

Observerte endringar i vassføringstørke i Noreg

Av Sunniva Nordeide, Irene B. Nilsen og Sigrid J. Bakke

Sunniva Nordeide (M.Sc) er hydrolog ved Hydrologisk avdeling i Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Irene Brox Nilsen (Ph.D) er forskar ved Hydrologisk avdeling i Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Sigrid Jørgensen Bakke (Ph.D) er forskar ved Hydrologisk avdeling i Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Summary

Observed changes in streamflow droughts in Norway. This study investigates trends in streamflow droughts (drought duration and deficit volume) over the summer period June 15th to October 15th in Norway. Trends in streamflow droughts for the periods 1961–, 1971–, 1981– and 1991–2020 indicate less severe droughts in Southern Norway and more severe droughts from Trøndelag and further north. Glacier catchments generally show trends towards less severe droughts, likely due to increased melting caused by increasing temperatures. Compared to the period 1961–2000, used in the last streamflow drought trend analysis over Norway (Wilson et al., 2010), tendencies in southern Norway towards more severe droughts in 1961–2000 has turned to less severe droughts for 1991–2020, while the trends in Trøndelag and northwards have changed towards more severe droughts. The sensitivity to the choice of period was assessed by computing multitemporal trends for 12 streamflow series with more than 80 years of data. For most of these series, the trend directions were sensitive to the analysed periods, reflecting the effect of climate variability.

Samandrag

Denne studien ser på observerte trendar i vassføringstørke (tørkevarigheit og underskotsvolum) i sommarperioden 15. juni til 15. oktober i Noreg. Trendar i vassføringstørke over periodane 1961–, 1971–, 1981– og 1991–2020 indikerer mindre alvorlege tørker i Sør-Noreg, og meir alvorlege tørker frå Trøndelag og nordover. Brefelt viser trendar mot mindre alvorlege tørker, truleg knytt til aukande bresmelting som følgje av aukande temperaturar. Samanlikna med perioden 1961–2000 brukt i førige trendanalyse av sommartørke i Noreg (Wilson mfl., 2010), har tendensar mot meir alvorlege tørker i 1961–2000 snudd mot mindre alvorlege tørker for 1991–2020, medan trendane i Trøndelag og nordover har endra seg mot meir alvorlege tørker for 1991–2020. For å sjå på sensitiviteten til val av periode, rekna ein ut multiperiodetrendar for 12 måleseriar med meir enn 80 år med data. Fleirparten av desse stasjonane har ikkje same trendretning over heile perioden, knytt til effekten av klimavariabilitet.

Innleiing

Tørke har i Noreg blitt eit omgrep som dukkar opp stadig oftare. Denne krypande naturfaren dekker gjerne store areal og fører med seg eit vidt

spekter av konsekvensar. Tørke definerast som eit vedvarande underskot på vatn over eit større område, og delast ofte opp i tre kategoriar: meteorologisk tørke, markvassstørke og hydrologisk tørke (Tallaksen og van Lanen, 2023). Ei tørkehending startar gjerne som ei meteorologisk tørke, som kjenneteiknast av eit vedvarande fråvær av nedbør, ofte i kombinasjon med høg fordamping. Ei meteorologisk tørke reduserer markvassinnhaldet i bakken og kan utvikle seg til ei markvassstørke, som vidare kan forårsake ei hydrologisk tørke med låge grunnvassnivå (grunnvassstørke) og unormalt låg vassføring i elvene (vassføringstørke). Hydrologisk tørke kan føre med seg høge straumprisar fordi vassstanden i magasina blir låg, knappheit på vatn til lokal vassforsyning og irrigasjon, og problem for akvatiske økosystem på grunn av for lite vatn i elvenettverket og vasskvalitetsendringar som følgje av det (Tallaksen og Hisdal, 2018; van Loon, 2015). Det er hovudsakleg tørkehendingar som opptrer i løpet av sommarperioden (som regel perioden etter snøsmeltinga og før haustregnet) som fører med seg flest og mest alvorlege konsekvensar i Noreg.

Klimaet i Noreg er i endring, med aukande gjennomsnittleg nedbør og temperatur (Hansen-Bauer mfl., 2015). Kva effekt klimaendringar har på tørke i Noreg er usikkert. Medan aukande nedbør kan redusere faren for at ei alvorleg tørkehending utviklar seg, kan aukande temperaturar ha motsett effekt fordi det aukar fordampinga og flyttar snøsmeltesesongen til tidlegare på året. Vidare er tørke ei sjeldan hending, og endringar i sjeldne hendingar følgjer ikkje nødvendigvis endringane vi ser i gjennomsnittleg nedbør og temperatur. For hydrologisk tørke kan endringar også vere ei effekt av nedbørfelta sine ulike eigenskapar, som for eksempel snøsesong, vasslagringskapasitet og evne til å forsinke vatnet.

Vassføringsstasjonar med god kvalitet på lågvassføring og minimal menneskeleg påverknad kan nyttast for å studere endringar i vassføringstørke om sommaren. Ei slik studie vart utført av Wilson mfl. (2010), som undersøkte trendar i (15. juni–15. oktober) tørkevarigheit

og underskotsvolum over periodane 1920–2005, 1941–2005 and 1961–2000. Dei fann ein svak tendens til meir alvorlege sommartørker sør og aust i Noreg for alle tre periodane. På nordvestlandet fann dei ein svak tendens til mindre alvorlege sommartørker. Ei europeisk studie av 1962–2004 trendar i (mai–november) lågvassføring, fann minkande trendar (mot tørrare forhold) for nedbørfelt i kystnære strøk i Sør- og Midt-Noreg, og aukande trendar (mot våtare forhold) for nedbørfelt i indre deler av Sør- og Midt-Noreg (Stahl mfl., 2010). Ein masteroppgåve som studerte trendar i (juni–september) lågvassføring i Noreg mellom 1991–2019, fann aukande trendar i sørlege og austlege delar av Sør-Noreg, og minkande trendar for fleire stasjonar i Trøndelag og nordover (Nordeide, 2022).

Med unntak av masteroppgåva om lågvassføring, har det (så vidt forfattarane veit) ikkje vore publisert nokre studiar av observerte trendar i sommar-vassføringstørke i Noreg som inkluderer nyare data. Etter analyseperiodane brukt i Wilson mfl. (2010), har vi nesten 20 år til med data i ei tid der vi observerer stadig fleire av dei venta klimaendringane. Både i lys av pågåande klimaendringar, ein ekstrem tørkesommar i 2018 (Bakke mfl., 2020; Skaland mfl., 2019), og ein ny normalperiode for 1991–2020, har det vore eit ønske å undersøke om tørkene har blitt meir langvarige og alvorlege over dei siste tiåra.

