



Titel: Indeks-hastighedsstationer, etablering, drift, vedligeholdelse og databehandling			
Dokumenttype: Teknisk anvisning	TA. nr.: B08	Version: 1.0	Oprettet: 01.01.2017
Forfattere:	Gyldig fra: 01.01.2017		
Jane Rosenstand Poulsen	Sider: 18		
Niels Bering Ovesen	Sidst ændret: 01.01.2017		
TA henvisninger	B02, B04		

Indhold

1 Indledning.....	2
2 Metode.....	3
2.1 Placering af målestation.....	3
2.2 Udstyr.....	4
2.2.1 Automatisk vandstands måler, skalabræt og datalogger.....	4
2.2.2 Akustisk Doppler hastighedssensor.....	4
2.2.3 Datalogger og datatransmission.....	4
3 Placering og opsætning af instrumenter.....	5
3.1 Placering af areal-vandstandsrelationen og opsætning af vandstands måler.....	5
3.2 Placering af indeks-hastighedsprofilet og opsætning af ADH sensor.....	7
3.2.1 Placering af indeks-hastighedsprofilet.....	7
3.2.2 Opsætning af ADH sensor.....	8
3.3 Vandføringsmålinger.....	11
3.4 Vedligehold af instrumenter.....	12
3.5 Tjekliste.....	13
4 Databehandling.....	14
4.1 Data og dataoverførsel.....	14
5 Kvalitetssikring.....	15
5.1 Kontrol og overvågning af ADH sensor.....	15
5.2 Kontrol og overvågning af areal-vandstandsprofilet.....	15
5.3 Kontrol og overvågning af indeks-hastighedsprofilet.....	15
6 Areal-vandstands- og indeks-hastighedsrelationen.....	16
6.1 Areal-vandstandsrelationen.....	16
6.2 Indeks-hastighedsrelationen.....	16
6.3 Kvalitetssikring af den indeks-beregne vandføring.....	17
7 Referencer.....	17
8 Bilag.....	18
8.1 Relaterede TA'er.....	18
9 Oversigt over versionsændringer.....	18

1 Indledning

Denne tekniske anvisning beskriver etablering, drift, vedligeholdelse og databehandling i forbindelse med hydrometriske stationer, hvor akustiske Doppler hastigheds- (ADH) sensorer benyttes til at beregne en kontinuer vandføring. Metoden bygger på, at der etableres en såkaldt indeks-hastighedsrelation og en areal-vandstandsrelation. Disse to relationer benyttes sammen til at beregne en vandføring.

Metoden er bl.a. anvendelig i de større vandløb, hvor der er en vandstand, der tillader opsætning af en ADH sensor. Samtidig kan metoden anvendes i de tilfælde, hvor der findes flere vandføringer for den samme vandstand, dvs. hvor der ikke kan etableres en unik relation imellem vandstand og vandføring. Det kan f.eks. forekomme i vandløb med stuvning.

En stor del af indholdet i de følgende afsnit bygger på dels den vejledning USA's Geologiske Undersøgelser (USGS) har udgivet på baggrund af deres mangeårige erfaringer med indeks-hastighedsstationer og dels på den gældende ISO standard for indeks-hastighedsstationer. For læsevenlighedsens skyld vil der ikke blive refereret løbende til disse udgivelser, men der henvises til Levesque og Oberg (2012), for en mere detaljeret beskrivelse af de amerikanske erfaringer og til ISO 15769 (2014) for de gældende ISO standarder. Endvidere bygger en del af indholdet på erfaringer indsamlet igennem forskellige projekter på Institut for Bioscience, Aarhus Universitet.

2 Metode

Ved etablering af en indeks-hastighedsstation er der en række forhold, som skal være opfyldt i forhold til placering og vandløbets beskaffenhed, for at der opnås optimale målinger. En del af stationsetableringen følger de anbefalinger, der gives i teknisk anvisning B02, omkring oprettelse og drift af traditionelle QH-stationer. Derfor vil der i et vist omfang henvises til denne tekniske anvisning, når det er relevant.

2.1 Placering af målestation

Placering af en indeks-hastighedsstation med en ADH sensor, stiller en del krav til, hvordan vandløbsprofilen ser ud. Da der ved målestationen både skal måles en indeks-hastighed med ADH sensoren, tværsnitsareal og vandstand til areal-vandstandsrelationen og vandføring, skal målestationen opfylde en række krav til placering og vandløbets udformning. Der vil i det følgende blive gennemgået nogle generelle krav til vandløbsstrækningens udformning, og i afsnit 3 bliver der givet en specifik vejledning i placering af indeks-hastighedsprofilen og areal-vandstandsprofilen.

