Hydrologi – en vitenskap basert på behov

Av Hege Hisdal

Hege Hisdal (Ph.D.) er hydrolog fra Universitetet i Oslo. Hun har siden 2020 vært direktør ved Hydrologisk avdeling i NVE, og har bakgrunn som forsker blant annet på temaer som tørke, flom og klimaendringer.

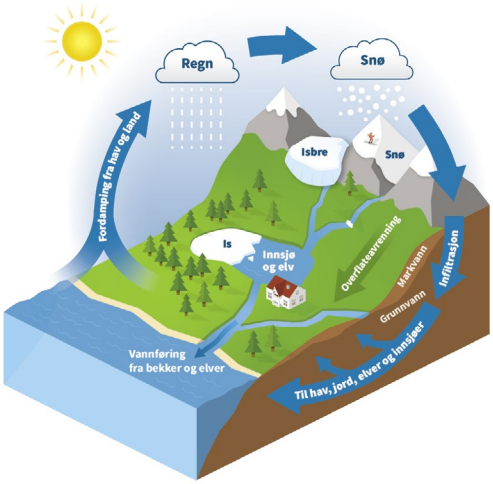
Summary

Hydrology – a science driven by societal needs. This article presents an overview of the development of hydrology as a scientific discipline with a focus on Norway, tracing its evolution from early philosophical and religious ideas about the origin of springs to today's advanced research landscape. Empirical studies in the 17th and 18th centuries demonstrated that precipitation could account for river discharge, laying the foundation for modern understanding of the hydrological cycle. In Norway, the rise of hydropower in the late 19th century created a strong demand for systematic measurements and hydrological expertise, culminating in the establishment of NVE's Hydrological Department in 1895. International initiatives, particularly UNESCO's International Hydrological Decade and later the IHP, fostered Nordic and global collaboration, development of representative catchments, and methodological innovation. Over recent decades, amongst others, advances in modelling, statistics, remote sensing and AI have further developed the field. National research evaluations confirm that Norwegian hydrology is internationally strong yet vulnerable due to few academic positions at the universities and limited national funding. The article concludes that continued data collection, methodological development, and stronger research environments are essential for addressing both climate-driven changes in water resources availability and society's growing hydrological challenges.

(This summary was made by ChatGPT. The content has been read and adjusted by the author prior to publishing.)

Sammendrag

Artikkelen gir en oversikt over hydrologiens utvikling som vitenskap med søkelys på Norge, fra tidlige idéer om «kildenes opprinnelse» til dagens avanserte forskningsfelt. Historisk ble forklaringer på vannets kretsløp diskutert gjennom religion, filosofi og tidlig naturvitenskap, før empiriske beregninger på 1600–1700-tallet etablerte nedbørens betydning som kilde til vannføringen i elver. I Norge fikk vannkraftutbygging fra slutten av 1800-tallet stor betydning for etableringen av systematiske hydrologiske målinger og institusjonsbygging, ikke minst gjennom opprettelsen av Hydrologisk avdeling i NVE i 1895. Internasjonale programmer som UNESCOs hydrologiske tiår og senere IHP styrket fagfeltets utvikling og førte til etablering av forskningsnettverk, representative nedbørfelt, nye målemetoder og utviklingen av såkalte nedbør-avløp-modeller. Artikkelen beskriver også de siste tiårenes utvikling, inkludert modeller, statistiske metoder, fjernanalyse og KI. Evalueringer av hydrologi som forskningsfelt



Figur 1. Det hydrologiske kretsløp (kilde: NVE)

Figur 2. Oppkomme/kilde i Oppland, tørkesommeren 2018. Foto: Inger Karin Engen, NVE.

viser at Norge har sterke, men sårbare hydrologiske forskningsmiljøer. Avslutningsvis understrekes behovet for robust forskningsmiljøer ved universitetene, tilstrekkelig forskningsfinansiering og videre datainnsamling som grunnlag for å styrke av både anvendt og grunnleggende hydrologisk forskning. Dette er særdeles viktig for å løse utfordringer i møte med klimaendringer og økende press på våre vannressurser.

(Sammendraget er laget av ChatGPT, men er kvalitetssikret og justert av forfatteren før publisering.)

Innledning

«Vann» fyller 60 år. Da passer det med et kort tilbakeblikk på vitenskapen om vann, hydrologi, som har enda lengre tradisjoner. Hydrologi er vitenskapen om vannets kretsløp og vannets forekomst og fordeling på landjorda. (Figur 1). I figuren ser man at vannets kretsløp også inkluderer vann i fast form, kryosfæren (bre, snø og is), og vann i gassform (fordampet vann). Studier av isbreer og prosesser knyttet til dem, utgjør en egen vitenskapelig disiplin, glasiologi.

