



Tørkeordbog

Indhold

Tørkeordbog	1
Indledning	1
Overordnede definitioner og begreber	1
Udbyggede definitioner og begreber	2
Meteorologisk tørke	2
Jordvandstørke	3
Hydrologisk tørke	4
Tørkeovervågning og prognoser	5
DMI's tørkeindeks	7
GEUS' Hydrologiske Indeks	9
Andre danske indeks	10
Ordliste	11
Referencer	13

Indledning

Tørke, ofte defineret som usædvanlig mangel på nedbør over længere tid, er et komplekst vejr- og klimarelateret fænomen. Det er vigtigt både ift. vores natur, landbrug og vandressourcer, og kan påvirke forskellige sektorer og have økonomiske, sociale og miljømæssige konsekvenser [1], [2]. Tørke er en global udfordring med store konsekvenser i mange verdensdele, og hvor klimaændringer forventes at øge hyppighed, intensitet, omfang og varighed af tørke. [3]

I Europa rammer tørke ikke kun Middelhavsområdet, men også resten af Europa [4], [5]. Dette understreges af tørkerne som ramte Norden i 2018 og 2023 [6], [7]. Ifølge EU Kommissionen [8] har det meste af Europa indtil videre "tilstrækkelige vandressourcer, men vandknaphed og tørke bliver stadig hyppigere og mere udbredt i EU".

Den komplekse karakter af tørke har ført til en række forskellige definitioner og klassifikationer, [9], [10]. Formålet med denne ordbog er at forsøge at danne et fælles dansk begrebsgrundlag og fællessprogbrug for tørke, på tværs af fagområder og specialister.

Overordnede definitioner og begreber

Det er vigtigt at forstå forskellen mellem tørke og vandknaphed.

Tørke: Tørke er et midlertidigt fald i vandtilgængelighed, normalt på grund af utilstrækkelig nedbør, og betragtes som et naturfænomen. Tørke kan forekomme i områder med både høj og lav nedbør og i enhver sæson. Konsekvenserne af tørke forværres, hvis vandressourcer i forvejen er knappe eller vandressourcer ikke forvaltes hensigtsmæssigt [8].



Vandknaphed: Vandknaphed opstår når efterspørgslen efter vand overstiger den bæredygtige forsyningskapacitet i det naturlige system, dvs. i vandoplandet. Vandknaphed kan også opstå pga. akutte problemer med vandkvaliteten, hvis forurening (diffus forurening eller punktkildeforurening) fører til reduceret adgang til rent vand [8].

Både tørke og vandknaphed er påvirket af menneskeskabte klimaforandringer.

Tørke er almindeligvis inddelt i tre grundlæggende typer [11]:

Meteorologisk tørke: Generelt defineret som en længere periode (typisk på uger til måneder) med usædvanligt nedbørsunderskud i forhold til gennemsnitlige forhold for et givent område og årstid.

Jordvandstørke: Opstår, når en meteorologisk tørke fører til et underskud af jordfugtighed i de øverste jordlag, der begrænser vandtilgængeligheden til naturlig vegetation og afgrøder. Jordvandstørken kan ligeledes benævnes efter de konsekvenser den afstedkommer og vil da ofte betegnes som landbrugstørke eller vegetationstørke.

Hydrologisk tørke: Skyldes længere perioder med nedbørsunderskud og heraf reduceret overflade- eller grundvand. Dette dækker for eksempel over reduceret vandføring i floder og åer, samt lave niveauer i søer, reservoirer og grundvand.

Andre centrale begreber inden for tørke:

Konsekvenser af tørke: Tørkens konsekvenser for samfundet spænder over flere sektorer. Det kan f.eks. være landbrugsorienterede konsekvenser som afgrødetab og produktivitetsskade, eller svigtende tilgængelighed/øget efterspørgsel på kunstvanding. Dette kan føre til øgede afgrødepriser. Infrastrukturskader såsom jordsættning og tørkeskader på bygninger, jernbane- og vejnet kan også forekomme. Af andre konsekvenser kan nævnes naturrelaterede konsekvenser som skov- og naturbrande, økosystems-/vegetationsskader eller faldende vandkvalitet, samt vandforsyningsproblematikker i relation til grundvandet. Vandstanden i søer eller vandføringen i vandløb og åer kan falde, eller de kan helt tørre ud og derved skade den tilhørende flora og fauna.

Overvågning af tørke: Tørke udvikler sig langsomt, først som manglende nedbør, derefter vandmangel i de øverste jordlag og endelig mindre vand i vandløb og grundvand. Det vil sige, at årsagerne til og virkningerne af tørke afhænger af en række faktorer ud over tidsaspektet, herunder nedbør, atmosfæriske forhold (vind, fugt, osv.), vegetation og jordfugtighedsforhold, og dermed fordampning, samt nedsivning til grundvand og afstrømning i vandløb. Tørkepåvirkninger afspejles i manglen på regn, jordfugtighed, planternes sundhed, vandløb og grundvand. For at være effektiv bør tørkeovervågning baseres på flere variable og indikatorer. Overvågningens formål er at levere information både før og under tørkeperioder for at understøtte handlinger, der kan begrænse potentielle skader.

Udbyggede definitioner og begreber

Danmark har et tempereret kystklima med nedbør året rundt, uden egentlige sæsonbetingede tørre perioder. Klimanormalen (1991-2020) for tørreste og vådeste måned er hhv. april med 39 mm nedbør og oktober med 83 mm nedbør. Det betyder, at længerevarende tørkehændelser forekommer ret sjældent, men omvendt betyder det også, at de kan have store konsekvenser, når de forekommer.

Meteorologisk tørke vil i en eller anden udstrækning være til stede før jordvandstørke og hydrologisk tørke, men koblingen kan være kompliceret og ofte tidsforskudt. De kan forekomme i rækkefølge, men de kan også forekomme parvist eller enkeltvist.

Meteorologisk tørke

Indledning



Meteorologisk tørke opstår, når nedbørsmængden i en længere periode (typisk uger eller måneder) ligger væsentligt under det normale.

Da denne tørkeform beregnes udelukkende ud fra nedbørdata og ikke inddrager aktuelle jordbundsforhold eller vandmagasiner, kan den fluktuere hurtigt over tid.

