Vandløbsregulativer baseret på teoretisk skikkelse sikrer ikke vandføringsevnen

Dette diskussionsoplæg er essensen af et indlæg med titlen "*Er der logik i regulativtyperne – ret hydrologisk?*" ved VANDLØBSKONFERENCE 2023 i Fredericia, den 22. november 2023 arrangeret af Bæredygtigt Landbrug og Danske Vandløb.

Torben Larsen

Baggrunden for vandløbsregulativerne

Vandløbsloven foreskriver, at alle offentlige vandløb skal have et regulativ, og disses opgave er blandt andet at holde styr på vandløbenes vandføring og vandstand. I denne artikel omtales kun hydrauliske og hydrologiske forhold.

Det er opgjort, at vådområderne i Danmark i 1820 udgjorde 24 % af landets areal (Naturstyrelsen, 2015), og fra omkring 1850 tog afvandingen for alvor fat med henblik på at dyrke disse arealer landbrugsmæssigt. Afvandingen var stort fuldført omkring 1960, og undervejs var 95 - 98 % af vandløbene blevet reguleret, dvs. var blevet kanaliseret og sænket i terrænet. Ved afslutningen af hvert afvandingsprojekt blev opstillet et vandløbsregulativ, og i relation til vandføring og vandstand skulle regulativerne indeholde bestemmelser, der overordnet set skulle sikre, at den ved reguleringen indvundne afvanding og sænkning af vandspejlet kunne bevares. Dette blev udmøntet ved et krav om, at den geometriske beskrivelse af vandløbet (betegnet *skikkelsen*), der blev nedfældet i regulativet, og som i øvrigt var skikkelsen fra reguleringsprojektet, ikke måtte ændres. Denne regulativtype betegnes i dag *skikkelsesregulativ*. Ved senere lovændring (1983) blev tilføjet, at regulativer også kunne baseres på vandføringsevne, heraf opstod begrebet *vandføringsevneregulativ*. (Der opstod flere andre typer, som ikke omtales her).

Den fælles intention bag disse to regulativtyper er at skabe sikkerhed for, at risikoen for høj vandstand og oversvømmelse ikke ændres. "Skikkelse" er et gammelt ord, som fint kan bevares, men at betragte "skikkelse" som værende synonym for "vandføringsevne" er modstrid med hydraulisk viden kendt siden begyndelsen af 1900-tallet.

Hydraulisk dimensionering af regulerede vandløb

Vandføringsevnen af en kanal eller et rør beskrives fx af Manningformlen (Brorsen og Larsen, 2009). Heraf ved vi, at vandføringsevnen (alt andet lige) både afhænger af tværsnitsareal (dvs. skikkelse) og af den hydrauliske ruhed (fagsprog: *den ækvivalente sandruhed*). I formlen indeholder Manningtallet effekten af ruheden, således at stor ruhed giver lille Manningtal, og lille ruhed giver stort Manningtal. For vandløb spænder Manningtallet mellem 30 - 40 for et nyreguleret (nyhånd-gravet) vandløb ned til 15 - 20 for et uregelmæssigt, meandrerende vandløb. For vandløb med samme skikkelse er der er således ca. en faktor 2 til forskel i vandføringsevne mellem de to yderpunkter

Ved reguleringerne (1850 - 1960) blev de nye, omlagte vandløb dimensioneret som glatte, retlinjede kanaler med trapezformede tværsnit, og målet var at opnå en vandføringskapacitet svarende til bredfyldning ved en arealspecifik afstrømning på 100 l/s/km^2 i det tilhørende afstrømningsopland (Feilberg og Feilberg, 1937; Aslyng, 1980). Dimensioneringen skete ud fra forskellige empiriske formler, der alle gav stort set resultat, heri inkluderet Manningformlen med Manningtal lig 30 – 35 (Hedeselskabet, 2017).

Desuden blev de regulerede vandløb påtvunget et såkaldt *optimalt tværsnit*, som er det trapezformede tværsnit, der for en vandføring ved bredfyldning har det mindst mulige tværsnitsareal, (Bretting, 1960). Formålet var at minimere omkostninger ved gravningen, og et vandløb med *optimalt tværsnit* er smalt og dybt i forhold til et naturligt vandløb. Ulempen var, at dette tværsnitsprofil var mindre stabilt end et bredere og mere naturligt profil.

Alt i alt kan det konkluderes, at de regulerede vandløb i sin tid blev dimensioneret hydraulisk/hydrologisk set korrekt efter samme principper, som benyttes i dag.