Generelt skal målestedet opfylde de krav, der stilles til etablering af en hydrometrisk station til QH-metoden, som beskrevet i Teknisk anvisning B02. Den eneste undtagelse i forhold til anvisningerne i B02 er, at indeks-hastighedsstationer kan benyttes i vandløb, hvor der forekommer stuvning. Målestationen skal dog stadigvæk placeres på en forholdsvis lige vandløbsstrækning, uden store forhindringer og tilløb i en strækning på fem til ti vandløbsbredder opstrøms og nedstrøms, for at undgå turbulens eller andet, der kan genere særligt indeks-hastighedsprofilen.

Overordnet anbefales det, at stationen placeres under en bro. Grunden til dette er, at der under broer typisk er et veldefineret tværsnitsprofil, hvor ADH sensoren kan opsættes på broen, hvor den er mindre udsat i forhold til at fange løse grøde (mere om dette i afsnit 3) og kanterne er stabile. Samtidig vil broen skygge og hæmme grødevæksten. Generelt må der ikke være grøde i området omkring målestationen, da det kan skabe turbulens, samtidig med at hastighedssensoren ikke måler korrekt, hvis grøde vokser ind i måleområdet.

Vandløbsmyndigheden og lodsejeren kontaktes forud for etablering af målestationen, og hvis nødvendigt, indhentes relevante tilladelser.

Måleudstyret skal placeres over højst mulige vandstand. Nær kysten kan denne findes ud fra højvandsstatistikker f.eks. Kystinspektoret: www.klimatilpasning.dk

2.2 Udstyr

Målestationen skal udstyres med to typer instrumenter: en ADH sensor til hastighedsmålinger og en sensor til kontinuert registrering af vandstanden. Sensorerne kan være integreret i samme instrument med tilhørende datalogger, eller det kan være særskilte instrumenter med ekstern datalogger. Derudover skal der etableres et skalabræt til manuel aflæsning af vandstanden.

2.2.1 Automatisk vandstandsmåler, skalabræt og datalogger

I forbindelse med etableringen af areal-hastighedsrelationen skal der opsættes en sensor til automatisk vandstandsregistrering. Samtidig skal der opsættes et fast skalabræt, som benyttes til kotefastsættelse og som kontrol af sensoraflæsningerne. I Teknisk anvisning B02 beskrives, hvilke typer vandstandssensorer og dataloggere der findes, samt muligheder for datatransmission. Da de samme retningslinjer gælder omkring vandstandsregistrering i forbindelse med indeks-hastighedsstationer, vil der ikke i denne tekniske anvisning blive gået mere i detaljer omkring dette, men der henvises til Teknisk anvisning B02.

2.2.2 Akustisk Doppler hastighedssensor

Betegnelsen ADH sensorer dækker over en samlet type af sensorer, der kan måle vandhastigheden i vandløb ved hjælp af lydbølger. ADH sensorer udsender lydbølger ved en kendt frekvens, og når lydbølgerne rammer små partikler i vandet, som bevæger sig med vandets hastighed, reflekteres en del af lydsignalet. Det reflekterede lydsignal vil have en frekvens som afviger fra den oprindelige frekvens af det udsendte lydsignal. Dette skift i frekvens er proportionalt med hastigheden af partiklen i vandet, og det er dermed dette skift i frekvens (Doppler skiftet), som kan omsættes til en vandhastighed (Gordon, 1996).

ADH sensorer kræver generelt en vis vanddybde, eftersom lydsignalet ikke må ramme hverken vandoverfladen eller vandløbsbund og -sider, da det forstyrrer det tilbagereflekterede signal. Samtidig kan ADH sensorernes signal forstyrres, hvis der er for meget sediment i vandsøjlen. Typisk vil et almindeligt dansk vandløb dog ikke have så meget suspenderet materiale, at det forhindrer en måling.

Overordnet er der to typer af ADH sensorer, som er dem der oftest benyttes til at etablere indeks-hastighedsrelationer. Den ene type er designet til monitorering på vandløbsbunden, hvor lydbølgerne sendes lodret op fra bunden. Den anden type er designet til monitorering i siden af vandløbet, hvor lydbølgerne sendes på tværs af vandløbets strømningsretning.