Det er muligt at beregne meteorologisk tørke tilbage til de landsdækkende målinger af nedbør startede i Danmark i 1874. Der kan være store regionale forskelle i Danmark og derfor er det i tørkeregi helt afgørende at have et velfungerende og tæt net af nedbørmålere, da enhver tørkesituation, uagtet om det drejer sig om meteorologisk, jordvands- eller hydrologisk tørke, som udgangspunkt vil være forårsaget af et signifikant nedbørsunderskud.

Konsekvenser

Konsekvenserne af meteorologisk tørke afhænger både af årstiden og varigheden. Observeres der hen over efteråret og vinteren et usædvanligt nedbørsunderskud, vil det ikke umiddelbart have tydelige konsekvenser. Der vil sandsynligvis ikke opstå jordvandstørke, da fordampningen hen over efteråret og specielt vinteren er meget lav. Der kan dog være forøget risiko for vinderosion på sandede marker, da den øverste centimeter af jorden let tørrer ud og derved bliver mobil. Forekommer der inden for en årrække flere år med meteorologisk tørke om vinteren, kan det føre til hydrologisk tørke.

Forekommer der meteorologisk tørke hen over forårs- og sommermånederne, kan dette derimod hurtigt udvikle sig til egentlig jordvandstørke, og derfor vil en meteorologisk tørke i sommerhalvåret hurtigere medfører tørkekonsekvenser end meteorologisk tørke om vinteren.

Jordvandstørke

Indledning

Jordvandstørken dækker over den udtørring, der finder sted i den øverste del af jordoverfladen, og dækker zonen hvor vegetationen har sine rødder (rodzonen). Det plantetilgængelige vand reduceres, og afgrøderne, skovene og den naturlige vegetation kommer under stress. Jordvandstørken er hurtigst reagerende på et nedbørsunderskud (dage til uger) i sommerhalvåret, hvor fordampningen er høj. Jordvandstørken bliver ofte beskrevet ved hjælp af jordfugtigheden, der angiver vandindholdet i jorden relativt til porevolumen, hvilket vil sige en procentdel af den volumen vand, jorden potentielt kan rumme. Typisk vil sandjord være mest sårbar over for tørke, da sandjordens evne til at holde på vandet er lavere end en lerjords. Derfor ser man også, at markvanding typisk er nødvendig for at opretholde landbrugsproduktion på de sandede jorde i Vestjylland, mens de lerede jorde i Østdanmark ikke har haft samme behov. Der findes forskellige metoder til overvågning af vandindhold i jord, som spænder helt fra lokale sensorer i jorden til metoder der integrerer over større afstande og satellitdata. Desuden kan variationer i jordvandsindhold modelleres med landoverflademodeller, som indgår i klimamodeller, og med hydrologiske modeller.

Konsekvenser

Jordvandstørken kan have store konsekvenser for landbruget, hvor udbytte og foderværdi reduceres, og udgifter til kunstvanding øges. Dette fører til tab af indtjening, hvorfor statslige hjælpepakker historisk har været i spil ved større tørkehændelser. Jordvandstørken bliver derfor i litteraturen også refereret til som landbrugstørke (agricultural drought). Begrebet jordvandstørke kan dog også referere til konsekvenser udenfor landbruget, hvor vegetationen i skov og natur, herunder terrestriske økosystemer påvirkes. Desuden forårsager jordvandstørken også øget risiko for sætningsskader på bygninger, særligt på visse plastiske lerjorde (en særlig fed lertype, der let deformeres), hvor udtørring har stor indflydelse på jordens egenskaber.



Jordvandstørke kan også være forbundet med øget brandfare pga. større mængde visne plantedele, der let antændes.

Hydrologisk tørke

Indledning

Under længerevarende meteorologisk tørke kan vandunderskuddet påvirke det hydrologiske system i overfladevandet (vandløb og søer) og grundvandet. Under den hydrologiske tørke er grundvandstørke særligt relevant i Danmark, da vores vandforsyning er baseret på grundvand og størstedelen af vores ferskvandsøkosystemer er afhængige af grundvandstilførsel. Ofte responderer vandløb og det øverste grundvand først på manglende tilførsel af vand (en tidsskala på uger til måneder), mens de dybereliggende grundvandsforekomster reagerer langsommere (måneder til år).

Vandløbstørke og terrænnær grundvandstørke

Vandløbstørke karakteriseres ved en faldende eller svigtende afstrømning, mens terrænnær grundvandstørke karakteriseres ved et fald i grundvandsspejlet, som direkte påvirker den omkringliggende natur. I Danmark er overfladevandet som hovedregel i tæt kontakt med det terrænnære grundvand (grundvandet tættest på overfladen). Og i sommerperioder fodrer grundvandssystemet åer og vandløb med en konstant tilførsel af indstrømmende vand (kaldet *baseflow*). Under en sommer-tørkesituation vil grundvandstilstrømningen derfor ofte fungere som en buffer i begyndelsen, men ved længerevarende tørke vil denne buffer løbe tør eller reduceres, og unormalt tørre tilstande vil kunne ses i begge systemer. Disse to systemer vil derfor ofte vise de samme tendenser og signaler i en tørkesituation. Mængden af vand i det terrænnære grundvand (grundvandsstanden) vil derfor spille ind i forhold til størrelsen af dette bufferpotentiale.

I vinterperioden, er indstrømningen fra grundvand til overfladevand også til stede, men fylder som ofte mindre i den samlede afstrømning, pga. et generelt større bidrag fra overfladenær afstrømning (fx dræn og grøfter). I det terrænnære grundvand er vinterperioden der hvor den primære opfyldning af grundvandsressourcen finder sted, pga. høj nedbør og lav fordampning (se afsnittet om grundvandstørke i de dybere magasiner).

Grundvandstørke (dybere magasiner)

Grundvandstørke i de dybere grundvandsmagasiner, som udgør vores primære drikkevandsressource, kan karakteriseres ved et fald i trykniveauet. I Danmark opstår denne grundvandstørke hovedsageligt når vinterne nedbøren ligger under normalen, særligt hvis dette sker flere år i træk. Dette skyldes, at grundvandet i Danmark bliver dannet af overskudsnedbøren (nedbør minus aktuell fordampning) om vinteren, hvorimod sommerperioden ikke har et væsentligt bidrag til grundvandsdannelse, da nedbøren i sommermånederne typisk fordampes igen. Dette, samt grundvandets generelt langsommere respons på udsving i vejret, gør at grundvandstørke kan forekomme ude af fase med en meteorologisk, jord- eller vandløbstørke, som primært giver udfordringer i sommerperioden. Omvendt vil en sommertørke resultere i en begrænset påvirkning af grundvandsressourcen, særligt hvis den foregående vinter var våd.

