserier av en viss lengde, men det er fremfor alt viktig at det blir etablert flere stasjoner som kan gi data om forskjellige

typer erosjonsforhold. Eksempelvis er det mange forskjellige ravinetyper som gir forskjellig sedimentproduksjon og mange forskjellige typer isbreer som eroderer med ulik intensitet på ulik berggrunn.

Det er viktigere å undersøke transporten i vassdrag med forskjellige erosjonsprosesser og løsmassetyper og variabiliteten i tilknytning til hver av disse gruppene, enn å dekke alle regioner i Norge med målestasjoner. Ulike regioner kan imidlertid ha forskjellige forhold som må undersøkes etter hvert. Vanddirektivet gjør det også være mer aktuelt med hydromorfologiske målinger (indirekte bunntransportmålinger) i vassdragene. Målinger av hydromorfologi og elveløpsendringer bør nå også inkluderes som måleparametere ved stasjoner i referansevassdragene.

Inngrepsstasjoner er stasjoner som ligger i nedbørfelt med regulering eller omfattende inngrep. Et viktig formål har vært å dokumentere virkningen av vassdragsreguleringer. Eksempelvis pågår det undersøkelser som viser virkningen av erosjonsforebygninger i Gråelva i Nord-Trøndelag.

Det er behov for å skaffe data i forbindelse med mulig utnyttelse av vannressursene (3.4.3) og for å estimere hydrologiske parametere på umålte steder (3.4.1).

Sedimenttransport er en slik parameter. Den kan brukes til å vurdere vannkvalitet i forbindelse med f.eks. drikkevannsuttak eller som råvann for et vannkraftverk.

Partikkelinnholdet vil i begge tilfelle danne begrensninger. Sedimenttransporten påvirker imidlertid ikke bare vannet, men også elveløpene og elveslettene langs vassdragene og deltaområder i innsjøer og fjorder der vassdragene munner ut. Mange slike strekninger kan være viktige verneobjekter eller ha annen interesse.

Målestasjoner i vassdrag med inngrep kan derfor være viktige for å overvåke at inngrepene eller endringer i nedbørfeltene ikke går ut over slike vernede objekter. Et slikt eksempel er målestasjonene Kråkfoss i Leira og Bingsfoss i Glomma, som registrerer sedimenttilførselen til det fredede deltaet i Øyeren.

Måleparametere

Suspensjonstransporten består av organiske og uorganiske partikler i fraksjonene fra 0.5 mm og ned til 0.04 mikron. Dette materialet kan være i bevegelse eller sedimentere i vassdraget avhengig av strømforhold og turbulensstilstand. Nesten alle sedimentkildestasjonene og inngrepsstasjonene kan etableres i turbulente måleprofiler. De regionale stasjonene kan være lokalisert til større roligflytende elver hvor det er nødvendig med dybdeintegrerende prøver med flere målevertikaler i tverrprofilen. Dette krever manuell prøvetaking. Det kan i noen tilfeller være aktuelt å bruke turbiditetssensorer for å registrere kortvarige fluktasjoner i suspensjonstransporten. Dette kan være fluktasjoner mellom prøvetidspunktene som er hver 6 time.

Suspensjonstransportens kornfordeling måles rutinemessig ved NVEs målestasjoner.

Bunntransporten måles med kurvprøvetakere, eller det måles et totalvolum pr år ved å registrere akkumulasjonen på et delta i vassdraget eller i sedimentasjonsbassenger eller magasiner. I noen vassdrag registreres bunntransporten med sensorer.

Netto akkumulert bunntransport registreres ved oppmåling av tverrprofiler i vassdragene.

Bunntransportens kornfordeling registreres ved analyser av materiale fra kurvprøvetakere eller sedimentert materiale fra deltaene eller elveløpene.

Dagens stasjonsnett for sedimenttransport omfatter 28 stasjoner, fordelt omtrent likt på uregulerte og regulerte elver. Transporten til havene bør vektlegges mer. I tilknytning til registrering av økologiske endringer forårsaket av klimaendringer som f. eks endringene i forekomsten av sukkertare langs norskekysten er det ønskelig med minst en stasjon innen hver vannregion. I tilknytning til etablering av vanndirektivet og til etablering av modeller for skredvarsling er det aktuelt med flere stasjoner som inkluderer netto akkumulert bunntransport.

6.4 Bre

Parametrene som måles på målestedene (brefeltene) skal gi grunnlag for vurdering av alle breområdene med hensyn på areal- og volumendring, og variasjoner og endringer i snøakkumulasjon og avsmelting. Måledataene er grunnlag for analyser av virkninger av klimaendringer på breer og avrenning, estimering av brepåvirkning på tilsig og avledning av brekorrigerte avløps-/tilsigserier, og rekonstruksjon og modellering av isbreene. Dataseriene benyttes i forskning, forvaltning og oppdrag internasjonalt og nasjonalt.

I valg av stasjoner er det lagt vekt på å fremskaffe lange måleserier fra breer som representerer de ulike klimatiske regioner i Norge mht nedbør, temperatur og avrenning (Førland et al, 2000).

Følgende parametre måles:

1) Massebalansen er forholdet mellom snøfall på breen og snø- og issmelting på breen. Årlig vinter-, sommer- og nettobalanse måles og beregnes for 50 eller 100 meters høydeintervall for 14 brefelt (i 2009). Fire brefelt måles av NVE, mens ti brefelt er konsesjonspålagt kraftselskap. Ti brefelt er målt i mer enn 20 år. Data fra massebalansemålingene utgjør også en unik samling snødata fra høyfjellet som ellers er dårlig dekket med hydrometeorologiske målinger.

2) Frontposisjonendring er endring i breens lengde over ett eller flere år. Målingene gjøres ideelt sett langs en sentral flytelinje i breen. Endringer i lengde vil over tid gjenspeile endringer i breens areal og volum. Frontposisjonendring måles på rundt 30 breer, hvorav rundt 20 måles av NVE. Mange av breene har måleserier tilbake til rundt år 1900. Majoriteten av de målte breene er i Sør-Norge, så det har vært en intensjon de siste årene å øke antall målte breer i Nord-Norge.

3) Dekadevariasjoner i breareal og brevolum beregnes basert på repetert kartlegging av brekanten og overflatehøyde til breer og brekåper med 10-15 års mellomrom. Kartkonstruksjon gjøres fortrinnsvis ved flybåret laserskanning, men også ved konstruksjon fra flybilder.

I tillegg lager vi oversikt over hele det norske brearealet i "Breatlas". Alle breområdene har vært kartlagt tidligere. Det er utgitt breatlas for Sør-Norge i 1969 og 1988, og over breer i Nord-Norge (og Nord-Sverige) i 1973. Nytt breatlas er under utarbeidelse basert på optiske satelittbilder fra perioden 1999-2006. Sammenligning med tidligere breatlas gir totalt breareal og endring i bredekt areal.

6.5 Snø

Snømålinger utgjør et viktig grunnlag for vår nasjonale flomvarsling, forvaltning av nasjonale energiressurser og miljø, og studier av klimaendringer med relaterte konsekvenser. Snø og måling av snø vil også ha en viktig betydning i forbindelse med snøskred og varsling av dette.

Snøputer

NVE drifter i dag 25 snøputer fordelt over hele landet i et høydeintervall fra 30 moh til 1400 moh. Snøputene er viktige for å følge utviklingen i snøakkumulasjon og snøsmelting gjennom vinteren. Når snømengdene er langt over det normale, kan snøputene bidra til å identifisere flomutsatte vassdrag. De gir også informasjon om snøen blir akkumulert eller smelter i det høydenivået som puta ligger.

I tillegg mottar vi data fra enkelte av regulantenes/brukseierforeningenes snøputer. Dette gjelder i hovedsak strategisk plasserte puter i Glommavassdraget (GLB). Det hadde vært ønskelig med et utvidet samarbeid mhp utveksling av data fra snøputer med flere regulanter.

For en hver snøpute er det viktig at snøputen følges opp med manuelle målinger gjennom vinteren. Dette er viktig for å oppdage feilregistreringer og feil ved snøputene. Ved flere av snøputene er det nå også etablert snødybdesensorer. De gir verdifull kontrollinformasjon om snøputen og vil også kunne gi et forvarsel om når snøen er mettet og klar for å renne av.

Det er også etablert et forskningsfelt på Filefjell, Kyrkjestølane, der nye målemetoder som f.eks. snøvekt, forskjellige størrelse og form på snøputer og glykolfylte snøputer prøves ut.