I denne studien undersøker vi historiske endringar i tørkevarigheit og underskotsvolum i Noreg for sommarsesongen (15. juni til 15. oktober), med eit formål om å oppdatere resultatata frå Wilson mfl. (2010; omtala som 'W2010'). Resultata er avhengige av periode, difor er fleire periodar nytta til trendanalysane; 1961–2020, 1971–2020, 1981–2020 og 1991–2020. Vidare samanliknar vi resultatata direkte med perioden 1961–2000, brukt i W2010. Til slutt undersøker vi trendane sin sensitivitet til val av periode for stasjonar med meir enn 80 år med data. Vi har sett oss som mål å undersøke tre forskingsspørsmål:

1. Korleis har vassføringstørke endra seg dei siste tiåra i ulike delar av Noreg?

2. Korleis har trendane endra seg mellom 1961–2000 (nytta i W2010) og 1991–2020?
3. Kor sensitive er trendane til val av periode?

Analysane inngår som bakgrunnsinformasjon, og delar av trendanalysane vil bli presentert, i den oppdaterte “Klima i Norge”-rapporten, som lanserast av Norsk klimaservicesenter i 2025.

Data og metode

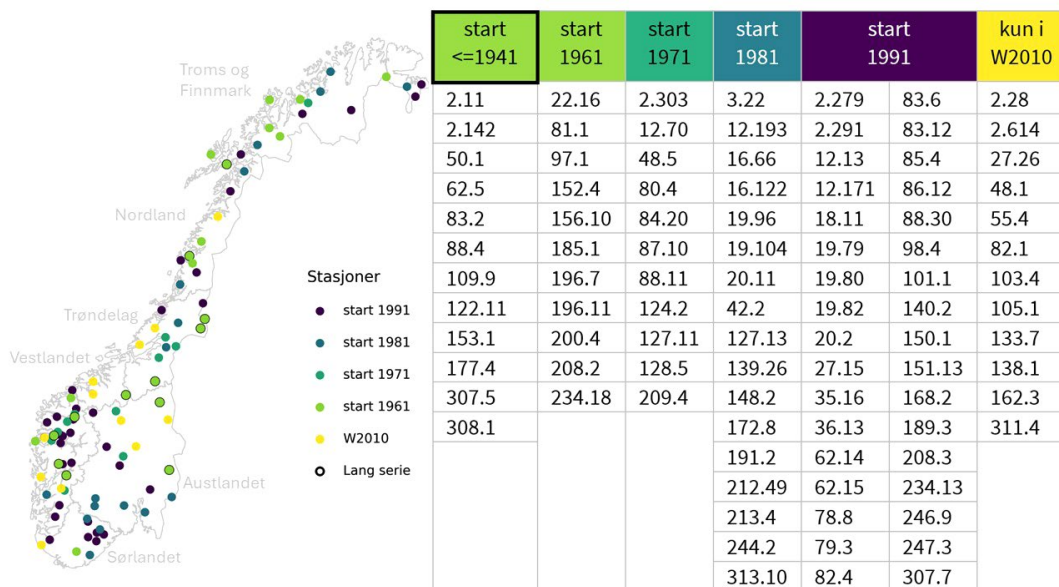
Data

Datagrunnlaget for denne studien er døgnverdiar av vassføring henta frå norske måleseriar av aktive vassføringsstasjonar, tilgjengelege frå NVE sin database Hydra II. Figur 1 viser stasjonsnummer og plassering til målestasjonane nytta til dei ulike delane av studien, markert etter lengste periode nytta for kvar måleserie.

Måleseriane er godkjent for analyse av lågvassføring og henta frå «Norwegian streamflow reference dataset for climate change studies» (HRD; Dahl og Pedersen, 2023). HRD-datasettet inneheld måleseriar av god kvalitet og

tilnærma upåverka av reguleringar og andre menneskelege inngrep, slik at dei eignar seg til å studere effektar av klimaendringar. Nokre av måleseriane frå HRD som ikkje er godkjent for lågvassføring vart brukt i studien til Wilson mfl. (2010; ‘W2010’), og vart difor inkludert i et separat datasettet for å samanlikne resultat mellom vår studie og W2010. Norske måleseriar som var nytta av W2010, men ikkje er tilrådd av HRD, er ikkje inkludert i denne studien. Berre måleseriar med mindre enn 11 påfølgande dagar med manglande verdiar mellom 15. juni–15. oktober kvart år er inkludert. Datahol på under 11 dagar er utfylt ved lineær interpolasjon. Det endelege datasettet inneheld måleseriar frå følgjande tal stasjonar for dei ulike periodane:

- 1991–2020: 85 stasjonar
- 1981–2020: 51 stasjonar
- 1971–2020: 34 stasjonar
- 1961–2020: 23 stasjonar
- Langtidsanalyse fram til 2023: 12 stasjonar med oppstart mellom 1903 og 1941



Figur 1. Stasjonsnummer og plassering til målestasjonane brukt i denne analysen, markert etter start på måleserien. Merk at alle stasjonar med start tidlegare enn ein viss periode, også er inkludert i analysane av dei kortare periodane. Unntaket er stasjonar som berre er med i samanlikninga med Wilson mfl. (2010; ‘W2010’) ettersom disse ikkje er godkjent for lågvassføring av HRD. Avrenningsregionar er markert med grå farge i kartet, og følgjer inndelinga til Pettersson (2012).

For samanlikning av resultat mellom vår studie og W2010 er det nytta:

- 1961–2000: 43 stasjonar, derav:
 - a) 23 stasjonar for 1961–2020 (10 av dei er også inkludert i W2010)
 - b) 12 stasjonar inkludert i W2010 men ikkje godkjend for lågvassføring i HRD
 - c) 8 stasjonar som vart forlenga frå dei kortare periodane nemnt over fordi dei er inkludert i W2010, for å ha eit betre samanlikningsgrunnlag
- Endring frå 1961–2000 til 1991–2020: 31 stasjonar, frå a) og c).