Kildenes opprinnelse

Ett viktig spørsmål kan sies å være hydrologiens spede start: Hva er kildenes opprinnelse? I Gottschalk (1997) gis en god oversikt over hydrologiens historie, og hvordan både kirkens lærde, filosofer og vitenskapsmenn fra ulike disipliner, forsøkte å svare på dette spørsmålet. I bibelen (Predikeren 1:7) lyder svaret slik: «*Alle bekker løper ut i havet, men havet blir ikke fullt; til det sted som bekkene går til, dit går de alltid igjen*.» Det tyder på en forståelse for at vannet sirkulerer. Fra antikken og fram til 1600-tallet ble teorien om at vannet tok underjordiske veier heftig diskutert. Jesuitten Athanasius Kircher (1664) beskriver et system av underjordiske kanaler fra havet til store hulrom i fjellet der vannet renner tilbake til kildene. Saltstraumen i Nordland var sentral og ble sett på som forårsaket av et sluk i havbunnen, der vannet rant inn til de underjordiske vannårene, og derfra opp til kildene.

At kildevann stammet fra regnvann, ble også diskutert. Utfordringen med denne forklaringen mente man, var at kildene eksisterte og rant også i de tørre årstidene (Figur 2). Mot slutten av 1600-tallet begynte vitenskapsmenn i Frankrike å gjøre beregninger som viste at de sammenlagte nedbørmengdene over et større område er tilstrekkelig til å dekke mengden av vann som strømmer i vassdraget. Den engelske matematikeren og astronomen Edmond Halley (ja, han som Halleys komét er oppkalt etter) viste på begynnelsen av 1700-tallet at den totale tilførselen av vann til Middelhavet bare utgjør en tredjedel av alt vannet som fordamper fra havet.

I Norden gikk det tregere, og på slutten av 1700-tallet var det fortsatt delte meninger om

det hydrologiske kretsløpet. Mange trodde fortsatt på de underjordiske kanalene, og denne overbevisningen finnes også i dag. Imidlertid publiserte Birger Wassenius (1758) vannballanseberegninger for Vänern som viste at man kunne utelukke teorien om underjordiske kanaler.

Vannkraftens betydning

I Norge utnyttet man selvfølgelig vannressursene til mange formål lenge før hydrologi ble en vitenskap. Direkte utnyttelse av vannkraften til møller og sagbruk fant sted i hele landet i mange hundre år. De første kanalprosjektene kom på 1500-tallet og gruvedrift skapte behov for tilgang til og kontroll over vannet. Det samme gjelder landbruket, om enn i mindre skala.

På starten av 1800-tallet begynte man å interessere seg for å bruke elvene som transportveier. Som en følge av dette ble Canaldirectionen opprettet i København i 1804 (Aars og Østrem, 1995; Tollan, 2017). Noe senere kom en norsk Kanal- og havneinspektør (1813-1847), og i årene 1824-1827 var det systematiske observasjoner av vannstand i Glomma og Vorma i sammenheng med planer om kanalisering for transportformål. Mot slutten av 1800-tallet begynte man å utnytte vannkraft til industriformål. Behovet for kunnskap om vannmengder og hvordan disse kunne variere gjennom året og mellom år, økte i forbindelse med vannkraftens inntog. I 1895 ble Hydrologisk avdeling opprettet i det som den gang het Kanalvesenet (1847-1907), senere Vassdragsvesenet (1907-1921), Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (1921-1986) og nå Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). En av avdelingens første ledere, Olaf Rogstad, konkluderte i et foredrag i 1915:
«Av hvad jeg her har anført, haaber jeg det vil fremgaa, at et godt bearbeidet hydrologisk materiale maa være hovedgrundlaget for enhver rationel reguleringsplan. Det er for store interesser ved vasdragsreguleringer til, at man kan gaa ivei med omfattende planer paa slump.»

Nytteaspektet var og er en drivkraft i utviklingen av hydrologi som vitenskap. Ikke minst kom behovet for målinger. I Norge er de eldste

Figur 3. Hydrologisk målestasjon for vannstand/vannføring, Skoganvarre i Finnmark. Foto: Jørgen Håvardslien, NVE

vannføringsmålingene fra Glomma ved Blaker fra mai 1854, men først mot slutten av 1800-tallet skjøt målingene fart. Ved århundreskiftet ble det målt daglig i flere elver. Vi har derfor i Norge noen svært lange måleserier med daglige observasjoner. Figur 3 viser målestasjonen Skoganvarre i Porsanger i Finnmark som har vært i drift siden 1921. Det er observasjoner av ulike hydrologiske variabler, f.eks. vannstand/vannføring, grunnvannstand, snøens vannekvivalent og breers massebalanse som danner grunnlaget for det hydrologiske vitenskapelige arbeidet.