Manuelle målinger

For å overvåke og forutsi vannføring for flomvarsling og kraftproduksjon er det viktig å også måle snøens vannmengde og fordeling i hele avrenningsfelt. Dette gjøres tradisjonelt med manuell snøtaksering. Målingene utføres som regel enten i enkeltpunkt, strekk eller punktsverm. Målingene utføres i hovedsak av regulantene/brukseierforeningene, og de fleste målingene er pålagt innrapportert til NVE. Det er likevel noen regulanter som unnlater å innrapportere, og regulanter som ikke er pålagt målinger. Fordelingen av stasjoner rundt om i landet er derfor noe spredt. I 2008 ble det innrapportert data fra 440 stasjoner, hvor av flesteparten ligger i Sør-Norge.

For å øke forståelsen av snø og øke kompetansen på snømålinger har NVE reetablert faste snøstrekk for manuelle målinger i Storbekken v/Atnasjøen. Her har det vært målt siden 1987, med unntak av enkelte år. Det vil være viktig å fortsette med målingene her for å 1) beholde den kompetanse på snømålinger som kreves for å være ledende på snøhydrologi, 2) videreutvikle en kompetanse på snømålinger i NVE, derav utprøving av nye målemetoder og 3) for etter hvert å få en unik tidsserie med romlig fordelte målinger som både vil kunne benyttes i forbindelse med snøfordelingsstudier og i forbindelse med studier av klimaendringer. Det foreslås også å opprette et nytt permanent nettverk med snømålestasjoner på Hardangervidda. I prosjektsammenheng er det allerede målt snø på tvers av Hardangervidda i to år og det ønskes videreført for å kunne studere snøfordeling over et større område, prøve ut nye målemetoder og få et mer korrekt estimat på snømengdene i tilliggende nedbørfelt.

Fjernmåling av snø

Fjernmålinger av snøens dekningsgrad fra satellitt og fly har lenge vært en integrert del av flomvarslingens beredskap i forbindelse med vårflommen. Det har, til nå, vært en kvalitativ vurdering av snøens utbredelse og det har vært et ganske tilfeldig tilfang av gode scener. I den senere tid er det, i samarbeid med met.no, arbeidet for en mer profesjonell produksjonslinje av satellittbilder av snødekning som vil sikre oppdatert informasjon. Pågående prosjekter vil vurdere om kvaliteten er så god at informasjonen kan brukes kvantitativt for oppdatering av de hydrologiske modellenes snømagasin.

6.6 Markvann og grunnvann

NVE har pr. februar 2009 et overvåkningsnett som består av 65 stasjoner (måleområder) med i alt 84 målepunkt hvor grunnvannsstand overvåkes. Markvannstilstanden (jordtemperatur, markfuktighet og teledyp) overvåkes på 18 av stasjonene. Overvåkningsnettet for grunnvann og markvann omfatter alle grunnvann- og markvannsstasjoner i dagens Landsomfattende grunnvannsnett (LGN) og nasjonalt observasjonsnett for markvann (Opdahl og Colleuille, 2008). Dette nettet inkluderer også flere målestasjoner for grunnvann som drives av regulanter.

Markvannsstasjonene ligger i representative områder som dekker flest mulig aspekter av norsk geografi, klima og jordarter, og drives i samarbeid med Bioforsk og Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB). Grunnvannsstasjonene i det Landsomfattende grunnvannsnett (LGN), som drives i samarbeid med Norges geologiske undersøkelse (NGU), er lokalisert i områder som er upåvirket eller lite påvirket av menneskelige aktiviteter. De er ikke influert av overflatevann, og betraktes derfor som referansestasjoner.

Markvannssonen regulerer fornyelsen av grunnvann og beskytter grunnvannsressurser mot forurensning. De prosessene som måles ved en markvannsstasjon er grunnvannsdannelse, infiltrasjon, evapotranspirasjon og frostdannelse. Ved en grunnvannsstasjon er det grunnvannstilstand, grunnvannstemperatur og grunnvannskjemi (NGU) som overvåkes.

Grunnvann er en sårbar ressurs som må beskyttes mot overforbruk og forurensninger. Vannressursloven gir NVE en sentral rolle for forvaltning av grunnvannsressurser. NVE er delegert myndighet til å gi konsesjon til blant annet grunnvannsuttak og andre tiltak som kan påvirke grunnvannet. NVE må sørge for at uttak av grunnvann skal begrenses til det grunnvannsmagasinet tåler. En bærekraftig utvikling for grunnvannsressurser skal sikres, og hovedprinsippet er at uttaket ikke må være så stort at det fører til synkende grunnvannsnivå over flere sesonger. Tiltakene må heller ikke ha negative miljøkonsekvenser som mobilisering av eksisterende forurensninger eller inntrengning av sjøvann. Problemene rundt Romeriksporten og Gardermoen er gode eksempler hvor referansedata om grunnvann ble etterlyst med hensyn til vannbalansestudier, konsekvensvurderinger og konsesjonsbehandling.

Kjennskap om markvann- og grunnvannstilstand er grunnlaget for en god forvaltning av vannressurser. I perioder uten nedbør eller snøsmelting sørger grunnvannstilsig for at vannføringen i elver og tilsiget til kraftmagasiner opprettholdes. Siden grunnvannstilsig utgjør en så stor del av totalavrenningen, spesielt i frostperioder om vinteren, er forståelsen av viktige prosesser tilknyttet grunnvannsfornyelse av stor betydning for tilsigsprognosering. Det hender at tilsiget til kraftmagasiner om våren blir mindre enn forventet ut fra målte snømengder i nedbørfeltet. En vanlig misforståelse er at vårværet har ført til stor fordamping fra snødekket (Tollan A., 2000). Fordamping fra snøen (sublimasjon) er ofte neglisjerbar mens nødvendig vannmengde for oppfylling av markvannslageret ofte er undervurdert. Hvor stor del av nedbør/smeltevann som raskt går til grunnvannsfornyelse avhenger av jordas lagerkapasitet for vann. Jordas lagerkapasitet for Sør Norge er størst i sommerhalvåret når vegetasjonens vannforbruk er størst. I høyfjellsområder med moreneavsetninger, registreres også stort markvannsunderskudd om vinteren. Langvarige perioder med snø og tele gir liten vanninfiltrasjon. Kunnskap om lagerkapasiteten i naturlige magasiner blir derfor viktig for utarbeidingen av prognoser med hensyn til kraftsituasjonen. Informasjon om tilstand for grunnvann og markvann ble tatt i bruk ved analyse av tørken og kraftsituasjon i løpet av sommeren og høsten 2006. I store deler av Norge var det i august 2006 tørrere enn på mange år. Enkelte steder ble det registrert den laveste grunnvannsstanden på 30 år. Selv om det kom kraftig nedbør i september forsvant mye av nedbøren, først for å gjennomfukte tørr jord, og deretter for å fylle opp tørre grunnvannsmagasiner. Dette forklarer at kraftmagasiner fikk mye mindre påfyll enn nedbøren skulle tilsi (Colleuille et al. 2008).

EUs rammedirektiv for vann (vanndirektivet) setter krav til blant annet inndeling og beskrivelse av grunnvannsforekomster, vurdering av risiko forekomstene kan bli utsatt for, samt overvåking og rapportering. Overvåkingsnett for grunnvann skal utformes slik at det gir en sammenhengende og omfattende oversikt over grunnvannets tilstand innen hver vannregion, og slik at langsiktige trender når det gjelder forurensning og/eller endringer i grunnvannsnivå blir oppdaget. LGN skal i denne sammenhengen bidra med kvantitative og kvalitative bakgrunnsverdier og trender for grunnvannets naturlige tilstand.

På nettsidene til NVE (nve.no), Bioforsk (bioforsk.no) og NGU (ngu.no) kan en finne informasjon om grunnvannsdata og markvannsdata. I løpet av 2009 er det også kommet på plass visning av grunnvannstilstanden i Norge på SeNorge.no.

6.7 Endret stasjonsstandard ?

Vi opplever at samfunnet setter stadig større krav til informasjon om hydrometeorologiske data. Slike data brukes til å informere almenheten, ofte i nær sanntid, om tilstand og prognoser av stadig flere hydrometeorologiske data. Typiske krav er at data skal foreligge fritt tilgjengelig med fin oppløsning i rom og tid.

Det er da et paradoks at hydrologiske og meteorologiske målinger ikke er bedre harmonisert mhp lokalisering og instrumentering av stasjoner. Store synergieffekter ved et forpliktende samarbeid mellom NVE og met.no mhp den infrastruktur som en stasjonsetablering innebærer er det rimelig å kunne forvente.