Konsekvenser

I Danmark er de mest centrale tørkekonsekvenser som følge af vandløbstørke og terrænnær grundvandstørke, forbundet med de akvatiske (økosystemer i ferskvandsmiljøet) og deraf afhængige terrestriske økosystemer (økosystemer på land). Særligt er delvis eller hel udtørring af vandløb et kritisk fænomen for fiskeliv og planter. Andre steder i verden kan vandtransportveje (skibsfart) blive ubrugelige, og hydrologiske strukturer (f.eks. vandkraft til strømforsyningen) lide under vandløbstørker, ligeledes kan vandforsyningen være truet hvis området er afhængigt af overfladevand til vandforbrug.



Det terrænnære grundvand er i Danmark der, hvor man primært henter vand til kunstvanding. Derfor vil en tørke i det terrænnære grundvand kunne påvirke tilgængeligheden af vand til landbruget, og dermed udbyttet af årets høst. Uden for Danmark er der yderligere dokumenteret konsekvenser som jordsætning, og øget saltvandsindtrængning i forbindelse med tørke i det terrænnære grundvand. Markvanding stammer fra oppumpning fra private borer uafhængigt af vandforsyningsnetværket, således påvirker markvandingen vandressourcen (mængden af vand), men belaster ikke den kommunale vandforsyning og udfordringer med forsyningskapacitet (hvor meget vand, der kan leveres med den nuværende rørføring og pumpekapacitet).

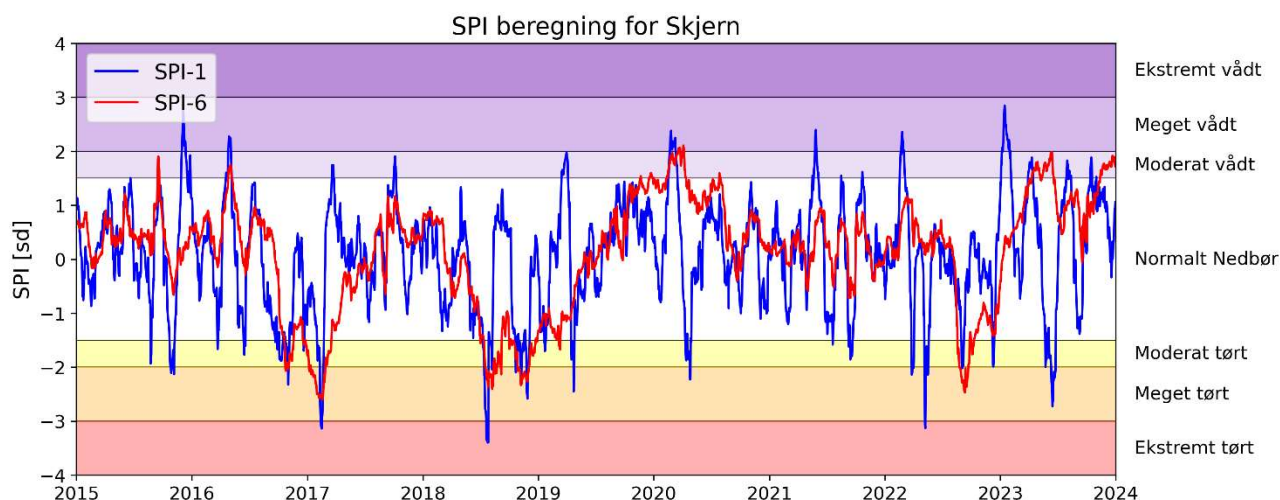
I perioder med grundvandstørke falder trykniveauerne i vores grundvandsmagasiner, men det er sjældent, at dette direkte påvirker vores kommunale vandforsyningsevne. Under en sommertørke vil vores vandforbrug dog typisk stige betydeligt (havevanding, badebassiner osv.). Dette gør, at vandforbruget overstiger forsyningskapaciteten i vandforsyningen og der kan indføres lokale restriktioner på vandforbruget, så vandværkerne kan følge med. Dette er dog typisk ikke et udtryk for at vores grundvandsmagasiner er løbet tørre. Vandværkerne er dog underlagt indvindingstilladelser, der skal sikre en bæredygtig vandindvinding, som i visse egne af landet allerede er udfordret. Andre steder i verden giver klimaforandringer og overudnyttelse af grundvandsressourcen store udfordringer og vandmangel. Derfor er det vigtigt at have en bæredygtig vandindvinding og følge de naturlige udsving i grundvandsressourcen, som kan opstå ved længerevarende nedbørsunderskud.

Tørkeovervågning

Der findes en lang række indikatorer og indeks, der i litteraturen bruges til at beskrive tørke [9]. Flere end 100 indeks er beskrevet i litteraturen [19,20,21] og flere tilføjes løbende, da der ofte genereres indeks specialtilpasset til enkelte landes eller lokaliteters behov.

Indeksene kan svinge i kompleksitet, og kan generelt udregnes for både observationer og modelresultater. Flere kategoriseringstilgange bruges til at beskrive indeks, ofte enten efter typen af inputvariable og/eller udregningsmetode. Som i WMO's håndbog over tørkeindikatorer og –indeks [22], hvor indeksene inddeles i meteorologiske indeks, jordvandstørkeindeks, hydrologiske indeks, satellitbaserede indeks og kombinerede/modellerede indeks.

De mest simple indikatorer er baseret direkte på afvigelser i de kritiske tidsserier, f.eks. afvigelsen i en variabel i forhold til et simpelt gennemsnit, eller mere komplicerede sæsonvarierende tærskelbaserede indeks, hvor en eller flere tærskelværdier for tørke defineres [23], f.eks. de laveste 10% af afstrømninger for en sæson. Andre indeks bygger på en standardisering, hvor tidsserierne normaliseres med deres egen statistisk, f.eks. standardafvigelse. Denne form for standardisering muliggør sammenligning af tørkehændelser på tværs af forskellige klimatologier (f.eks. *Standardized Precipitation Index*, SPI [24], se Figur 1, eller *Stream flow Deficit Index*, SDI [25]).



Figur 1: Standardized precipitation indeks (SPI) ved Skjern for 2015-2024. SPI-1 viser indeks beregnet for den foregående måned og SPI-6 beregnet for de foregående 6 måneder.