Internasjonalt samarbeid

Utviklingen av hydrologi som vitenskap hadde praktiske problemer som utgangspunkt, og slike problemstillinger er en viktig driver også i dag. I 1965 da den internasjonale hydrologiske dekaden (IHD) ble etablert av UNESCO, representerte dette imidlertid en milepæl for hydrologi som vitenskapelig disiplin (Sælthun, 2015). IHD og senere det internasjonale hydrologiske programmet (IHP) initierte internasjonalt samarbeid som første til hydrologisk kunnskapsbygging. For Norge betød dette en utvikling av hydrologifaget fra å være nasjonal og vannkraftrettet til å bli en internasjonal bred vitenskapelig disiplin.

Norsk Hydrologisk Komité (senere Norsk Hydrologiråd) ble etablert i 1966, og samtidig ble det etablert tilsvarende komitéer i de andre Nordiske landene. Dette første til et utstrakt

"vann-samarbeid" i Norden, og behovet for å organisere et bredt vannrelatert forum for utveksling av forskningsresultater og praksis mellom Nordiske hydrologer ble identifisert, og Nordisk Hydrologisk Forening ble stiftet i 1970. Sistnevnte fikk også sitt eget internasjonale tidsskrift for fagfellevurderte artikler, Nordic Hydrology, som nå heter Hydrology Research.

IHD førte til at man identifiserte såkalte representative nedbørfelt med detaljerte hydrologiske måleprogrammer. Blant disse er Filefjell som et representativt felt for det norske høyfjellet, der både vannstand/vannføring, grunnvann og snøens vannekvivalent fortsatt måles. Innsamlingen av data initierte forskning ved de nasjonale hydrologiske institusjonene og universitetene i Norge, og etter noen år kom de første undervisningsstillingene og professoratene i hydrologi. En viktig faktor for den hydrologiske forskningen i denne perioden var også at man fikk betydelig forskningsfinansiering fra Konsesjonsavgiftsfondet (tidligere statlig fond med midler fra de som fikk vassdragskonsesjoner).

Siden starten i 1985, har IHP FRIEND (Flow Regimes from International Experimental and Network Data) gitt norske forskere og studenter et unikt internasjonalt rammeverk for samarbeid. Norge har vært en viktig bidragsyter, inkludert etableringen av det såkalte «European Water Archieve», en database med tidsserier av vannføring fra hele Europa. Norske forskere har bidratt aktivt til ulike forskningsaktiviteter innen FRIEND. Et eksempel er studier av langtidsvariasjoner og endringer i ulike hydrologiske variabler. Dette har bidratt til forståelsen av hvordan klimaet påvirker hydrologisk variabilitet og endringer. Samarbeidet har vært et viktig nettverk med stor innflytelse på hydrologi som vitenskap i Norge.

IHP samarbeider med andre store organisasjoner som også dekker hydrologi som vitenskap. Viktigst er International Association of Hydrological Sciences (IAHS) en av mange underorganisasjoner i International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), der Norge er medlem. Foreningen arrangerer vitenskapelige konferanser og har sitt eget vitenskapelige fagfellevurderte tidsskrift, Hydrological Sciences Journal. Foreningen har satt agendaen for mye forskningsaktivitet, blant annet innen temaet Prediction in Ungauged Basins (2003-2012) og Phanta Rei: Change in hydrology and society (2013-2022)

Også World Meteorological Organization (WMO) omfatter hydrologi og har en egen forskningsstrategi. WMO samarbeider med både UNESCO-IHP og IAHS. Der har særlig temaet konsekvensbasert varsling av ekstremvær og naturfare påvirket forskningsagendaen.

I Europa ble European Geophysical Society stiftet i 1971. I 2002 ble foreningen innlemmet i den nyopprettede European Geosciences Union (EGU). Hver vår arrangerer foreningen den største vitenskapelige konferansen i ulike geofysiske disipliner. Hydrologi har stått sterkt i EGU i alle år, og for perioden 2027-2029 vil en hydrolog overta som leder for foreningen.