For hydrologiske formål vil en ideell stasjon måle følgende parameter med høy tidsoppløsning (1-3 timer): -vannstand, grunnvann, markvann, nedbør, lufttemperatur, vind, luftfuktighet, snødyb, snøens vannekvivalent, stråling, snøtemperatur, jordtemperatur. I tillegg kan det være nyttig mange steder med et webkamera for å observere isforholdene ved målestasjonen.

Med disse parameterene er det mulig å modellere elementer i vannbalansen meget detaljert og databehovet for en tenkt ras/skredprognosering vil være dekket opp. Noen parametere ligger typisk innenfor met.no sitt ansvarsområde, mens ansvaret for andre ligger hos NVE.

Hvis man er villig til å akseptere noe mindre detaljer er det spesielt viktig at parametere som nedbør og temperatur er samlokalisert med vannstandsmålingene slik at tradisjonell vannføringssimulering (HBV modellen) får et mest mulig representativt datagrunnlag.

Det er ønskelig med en bedre samordning av met.nos og NVEs målestasjoner og NVE anbefales at hydrometriseksjonen ved NVE og observasjonsdivisjonen ved met.no inngår avtaler om et utvidet samarbeid som inkluderer samarbeid om lokalisering, instrumentering og etablering av stasjoner. Kursing av medarbeidere i de respektive insitusjoner i hydrologiske/meteorologiske målemetoder, vil øke kvaliteten av målingene.

7. Fremtidig behov for datatyper

7.1 Nye vanndata

Hydrologiske data i tradisjonell forstand er data som gjør det mulig å beskrive landfasen av vannets naturlige kretsløp. WMO og UNESCO bruker en bred definisjon av *hydrologi*:

- (1) Vitenskapen om vannet over og under jordoverflaten, dets forekomst, kretsløp og fordeling, både i tid og rom, dets biologiske, kjemiske og fysiske egenskaper, dets reaksjon med omgivelsene inkludert forholdet til levende vesener.
- (2) Vitenskapen om de prosesser som styrer minskning og fornyelse av vannressursene på landjorden, og som omhandler de ulike fasene i vannets kretsløp. (Oversatt fra UNESCO/WMO, 1992).

I tråd med definisjon (1) vil hydrologiske data også omfatte data som beskriver biologiske, kjemiske og fysiske egenskaper. Definisjon (2) ovenfor trekker inn vannressursbegrepet, og kobler dermed hydrologien til forvaltningen av vannressurser, selv om ordet *prosesser* i definisjon (2) rimeligvis får tolkes som *naturlige prosesser*.

Både den brede definisjonen, og det forhold at hydrologer ofte, og trolig stadig oftere, tar direkte del i forvaltning av vannressursene, gjør at en beredskap for å skaffe ikke-tradisjonelle data kan være viktig, men at en viss grensegang mot andre instanser er nødvendig. Det forutsettes at nåværende NVE-policy føres videre om å ikke selv samle primærdata av biologisk art og av kjemiske komponenter i vann. Derimot er fysiske forhold, også med hensyn til vannkvalitet, innenfor NVE-”grensene”. Eksempler er vanntemperatur og materialtransport. Her er noen eksempler på andre datatyper av nytte for vannforvaltningen, og som enten etterspørres i dag, eller som kan ventes etterspurt, bl.a. som følge av EU-direktivet (se også 7.2):

- naturlig overflatedekning i nedbørfelt,
- arealbruk og befolkningstall knyttet til nedbørfelt,
- installasjoner i vassdrag, og nøkkeltall for slike,
- graden av menneskelige inngrep i vannforekomstene,
- vannmengder som tas fra og slippes ut til vannforekomster,
- vannbruk, -forbruk og -konsum (varig forbruk) fordelt bl.a. geografisk og på brukssektorer.

Slike data finnes, men kan være lite tilgjengelige i dag. NVEs GIS-system bruker i stor grad eksterne databaser som kilde. Viktige databaseverter er bl.a. Statistisk sentralbyrå, Skog og Landskap, regulerter og kommuner, som NVE får tilgang til data fra via Norge Digitalt.

Én strategi for å bedre situasjonen, og gi NVE beredskap for å dekke behovet for ikke-tradisjonelle vanndata kan være å ha nær kontakt med andre relevante dataleverandører og database-eiere (avtalt samarbeid, tekniske fellesløsninger).

7.2 Ikke-tradisjonell datainnsamling

Den tradisjonelle hydrologiske datainnsamlingen ved NVE foregår nå stort sett automatisk og kontinuerlig ved faste målestasjoner over lengre eller kortere tid. I tillegg får NVE tilsendt hydrologiske data fra målestasjoner som er pålagt tiltakshavere i vassdragene i forbindelse med konsesjoner. Her nevnes noen alternative måter å samle inn vanndata på til NVEs hydrologiske database.

Flomrør var en instrumentering som tidligere ble benyttet der vannstandsobservasjonene ble foretatt manuelt, vanligvis én gang om dagen. Bruken av flomrør var en mekanisk måte å sikre at høyeste vannstand ved flom ble registrert selv om observatøren ikke var til stede ved flomkulminasjonen. Da registrerende instrument etter hvert ble tatt i bruk, ble flomrørene fjernet. Flomrør kan imidlertid være en meget nyttig instrumentering ved steder der det er stor interesse for å kjenne til flomvannstandene, selv om stedet ikke er egnet for en tradisjonell vannstands-/vannføringsstasjon.

Kampanjemålinger kan utføres for å samle inn opplysninger om de hydrologiske variasjonene i et større område der det ikke er reelt å sette opp mange målestasjoner. Ved å f.eks. måle vannføringen "samtidig" flere steder under en lavvannsperiode og i tillegg ha en tradisjonell referansestasjon, er det mulig å danne seg et godt bilde på lavvannføringens variasjoner i området.

Overvåking av mange hydrologiske variable skjer gjennom arealdekkende målinger i stede for målinger i punktstasjoner. Data fra **satellitt** og **fly** vil, i økende grad integreres i NVEs overvåkningsprogram. **Fjernmålingene** gjelder spesielt for observasjoner av breer og snø, hvor utbredelse, volum, massebalanse, isbevegelse, isdreneringsskinner osv vil måtte observeres regelmessig med bruk av satellittbilder, laserskannere fra fly og lignende. Også observasjoner med stor presisjon av vannstander er mulig og kan føre til at de hydrologiske forholdene kan overvåkes i prinsipp overalt, i hvert fall i den is- og snøfrie delen av året. Spesielt observasjoner av vannstandsendringer i forbindelse med flommer kan være av stor nytteverdi.

NVEs hydrologiske avdeling har lang tradisjon med innsamling og lagring av hydrologiske data, men også andre institusjoner driver observasjoner av fysiske forhold i vassdragene. **Dataoverføring fra andre institusjoner** kan være et nyttig komplement til NVEs egne datainnsamling. Dette gjelder ikke minst fra nabolandene. Både i Finland og Sverige finnes målestasjoner i grensekryssende vassdrag. I tillegg finnes hydrologiske stasjoner i spesielt Sverige som kan antas å være representative også for nærliggende områder på den norske siden av grensen. Status på dataoverføringer fra naboland er at vi mottar sanntidsdata fra 5 vannføringsstasjoner og data fra en stasjon i ettertid: Alle stasjoner er svenske.

Nedbør- og lufttemperaturobservasjoner ved hydrologiske målestasjoner kan være et viktig komplement til de data som NVE får fra met.no. Kravet til nøyaktighet behøver ikke være like stort som met.no sine krav. Nedbørsobservasjonene skal være

fjernoverførte og benyttes spesielt i forbindelse med flomvarsling. Nedbørsobservasjoner med fin tidsoppløsning vil også være en viktig støtte ved kalibrering av hydrologiske modeller med fin tidsoppløsning. Lufttemperaturobservasjoner benyttes primært ved vurdering av isforholdene ved målestasjoner. Hydrometriseksjonens medarbeidere bør få et kompetanseløft innenfor meteorologiske målemetoder.

7.3 Kobling til vannkvalitetsdata

En helhetlig forvaltning av vann og vassdrag setter krav til et datagrunnlag som gir det best mulig utgangspunkt for å tolke miljøstatus, årsak-virkningsforhold og følge den samlede effekt av påvirkninger og tiltak. EUs rammedirektiv for vannforvaltning fokuserer på en samordnet forvaltning innenfor hele nedbørfelt og på tvers av sektorinteresser. Direktivet bruker økologisk status som basis for å sette miljømål for vannforekomster, med utgangspunkt i det som ville vært situasjonen i en upåvirket, naturlig tilstand. Den økologiske status refererer til biologiske parametre, men direktivet angir samtidig det fysiske/kjemiske datagrunnlag som nødvendige støtteparametere.