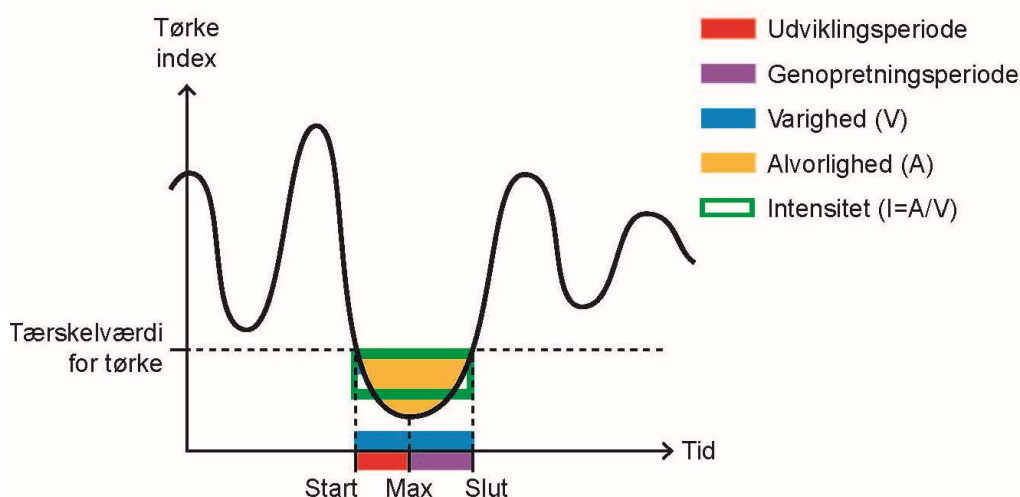
Mere komplekse indeks bygger på flere inputvariable (ofte kaldet multivariante indeks) [26], hvoraf nogle udregnes med simple modeller, f.eks. baseret på en vandbalancetilgang (f.eks. *Palmer Drought Severity Index*, PDSI [27]). Andre bygger på kombinationer af modeloutput eller observationer og *remote sensing*, som for eksempel *US Drought Monitor*, USDM [28].

Styrken ved indeksene er, at de muliggør en identifikation af definerede individuelle tørkehændelser med et start- og sluttidspunkt, samt muligheden for at udregne karakteristika for de enkelte hændelser og på tværs af alle hændelser i en tidsserie eller over et område [29].

På europæisk skala (European Drought Observatory (EDO)) (<https://drought.emergency.copernicus.eu/>) overvåges tørke ved brug af en række indikatorer: 1) Standardized Precipitation Index (SPI), 2) Standardized Snowpack Index (SSPI), 3) Soil Moisture Anomaly (SMA), 4) Anomaly of Vegetation Condition (FAPAR Anomaly) 5) Low-Flow Index (LFI) 6) Heat and Cold Wave Index (HCWI), 7) Combined Drought Indicator



(CDI). Fordelen med flere indikatorer er, at det kan relateres mere specifikt til konsekvenser. EDO bruger CDI til at definere tørkesituationens alvor. [35].



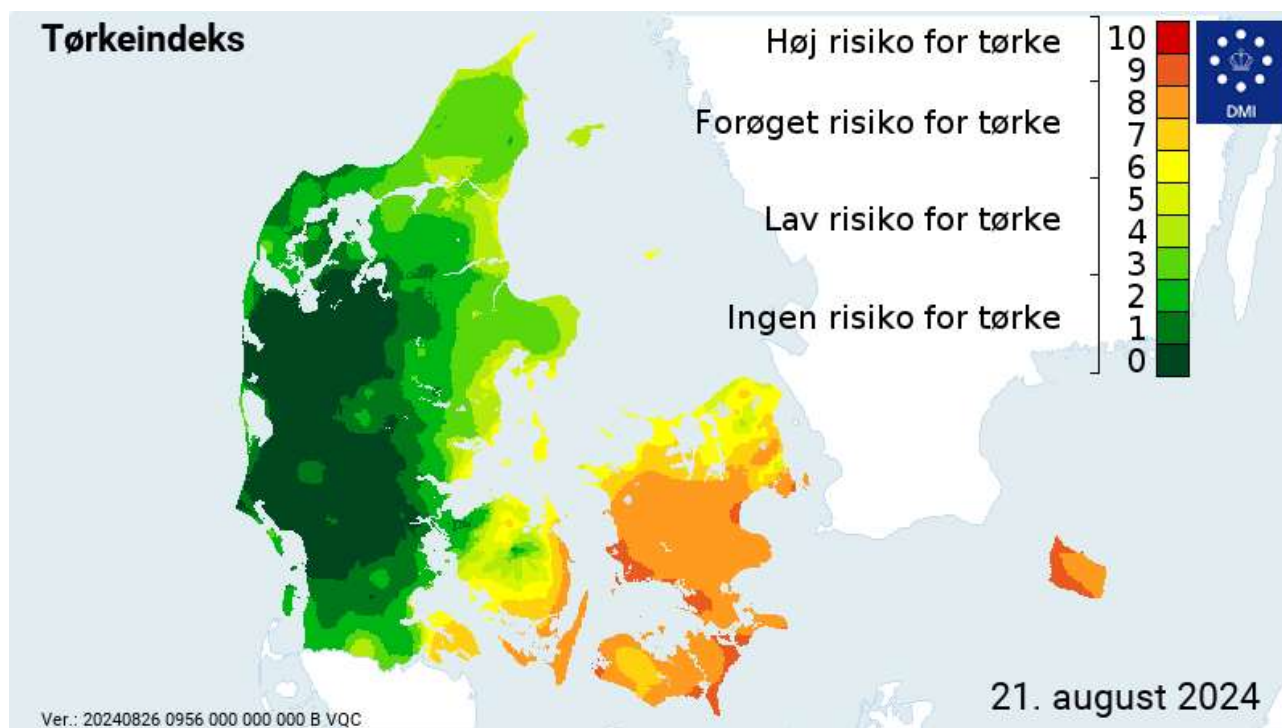
Figur 2: Illustration af tørkekarakteristikker. Bemærk i denne illustration er tørkeindikeret som lave (negative) indekssværdier, som fx gældende for SPI.