Tørkeindeksar

Denne studien tar utgangspunkt i to terskelbaserte indeksar for å karakterisere hydrologisk tørke; tørkevarigheit og underskotsvolum (Tallaksen og van Lanen, 2023). Dette er dei same indeksane som vart brukt i tørkeanalysane i W2010. Indeksane er kort definert slik:

- **Tørkevarigheit** – samanhengande tal dagar med vassføring under en viss terskel
- **Underskotsvolum** – kumulativt underskot på vatn (m^3) under en viss terskel

Terskelen vart sett til å vere Q_{70} , eller vassføringa som blir overstige 70 % av tida mellom 15. juni og 15. oktober i løpet av den gitte analyseperioden. For å redusere talet på avhengige tørkehendingar brukte vi 11-dagars glidande midling av døgnvassføringa for indekstrekningane (Tallaksen mfl., 1997). Både terskelen og midlinga er i tråd med metoden nytta i W2010. For å hente ut kvar måleserie si årlege tørkevarigheit og underskotsvolum, brukte vi NVE sitt interne program `low_flow_duration`, tilgjengeleg i Hydra II (same program som brukt i W2010). Deretter valte vi, som i W2010, den lengste tørkehendinga og det største underskotsvolumet mellom 15. juni og 15. oktober kvart år. Sjølv om desse tørkeindeksane heng saman, må ikkje det største underskotsvolumet stamme frå den lengste tørkehendinga i eit gitt år.

Trendar

Vi nytta same trendmetode som i W2010. Trendar vart rekna ut ved Mann-Kendall sin ikkje-parametriske trendtest for signifikans (Kendall, 1975; Mann, 1945), og Theil-Sen hellinga for storleiken og retninga på trenden, vha. python-pakken *pymannkendall* (Hussain og Mahmud, 2019). Vi definerer ei trend med 5 % signifikansnivå (p-verdi under 0,05) som ei sterk trend, ei trend med 30 % signifikansnivå (p-verdi under 0,3) som ei svak trend, og ei trend med svakare signifikans (høgare p-verdi) som ingen trend.

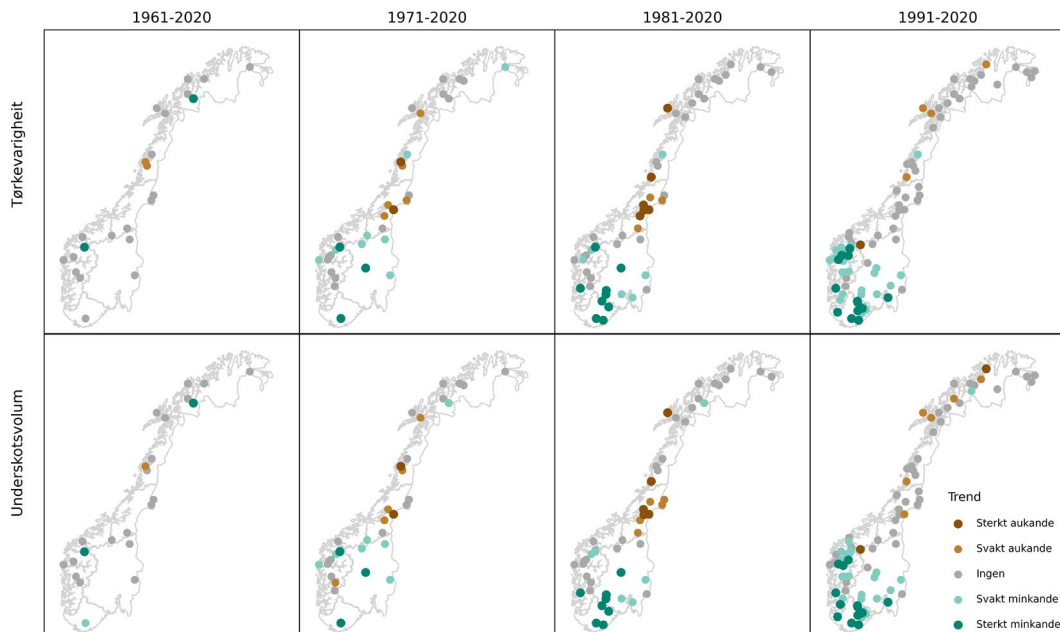
Resultat

I dette kapitlet presenterast resultatata etter rekkefølga til dei tre forskingsspørsmåla. Tids-seriane for varigheit og underskotsvolum er høgt korrelerte (til dømes rankkorrelasjonar på mellom 0.83 og 0.98 for perioden 1961–2020). Difor viser vi i nokre tilfelle berre den eine tørkeindeksen i hovudteksten.

Trendar i tørkevarigheit og underskotsvolum over Noreg

Figur 2 viser trendane i tørkevarigheit og underskotsvolum for periodane 1961–2020, 1971–2020, 1981–2020 og 1991–2020. Generelt er områda med observerte trendar for tørkevarigheit og underskotsvolum stabile for alle periodar. Det er eit klart skilje i retning på trendane mellom regionane i Sør-Noreg (Austlandet, Sørlandet og Vestlandet) og regionane lenger nord (Trøndelag, Nordland og Troms og Finnmark). Ein ser at for stasjonane som viser trend i Sør-Noreg er dei for det meste minkande (mot færre dagar med tørke og minkande underskotsvolum), medan frå Trøndelag og nordover viser stasjonane med trendar seg for det meste i aukande retning (mot fleire dagar med tørke og aukande underskotsvolum).

Generelt ser ein fleire trendar jo kortare perioden er, som følgje av ei auke i tal stasjonar. Likevel, for både tørkevarigheit og underskotsvolum ser ein flest signifikant aukande trendar i perioden 1981–2020. Jo kortare perioden blir, jo fleire minkande trendar får ein i Sør-Noreg.



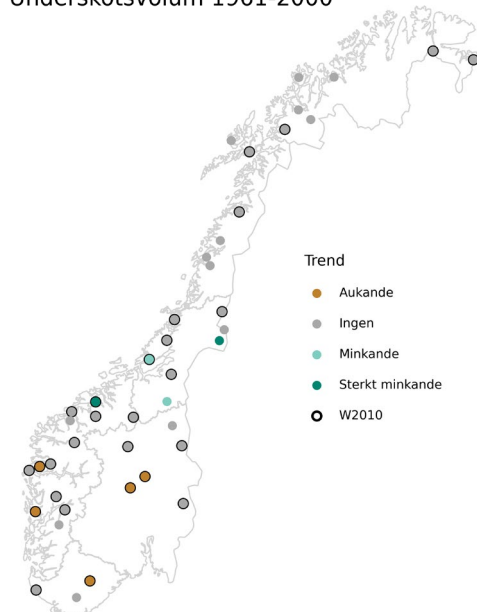
Figur 2. Tendrar i tørkevarigheit og underskotsvolum for periodane 1961–2020, 1971–2020, 1981–2020 og 1991–2020. Aukande trend betyr trend mot fleire dagar med tørke (øvre panel) og aukande underskotsvolum (nedre panel). Sterke og svake tendrar er definert som tendrar med et signifikansnivå på hhv. 5% og 30%. Tendrar med svakare signifikansnivå markerast som ingen trend.