Vandløbs tidsmæssige udvikling – morfologi og vandføringsevne

Vandløb er skabt af det strømmende vand, og er det mest dynamiske element i de indenlandske landskaber. Ved reguleringerne blev de skubbet ud af den dynamiske, morfologiske ligevægt, der i århundreder/årtusinder havde sikret dem et omtrentligt stabilt og uændret forløb.

Umiddelbart efter en regulerings afslutning stod det nye vandløb med et glat og retlinjet forløb og et Manningtal på omkring 30 - 35. Herefter var det bredejernes pligt at forestå vedligeholdelsen, så den skikkelse, der var beskrevet i regulativet, ikke blev ændret. I de første årtier var behovet for oprensningen begrænset, men alligevel begyndte de glatte vandløb ganske langsomt at danne ripler og banker og dermed at vende tilbage mod et mere varieret forløb. I denne proces voksede ruheden, og Manningtallet aftog, men da oprensningen skete under hensyntagen til fast skikkelse, voksede tværsnitsarealet. Disse to modsatrettede tendenser i forhold til vandføringsevnen ophævede således hinanden i

Vandføringsevnebestemt skikkelse (28)
Metoden forudsætter, at vandløbet er beskrevet som i et traditionelt skikkelsesregulativ med bredde, bundkote og skråningsanlæg. Denne beskrivelse af vandløbets form kaldes "teoretisk", idet metoden ikke stiller krav til, at vandløbet konkret skal afspejle en sådan regulær form. Samtidig forudsættes det, at vandløbets faktiske skikkelse er kendt ved, at der foreligger en opmåling af vandløbet. Disse to parvise data lægges ind i et hydraulisk beregningsprogram, der samtidig forsynes med oplysninger om afstrømning (l/s/ha) samt vandløbets ruhed i form af et fast Manningtal (Manningtallet indgår i Manningformlen, der ofte anvendes i forbindelse med hydrauliske beregninger i vandløb). Der foretages herved en sammenligning mellem to teoretiske vandspejl, der er beregnet ud fra de samme forudsætninger, blot med forskellige data for tværsnitsforholdene. Beregningen kan udføres for enhver forekommende afstrømning. I praksis kan der vælges at gennemføre et begrænset antal beregninger, f.eks. baseret på en lille, middel og stor afstrømning. Herved fås et dækkende billede af vandløbets vandføringsevne.

Figur 1 Direkte udklip af vejledning "Udarbejdelse af vandløbsregulativer", Miljøministeriet (2007).

større eller mindre grad. I 1964 overgik vedligeholdelsen til det offentlige.

For regulerede vandløb, der ikke bliver vedligeholdt, kan der ikke være tvivl, om at omdannelsesforløbet ville ende med et vandløb, der morfologisk set har samme karakter som det oprindelige naturvandløb med meandrering, høl/styg-struktur osv. (Mernild, 2001). Manningtallet ville være reduceret til 15 - 20 (i grødefrie periode), plus at længden ville være betydelig forøget. Alt i alt ville den vandstandsmæssige gevinst, der blev opnået ved reguleringen, være forsvundet. Denne proces kan strække sig over en periode, der kan variere fra et par årtier til flere århundreder.

For regulerede vandløb, der løbende bliver vedligeholdt, er den morfologiske udvikling mere kompleks, fordi vedligeholdelsen jo netop har til formål at modvirke udviklingen. Desuden er udviklingen også påvirket af de opdateringer af regulativerne, der sker ca. hver 20 år. Her danner den til dato opnåede skikkelse ofte basis for den efterfølgende regulativperiode. Herved kommer vandføringsevnen aldrig tilbage til det oprindelige udgangspunkt ved reguleringen. Yderpunkterne i processen er nogenlunde veldefinerede, men hvor langt i forløbet vandløbet er nået, vil variere fra vandløb til vandløb.

Regulativer baseret på vandføringsevne (Q/h-regulativer)

Q/h-regulativer bygger på selve definitionen af vandføringsevne, og et sådant regulativ indeholder et antal Q/h-kurver, der hver især dækker en delstrækning af vandløbet. Q/h-kurven viser den maksimale tilladelige vandstand som funktion af vandføringen. Viser en Q/h-måling at vandstanden er for høj i forhold til vandføringen skal der ske en vedligeholdelse, der løfter vandføringsevnen. Det interessante er at vedligeholdelsen kan ske på to måder: Enten ved forøgelse af skikkelsen (opgravning af vandløbsbunden) og/eller ved at formindske ruheden fx ved at bortgrave ripler og banker samt ved at fjerne uregelmæssigheder (væltede træer mv.).