Krav til overvåkning er delt inn i to kategorier:

1. Basisovervåkning: Basisovervåkning er tillagt sektormyndighet og for hydrologi er dette NVE. I 2009 har overvåkningsgruppa kommet med et forslag til Basisovervåkning og NVE vil da få ansvar for å etablere hydrologiske målestasjoner der dette mangler (se Schartau et al. 2009). Det er tatt hensyn til mest mulig samlokalisering mellom de ulike stasjonsnettene. Basisovervåkingen er delt inn i to kategorier: Referanse- og Trendovervåking.
 - a. Referanseovervåking: Mest mulig upåvirkede lokaliteter, med kun langsiktige naturlige endringer.
 - b. Trendovervåking av lokaliteter med effekter av omfattende menneskelig påvirkning, også klimaendringer.
2. Tiltaksovervåking: Vannregionene skal lage overvåkningsplaner for å kunne overvåke effekten av tiltakene som må iverksettes for å bedre miljøtilstanden i vannforekomsten. En slik overvåking finansieres etter prinsipp om at forurenser betaler. Dette innebærer at vi ikke skal prioritere etablering av nye stasjoner, men kan vurdere å pålegge dette i.h.h til Vassdragreguleringsloven eller vannressursloven. NVE kan ta på seg oppgaven med å lagre data i Hydra II.

Det er kostnadsmessig vanskelig å etablere hydrologiske målestasjoner i alle foreslåtte lokaliteter men det er ønskelig at følgende prinsipp følges:

Alle store vann og vassdrag skal ha målestasjoner: Vannstand/Vannføring/
Vanntemperatur

Resterende lokaliteter skal ha målestasjoner i 5-10 % av lokalitetene, mens det er ønskelig med simulert vannføring for resten.

NVE vil i løpet av 2010 gjøre en gjennomgang av forslaget til basisovervåking mot eksisterende målestasjoner for å kunne kartlegge ressursbehovet for etablering av overvåkingen.

Konklusjon

Det vil være behov for etablering av en del nye målestasjoner for vannstand, vannføring og vanntemperatur. Omfanget vil bli klart når forslaget til basisovervåkning er koplet mot NVEs stasjonsnett.

Det vil også være behov for å sette opp beregninger eller modeller for å gi vannføringer på de umålte lokalitetene.

7.4 Klimaendringer og databehov

7.4.1 Følger av klimaendringer

Hydrologiske data samles inn for en rekke ulike formål. NVE har samlet inn data siden 1800-tallet og har mange lange dataserier av god kvalitet. Disse gir oss mulighet til å oppdage og tallfeste hvordan klimavariasjoner og menneskers inngrep i vassdragene kan gi hydrologiske endringer. Dette omfatter vannføringen i elver, markvanns- og grunnvannstilstand, sedimenttransport, snødekning og snømengde, isforhold og breers massebalanse og utbredelse. Hydrologiske elementer er også en meget viktig del av klimasystemet, for eksempel er snødekkets utbredelse viktig for jordas albedo og fordampning, og tilførsel av ferskvann fra elver og isbreer påvirker havets sirkulasjonssystem. Endringer i vann og sedimenttilførsel vil også påvirke de økologiske forhold i vassdragene og nære havområder.

Lange tidsserier er også sentrale for å fastlegge dimensjoneringsgrunnlaget for ulike konstruksjoner i tilknytning til vassdragene som en dam, et kraftverk eller et vannverk. Dersom de underliggende seriene er stasjonære og formålet er klart definert, kan det lages kriterier for hvor lenge data bør samles inn for å oppnå en rimelig sikkerhet i dimensjoneringen. Dessverre er ønsket om stasjonærhet ikke oppfylt i de hydrologiske dataseriene. Dette skyldes både en stor naturlig variabilitet gitt av ytre pådriv som varierende solinnstråling, interne prosesser i hav og atmosfære og følger av menneskelig aktivitet. Dette medfører stor usikkerhet blant annet i estimat av ekstremer med store forskjeller om ulike observasjonsperioder legges til grunn.

Avrenningen, snø, breer og andre hydrologiske variable endrer seg i takt med et endret klima. Totalavrenningen kan endre seg både som følge av endret nedbør og endret fordampning. I et hydrologisk regime som i Norge, karakterisert ved oppbygging av et snødekke og smelting av dette om våren, vil endret temperatur og eventuelt nedbør være avgjørende for sesongforløpet av avrenning, oppfylling av grunnvanns- og markvannsmagasin og islegging og smelting, snømengder og snøsesongens lengde, isbreenes utbredelse og sedimenttransporten i våre vassdrag. Endringer i vannføring og sedimenttransport vil også føre til endringer i elveløpenes tilpasning noe som kan innvirke på elveløpenes tverrprofiler og fall. På alluviale strekninger kan dette føre til endringer av flomsonene langs vassdragene. Det kan også påvirke stabiliteten i ravineområder. Globale klimaframskrivninger fra FN's klimapanel IPCC indikerer at det vil bli varmere i Norge (Solomon et al, 2007; Parry

et al, 2007; Bates et al,2008). Regionalt nedskalerte klimafremskrivninger viser regionale forskjeller i Norge, men det vil jevnt over bli varmere og, med unntak av sommeren, noe våtere (Hanssen-Bauer et al, 2009). En mer detaljet beskrivelse av effekten av klimaendringer på forskjellige relevante variable finnes i Vedlegg 2.

7.4.2 Klimaovervåkning

For å overvåke følger av mulige klimaendringer er det svært viktig å opprettholde de **lange måleseriene** for avrenning og andre hydrologiske variable. Lange tidsserier er også sentrale for å fastlegge dimensjoneringsgrunnlaget for ulike konstruksjoner i tilknytning til vassdragene. Dette kan være dammer, kraftverk, bruer og lignende. Dersom de underliggende seriene er rimelig stasjonære (bare tilfeldige variasjoner rundt en middelværdi, men ingen trender) og formålet er klart definert, kan det lages kriterier for hvor lenge data bør samles inn for å oppnå en rimelig sikkerhet i dimensjoneringen. Ønsket om stasjonaritet har aldri vært helt oppfylt i de hydrologiske dataseriene. Dette skyldes både en stor naturlig variabilitet gitt av ytre pådriv som varierende solinnstråling, interne prosesser i hav og atmosfære og følger av menneskelig aktivitet i nedbørfeltet og vassdraget. Eksempler på menneskelig aktivitet som påvirker stasjonaritet kan være vassdragsreguleringer og arealbruksendringer Dette medfører usikkerhet, særlig i estimer av ekstremer. Når flomforholdene endres som følge av klimaendringer, øker denne usikkerheten. For å minimere usikkerheten, er det viktig med mange og oppdaterte observasjoner.

Konklusjon

Et framtidig nett av stasjoner for klimaovervåkning bør bestå av:

- Fortrinnsvis serier ikke påvirket av reguleringer
- Serier i alle landsdeler og som representerer ulike høydesjikt med vekt på områder
 - hvor særlig store endringer forventes i vannføring, mark- og grunnvann, snø, islegging, sedimenttransport og breers utbredelse og massebalanse
 - hvor det forventes klimabetingede elveløpsendringer
 - hvor usikkerheten i framskrivningene er spesielt stor
- Lange serier
- Fortrinnsvis felt der det er målt flere variable.

Det er nesten umulig å definere et landsdekkende stasjonsnett som ikke i noen grad er påvirket av regulering. Selv om de lengste seriene er påvirket av ulike inngrep, er de

essensielle i klimaovervåkning, spesielt om det kan etableres tilsigsserier i den regulerte perioden. Stasjonsutvalget for klimaovervåkning må derfor bestå både av serier fra naturlige nedbørfelt og av lange serier fra regulerte felt.

7.5 Data for flomvarslingskart

Flomvarslingskart, dvs. kart som viser områder som ventes bli vanddekket/oversvømmet i prognoseperioden, vil bli produsert av NVE basert på vannføringsprognoser i situasjoner når det ventes mye vann i vassdragene.