Afhængigt af hvilken producent der står bag ADH sensoren, vil der være forskellige retningslinjer omkring, hvilken målefrequens og dermed rækkevidde som sensoren har. Derfor vil det være nødvendigt at undersøge specifikationerne for den enkelte sensor for at finde den type, der passer bedst til dimensionerne af vandløbet, hvor målestationen skal oprettes.

2.2.3 Datalogger og datatransmission

Der findes mange forskellige dataloggere, der kan anvendes til opsamling af både vandstandsdata og data fra ADH sensorerne. I nogle tilfælde er registreringsenheden integreret med dataloggeren, hvilket især er en fordel, hvis der ikke skal måles andre parametre på den samme station. Dataloggeren kan evt. forsynes med en enhed til automatisk overførsel af data via telefon- eller internettet.

3 Placering og opsætning af instrumenter

Ved oprettelse af en målestation hvor indeks-hastighedsmetoden skal benyttes, skal der etableres to forskellige måleprofiler. Det ene profil er det som ADH sensoren skal måle indekshastigheden i. Det andet profil er det profil, hvor der etableres en relation i mellem vandstanden og tværsnits-arealet, og hvor der foretages kontrolmålinger af vandføringen.

I de følgende afsnit vil det blive gennemgået, hvordan de to typer tværsnitsprofiler etableres, og hvordan instrumenterne opsættes.

3.1 Placering af areal-vandstandsrelationen og opsætning af vandstandsmåler

Tværsnitsprofilet, som skal benyttes til at etablere areal-vandstandsrelationen, skal placeres så tæt på ADH sensoren som muligt, evt. i det samme profil, sådan at eventuelle ændringer i strømningsregimet påvirker begge målinger lige meget.

Når placeringen af profilet er besluttet, skal tværsnitsarealet fastlægges. Det er hele tværsnittet, der skal opmåles, dvs. ikke kun den beskyllende del men tværsnittet fra kronekant til kronekant. Tværsnitsarealet skal være placeret vinkelret på strømningsretningen og tværsnitsarealet kan bestemmes på flere forskellige måder. Hvis vandløbet kan krydses af en person, kan en GPS og/eller et stadie benyttes, og der udføres et antal målinger, så der opnås en detaljeret beskrivelse af profilet. Alternativt kan den vandfyldte del af tværsnittet bestemmes ved hjælp af f.eks. en acoustic Doppler current profiler (ADCP), som så kombineres med manuelle GPS-målinger ved kanterne op til kronekanten (se eksempel i fig. 1). Der skal være overlap med de manuelle målinger, da ADCP'en ikke måler helt til overfladen. Det er vigtigt, at den præcise placering af tværsnitsarealet markeres, f.eks. ved små markeringspæle, sådan at tværsnittet kan genfindes.