Utviklingen av faget de siste 35 årene

EDB, elektronisk databehandling, innen hydrologi, ble tatt i bruk i NVE allerede på 1960-tallet. Matematiske modeller som beskrev vannets vei fra nedbør til avrenning (begrepsmessige hydrologiske modeller), ble tidlig utnyttet både for å lage prognoser for hvor mye vann som ville komme de nærmeste dagene, og for å estimere tilgjengelige vannmengder der hvor det ikke måles. Et viktig tema var også forskning for å se på effekten av menneskelige inngrep i det hydrologiske kretsløpet. Senere har ulike hydrologiske modeller blitt utviklet og tatt i bruk for å studere og forstå hydrologiske prosesser og for å gjøre hydrologiske analyser for mer praktiske formål. Ulike statistiske metoder ble også tidlig tatt i bruk. Selv om enkle versjoner av KI har blitt brukt i hydrologien i flere tiår, gir større regnekraft en rask utvikling av faget gjennom stadig bedre KI-modeller. Nye målemetoder inkludert bruk av fjernanalyse har også lenge vært en viktig del av FoU-tematikken.

Store flomhendelser (Figur 4) har enkelte ganger ført til at myndighetene har gitt økt støtte

Figur 4. Hønefossen under «Hans» i august 2023. Foto Trond Reitan, NVE

både til datainnsamling og FoU. Slike ekstremer har også reist spørsmålet om effekten av klimaendringer på hydrologi. De første studiene av hvordan økt temperatur og nedbør ville påvirke hydrologien i Norge ble gjennomført allerede på slutten av 1980-tallet (f.eks. Sælthun m.fl., 1990). Konklusjonene var relativt klare. De har blitt forsterket i senere studier, og ikke minst gjennom at vi ser at klimaendringer allerede har en effekt på hydrologien i Norge. Flere vitenskapelige publikasjoner dokumenterer for eksempel tidligere snøsmelting, kortere snøsesong, flere regnflommer, færre snøsmelteflommer og mindre isbreer. I kjølvannet av klimaendringene spør man seg om såkalte naturbaserte løsninger kan redusere problemene med for lite og for mye vann. Der er det behov for ytterligere forskning og vitenskapelig dokumentasjon av en mulig effekt.

Data og målinger har vært og er helt grunnleggende for hydrologi som vitenskap. Noen av prosessene og variablene i det hydrologiske kretsløpet er vanskelig å måle. Eksempler er fordampning og markfuktighet. Det ble gjennomført målinger av disse variablene i den hydrologiske dekaden, men slike målinger er utfordrende og størstedelen av målenettverket er lagt ned. Hvor mye av nedbøren som kommer i Norge som faktisk fordamper i løpet av et år, er fortsatt svært usikkert. Selv om modellene og metodene blir stadig bedre, trenger vi data for å verifisere modellresultatene.

Forsknings- og undervisningsinstitusjoner i hydrologi

I dag er et viktig forsknings- og undervisningsmiljø i hydrologi ved Universitetet i Oslo (UiO), Institutt for geofag. Ved NTNU, Institutt for bygg- og miljøteknikk er det en stor faggruppe i vassdragsteknikk som også dekker hydrologifaget. Også på NMBU forskes og undervises det i hydrologi, inkludert hydrogeologi.

Hydrologi henger tett sammen med og omfatter delvis disipliner som meteorologi, hydrogeologi, glasiologi, geografi, hydraulikk, vassdragsmiljø, klima, oseanografi, limnologi, vannkjemi, osv. Det betyr at det foregår forskning og undervisning i deler av hydrologifaget også ved andre universiteter i Norge, og det undervises i tilgrensende disipliner ved alle de store studiestedene.

NVE, Hydrologisk avdeling har en stor gruppe forskere med hydrologi og glasiologi (snø, bre og is) som spesialfelt. Som nasjonal faginstitusjon i hydrologi, har NVE et ansvar for de nasjonale hydrologiske databasene, for å levere samfunnskritiske tjenester innen naturfarevarsling og gode hydrologiske analyser til ulike formål. NVE driver også egen anvendte forskningen, og det er helt sentralt for å levere best mulig tjenester.

Evaluering av hydrologisk forskning i Norge, 2024

I 2022-2024 ble den naturvitenskapelige forskningen i Norge evaluert, og geovitenskap kom generelt godt ut (NFR, 2024 a). Både FoU-aktiviteten i Hydrologisk avdeling i NVE og ved Institutt for Geofag ved UiO var inkludert. Evalueringen peker imidlertid på at det er en svakhet at det er liten nasjonal finansiering av hydrologisk FoU, inkludert fra Norges forskningsråd.

Ved Institutt for Geovitenskap på UiO, får forskningen svært høy score (NFR, 2024 b), og det påpekes at hydrologigruppen er svært sterk med solid internasjonal anseelse. Men, det understrekes samtidig at forskningsmiljøet er svært sårbart fordi det er lite.