Forutsetninger for å kunne produsere slike kart er:

- Flomsonekart er utarbeidet, noe som bl.a. krever innsamling av data for tverrprofiler i aktuell elvestrekning. Videre må det beregnes flomvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall. For å få best mulig grunnlag for slike flomberegninger i elver hvor det ikke finnes vannføringsdata fra før, kan det være behov for å sette opp en ny målestasjon, i hvert fall for en kortere periode.
- En modell for vannføring, som kan brukes for prognosering, er kalibrert. Også for dette formål trenges data for noen år fra en målestasjon. Dette kan bety at en målestasjon etableres i slike elvestrekninger.
- Vannføringssimulering med en hydrologisk modell forutsetter tilgang til synoptiske data fra meteorologiske stasjoner (nedbør og temperatur) som vanligvis besørges gjennom met.no sine stasjoner. Meteorologiske griddata kan også benyttes.
- I regulerte vassdrag er vannføringen ikke bare avhengig av de naturlige vannføringsforholdene, noe som kan simuleres av en hydrologisk modell, men også av manøvreringen av dammer osv. Det er derfor nødvendig å få inn opplysninger om antatt vannslipp m.m. som kan ha innvirkning på vannføringsprognosen og flomvarslingskartet. Slike opplysninger innhentes fra regulanten.
- I tillegg til et flomvarslingskart, kan de simulerte vannføringene/vannstandene danne grunnlag for en vannstandsprognose for dagene fremover. I enkelte elvestrekninger kan slike prognoser relateres til skalaer eller flomstøtter, som kan settes opp på aktuelle steder.

Konklusjon

Produksjon av flomvarslingskart vil i de fleste tilfeller baseres på eksisterende hydrologiske og meteorologiske stasjoner. Slike kart er spesielt interessant i vassdrag hvor det er knyttet store økonomiske interesser til presis vannstandsprognosering. Slike vassdrag er i stor grad instrumentert, men ofte er stasjonsnettverket utilgjengelig for NVE i sanntid og som input i prognosemodeller. I noen tilfeller kan det bli behov for å etablere nye stasjoner, hvis det er ønske om flomvarslingskart i elver uten avløpsstasjoner.

7.6 Skred og databehov

I forbindelse med utredningen om regional skredfarevarsling (Colleuille og Engen, 2009), ble det gjort en grov vurdering av behovet knyttet til varslingsopplegg for løsmasseskred og snøskred som er oppsummert her:

Det er nødvendig å utvide stasjonsnett for hydrologiske og meteorologiske data. NVE og met.no må i samarbeid med andre institusjoner utvide og tilpasse sitt overvåkingsnett, spesielt i fjellområder og små nedbørfelt med rask respons. Det gjelder spesielt snø-, markvanns- og grunnvannsmålinger, vannføring/vannstand, nedbør, temperatur og vind. En utvidelse av stasjonsnett samordnet med relevante etater, vil forbedre datagrunnlaget for varslingstjenesten betydelig og effektivisere og rasjonalisere stasjonsdriften.

Det nåværende stasjonsnett til NVE og met.nos stasjonsnett er ikke bygd opp med tanke på skredvarsling. Eksterne aktører, som regulanter og kraftselskaper, har ofte egne målestasjoner i fjellområder og andre områder som vil være av stor interesse for en skredvarslingstjeneste. Det er derfor nødvendig med en omfattende koordinering og supplering av stasjonsnett, spesielt i fjellområder og i andre særlig utsatte områder.

Det fremtidige stasjonsnett må gi meteorologiske og hydrologiske data i sann tid av tilstrekkelig omfang og kvalitet, med fin romlig skala og fin tidsopløsning (time, minutter) for å imøtekomme kravene til ekstrem værvarsling, skredvarsling og flomvarsling. Det innebærer at det foreligger et tilstrekkelig antall målesteder for å fange opp den regionale variabiliteten som har betydning for skredfare i Norge. De nye hydrologiske stasjoner bør samlokaliseres med eksisterende eller nye klimastasjoner, noe som skaper gode muligheter for modellutvikling og for å redusere tilsyns- og fjernoverføringskostnader. Etablering av nye stasjoner kan utføres i samarbeid med kommuner som eventuelt vil kunne bistå med lokalt tilsyn.

Det er et behov for tre ulike type stasjoner:

(1) Stasjoner som brukes som inngangsdata i fremtidige operative prognoseverktøy og som danner grunnlag for skredvarsling (klimastasjon, grunnvannsstand, vannføring, snødyb/temperatur, teledypmålinger). Observasjonsgrunnlaget må styrkes med etablering av observasjonsstasjoner i områder med for lite relevante observasjoner for tilstrekkelig god varsling og overvåking av snø- og løsmasseskredfare. Antall og beliggenheten av stasjonene må vurderes i lys av beliggenheten til skredfareområder.

(2) Pilot-prosjekter med avansert instrumentering for å øke prosessforståelsen og forbedre eksisterende modeller (alle parametere inkl. snø- og markvanntilstand (temperatur, fuktighet) og sedimenttransport). Slike anlegg er ressurskrevende og kostbare og må derfor begrenses til noen få områder med lokal skredfare.

(3) I forbindelse med beredskap for snøskred vil det være behov for et observatørkorps som overvåker snøens egenskaper mhp mengde, struktur og styrke.

Det kan være flere parametere relatert til partikkeltransport i elver som også er aktuelle i forhold til skred og skredvarsling. Turbiditetssensorer og akustiske bunntransportssensorer vil kunne registrere data med høy tidsoppløsning og dessuten kunne overføres i sanntid. Det er også foreslått en overvåking av elveløpsgeometri på utvalgte steder.

7.7 Grid data

Siden 2004 har NVE vært produsent av griddede data i oppløsning 1x1 km², for hele Norge. I samarbeid med met.no har vi ansvaret for drift og utvikling av nettstedet SeNorge, som på døgnbasis viser bilder av nedbør, lufttemperatur, snø og snøparametere, avrenning, markvann, grunnvann etc. Data produseres ved hjelp av modeller som er kalibrert regionalt og som får input fra interpolerte observasjoner eller prognoser. Erfaringer med bruk og produksjon av griddede data viser at dette er en dataform som mer og mer får en operativ funksjon. Flomvarslingen har kalibrert hydrologiske modeller fra griddet input (nedbør og temperatur) og farekart for ras er utviklet og presentert ut i fra griddede data. SeNorge tilgjengeliggjør hydrologisk /meteorologisk informasjon til almenheten og har potensiale for å bevisstgjøre publikum for hydrologisk/meteorologisk viktig informasjon. I og med at SeNorge kan presentere, for hele landet, daglige data fra 1961 til dags dato, samt prognoser, er det et viktig klimatologisk og hydrologisk overvåkningsverktøy. I den senere tid har det vært stor ekstern interesse for de kvantitative dataene som ligger til grunn for bildene på nettsiden. Forespørsler har blitt besvart positivt, selv om ekstraksjon av kvantitative data foreløpig er en manuell jobb. Som utviklingspunkter kan vi tenke oss:

- Utvikle datatbaseløsninger slik at griddede data er tilgjengelig for alle for et vilkårlig område og tidsperiode.
- Gå ned i tids- og romoppløsning
- Presentere flere parametere
- Bedre dokumentasjon av parametere og produksjon av disse
- Bedre modeller og interpolasjonsrutiner

Konklusjon

Griddede data vil etterspørres mer og mer. Almenheten vil ha sikrere informasjon, mer informasjon og dette på finere rom- og tidsoppløsning. For å tilfredstille disse krav må NVE og met.no ha en stasjonsnettstrategi som muliggjør dette.

7.8 Data policy

Det er en hovedregel i Norge at offentlige data skal være gratis. Både ny offentlighetslov og miljøinformasjonsloven går langt i å pålegge offentlige etater å stille gratis til rådighet bl.a. miljødata for alle, uavhengig av tiltenkt bruk. NVE tar derfor ikke betalt for hydrologiske data, men vil kunne ta betaling for tilrettelegging eller oversending av data der dette innebærer betydelig ekstra arbeidsinnsats. NVE sitter på store datamengder i den nasjonale hydrologiske databasen Hydra II. Disse dataene er dels samlet inn på Hydrologisk avdelings egne stasjoner, men en betydelig del kommer fra stasjoner som vassdragsregulanter er pålagt å drive som følge av gitte konsesjoner. Norge har en lang tradisjon med full åpenhet for alle *historiske* hydrologiske data (dvs data som ikke inneholder betydelig informasjon om nåtilstand), mens *sanntidsdata* offentliggjøres bare for NVEs eget statsjonsnett og der regulanter har gitt tillatelse til offentliggjøring. Sanntidsdata fra de konsesjonspålagte, regulanteide stasjonene kan i noen tilfeller ha konkurransemessig betydning, og de unntas derfor offentliggjøring en viss periode. Det arbeides med en klarere avgrensing av hvilke sanntidsdata fra konsesjonspålagte stasjoner som skal kunne offentliggjøres.