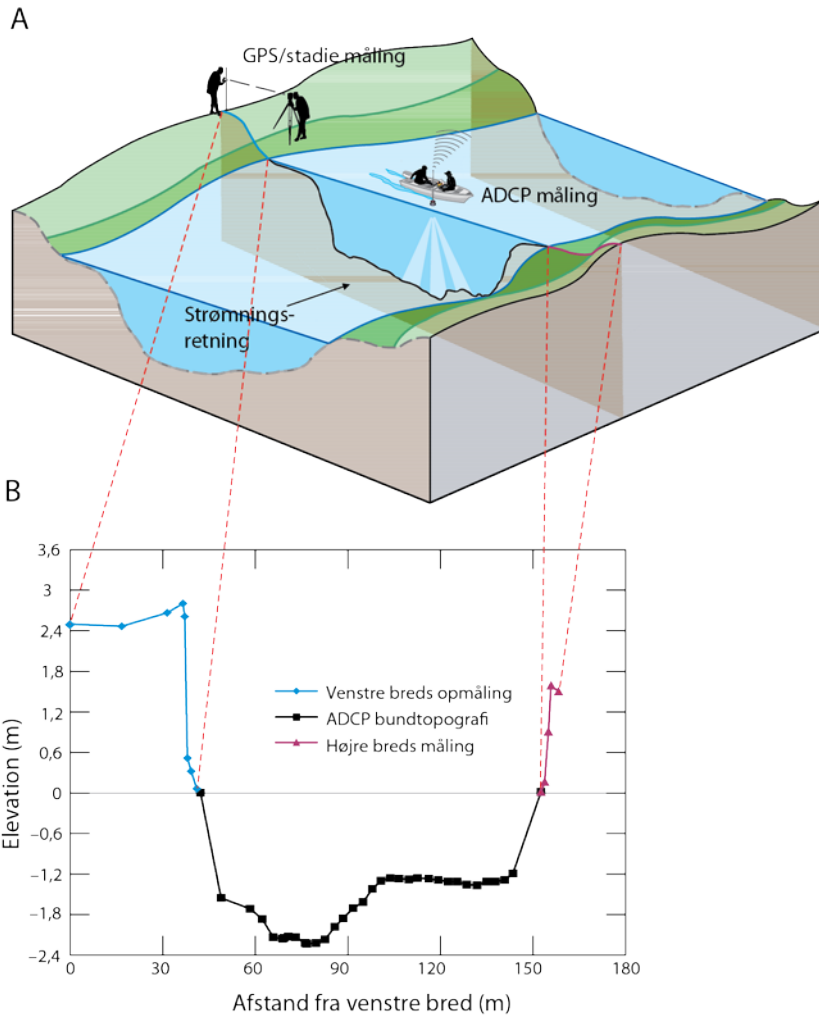


Fig. 1. Skematisk tegning af en opmåling af tværsnitsarealet i areal-vandstandsprofilen (modificeret efter Levesque og Oberg, 2012).

Sammen med fastlæggelsen af tværsnittet skal der endvidere etableres en vandstandsmåler i eller tæt på det valgte tværsnit, sådan at tværsnits-arealet kan relateres til en given vandstand. Vandstandsmåleren etableres som beskrevet i Teknisk anvisning B02.

I nogle typer ADH sensorer er der indbygget en tryktransducer i selve sensoren, samtidig med, at der er knyttet en datalogger og et display til sensoren. Hvis det opmålte tværsnitsprofil indlæses sammen med information om målte gennemsnitshastigheder, kan sensoren indstilles til direkte at beregne areal-vandstandsrelationen og dernæst indeks-hastighedsrelationen. Hvis en sådan ADH sensor benyttes, skal areal-vandstandsprofilen opmåles i det samme profil som indeks-hastighedsrelationen fastlægges.

3.2 Placering af indeks-hastighedsprofilen og opsætning af ADH sensor

3.2.1 Placering af indeks-hastighedsprofilen

Eftersom ADH sensoren benyttes til at etablere en indeks-hastighedsrelation mellem en hastighed målt i én dybde af ADH sensoren og en gennemsnitshastighed for hele profilen, er det vigtigt, at ADH sensoren måler på et repræsentativt volumen i vandløbet. Derfor skal profilen, hvor der skal måles en indeks-hastighed med ADH sensoren, have en regulær fordeling af hastigheden, og der må ikke være turbulens, hvirvler eller stillestående vand i profilen. Generelt skal det foretrækkes, at indeks-hastighedsprofilen etableres under en bro eller i et vandløb med faste kanter, da det i de fleste tilfælde vil sikre et relativt symmetrisk profil. Samtidig gør det monteringen nemmere, og broen vil skygge for grødevækst, der kan forstyrre hastighedsmålingen. Placering ved kommunal grødeopsamlingsplads skal undgås.

Hvis indeks-hastighedsprofilen ønskes opsat ved en bro med flere brofag, kan profilen placeres imellem de midterste bropiller. Dette kræver dog, at broen er etableret på en lige strækning af vandløbet, og at broens sider er faste. Det er dog en forudsætning, at profilen kan tilses (se mere om dette i de følgende afsnit).

Det anbefales, at der udføres en måling med en ADCP eller et andet vandføringsmåleinstrument, i det profil der påtænkes som indeks-hastighedsprofilen. En ADCP måling giver et meget detaljeret billede af vandløbsbundens udformning og hastighedsfordeling af vandstrømmen i tværnsnitsprofilen og kan være med til at afgøre, om profilen er nogenlunde symmetrisk og har en jævn hastighedsfordeling.