I hovedrapporten trekkes hydrologi og naturfare fram som et godt eksempel på at

forskningsmiljøer leverer viktige tjenester til samfunnet. I tillegg poengteres det at nasjonale institusjoner vedlikeholder databaser som utgjør en basis for all hydrologifaglig forskning. Den hydrologiske forskningen i NVE får også svært høy score (NFR, 2024 c). Det trekkes fram at den er godt drevet med god forskningsstrategi, at FoU-resultatene gir viktige resultater til det norske samfunnet, og resulterer i produkter og tjenester som vurderes å være «beste praksis» internasjonalt. Det at NVE skal levere tjenester som f.eks. varsling av naturfare, sees på som en styrke fordi det motiverer til innovasjon og gode forskningsspørsmål. Forskningen gir også vesentlige bidrag internasjonalt både gjennom egne publikasjoner og ved å bidra i samarbeid på høyt nivå.

Framtidsutsikter

Hydrologien i Norge er, og vil fortsette å være, drevet at et stort anvendelsespotensial. Koblingen mot andre disipliner gir stadig nye anvendelsesområder. Vann og helse, urbanhydrologi, naturbaserte løsninger, konsekvensbasert varsling av flom, tørke og ulike typer skred – dette er bare noen av temaene, og bruk av KI som metode for å skaffe ny kunnskap er på full fart framover. Forskningen i Norge er på mange områder i front, til tross for relativt beskjedne finansieringsmuligheter.

Det er viktig å opprettholde et forskningsmiljø i den nasjonale faginstitusjonen for hydrologi, NVE. Bare slik sikres anvendt forskning med stort fokus på å ta kunnskapen i bruk. Det er også helt sentralt å styrke sårbare hydrologiske forskningsmiljøer ved universitetene, for også å bygge kunnskap som ikke er like drevet av et anvendelsespotensial. Bedre forståelse av de hydrologiske prosessene og deres viktige del av samspillet mellom landoverflaten, vegetasjonen og atmosfæren er grunnlaget for hvordan vi kan utnytte våre vannressurser på en bærekraftig måte. Det vil samfunnet tjene på i det lange løp.

At hydrologifaget henger sammen med mange andre fagdisipliner, gjør disiplinen svært anvendelig, men det betyr også en stor spredning som bidrar til at det kan være vanskelig for hydrologi å hevde seg som selvstendig vitenskapelig disiplin. Det tverrfaglige aspektet blir stadig viktigere, men behovet for spisskompetanse i hydrologi og det å dyrke hydrologi som en vitenskapelig disiplin blir ikke mindre av den grunn.

Referanser

Aars, Ø., Østrem, G. (red.) (1995) Tiden går - vannet består, Hydrologisk avdeling gjennom 100 år 1895-1995, Meddelelse nr. 86, Hydrologisk avdeling, NVE

Gottschalk, L. (1997) Hydrologiens historie, Kompendium GF141 – Kapittel 2, Institutt for Geofysikk, UiO, Oslo

Kircher, A. (1664) Mundus Subterraneus

NFR (2024 a) National report Evaluation of Natural Sciences in Norway 2022-2024, March 2024, justert-evalnat-national-report-final-march-2025.pdf

NFR (2024 b) Evaluation of Natural Sciences 2022-2024, Evaluation report Department of Geosciences University of Oslo, January 2024, Microsoft Word - UiO Geosciences Final Report

NFR (2024 c) Evaluation of Natural Sciences 2022-2024 Evaluation report Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), January 2024, Microsoft Word - NVE_Final Report

Rogstad, O. (1915) Hydrologisk grundlag for vasdragsreguleringer, Foredrag 26.2.1915 i Norske Ingeniørers Forening, Kristiania

Sælthun, N.R. (2015) Arven etter UNESCOs internasjonale hydrologiske dekade – norsk hydrologi i et nordisk og internasjonalt perspektiv. VANN 02, 210-217

Sælthun, N.R., Bogen, J., Flood, M.H., Laumann, T., Roald, L.A., Tvede, A., Wold, B. (1990) Climate change impacts on Norwegian water resources, Publikasjon Nr. V 42, NVE

Tollan, A. (2017) Kapittel 5 Hydrologi, Norsk Geofysisk Forening 100 år (Magnar Gullikstad Johnsen, red.), Norsk Geofysisk Forening

Wassenius, B. (1758) Anmärkningar om insjön Wänern, Den Swenska Mercurius (bihang), Vol. 4:1, s. 406-415