8. Oversikt over Norges hydrologiske stasjonsnett

Det er i løpet av de siste ti årene gitt ut flere rapporter som på forskjellige måter gir en oversikt over det hydrologiske stasjonsnettet i Norge.

Svein Taksdal (red.), 1999: Hydrologiske data i Norge, bind 1-3. NVE-Rapport 9-1999.

Denne rapporten gir en oversikt over alle stasjoner og måleserier (alle parametere / eksisterende og nedlagte) som finnes på NVEs hydrologiske database per september 1999. Bind 1 gir en oversikt over dataperioder og datatyper (døgndata, findata, komplettering m.m.). Bind 2 gir detaljer om stasjonene sortert etter hydrologisk parameter. Bind 3 omfatter detaljerte stasjonskart.

Lars-Evan Pettersson (red.), 2003: Norges hydrologiske stasjonsnett. NVE-Rapport 7-2003.

Denne rapporten gir en oversikt over eksisterende stasjoner per 2003 (alle parametere). Noen av stasjonstypene (parametrene) er klassifisert. Hensikten med rapporten var å få en oversikt over behovet for etablering/nedlegging av stasjoner.

Lars-Evan Pettersson, 2004: Aktive vannføringsstasjoner i Norge. NVE-Rapport 16-2004.

Denne rapporten gir en oversikt over eksisterende vannføringsstasjoner per 2004. Rapporten gir noen detaljer om stasjonene (beliggenhet / feltareal / observasjonsstart / reguleringsopplysninger) samt omfatter et stasjonskart.

Lars-Evan Pettersson, 2005: Vannføringsstasjoner i Midt- og Nord-Norge. NVE-Oppdragsrapport A 18-2005.

Denne rapporten gir en oversikt over alle eksisterende og nedlagte vannføringsstasjoner i Midt- og Nord-Norge. Rapporten gir noen detaljer om stasjonene (feltareal / dataperiode / reguleringsopplysning / enkelte flomverdier).

Ingeborg Kleivane, 2006: Vassføringsstasjonar på Vestlandet. NVE-Oppdragsrapport A 17-2006.

Denne rapporten gir en oversikt over alle eksisterende og nedlagte vannføringsstasjoner på Vestlandet. Rapporten gir noen detaljer om stasjonene (feltareal / dataperiode / reguleringsopplysning / enkelte flomverdier).

Lars-Evan Pettersson, Marit Astrup, 2007: Vannføringsstasjoner på Østlandet og Sørlandet. NVE-Oppdragsrapport A 2-2007.

Denne rapporten gir en oversikt over alle eksisterende og nedlagte vannføringsstasjoner på Østlandet og Sørlandet. Rapporten gir noen detaljer om stasjonene (feltareal / dataperiode / reguleringsopplysning / enkelte flomverdier).

Bjarne Kjøllmoen (Ed.), 2009. Glaciological investigations in Norway in 2008, 80 pp.

Denne årlige rapporten inneholder oppdaterte tidsserier over massebalanse for 14 breer, frontposisjonsmålinger for ca 32 breer og oppdaterte målinger fra Svartisen's subglaciale laboratorium. Rapporten gir en kort beskrivelse av hver lokalitet og kommenterer endringene (engelsk).

For å få oppdaterte oversikter eller opplysninger om det hydrologiske stasjonsnettet i landet kan fortrinnsvis **NVEs GIS** og/eller **NVEs hydrologiske datasystem** benyttes.

NVEs GIS med, NVE Atlas som sentralt hjelpemiddel i denne sammenheng, er under stadig utvikling. For å få stasjonsoversikt i nært forestående versjon (primo 2010) av NVE Atlas går man til måleserier som ligger under mappen "Hydrologiske data" i temalisten, og er gruppert i sanntid, aktive og nedlagte måleserier. De er også symbolisert på gruppe. Det er ikke lenger nødvendig å zoome seg inn i kartet for å se dataene i temalisten. De er bare "grået ut" når man er i en målestokk hvor dataene ikke er synlige. Det vil være en egen søkeknapp for søk i måleserier og man kan søke etter kriteriene stasjonsnavn, stasjonsnummer, vassdragsnummer, og måleserietype. Måleseriene vises både på kartet og i tabellform. Tabellen, som inneholder diverse opplysninger om måleserien/stasjonen kan kopieres over til f.eks. et regneark. Informasjon om enkeltstasjoner kan fås ved å klikke på måleserien/stasjonen på kartet.

NVEs hydrologiske datasystem kalles Hydra II og inneholder tidsserier og metadata om stasjonsnettet. NVEs GIS-system henter informasjonen fra Hydra II som presenteres i NVE Atlas. Dataprogrammet **TABLEREPORT** (i Hydra II-systemet) gir

oversikt over alle stasjoner som oppfyller gitte kriterier (vassdragsområde, parameter, informasjon om måle-og dataserier m.m.). I tillegg til stasjonsoversikten, gir TABLEREPORT oversikt over dataperioder og datatyper (døgndata, findata, komplettering m.m.). Dataprogrammet HYSOPP gir oppslag og redigeringstilgang til alle opplysninger om enkeltstasjoner i Hydra II.

Referanser

Bates, B.C., Kundzewics, Z.W. and Palutikof, J.P. , 2008. *Climate Change and Water. IPCC Secretariate, Geneva, Switzerland.*

Colleuille H, Engen I. K., 2009. Utredning om overvåking og varsling av løsmasse- og snøskredfare på regionalt nivå. NVE rapport 16, 2009.

Colleuille H., Holmqvist E., Beldring S. og Haugen L.E., 2008. Betydning av grunnvann- og markvannsforhold for tilsig og kraftsituasjon. NVE rapport 12-2008.

Dingman, S. L., 2002. *Physical hydrology. (2nd ed.), Prentice Hall, New Jersey. U.S.*

Førland, E., Roald, L.A., Tveito, O.E. & Hanssen-Bauer, I. ,2000. Past and future variations in climate and runoff in Norway. *DNMI Klima report no. 19-2000.*

Hanssen-Bauer, I. (red), 2009. Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpasning. Norsk Klimasenter.

Johansson, I. (ed.), 1984. *Nordic Glossary of Hydrology. Almqvist & Wiksell International.*

Moss, M. E., Gilroy, E. J., Tasker, G. D. & Karlinger, M. R, 1982. Design of surface-water networks for regional information. *USGS Wat. Supply Pap. 2178, Washington, DC.*

NVE. Introduksjon til Hydra II (Hfelles:/hd/hydra2/overs/intro.doc).

Opdahl J. og Colleuille H., 2008. Nasjonalt overvåkingsnett for grunnvann og markvann (fysiske parameter). Drift og formidling 2007. Status pr. mars 2008. NVEs rapport 8-2008

Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (eds), 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, UK.*

Puupponen M., Snorrason, A., Kern-Hansen K., Lundager-Jensen, J., Roald, L.A., Wennerberg, G. and Westmann, S.-E., 1996. *Hydrometric Monitoring and its development in the Nordic Countries. Nordic Hydrological Programme, NHP-Report No 42.*

Rodriguez-Iturbe, I. and Meija, J. M., 1974. The design of rainfall networks in time and space. *Water Resour. Res.* 10(4), 713-728.

Schartau, A.K. Solheim, A.L., Halvorsen, G., Høgaasen, T., Lindholm, M., Skjellbred, B., Sloreid, S-E., Walseng, B. 2009. Nettverk for basisovervåkning i innsjøer og elver I Norge I hht. Vannforskriften (Forslag). NINA rapport 520, 2009. link: <http://www.vannportalen.no/enkel.aspx?m=60943&amid=3004660>

Skaugen, T. Classification of rainfall into small- and large-scale events by statistical pattern recognition. *J.Hydrol.* 200, 40-57.

Solomon, S., Quin, D., Manning, M., Chen, Z. Marquis, M. Avryt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L. (eds), 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, UK.*

Stedinger, J. R. and Tasker, G. D. , 1985. Regional hydrologic analysis – ordinary, weighted and generalized least squares compared. *Wat. Resour. Res.* 21(9), 1421-1432.

Tasker, G. D., 1986. Generating efficient gauging plans for regional information. In: *Integrated Design of Hydrological Networks*, ed. M.E. Moss, Proc Budapest Symp., *IAHS Publ. no. 158*, 269-281.