I fig. 2 ses to eksempler på vandløbstværsnit målt med en ADCP. Fig. 2 øverst viser en irregulær bund med et irregulært hastighedsprofil, hvor de største hastigheder findes i den ene side (venstre) af vandløbet. Et sådan tværnsnitsprofil er ikke optimalt til ADH målinger, da bunden forstyrrer hastighedsprofilen, og det vil være vanskeligt at måle i en repræsentativ zone af vandsøjlen. Eksemplet i fig. 2 nederst viser et mere regulært profil med en hastighedsfordeling, hvor de største hastigheder ses i en bred zone i den øverste del af vandløbet på tværs af hele profilen. Det er i denne zone, at ADH sensoren optimalt skal måle.

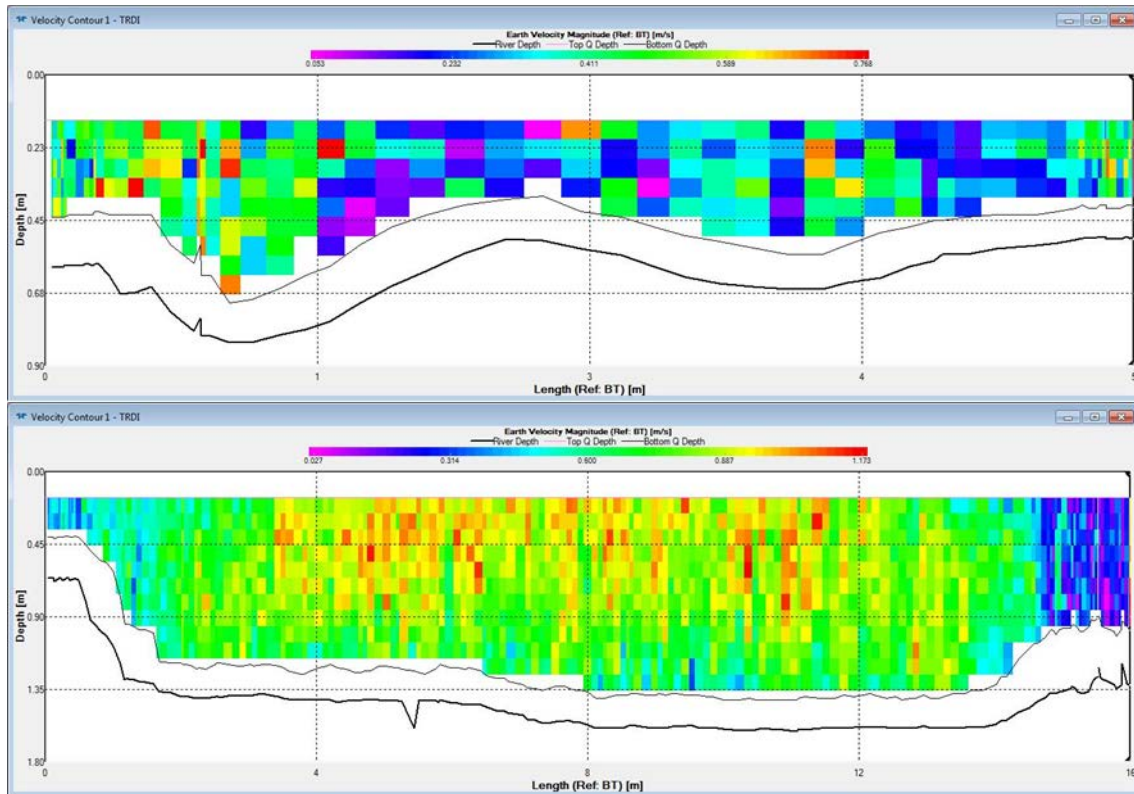


Fig. 2. Eksempler på vandløbs-tværsnitsprofiler målt med en ADCP. Øverst: Måling foretaget i et irregulært profil (Holtum å), nederst: måling udført i et regulært profil (Skjern å).

3.2.2 Opsætning af ADH sensor

Når placeringen af indeks-hastighedsprofilen er fundet, skal det besluttes, om der skal opsættes en ADH sensor i siden af vandløbet, der måler i en horisontal zone (fig. 3a), eller på bunden af vandløbet, hvor der måles i en vertikal zone (fig. 3b). Hvis kun den ene type sensor er til rådighed, skal dette tages med i betragtning ved udvælgelse af indeks-hastighedsprofilen.