Regulativer baseret på geometrisk skikkelse

Denne type baserer sig på, at vandløbssengens oprindelige geometriske form fra reguleringen som minimum skal bevares. Ud fra en umiddelbar betragtning er princippet klart og let forståeligt. Et regulativ efter dette princip indeholder normalt en beskrivelse i af et referencevandløb bestående af et antal retlinede delstrækninger i serie, der hver har et specificeret trapezformet tværsnit. Såfremt bund eller sider ligger over dette referencevandløb må der oprenses (detaljer herom er ikke nævnt her).

Afstrømningsmæssigt har princippet en tydelig svaghed, fordi der ikke er entydig sammenhæng mellem skikkelse og vandføringsevne og dermed mellem skikkelse og risiko for oversvømmelse. Der er mulighed for, at vandføringsevnen kan variere med op til en faktor 2, selvom skikkelsen er uændret. Men til gengæld vil vandløbet, hvis det bliver korrekt vedligeholdt, næsten altid have et større tværsnitsareal end det specificerede minimumstværsnit. Derved er det sandsynligt, at metoden i praksis nogenlunde sikrer, at vandføringsevnen opretholdes.

Regulativ baseret på teoretisk skikkelse

Metoden har flere forskellige betegnelser, den mest benyttede er blot "*teoretisk skikkelse*" (Miljøstyrelsen, 2019b). Andre varianter er "*vandføringsevnebestemt skikkelse*" (Miljøministeriet, 2007) og "*vandføringsevne bestemt ved teoretisk skikkelse*", som ses flere nyere regulativer.

Metoden er bl.a. beskrevet i vejledning fra Miljøministeriet (Miljøministeriet, 2007) på side 32 under afsnittet *Vandføringsevnebestemt skikkelse*. Denne beskrivelse ses i figur 1.

I denne tekst gives udtryk for, at vandføringsevnen kun afhænger af tværsnitsforholdene, hvilket er i modstrid med generel hydraulisk viden, hvorefter både tværsnit og ruheden bidrager. Metoden beskriver derfor kun den teoretiske indflydelse, skikkelsen har på vandføringsevnen, og dermed vurderer metoden ikke vandløbets faktuelle vandføringsevne. Der eksisterer kun beskrivelse af, hvorledes metoden udføres (fx ovenstående i figur 1), men dens hydrauliske baggrund er ikke beskrevet, og ligeledes eksisterer der ingen eksperimentel (opmålingsmæssig) dokumentation for metodens rigtighed. Den afsluttende konklusion (sidste sætning) er ikke korrekt, og metoden giver ikke et billede af vandløbets virkelige vandføringsevne.

Ofte specificerer regulativer baseret på teoretisk skikkelse, at de to modelleringer (udført fx med VASP eller MIKE Hydro), der udføres, benytter et fælles Manningtal på 30. Problemet er imidlertid, at de modellerede længdeprofiler af vandspejlet, der vedlægges regulativerne, giver et fejlagtig indtryk af, at vandspejlet ved de angivne vandføringer, ligger lavere, end det i virkeligheden gør, fordi det virkelige Manningtal i mange tilfælde kun ligger på 20 - 25, hvilket indebærer en højere vandstand end teoretisk beregnet. Det kan ikke-fagfolk ikke gennemskue. Forskellen i Manningtal mellem det teoretiske og det faktuelle betyder desuden, at metoden i reglen overvurderer et vandløbs vandføringsevne.

I Vandløbsloven er ordvalget, at regulativer skal baseres på *skikkelse* ***eller*** *vandføringsevne*, medens der i bekendtgørelse om vandløbsregulativer (BEK nr. 919 af 27/06/2016) står *ordene skikkelse* ***og/eller*** *vandføringsevne*. Bekendtgørelsens formulering kunne måske ses som et forsøg på at gøre teoretisk skikkelse lidt mere antagelig.

Afslutningsvis for dette afsnit må det konkluderes, at *teoretisk skikkelse* som regulativtype ikke kan anses for at være hverken logisk eller korrekt hydraulisk/hydrologisk set.