Tollan A. (red.), 2008. Retningslinjer for pålegg om hydrologiske undersøkelser, grunnlag for NVEs saksbehandling. Se http://www.nve.no/Global/Sikkerhet%20og%20tilsyn/Milj%c3%b8tilsyn/Hydrologiske%20p%c3%a5legg/1_Hydrologiske%20undersokelser.pdf.

Tollan A., 2000. Vanlige misforståelser i hydrologien. VANN-3-2000.

WMO, 1994. *Guide to Hydrological Practices. Fifth Edition, WMO-No. 168*, Chapter 20, 1994.

UNESCO/WMO, 1992. *International Glossary of Hydrology.*

Østrem, G. (red.) , 1993. *Ferskvannstesaurus. NVE Publikasjon 18-1993.*

Vedlegg 1

Internt notat

Til:	H-ledermøte 08/09
	Sverre Husebye, Thomas
Fra:	Skaugen
Ansvarlig:	SHU/THS
Dato:	2.3.2009
Saknr.:	NVE
Arkiv:	
Kopi:	

Verdens nordligste hydrologiske målinger på Svalbard - bakgrunn og policy

Formål

Målet med de hydrologiske aktivitetene på Svalbard er å fremskaffe datagrunnlag til bruk i forvaltning av vannressursene på øygruppen, til forskning og overvåkning samt å kunne utføre hydrologiske analyser og beskrive det hydrologiske system i arktiske strøk. Effekten av klimaendringene forventes å være særlig tydelig i arktiske strøk og lange observasjonsserier med hydrologiske data vil derfor være spesielt viktige innen forskning rundt klimaendringenes effekter og også danne et viktig grunnlag for forvaltningen av vannressursene på øygruppen.

NVE har ved flere anledninger blitt bedt om å uttale seg i forbindelse med tiltak i og nær vassdragene på Svalbard.

Virksomheten

NVE har utført systematiske hydrologiske målinger på Svalbard siden 1988. Den første permanente vannføringsstasjonen ble etablert i Bayelva nær Ny-Ålesund med midler fra Norsk Forskningsråd for blant annet å studere klimaendringenes effekter på vannressursene. Vannføringsstasjonen i De Geerdalen ca. to mil fra Longyearbyen ble bygget året etter. Disse to stasjonene er fortsatt i drift. Andre vannføringsstasjoner har vært i drift i kortere tid i forbindelse med ulike prosjekter. I tillegg til vannføring er sedimenttransport og vanntemperatur målt ved flere av stasjonene på Svalbard. I 2008 ble det også satt i gang kontinuerlige målinger av grunnvann, markvann og

jordtemperatur ved Ny-Ålesund. Måleprogrammet vil bli supplert med en snøpute som NVE vil installere ved Ny-Ålesund i løpet av sommeren 2009.

NVE har gjennom sin deltakelse i det internasjonale programmet Arctic Hycos forpliktet seg til å sende inne hydrologiske data fra både Svalbard og den nordvestlige del av fastland-Norge.

Hydrologiske data fra Svalbard er etterspurte av eksterne miljøer. Aktuelt nå er henvendelse fra NP/ICE (nytt senter for is, klima og økologi) i forbindelse med forskning på isbreers respons på klimaendringer, hvor Svalbard er tenkt som et laboratorium. Met.no har ved flere anledninger etterspurt målinger av vannekvivalent/snø på Svalbard som et supplement til den generelle overvåkning av klima.

Som et ledd i å formidle informasjon om tilgangen til hydrologiske data fra Svalbard, ga NVE i 2008 ut rapporten *Polar hydrology, Norwegian Water Resources and Energy Directorate's work in Svalbard* (NVE-Report nr. 2-2008). Rapporten beskriver NVEs aktiviteter på Svalbard opp gjennom årene og den gir også en oversikt over publikasjoner og artikler der NVE-medarbeidere har bidratt.

Strategi for NVE sin hydrologiske virksomhet på Svalbard

Svalbard er en del av Norge, som derved også har et forvaltningsmessig ansvar for øygruppen. Ansvaret omfatter også vassdragsforvaltningen som på fastlandet er underlagt lovverk og forskrifter som administreres av NVE. Det er derfor naturlig at NVE også tar tilsvarende ansvar på Svalbard, men tilpasset det regelverket som gjelder der. Begrunnet i likhetstrekk i klima og hydrologiske prosesser på Svalbard og i de nordlige deler av Nord-Norge, kan begge karakteriseres å ligge innenfor feltet som kalles arktisk hydrologi.

Svalbard har vært karakterisert ved en omfattende, mangfoldig og multiinternasjonal forskningsvirksomhet gjennom mange år. Arktis er et område der virkningene av klimaendringer er meget tydelige og Svalbard bør derfor være veldig godt egnet som et "long term observatory" som grunnlag for dokumentasjon og påvisning av klimaendringer og effekten av disse også på prosess nivå. Slike observatorier er et av temaene innen programmet Arctic Hydra, men da knyttet opp mot de store vassdragene som drenerer ut i Nordishavet.

Ifølge Norges forskningsråd¹ skal Norge være en ledende aktør i utforskningen av egne arktiske landområder. Forskningsrådet påpeker behovet for lange tidsserier innenfor klima- og miljøovervåking.

Med denne bakgrunn bør NVE ha et måleprogram på Svalbard som dekker de hydrologiske parametre som inngår i vann- og energibalansen. Dette omfatter målestasjoner for kontinuerlige registreringer av: vannstand/vannføring, grunn- og markvann, teledyp (aktivt lag), snøpute og vanntemperatur. Det arktiske miljø er meget sårbart for erosjon og derved også sårbart for endringer i klimaet og

¹ Policydokument for norsk forskning i Arktis 2004-2008

hydrologien. Målinger av erosjonsprosesser og sedimenttransport må derfor inngå i basisovervåkningen.

Svalbard dekker et stort og hovedsakelig ubebodd område. Opprettelse og drift av målestasjoner er derfor komplisert og meget kostbart. NVE skal, som et minimum, opprettholde en hovedstasjon for lang tids basisovervåkning innen hydrologi med målinger av vannføring, vanntemperatur, sedimenttransport, markvann, teledyp og vannmengder i snø (snøpute). Hovedstasjonen må ligge i Ny-Ålesund i tilknytning til et område der det også foregår langsiktig og systematisk innsamling av klimadata (helst av met.no). For tiden måles følgende meteorologiske parametere ved Sverdrup forskningsstasjon i Ny Ålesund: vind hastighet og retning, lufttrykk, relativ fuktighet, temperatur, nedbør, snøtemperatur, snødyp (met.no), kortbølget og langbølget stråling (NP) (se <http://www.npolar.no/sverdrup/> for mer detaljer)

Målestasjon i DeGeer elva der det måles vannføring, sedimenttransport og vanntemperatur, har lavere breprosent enn Bayelva i Ny-Ålesund og regnes som representativ for området rundt Longyearbyen. Måleprofilen er stabilt i fast fjell, noe som er meget uvanlig på Svalbard, og vannføringsmålingene er av god kvalitet. Målestasjonen bør derfor inngå som et supplement til målingene i Ny-Ålesund.

Basisovervåkningen bør suppleres med målestasjoner som driftes i kortere eller lengre tidsperioder for å dekke mangfoldet av hydrologiske prosesser og problemstillinger av interesse for forskning, undervisning og forvaltningen av vannressursene og vassdragene på Svalbard.

Virksomhet utover basisovervåkningen, bør fortrinnsvis være basert på hel eller delvis ekstern finansiering og samarbeid.

Kostnader ved drift av målestasjoner Svalbard:

Utstyr og etablering:

- Utstyr koster det samme som i Norge, etableringskostnader er høyere (avhengig av lokale fysiske forhold og transport)

Drift, ettersyn og vedlikehold:

- NVE personell (2 personer) x 2 reiser/år á 5 - 10 dager, inkludert lokal transport:
- Lønn lokal observatør (evnt. UNIS, NP, Svalbard Samfunnsdrift, Kings Bay oa). Både Norsk Polarinstitut og UNIS er positive til NVEs engasjement
- Lagerleie (Longyearbyen, Ny-Ålesund)
- Uforutsette kostnader/vedlikehold

Vedlegg 2

Klimafremskrivninger for noen variable

Temperatur

De største endringen i lufttemperatur forventes på Finnmarksvidda og Varanger med en økning på fra 2 til 3 grader i årlig middel for perioden 2021-2050 og fra 3 til 5 grader for perioden 2071-2100 i forhold til normalperioden 1961-1990. Minst økning forventes på Vestlandet og i Trøndelag på henholdsvis 1 til 2 grader og 2 til 4 grader, minst på kysten. Den største økningen forventes i alle regioner om vinteren, i Finnmark fra 2 til 4 grader i den korte til fra 3 til 7 grader i den lengste framskrivningen. Minst økning forventes i alle regioner om sommeren.