De mest benyttede tørkekarakteristikker i litteraturen er *severity*, *intensity* og *duration* [30]. På dansk kan disse oversættes til alvorlighed, intensitet og varighed. Figur 2 viser en illustration af tørkekarakteristikkerne. Mens varigheden af tørken relaterer sig til den tidslige varighed, er de to andre karakteristikker forbundet med det vand, "der mangler" for, at der ikke er tørketilstand. Helt konkret er alvorligheden defineret som det akkumulerede underskud af vand (udregnet som integralet af indekset, når det kommer under en given tørkedefinition), mens intensiteten er middel underskuddet, altså alvorligheden divideret med tørkens varighed. Andre karakteristikker er maksimum tørke også kaldet *peak*. Intensitet er defineret som den mest ekstreme indekssværdi under tørkehændelsen, der sker på maksimum peak tid. Tiden før og efter maksimum peak tid kan også evalueres og kaldes henholdsvis udviklingsperioden og genopretningsperioden (*development/recovery period*). Tørker kan også karakteriseres ved deres rumlige udbredelse (*spatial extent*), eller frekvens (gentagelsesperiode).

For mere information om tørkeindikatorer og indeks brugt i monitoreringssammenhæng kan der refereres til omfattende litteraturgennemgange i [31, 32].

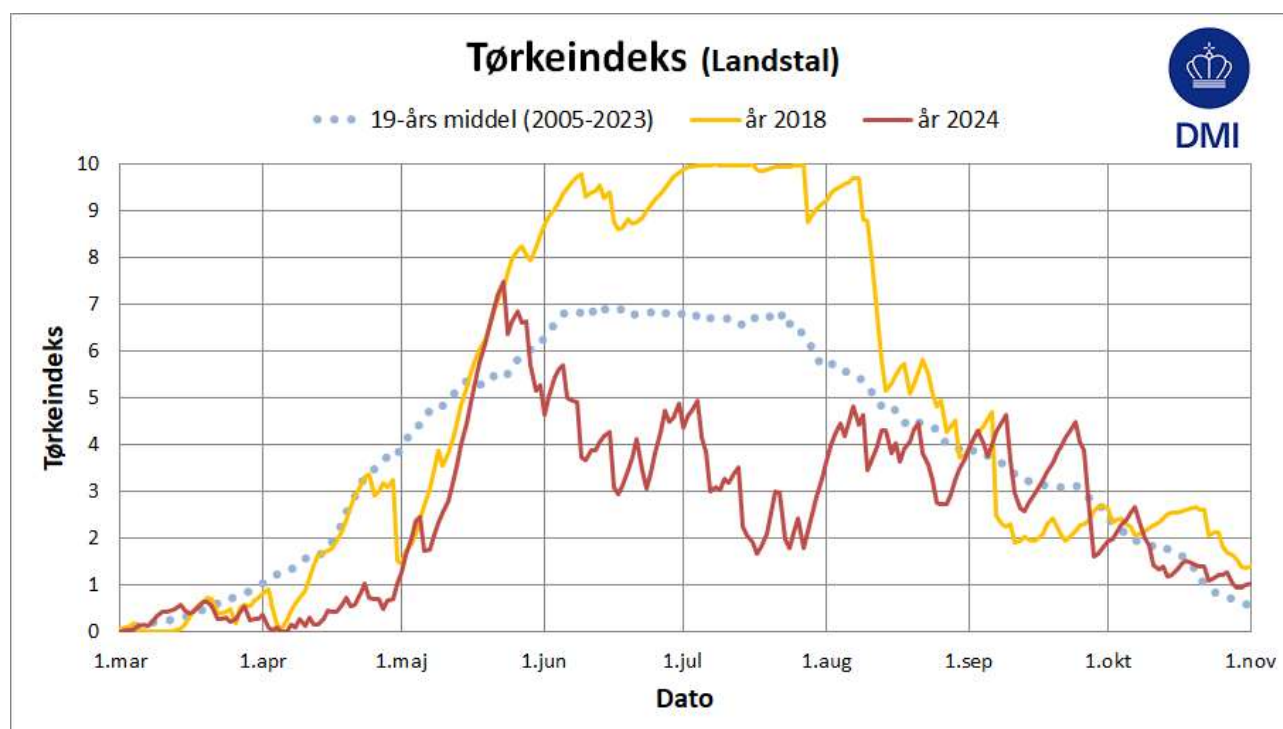
DMI's tørkeindeks

Tørkeindekset bygger på en simplificeret overflademodel, der estimerer, hvor meget vand der er i det jordvandmagasin, som planter har til rådighed. Jo højere indekssværdierne er, jo højere er risikoen for jordvandstørke (Figur 3). I praksis bestemmes størrelsen af dette magasin ud fra plantens roddybde og jordtypen, hvorfor det kan variere meget selv over korte afstande.



Figur 3: Indekskort for vandindhold i rodzonen baseret på DMI's tørkeindeksmodel

Ved beregning af DMI's tørkeindeks er magasin størrelsen sat til 100 mm som et middeltal for hele Danmark. Den aktuelle vandmængde i magasinet ændres fra dag til dag som følge af tre processer: tilgang af vand (nedbør), fordampning fra jord og planter (aktuel fordampning) og endelig nedsivning til undergrunden.



Figur 4: Udvikling af tørkeniveauet i Danmark i 2018 og 2024 baseret på DMI's tørkeindeksmodel

Tørkeindekset kan variere mellem 0 og 10, hvor 0 betyder at jordvandsmagasinet er helt fyldt op, 5 at 50% af magasinet er forbrugt og 10 at hele magasinet er opbrugt (Figur 4). Talværdierne er på indeksskortene suppleret