Regulativ baseret på "teoretisk skikkelse" med Manningtal"

Hvis man ændrede den nuværende kontrolmetode for *teoretisk skikkelse*, og således medtog de korrekte, faktuelle Manningtal i modelleringen ville metoden være i stand til hydraulisk korrekt at bedømme den sande

vandføringsevne (inklusive virkningen af ruheden) og dermed de virkelige vandstande. De virkelige Manningtal må bestemmes ved Q/h-målinger, men for vandløb uden væsentlige afvandingsproblemer kunne Manningtallene i vandløbet eventuelt blot skønnes ud fra en visuel bedømmelse, se *US Geological Survey* (1989). Denne regulativtype kunne fx betegnes *teoretisk skikkelse med Manningta*l.

Konklusion

Det oprindelige spørgsmål var: *Er der logik i regulativtyperne – rent hydrologisk?* og svaret må være, at rent hydrologisk/hydraulisk er logikken nærmest fraværende, især når det gælder typen *teoretisk skikkelse*. Ser man imidlertid problemstillingen i historisk perspektiv fremkommer der en tydelig forklaring på, hvorfor situationen i dag er, som den er, og forklaringen trækker tydelige tråde tilbage til den oprindelige regulering. Hvilke regulativtyper, der er den lovlige, må besvares i den juridiske verden. Svaret kan ikke gives her.

Der er på det seneste taget skridt til at standse dyrkningen af de lave områder langs vandløbene. Den proces er godt begyndt, men den får næppe betydning for de regulativer, der nu skal revideres. Til afslutning kommer her to fremadrettede løsningsmuligheder i forhold til regulativtyperne:

1. Med den nuværende lov kunne en løsning være at fortolke teksten helt bogstavelig således at kun regulativer baseret på utvetydige forståelser af de to begreber *skikkelse* og *vandføringsevne* skulle være acceptable. Det ville betyde, at kun *geometrisk skikkelse* ville være mulig som skikkelses-type, og som vandføringsevne-typer skulle kun *Q/h-regulativer og teoretisk skikkelse med Manningtal* kunne benyttes.

2. En nutidige løsning vil være helt at fjerne krav til *skikkelse* og *vandføringsevne* fra Vandløbsloven og i stedet indføre et statistisk krav for risikoen for overskridelse af vandføring-sevne (eller evt. vandstand) for hver delstrækning af vandløbene. Dette gøres ved at fastsætte en gentagelsesperiode (fx antal år) for, hvor hyppigt et bestemt fastlagt vandstandsniveau må overskrides. Afvejningen af miljø- og afvandingshensyn kan ske ved fastsættelse af den omtalte gentagelsesperiode og det tilhørende vandstandsniveau. Dette er et velkendt princip, der benyttes fx ved højvandsbeskyttelse mod havet og ved oversvømmelsesbeskyttelse mod regnafstrømning i byer.

Referencer

Aslyng H. C. (1980). Forelæsninger over afvanding i landbruget. DSR Forlag København.

Bretting A. E. (1969). Hydraulik. Polyteknisk Forlag.

Brorsen M. og Larsen, T. (2009). Lærebog i Hydraulik. Aalborg Universitetsforlag.

Feilberg, Aa. og Feilberg C. L. (1937). Kortfattet Lærebog i Kulturteknisk Vandbygning. Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole. København.

Mernild, S. H. (2001). Hydrologisk og morfologisk klassifikation af vandløb og vandløbssystemer. Prisopgave i Geografi 2001, Københavns Universitet.

Miljøministeriet (2007). Udarbejdelse af vandløbsregulativer, Rapport fra Miljøministeriet – Skov og Naturstyrelsen, juni 2007.

Miljøstyrelsen (2019a): Naturvandløb - Faglig udredning om grundlag og fremgangsmåde for iden-tifikation og forvaltning af naturvandløb. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 38, de-cember 2019. Udarbejdet af Orbicon/WSP.

Miljøstyrelsen (2019b): Regulativtyper - ændret vandløbsforvaltning - udredningsprojekt 1. Orien-tering fra Miljøstyrelsen nr. 39, december 2019. Udarbejdet af Orbicon/WSP.

Naturstyrelsen (2015). Vejledning i etablering og pleje af vådområder. Vejledning fra Naturstyrel-sen.

Hedeselskabet (2017). Forudsætninger og data ved vandspejlsberegninger i vandløb. Rapport udar-bejdet af Orbicon til Hedeselskabet.

US Geological Survey (1989). Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. United States Geological Survey - Water-Supply Paper 2339.

Torben Larsen er civilingeniør og professor i Environmental Hydraulics ved Institut for Byggeri, By og Miljø ved Aalborg Universitet (AAU BUILD) og har arbejdet med miljøhydrauliske emner i en lang årrække.