Den lengste perioden, på 1961–2020 viser berre to stasjonar med minkande tendrar i Sør-Noreg, medan for 1991–2020 viser fleirparten av målestasjonane i området minkande trend, der ein relativt stor del av desse trendane (spesielt på Sørlandet) er signifikante.

Samanlikning med resultat frå tidlegare trendstudie

Figur 3 viser tendrar i underskotsvolum for perioden 1961–2000, tilsvarende periode og tørkeindeks som vist til høgre i figur 7 i Wilson mfl. (2010; 'W2010'). Samanlikna med W2010 viser fleire av målestasjonane som er med i begge datasetta (sirkla med svart omriss i figur 3) same tendrar. For eksempel viser alle målestasjonane frå Nordland og nordover ingen trend, ein målestasjon i Trøndelag viser svak negativ trend, og ein målestasjon i Møre og Romsdal viser sterk negativ trend. Nokre målestasjonar i Vestland viser derimot ikkje same resultat. Dei signifikante trendane mot auke i underskotsvolum frå W2010 er ikkje synlege i vår analyse. Ein ser

Underskotsvolum 1961-2000

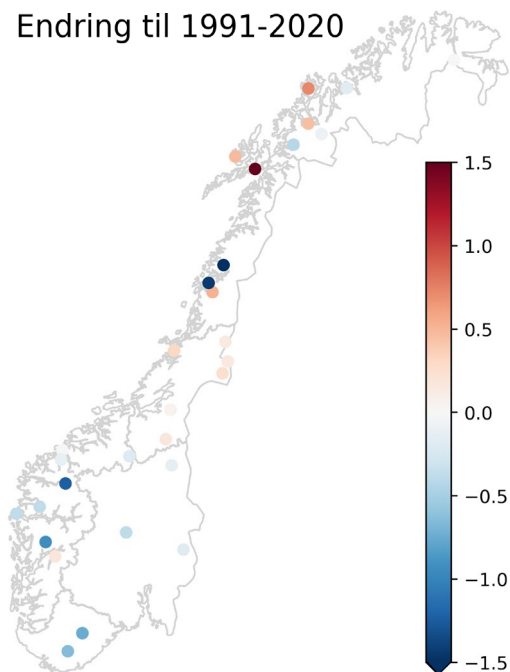


Figur 3. Tendrar i underskotsvolum i perioden 1961–2000. Stasjonar som er sirkla med svart omriss er med i tilsvarende analyse i Wilson mfl. (2010; 'W2010').

svake trendar mot auke i området, men ingen signifikante. Vidare viser to stasjonar på Austlandet trendar i vår analyse, men ikkje i W2010. Som i W2010 er det ei svak trend mot auke i underskotsvolum på Sørlandet, men ikkje for same måleseriar.

I figur 4 ser ein endring i storleiken på trenden (Theil-Sen hellinga) for kvar målestasjon mellom periodane 1961–2000 (figur 3) og 1991–2020 (figur 2). Positiv endring viser at trenden i maksimalt underskotsvolum ved ein målestasjon har auka frå 1961–2000 til 1991–2020, medan negativ endring viser at trenden i underskotsvolum har minka. I Sør-Noreg er fleirparten av endringane mot negativ helling, medan i Trøndelag og nordover er fleirparten av endringane positive. To målestasjonar i Nordland viser stor negativ endring, og ein målestasjon sterk positiv endring. Ingen av desse målestasjonane viser trend i figur 3, og berre ein av dei viser trend i figur 2.