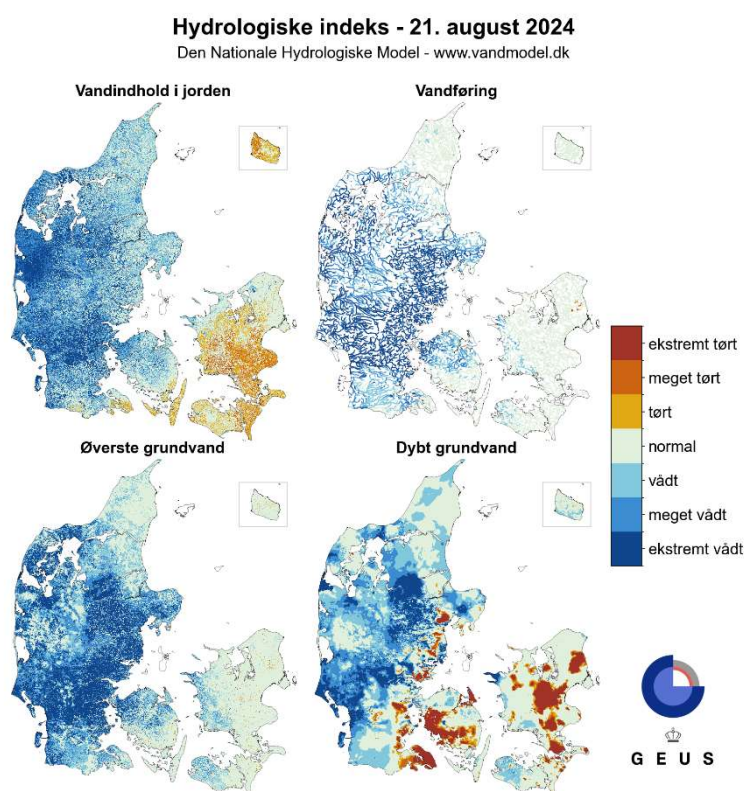


med en tekst for at øge forståelsen af data: fra 0 til 2 = ingen risiko for tørke, fra 3 til 5 = lav risiko for tørke, fra 6 til 7 = forøget risiko for tørke og fra 9 til 10 = høj risiko for tørke. Indekset kan bruges til at få en overordnet vurdering af tørkeforholdene i Danmark, vurdere vandingsbehov og til dels også potentiel brandfare i naturen. Med de generaliseringer modellen indeholder, repræsenterer indekset i høj grad tørkeniveauet i almindelige haver.

Modellen baserer sig på døgnværdier for arkivværdier, mens aktuelle værdier opdateres løbende hver time.

GEUS' Hydrologiske Indeks

Baseret på realtidsmodelkørsler af den Nationale Hydrologiske Model (DK-modellen), genereres der daglige hydrologiske indeks (Figur 5) for anomalier af vandindhold i jorden (jordvandstørke), vandløbsafstrømning, samt det terrænnære og dybe grundvand som hydrologiske tørker.



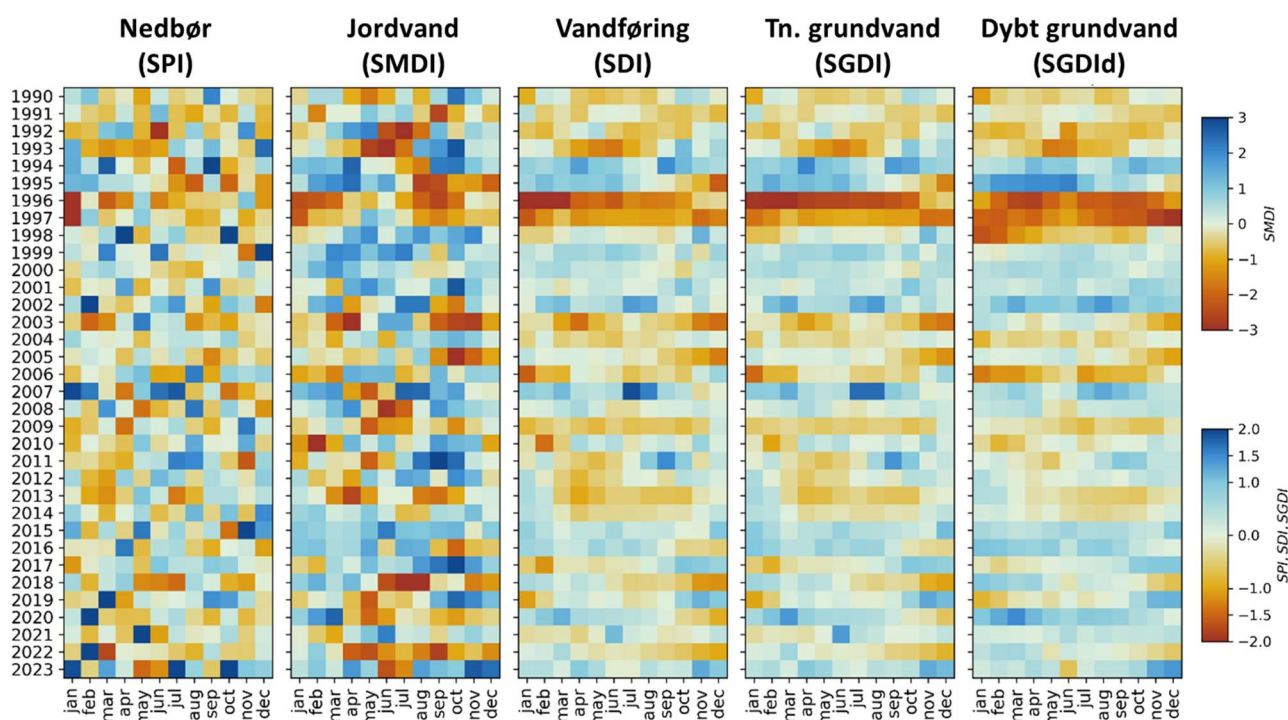
Figur 5: Hydrologiske indeksskorte for vandindhold i rodzonen, vandføring og grundvand for d. 21. august 2024 baseret på GEUS's Nationale Hydrologiske Model.

Disse anomalier er bygget på standardiserede sæsonbetingede tørkeindeks [24, 25, 33, 34], hvilket overordnet set betyder, at de viser afvigelser i forhold til en normalsituation over 30 år for den pågældende tid på året. Det er altså en måde at spore, hvorvidt en nuværende tør eller våd situation er inden for det, der normalt opleves for årstiden.

De hydrologiske indeks inddeles i kategorierne **ekstremt tørt**, **meget tørt**, **tørt**, **normalt**, **vådt**, **meget vådt** og **ekstremt vådt** baseret på hvor langt fra normalen situationen er. De hydrologiske indeks beregnes for hele landet med en opløsning på 500x500m grid for vandindhold i rodzonen, samt grundvand. For vandføring i vandløb beregnes de for de ca. 60.000 vandløbspunkter som udgør det danske vandløbsnetværk i Den Nationale Hydrologiske Model. Ud over den daglige opdatering af de hydrologiske indeks som giver et øjebliksbillede, anvendes indeksene også til at analysere historiske udsving og tørker på tværs af de hydrologiske domæner.