Nedbør

Framskrivningene viser en økt årlig nedbør i Norge på 2 til 14 % fram til perioden 2021-2050 og 5 til 31 % fram til 2071-2100. Minst økning forventes på Sørlandet og Østlandet med henholdsvis -1 til 5 % og 3 til 10 % på kort sikt og -2 til 17 % på lang sikt. For alle regioner forventes økt vinternedbør, mest i Østfold, på Sørlandet og i fjellet nord på Østlandet, på lang sikt fra 10 til vel 50 %. På kort sikt forventes en økning på fra 5 til vel 20 % i disse områdene. Det forventes også en økning i nedbøren om våren i alle regioner, mest i Dovre/Nord-Østerdal, Møre og Romsdal, Trøndelag, Helgeland og i Hålogaland der økningen er fra 0 til 35 % på kort og fra 1 til 64 % på lang sikt. Sommernedbøren vil avta i de fleste regionene, mest i Østfold, på Østlandet og Sørlandet, men de høyeste framskrivningene viser likevel en moderat økning. Aller tørrest blir det på Sørlandet med fra -15 til 5 % endring på kort og -28 til 9 % endring på lang sikt. Fra Trøndelag til Finnmark vil sommernedbøren øke fra rundt 1 til litt under 20 % på kort og fra 2 til 36 % på lang sikt. Om høsten vil nedbøren øke i alle regioner, mest i Trøndelag og Helgeland hvor økningen er fra 1 til 35 % på kort og 1 til 63 % på lang sikt.

Det er stor usikkerhet i framskrivningene av nedbør i Norge. Dette henger sammen med at nedbørfordelingen i stor grad styres av retningen nedbøren kommer fra mot Norge. Den norske topografien er preget av lange fjellkjeder som skiller Østlandet, Vestlandet og Trøndelag. Dagens klima er dominert av nedbørområder fra sørvest til nordvest som resulterer i nedbørmaksimum langs Vestlandet og i deler av Nordland. Deler av Østlandet ligger i regnskygge, spesielt områder nær vannskillet i vest og i nord. De sjeldnere tilfellene med nedbørområder fra sør og sørøst kan gi høy vannføring og skadeflom på Østlandet mens Nord-Vestlandet og midt-Norge blir liggende i regnskygge. De ulike klimamodellene gir litt ulike lavtrykksbaner som resulterer i forskjellig nedbørfordeling i Norge selv om det for det meste er beregnet en økning i nedbøren over hele landet med unntak om sommeren i noen framskrivninger.

Med utgangspunkt i de meteorologiske framskrivningene er det beregnet framskrivninger av avrenning, fordampning, snø, mark- og grunnvann for vel 100 nedbørfelt i Norge.

Fordampning

Det er forventet en betydelig økt fordampning i deler av Norge fram mot 2071-2100. Størst økning på årsbasis forventes på Vestlandet, i Midt-Norge og i Nordland på 60-120 mm i årssum. Minst økning forventes på deler av Østlandet og i Finnmark. Redusert sommernedbør kombinert med økt fordampning fører til økt markvannsunderskudd på deler av Østlandet, noe som resulterer i flere sommertørker og økt skogbrannfare.

Snø

Endringer i snødekke styres både av endringer i nedbør i den kalde årstiden og av endringer i perioden temperaturen er under frysepunktet. Temperaturen avtar med 0,6 grader pr 100 m i mettet luft og 1 grad pr 100 m i tørr luft. Om snøforholdene skal endres i et nedbørfelt, avhenger av høydefordelingen i nedbørfeltet. Framskrivninger av vintertemperaturen indikerer en gjennomsnittelig heving av størrelsesorden 3 grader fram til perioden 2071-2100. Dette svarer til en heving av overgangssonen fra snø til regn med ca 500 m i forhold til nivået i kontrollperioden. Samtidig vil vinternedbøren øke over store deler av Norge og mest i fjellet. Snøen vil legge seg senere og smelte tidligere. Likevel kan den økte vinternedbøren føre til økt maksimalverdi for snømagasinet i fjellet over 800-1000 m på kort sikt. Etter hvert som oppvarmingen blir sterkere vil det også bli flere mildvær i fjellet, og dermed redusert snømagasin der. I lavlandet vil snømagasinet bli kraftig redusert som følge av flere vinterflommer. Varigheten av snødekket kan i kystnære lavlandsområder bli redusert med opp mot 3 måneder, som innebærer at det ikke lenger blir årvisst snølegging. Likevel vil det fortsatt være år med betydelig snølegging over store områder.

På Vestlandet og i Nordland faller det ofte opp mot eller over 100 mm nedbør på et døgn. Med klimaforhold som det har vært til nå, har de fleste vinterflommer vært små unntatt i relativt slake og lavtliggende nedbørfelt. Med en heving av overgangssonen på 500 m innebærer det at nedbør som i dag faller som snø i store deler av bratte nedbørfelt i framtiden vil falle som regn i storparten av feltet. Temperaturøkningen vil derfor forårsake flere og langt større vinterflommer eventuelt med ras i bratte nedbørfelt selv om nedbøren ikke øker.

Vannføring

Framskrivningene av endringen i vannføringene er avhengig av hvilke endringer som kommer i nedbørfordelingen. De største endringene i årlig vannføring forventes på sørlige del av Vestlandet. Dersom klimamodellen som gir forsterket vestavind slår til vil det bli en økning i årsavrenningen i alle vanndrag vest for vannskillet fra Jæren til Finnmark. Den alternative modellen gir mer vær fra østlig kant og dermed en moderat økning på sentrale og østlige deler av Østlandet og redusert årsavrenning i det meste

av midt-Norge. Begge modellene indikerer at det vil bli redusert årsavrenning på store deler av Sørlandet og i vestlige deler av Telemark og Buskerud.

Totalt sett viser framskrivningene moderate endringer i årsavrenningen selv om Norge under ett får en viss økning. Derimot er det betydelig større endringer i sesongavløpet, mest som følge av høyere temperatur og dermed endringer i sesongen med snødekke. Dessuten viser framskrivningene endringer i nedbørfordelingen, selv om dette spriker mellom ulike modeller. Begge modellene indikerer at det vil bli redusert årsavrenning på store deler av Sørlandet og i vestlige deler av Telemark og Buskerud. Om vinteren viser framskrivningene økning i avrenningen over hele Norge som følge av mildere vær og flere tilfelle med regn om vinteren. Dette vil føre til flere mindre flommer i lavlandet om vinteren. Våren vil få økt avrenning i fjellet, men det vil bli tørrere i lavlandet som følge av at snøsmeltingen kulminerer tidligere. En forutsetning for å få store vårflokker i de store vassdragene er at lavtliggende og høytliggende deler av nedbørfeltet vil ha stor snøsmelting eventuelt i kombinasjon med regnvær på samme tid. Siden mer av nedbøren vil falle som regn i lavere strøk og renne av i form av mindre vinterflokker, vil de store snøsmelteflokkene på Østlandet vil bli sjeldnere spesielt når oppvarmingen blir sterkere etter midten av århundret. Det kan likevel være enkeltår med store vårflokker om klimaet blir varmere. Somrene vil bli tørrere over hele Norge med unntak av kysten av midt-Norge der det forventes en økning. Om høsten forventes en litt redusert avrenning ytterst på kysten fra Østfold til Stad og i sentrale dalstrøk nord på Østlandet. For øvrig forventes betydelig økning i avrenningen, mest i Nord-Norge og i breområdene i Sør-Norge.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2010

- Nr. 1 Tor Arnt Johnsen (red.): Kvartalsrapport for kraftmarkedet. 4. kvartal 2009
- Nr. 2 Tilgangen til fornybar energi i Norge - et innspill til Klimakur 2020 (30 s.)
- Nr. 3 Klimagassutslipp fra fjernvarme: Tiltak og virkemidler- et innspill til Klimakur 2020 (30 s.)
- Nr. 4 Tiltak og virkemidler for redusert utslipp av klimagasser fra norske bygninger - et innspill til Klimakur 2020 (120 s.)
- Nr. 5 Årsrapport for tilsyn 2009 (30 s.)
- Nr. 6 Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100. Sammendragsrapport (13 s.)
- Nr. 7 Thomas Skaugen (red.) Norges hydrologiske stasjonsnett –analyse og strategi (56 s.)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen,
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no