Endring til 1991-2020

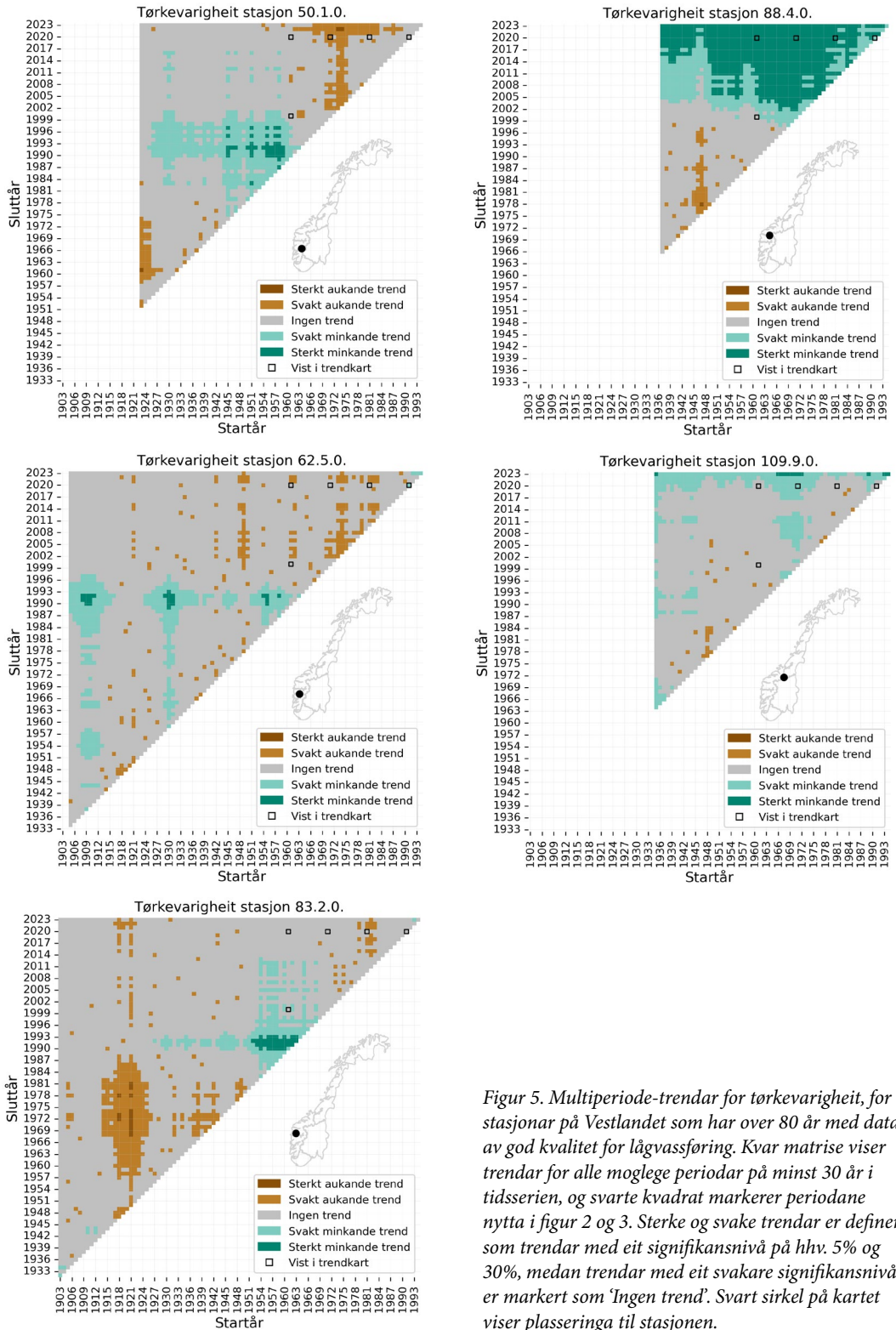


Figur 4. Endring i trendstorleikar (Theil-Sen hellinga omrekna til mm/år) på underskotsvolum mellom periodane 1961–2000 og 1991–2020.

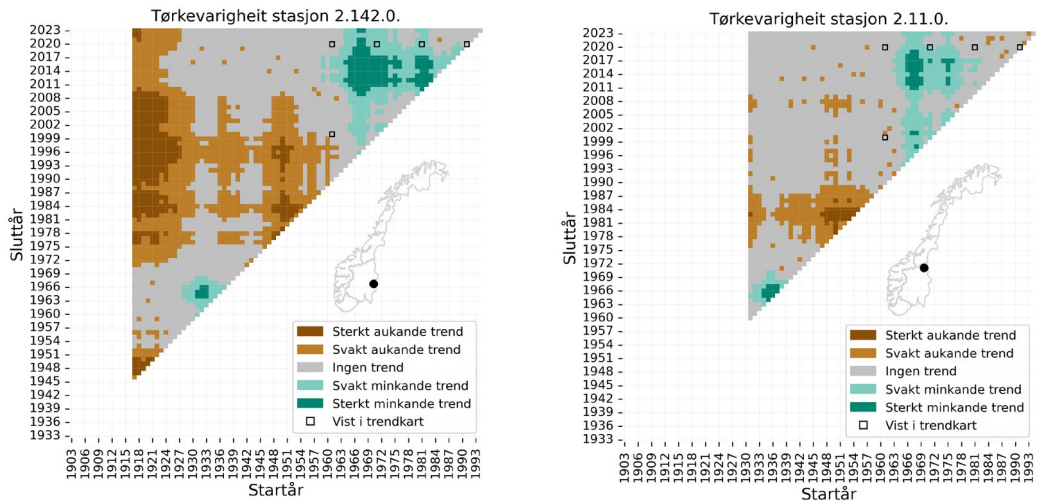
Multiperiode-trendar

Multiperiode-trendar i tørkevarigheit for målestasjonane med over 80 år med data av god kvalitet er vist i figur 5–7. Desse matrisene viser trendar for alle periodar på minst 30 år som tidsserien tillèt, og gjev på den måten eit bilete av kor sensitive trendresultata er til val av periode. Generelt er det lita semje mellom stasjonane i korleis trendretninga varierer med periode. Fleire av stasjonane, spesielt på Vestlandet (figur 5), har svak eller ingen trend i tørkevarigheit uavhengig av perioden som er analysert. Andre stasjonar har tydelege mønster i trendretning avhengig av periode som utrekninga er gjort for. Stasjon 2.142 (og i mindre grad stasjon 2.11) på Austlandet dominerast av minkande trendar for periodar som startar frå og med 1960-talet og sluttar ein gong etter 2010 (figur 6). For periodar som sluttar mellom 1970-talet og 2010 er det derimot ein dominans av aukande trendar. Liknande mønster, men med motsett forteikn, finn vi for stasjonar i Trøndelag (figur 7). For desse stasjonane er dei nyaste og kortaste periodane dominert av aukande trendar, medan fleire eldre og lengre periodar viser minkande trendar.