Figur 6 viser de hydrologiske indeks på nationalt niveau for hver måned siden 1990. Figur 6 illustrerer tydeligt, hvordan en meteorologisk sommertørke som i 2018 har stor påvirkning af jordfugtigheden, der resulterede i en kraftig jordvandstørke, mens den ikke nødvendigvis har en markant påvirkning på grundvandet og dermed blive kun en svag hydrologisk tørke. Omvendt havde de tørre vintre i 1996 og 1997 begrænset indvirkning på jordfugtigheden om sommeren, men igangsatte en betydelig og langvarig hydrologisk tørke og aftryk på grundvandsstanden over en 3-årig periode.



Figur 6: Hydrologiske indeks for Danmark for hver måned siden 1990. Nedbør er baseret på DMI's nedbørsdata, mens jordfugtighed, vandføring og grundvand er baseret på GEUS's Nationale Hydrologiske Model. Røde farver indikerer tørke, mens blå farver indikerer vådere forhold end normalen for årstiden.

Andre danske indeks

SEGES Innovation har flere produkter særlig henvendt til landbruget, og behovet for overvågning til planlægning af vanding. Her kan nævnes Vandregnskab Online, der er et online redskab, der på baggrund af nedbør og fordampning, samt egen registrering af vanding, kan beregne udbytte- og økonomiske tab ved forskellige vandingsstrategier. Produktet udregner vandmængden, der er tilgængelig for planter og sammenkøres med plantespecifikke information, f.eks. følsomhed over for tørke. [URL: <https://segesinnovation.dk/produkter-og-ydelser/digitale-loesninger/vandregnskab-online/>]

DHI har en række produkter relevante for tørke, herunder kortlægning af vandindhold i jorden over Danmark ved brug af satellitter. [URL: <https://www.dhigroup.com/news/soil-moisture-mapping-solution-wins-danish-geodata-award>]. DHI har med udgangspunkt i deres globale hydrologiske model udviklet en højopløselig hydrologisk model, der dækker Danmark, som giver information om evapotranspiration, jordfugtighedsforhold, overfladevand samt grundvandsdannelse.

<https://www.dhigroup.com/technologies/global-hydrological-model>



Ordliste

Aktuel fordampning (evapotranspiration, AET): Den mængde vand, der faktisk fjernes fra en overflade på grund af processerne med fordampning og transpiration. AET er lig med eller mindre end den potentielle evapotranspiration (PET). AET er mindre end PET, når vand ikke er let tilgængeligt, for eksempel i tør jord.

Akvatiske økosystemer : De økosystemer, der findes i vandmiljøer, f.eks. vandløb og vådområder.

Baseflow: Indstrømning fra grundvand til vandløb, der siver ind i vandløbet, når der er kontakt mellem grundvandet og overfladevandet. Det er typisk baseflow, der opretholder minimumsvandstrømningen i de danske åer hen over sommerhalvåret.

Fordampning (evapotranspiration): Omfatter de processer, hvorigennem vand flyttes fra jordens overflade (åbne vand- og is-overflader, bar jord og vegetation) til atmosfæren. Det dækker både vandfordampning (vandets bevægelse til luften direkte fra jord, blade og jords overflade) og transpiration (fordampning, der sker gennem åbninger i plantebblade (stomata)).

Grundvandsdannelse: Det infiltrerende vand, der når ned gennem rodzonen og rammer grundvandsmagasinerne. Det er dermed det vand, der genopfylder vandressourcen.

Infiltration: Den nedbør, der infiltrerer (nedsiver i) jorden. Vandet kan derefter sive længere ned og ende som grundvand, eller blive optaget af planternes rødder.

Jordsætning: Når jorden udtørres under tørke, vil det ændrede vandindhold i jorden få jorden til at synke sammen og kompakteres. Det kan give sætningsskader på huse og infrastruktur.

Nedbør: Nedbør består af kondenseret vanddamp i atmosfæren og kan falde i mange former, som f.eks. regn, slud og sne.

Potentiel fordampning (evapotranspiration, PET): Den mængde vand, der ville blive fordampet og transpireret af en specifik afgrøde, jord eller økosystem, hvis der var tilstrækkeligt med vand.

Reservoir: Kunstigt opstemmede områder, hvor der opbevares vand. Det kan f.eks. være kunstige søer bag en dæmning.

Rodzonen: Den zone eller del af jorden hvor planterne har deres rødder, kan være fra få centimeter til flere meter afhængig af vegetationstype

Stationsmåleserier: Målinger fra en station, der måler en meteorologisk eller hydrologisk variabel. variabel
Fx en vejstation.

Terrestriske økosystemer: De økosystemer, der findes på land, f.eks. skove eller enge.

Terrænnære grundvand: Det grundvand, der ligger tættest på overfladen. Dvs. det første grundvand, man møder, når man graver sig ned igennem jorden. Det er det grundvand, der står i tættest forbindelse med overfladevandet såsom søer og vandløb.

Trykniveauet i grundvand: Et trykniveau er det trykforhold, der er nede i grundvandet. Ved det øverste grundvandsspejl (som ofte kaldes det frie grundvandsspejl) er trykniveauet lig med atmosfærens tryk, mens trykket stiger med dybden. Trykniveauet repræsenterer det niveau eller den højde, som vandet vil stige til i en boring, der er sat ned i grundvandsmagasinet. Grundvand strømmer fra områder med højt tryk til områder med lavere tryk, derfor kan trykniveauet bruges til at beskrive grundvandsstrømninger.

Vandoplandet: Et vandopland er det areal hvorfra overskudsnedbør løber til et givent vandløb, en sø eller fjord/hav. Vandoplandet kan også betegnes som et afvandingsområde. Vandoplandet er afgrænset af vandskel, som typisk udgøres af topografiske højdeygre eller er bestemt af grundvandets strømningsveje.



Vand krydser ikke naturligt vandskel til et vandopland, og den nedbør som falder inden for et vandopland, ender derfor enten i vandløb eller tilbage i atmosfæren gennem fordampning.

Vinderosion: Den erosion eller slid som vinden påfører, f.eks. på bar jord.