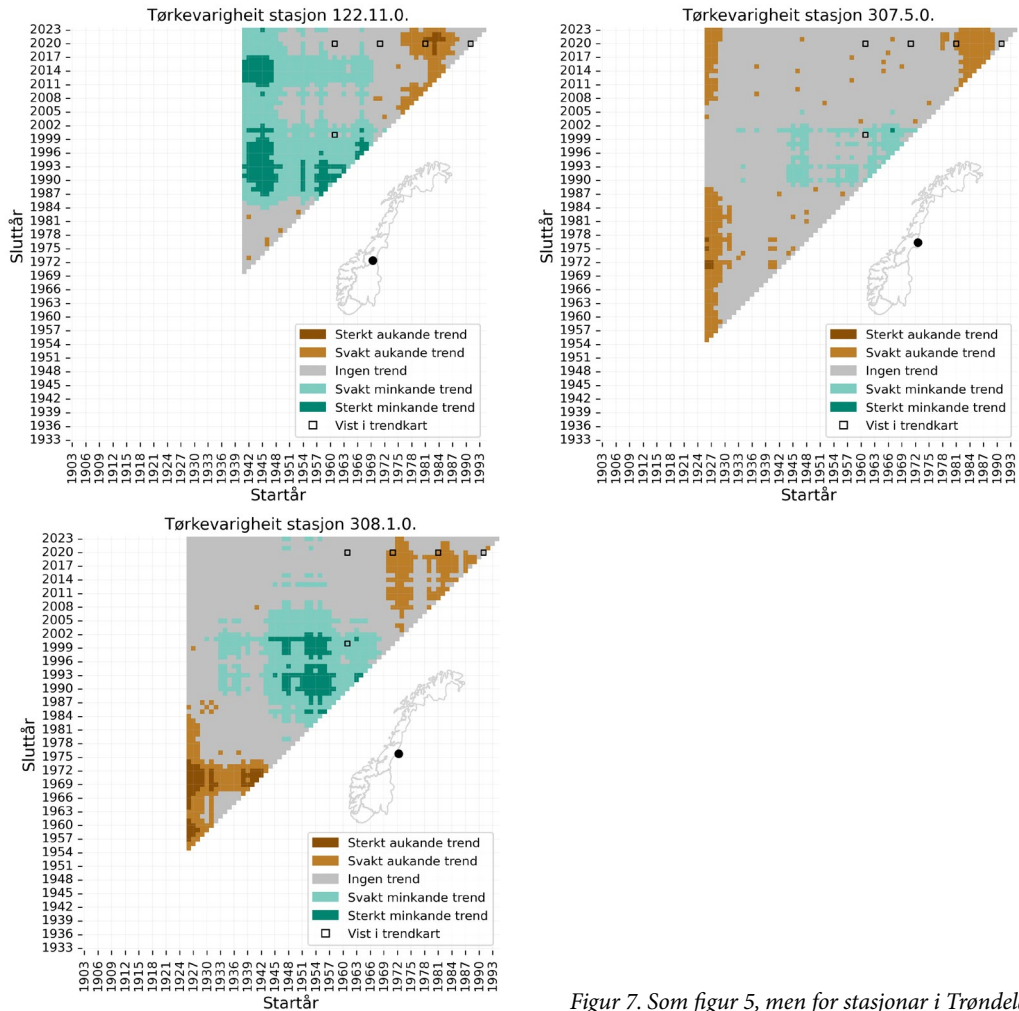
To av målestasjonane (stasjon 88.4 og 153.1) skil seg ut med éi tydeleg trendretning for nesten alle periodar som sluttar etter år 2000. Stasjon 88.4 på Vestlandet (figur 5), der 33% av nedbørfeltet er dekkja av bre, har signifikant minkande trend for dei fleste periodane som sluttar dei siste 20 åra. For periodar som sluttar før år 2000, er det stort sett ingen trendar i tørkevarigheit. For stasjon 153.1 i Nordland (figur 8) er det (signifikant) aukande trendar som dominerer for periodar som sluttar ein gong i løpet av dei siste 20 åra. Også for denne stasjonen, er det svært få trendar for periodar som sluttar før år 2000. I skilnad frå stasjon 88.4, er det for 153.1 ingen trend i dei aller nyaste og kortaste periodane, slik som 1991–2020.



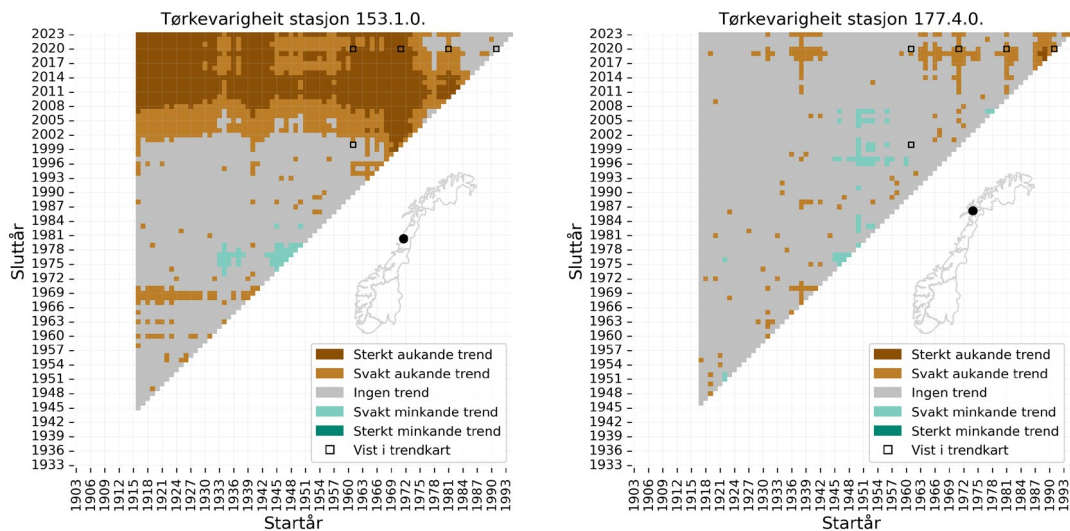
Figur 5. Multiperiodetrendar for tørkevarigheit, for stasjonar på Vestlandet som har over 80 år med data av god kvalitet for lågvassføring. Kvar matrise viser trendar for alle moglege periodar på minst 30 år i tidsserien, og svarte kvadrat markerer periodane nytta i figur 2 og 3. Sterke og svake trendar er definert som trendar med eit signifikansnivå på hhv. 5% og 30%, medan trendar med eit svakare signifikansnivå er markert som 'Ingen trend'. Svart sirkel på kartet viser plasseringa til stasjonen.



Figur 6. Som figur 5, men for stasjoner på Auslandet.



Figur 7. Som figur 5, men for stasjoner i Trøndelag.



Figur 8. Som figur 5, men for stasjonar i Nordland.

Diskusjon

Korleis har vassføringstørke endra seg i ulike delar av Noreg?

Trendanalysane for tørkevarighet og underskotsvolum viser for det meste veldig samsvarande resultat for alle analyseperiodane i figur 2, med trendar mot mindre alvorlege sommartørker i Sør-Noreg, og meir alvorlege sommartørker i Trøndelag og Nordland. Disse mønstera er i tråd med ei tidlegare studie av trendar i mai-september-lågvassføring i Noreg for perioden 1991–2019 (Nordeide, 2022).

Resultata samsvarar med regionale endringsmønster i sesongavrenning. Hanssen-Bauer (2015) samanlikna sesongavrenninga frå 1971–2000 til 1985–2014, og fann ei auke i sommaravrenning på Sørlandet og Austlandet, og ein reduksjon i dei andre regionane, og spesielt Trøndelag og Nordland. Aukande fordamping som følgje av aukande temperatur over heile landet, samt at somrane på 1990-talet var dei mest nedbørtunge i Trøndelag sidan 1900 (MET, 2024), kan forklare dei aukande tørke-trendane i denne regionen. Aukande tørkevarighet i Trøndelag og nordover kan også skuldast kortare snøsesong (Rizzi mfl., 2017) og auka skogdekke (Wang mfl., 2019). Dei minkande tørke-trendane på Sør- og Austlandet heng truleg

saman med at sommarnedbøren her var på det våtaste mellom ca. 2005–2015 (MET, 2024). Samstundes med dei regionale mønstera i figur 2 ser ein ei minke i (juli-august) hetebølger over søraustlege delar av Noreg, og ei auke over Trøndelag og Nordland frå perioden 1950–1985 til 1986–2020 (Ionita mfl., 2021).

Brefelt som er inkludert i analysen har som venta stort sett minkande tørke-trendar. Målestasjonen 156.10 i Nordland (35% av feltarealet dekt av bre) viser same minkande trend i tørkevarighet for tre av periodane i figur 2. Målestasjon 88.4 på Vestlandet (dekt av kring 30% bre) har trendar mot minkande tørkevarighet for alle periodar som sluttar etter 2000 (figur 5). Mellom 1991–2020 er det fleire stasjonar ved Jostedalsbreen inkludert i analysen som viser minkande trendar. Mindre alvorleg tørke i brefelt kan ein sjå i samheng med auka sommartemperatur for alle landsdelar i Noreg dei siste tiåra, som har ført til lengre og kraftigare smeltesesongar for breane (MET, 2024).

Samanlikning av trendar i periodane 1961–2000 og 1991–2020

Figur 3 prøvde å skape Wilson mfl. (2010; 'W2010') sine resultat på nytt for 1961–2000-trendar i underskotsvolum. Av dei

overlappende stasjonane, er det sju stasjonar i Sør-Noreg som ikkje viser same trend. Alle dei sju stasjonane har endra vassføringskurve sidan 2010, og korleis ein reknar lågvassføring basert på målt vasstand har difor blitt endra. Dette er truleg hovudårsaka til skilnadane, og understrekar tydinga gode vassføringskurver har for analyser på låge vassføringar. En annan skilnad, som truleg er av mindre tyding, er at våre måleseriar ikkje er 'pre-whitened', slik som W2010 sine data er.

Endringane i trendhelling mellom periodane 1961–2000 og 1991–2020 (figur 4) illustrerer korleis dei ulike trendane har endra seg for ulike delar av landet. I Sør-Noreg har trendane endra seg i minkande retning, og faktisk endra signal frå aukande til minkande trend (figur 2 og 3). Motsett tendens observerast for fleire av stasjonane i Trøndelag og nordover. Sterkast endring i helling finn vi for tre stasjoner i Nordland. I perioden 1961–2000 har ingen av desse trendar, medan i perioden 1991–2020 viser målestasjonen 177.4 ei svak trend mot det tørrare. Ingen av målestasjonane 153.1 og 156.10 viser trend i underskotsvolum med signifikans sterkare enn 30% for nokon av periodane.

Kor sensitive er trendane til val av periode?

Figur 5–8 viser at trendane ved 10 av dei 12 stasjonane er svært sensitive til kva periode ein vel å rekne trenden over. Dette, saman med meteorologiske data frå MET (2024), vitnar om en dekadeariabilitet i meteorologiske forhold som påverkar trendane, spesielt om våte eller tørre periodar opptrer i starten eller slutten av analyseperioden. Denne klimavariabiliteten verkar å dominere over klimaendringar dei siste tiåra i å forklare observerte endringar i tørke for desse måleseriane. For eksempel har stasjonar i Trøndelag aukande trendar om perioden startar på 70- eller 80-talet, medan trendar som sluttar på seint 80-tal og tidleg 90-tal blir minkande. Om trent samtidig som stasjonane i Trøndelag snur frå minkande til aukande tørkevarigheit, får ein på Austlandet motsette endringar.

To av dei 12 stasjonane (88.4 og 153.1) skil seg ut ved å vise ei konsekvent retning på trendar

for dei fleste analyseperiodane som sluttar i løpet av dei siste 20 åra. Som nemnt over, er 88.4 eit brefelt, der den minkande trenden truleg er knytt til ei auke i bresmelting. Stasjon 153.1 i Nordland har ei markant trend mot lengre tørkevarigheit. Nedbørfeltet til målestasjonen fekk reguleringar i drift frå 2019, men trend-signala mot lengre tørke startar meir enn 15 år før kraftverksdrifta.

Val av sommarsesong

Sommarsesongen brukt i denne studien er definert som 15.juni til 15.oktober for å vere konsekvent med analysane i W2010. Ein fast avgrensa sesong lik for alle stasjonar i Noreg gjer samanlikninga enklare, men derimot blir ikkje alle sommartørker som startar tidleg vår eller varer utover hausten fanga opp. Med klimaendringar kan også utviklinga av sommartørke truleg starte tidlegare som følge av tidlegare snøsmeltesesong. Ein meir fleksibel definisjon av perioden for sommartørke knytt til ulike hydrologiske regime, kan difor gje eit utvida bilete av endringar i tørkehendinga som skjer tettare mot vintersesongen, utan å stå i fare for å inkludere lågvassføring som kjem av snø og frost.

Klimaframskrivingar og sommartørke

Mot slutten av hundreåret er det venta at vassføringstørke om sommaren vil bli signifikant lengre i store deler av Troms og Finnmark, samt Sør-Noreg, med unntak av kystnære strøk på Vestlandet (Wong mfl., 2011). Observerte endringar sett i denne studien viser derimot eit endringsmønster i motsett retning i nord og søraust. Dette kan tyde på at klimavariabiliteten fortsett er den viktigaste faktoren som forklarar historiske endringar i vassføringstørke, men at klimaendringar gradvis kan få meir og meir påverknad på endringane framover.

Konklusjon

Denne studien undersøker trendar i tørkevarigheit og underskotsvolum for sommarperioden (15.juni–15.oktober) dei siste 30 til 80 åra, ved bruk av norske vassføringsobservasjonar med

god kvalitet og minimal menneskeleg påverknad. Studien gjev svar på dei tre forskings-spørsmåla stilt i innleiinga:

1. Det er tydelege regionale skilnader i korleis vassføringstørka har endra seg dei siste tiåra. Gjennom dei siste 30 til 60 åra ser vi ei minke i tørkevarigheit og underskotsvolum i Sør-Noreg, og tendensar til auke i Trøndelag og Nord-Noreg.
2. Samanlikna med perioden 1960–2000, som vart brukt i ei tidlegare tørkeanalyse (Wilson mfl., 2010), ser vi eit skifte til perioden 1991–2020 i kva regionar som har aukande og minkande trendar i vassføringstørke. I Sør-Noreg har trendretninga snudd frå trendar mot meir alvorleg tørke i 1961–2000, til trendar mot mindre alvorleg tørke i 1991–2020. Fleire stasjonar i Trøndelag og nordover viser ei endring mot meir alvorleg tørke for den nyaste perioden.
3. Trendane for dei fleste lange måleseriane er sensitive til val av periode, noko som peiker på tydinga av dekadeforasjon i klima. To stasjonar har trendar som held seg konstante over dei fleste periodane som sluttar i løpet av dei siste 20 åra; eit brefelt der ei minkande trend truleg skuldast aukande bresmelting, og eit felt i Nordland der aukande trendar truleg skuldast ein kombinasjon av endringar i klima og nedbørfeltkarakteristikk.