Referencer

- [1] Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J. V., & Barbosa, P. (2015). The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3, 509-524.
- [2] Zaveri, Esha Dilip; Damania, Richard; Engle, Nathan Lee. *Droughts and Deficits - Summary Evidence of the Global Impact on Economic Growth* (English). Water Global Practice Washington, D.C. : World Bank Group.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/099640306142317412/IDU03b9849a60d86404b600bc480bef6082a760a>
- [3] UNCCD. <https://www.unccd.int/land-and-life/drought/overview#:~:text=Forecasts%20estimate%20that%20by%202050,address%20the%20impacts%20of%20drought>.
- [4] Rossi, L., Wens, M., de Moel, H., Cotti, D., Sabino Siemons, A.S., Toreti, A., Maetens, W., Masante, D., Van Loon, A., Hagenlocher, M. and Rudari, R., 2023. *European Drought Risk Atlas*.
- [5] Hisdal, H., Roald, L. A., & Beldring, S. (2006). Past and future changes in flood and drought in the Nordic countries. *IAHS publication*, 308, 502.
- [6] Rousi, E., Fink, A. H., Andersen, L. S., Becker, F. N., Beobide-Arsuaga, G., Breil, M., Cozzi, G., Heinke, J., Jach, L., Niemann, D., Petrovic, D., Richling, A., Riebold, J., Steidl, S., Suarez-Gutierrez, L., Tradowsky, J. S., Coumou, D., Düsterhus, A., Ellsäßer, F., Fragkoulidis, G., Gliksman, D., Handorf, D., Hausteine, K., Kornhuber, K., Kunstmann, H., Pinto, J. G., Warrach-Sagi, K., and Xoplaki, E.: The extremely hot and dry 2018 summer in central and northern Europe from a multi-faceted weather and climate perspective, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 23, 1699–1718, <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1699-2023>, 2023.
- [7] ESOTC 2023. <https://www.copernicus.eu/en/news/news/observer-esotc-2023-europe-experienced-extraordinary-year-extremes-record-breaking>
- [8] EU, https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-scarcity-and-droughts_en?prefLang=da&etrans=da
- [9] Mishra, A.K. and Singh, V.P., 2010. A review of drought concepts. *Journal of hydrology*, 391(1-2), pp.202-216.
- [10] Smakhtin, V.U. and Schipper, E.L.F., 2008. Droughts: The impact of semantics and perceptions. *Water Policy*, 10(2), pp.131-143.
- [11] JRC, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories_en
- [12] Johansson, I. ed., 1984. *Nordic glossary of hydrology: English, Danish, Finnish, Icelandic, Norwegian, Swedish with definitions in English*. Almqvist & Wiksell International, Stockholm, Sweden.
- [13] US National Drought Information, <https://www.drought.gov/what-is-drought/drought-basics>
- [14] American Meteorological Society (AMS) <https://glossarytest.ametsoc.net/wiki/Drought>
- [15] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Weather Service (NWS) <https://forecast.weather.gov/glossary.php?word=DROUGHT>
- [16] Food and Agricultural Organisation (FAO) <https://www.fao.org/land-water/water/water-scarcity/en/>
- [17] WMO (2012). *International Glossary of Hydrology* World Meteorological Organization (WMO); United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), WMO-No. 385. © World Meteorological Organization, 2012 (ISBN 978-92-63-03385-8), © United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2012 (ISBN 978-92-3-001154-3),
- [18] Tallaksen, L.M. and Van Lanen, H.A. eds., 2023. *Hydrological drought: processes and estimation methods for streamflow and groundwater*.
- [19] de Matos Brandão Raposo, V., Costa, V.A.F., Rodrigues, A.F.: A review of recent developments on drought characterization, propagation, and influential factors. *Sci. Total Environ.* 898, 165550 (2023). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165550>
- [20] Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., Khan, F.I.: A review of drought indices. *Environ. Rev.* 19, 333–349 (2011)
- [21] Niemeyer, S., 2008. New drought indices. *Options M'edit'err.* 267–274.



- [22] World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva.
- [23] Van Lanen, H.A.J., Wanders, N., Tallaksen, L.M., Van Loon, A.F., 2013. Hydrological drought across the world: Impact of climate and physical catchment structure. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, 1715–1732. <https://doi.org/10.5194/hess-17-1715-2013>
- [24] Nalbantis, I., Tsakiris, G.: Assessment of Hydrological Drought Revisited. *Water Resour. Manag.* 23, 881–897 (2009). <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9305-1>
- [25] McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J.: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Conference on Applied Climatology. pp. 1–6. American Meteorological Society, Anaheim, California (1993)
- [26] Hao Z, Singh VP. Drought characterization from a multivariate perspective: a review. *J Hydrol* 2015, 527: 668–678. doi:10.1016/j.jhydrol.2015.05.031.
- [27] Palmer, W.C.: Meteorological Drought. Res. Pap. 45, (1965)
- [28] Svoboda, M., LeCompte, D., Hayes, M., Heim, R., Gleason, K., Angel, J., Rippey, B., Tinker, R., Palecki, M., Stooksbury, D., Miskus, D., Stephens, S.: THE DROUGHT MONITOR. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 83, 1181–1190 (2002). <https://doi.org/10.1175/1520-0477-83.8.1181>
- [29] Hisdal, H., Tallaksen, L.M., Gauster, T., Bloomfield, J.P., Parry, S., Prudhomme, C., Wanders, N.: Chapter 5 - Hydrological drought characteristics. In: *Hydrological Drought (Second Edition)*. p. 75 (2023)
- [30] Yevjevich, V., 1967. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic drought, Hydrology paper. Colorado State University, Fort Collins, USA.
- [31] Bachmair, S., Stahl, K., Collins, K., Hannaford, J., Acreman, M., Svoboda, M., Knutson, C., Smith, K.H., Wall, N., Fuchs, B., Crossman, N.D., Overton, I.C.: Drought indicators revisited: the need for a wider consideration of environment and society. *WIREs Water*. 3, 516–536 (2016). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wat2.1154>
- [32] WMO. Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges; 2006. Available at: www.wamis.org/agm/pubs/brochures/WMO1006e.pdf
- [33] Narasimhan, B., Srinivasan, R.: Development and evaluation of soil moisture deficit index (SMDI) and evapotranspiration deficit index (ETDI) for agricultural drought monitoring. *Agric. For. Meteorol.* 133, 69–88 (2005)
- [34] Bloomfield, J.P., Marchant, B.P.: Analysis of groundwater drought building on the standardised precipitation index approach. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, 4769–4787 (2013). <https://doi.org/10.5194/hess-17-4769-2013>
- [35] Sepulcre-Canto, Guadalupe, S. M. A. F. Horion, Andrew Singleton, H. Carrao, and Jürgen Vogt. "Development of a Combined Drought Indicator to detect agricultural drought in Europe." *Natural Hazards and Earth System Sciences* 12, no. 11 (2012): 3519-3531.