Observerte endringar i vassføringstørke i Noreg er sensitive til val av periode, og har i stor grad endra retning frå førige studie som undersøkte endringar i tørkevarigheit og underskotsvolum i sommarperioden. Mange av endringane verkar hovudsakleg å vere påverka av historisk variasjon i nedbør, fordamping og snøsmelting, men ein ser også teikn til endringar som skuldast meir vedvarande klimaendringar.

Referansar

Bakke, S. J., Ionita, M. og Tallaksen, L. M. (2020). The 2018 northern European hydrological drought and its drivers in a historical perspective. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(11), 5621–5653. <https://doi.org/10.5194/hess-24-5621-2020>

Dahl, M.-P. J. og Pedersen, A. I. (2023). *Norwegian streamflow reference dataset for climate change studies*. Norges vassdrags- og energidirektorat. Sist oppdatert januar 2023.

<https://www.nve.no/media/15061/norwegian-streamflow-reference-dataset-for-climate-change-studies-2022.pdf>

Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J. Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J. E. Ø., Sandven, S., Sandø, A. B., Sorteberg, A. og Ådlandsvik, B. (2015). *Klima i Norge 2100: Kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing oppdatert i 2015* (KSS Rapport nr 2/2015). Norsk Klimaservicesenter. Oslo, Norge. ISSN: 2387-3027

Hussain, M. og Mahmud, I. (2019). pyMannKendall: a python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. *The Journal of Open Source Software* 4(39). <https://doi.org/10.21105/joss.01556>

Ionita, M., Caldarescu, D. E. og Nagavciuc, V. (2021). Compound hot and dry events in Europe: Variability and large-scale drivers. *Frontiers in Climate*, 3, 688991. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.688991>

Kendall, M. G. (1975). Rank correlation methods (2. utgave). Charles Griffin.

Mann, H. B. (1945). Nonparametric test against trend. *Econometrica*, 13, 254–259. <https://www.jstor.org/stable/1907187>

MET (2024). Klima frå 1900 til i dag. Meteorologisk institutt (MET). Sist oppdatert: 23.01.2024. <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar>

Nordeide, S. (2022). High and Low Flow Trends in Norway – Co-occurrence and Causing Factors. Master's thesis. University of Oslo, Norway. <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-98229>

NVE (2022). *Oversikt over norske breer* (NVE Faktaark 3/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). https://publikasjoner.nve.no/faktaark/2022/faktaark2022_03.pdf

Pettersson, L.E. (2012). *Totalavløpet fra Norges vassdrag 1900-2010* (NVE-Rapport 39-2012). Norges vassdrags- og energidirektorat. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2012/rapport2012_39.pdf

Rizzi, J., Nilsen, I. B., Stagge, J. H., Gislås, K., & Tallaksen, L. M. (2017). Five decades of warming: impacts on snow cover in Norway. *Hydrology Research*, 49 (3), 670–688. <https://doi.org/10.2166/nh.2017.051>

Skaland, R.G, Colleuille, H., Andersen, A.H., Mamen, J., Grinde, L. Tajet, H.T.T., Lundstad, E., Sidselrud, L. F., Tunheim, K., Hanssen-Bauer, I., Benestad, R., Heiberg, H. og Hygen, H. O. (2019). *Tørkesommeren 2018* (MET info 14/2019). Meteorologisk institutt. ISSN 1894-759X. <https://www.met.no/publikasjoner/met-info/met-info-2019>

Stahl, K., Hisdal, H., Hannaford, J., Tallaksen, L. M., Van Lanen, H. A. J., Sauquet, E., Demunth, S., Fendekova, M. og Jódar, J. (2010). Streamflow trends in Europe: evidence from a dataset of near-natural catchments. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(12), 2367-2382.
<https://doi.org/10.5194/hess-14-2367-2010>

Tallaksen, L.M., Madsen, H. og Clausen, B. (1997). On the definition and modelling of streamflow drought duration and deficit volume. *Hydrol. Sci. J.* 42 (1), 15–33.
<https://doi.org/10.1080/02626669709492003>

Tallaksen, L.M. og Hisdal, H. (2018). Tørke – en klimafare med alvorlige konsekvenser, også i Norge. *Naturen*, 142 (6).
<https://doi.org/10.18261/issn.1504-3118-2018-06-03>

Tallaksen, L. M. og Van Lanen, H. A. (2023). Hydrological drought: processes and estimation methods for streamflow and groundwater (2. utgave). Elsevier. ISBN 9780128190821

Van Loon, A.F. (2015). Hydrological drought explained. *WIREs Water*, 2: 359-392.
<https://doi.org/10.1002/wat2.1085>

Wang, H., Tetzlaff, D., Buttle, J., Carey, S. K., Laudon, H., McNamara, J. P., Spence, C., og Soulsby, C. (2019). Climate-phenology-hydrology interactions in northern high latitudes: Assessing the value of remote sensing data in catchment ecohydrological studies. *Science of The Total Environment*, 656, 19-28.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.361>

Wilson, D., Hisdal, H., og Lawrence, D. (2010). Has streamflow changed in the Nordic countries? – Recent trends and comparisons to hydrological projections. *Journal of Hydrology*, 394(3-4), 334-346.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.09.010>

Wong, W. K., Beldring, S., Engen-Skaugen, T., Haddeland, I. og Hisdal, H. (2011). Climate Change Effects on Spatiotemporal Patterns of Hydroclimatological Summer Droughts in Norway. *J. Hydrometeor.*, 12, 1205–1220.
<https://doi.org/10.1175/2011JHM1357.1>

Kalk skaper balanse i vannbehandling

Teknisk utstyr & Filtermateriale

Kontakt:

Franzefoss Minerals AS

Sven Fürstenberg, 48 14 25 57
sven.furstenberg@kalk.no

www.kalk.no



Aqua Balance