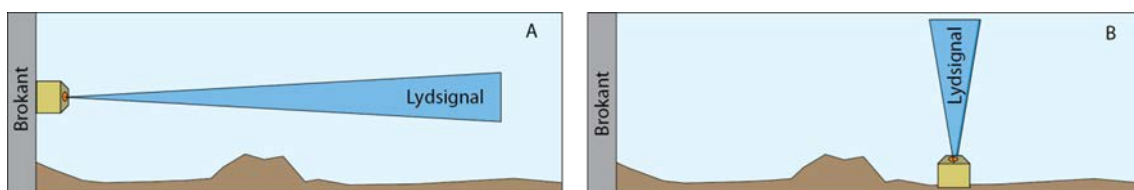


Fig. 3. Skematisk eksempel på placering af en sidekiggende ADH sensor (A) og en ADH sensor placeret bunden (B) (Efter Levesque og Oberg (2012)).

Overordnet vil det typisk være i mindre vandløb, at en ADH sensor opsæt på bunden foretrækkes, eftersom ADH sensorerne opsat ved vandløbskanten kræver en vis vanddybde. Dette skyldes, at sensorerne udsender en kegle af lydstråler, hvis diameter stiger med afstanden (fig. 3). Hvis der er for lav vandet vil en ADH sensor, der sender lydbølger på tværs af vandløbet, risikere, at lydkeglen rammer enten vandoverfladen eller bunden, hvorved signalet

forstyrres. I mindre vandløb vil der samtidig være mindre risiko for, at ADH sensoren på bunden dækkes af sediment, og sensoren kan let vedligeholdes og tjekkes. Endvidere vil ADH sensorer opsat på bunden i et større vandløb måle i kun en lille del af vandvolumenet, og dermed kan indeks-hastighedsrelationen være vanskelig at etablere.

Hvis der installeres en ADH sensor på bunden, skal den placeres i eller tæt ved området med maksimum hastigheder. Sensoren kan placeres direkte på bunden, hvilket dog risikerer, at der skabes turbulens, som kan danne enten et hul eller en sedimentbunke omkring sensoren. Sensoren kan også placeres på et stativ ophøjet lidt over bunden. Denne installation, skal man dog være opmærksom på, formindsker måledybden og gør sensoren mere følsom for grøde og andet materiale, der kan fanges af sensoren. Det er vigtigt, at kablet på bunden sikres forsvarligt og beskyttes.

I forhold til den indeks-hastighed, der skal måles, er en placering centralt i vandløbet at foretrække. Dette kan dog øge risikoen for sedimentation, der vil dække sensoren, og derfor kan sensoren også opstilles i den ene side, hvis tværsnitsprofillets form tillader det, og hvis det stadigvæk kan give en stabil indeks-hastighedsrelation. Det skal nævnes, at det formentlig kun er i en mindre del af de danske vandløb, at en ADH sensor på bunden vil være optimal, bl.a. pga. risikoen for sandvandring.

Den side-kiggende ADH sensor skal monteres sådan, at den peger vinkelret på strømmingen og sidder i en højde, hvor den ved en gennemsnits-vandstand måler i området med gennemsnitshastighederne (ca. i 0,6*dybde under vandoverfladen) enten i hele eller en del af profillets bredde. Zonen med gennemsnitshastigheder vil ændre placering relativt til bunden, afhængigt af vandstanden (se eksempel i fig. 4). Det kan derfor være vanskeligt at placere en sidekiggende ADH sensor i et vandløb med store forskelle imellem høj og lav vandføring, da det vil være vanskeligt at placere sensoren, så den i hovedparten af tiden måler i området med gennemsnitshastigheder.

Samtidig med at ADH sensoren skal opsættes, så den måler i det rette område af hastighedsprofillet, skal det også sikres, at ADH sensoren ved alle vandstande sidder så langt under vandoverfladen, at der ikke opstår problemer med interferens imellem lydsignalet og vandoverfladen eller direkte tørlægning ved lave afstrømninger. Derfor er det vigtigt, at der forud for opsætningen af ADH sensoren er udført en analyse af variationerne af vandstanden i vandløbet. Dette kan gøres f.eks. med information fra nærliggende hydrometriske stationer og ved at undersøge lokaliteten, f.eks. om brinkerne er meget høje eller bærer præg af høje vandstande. Under en bro vil man typisk kunne få et godt indtryk af vandstandsvariationer ved at kigge på farveforskelle på selve broen og bromundingens størrelse.

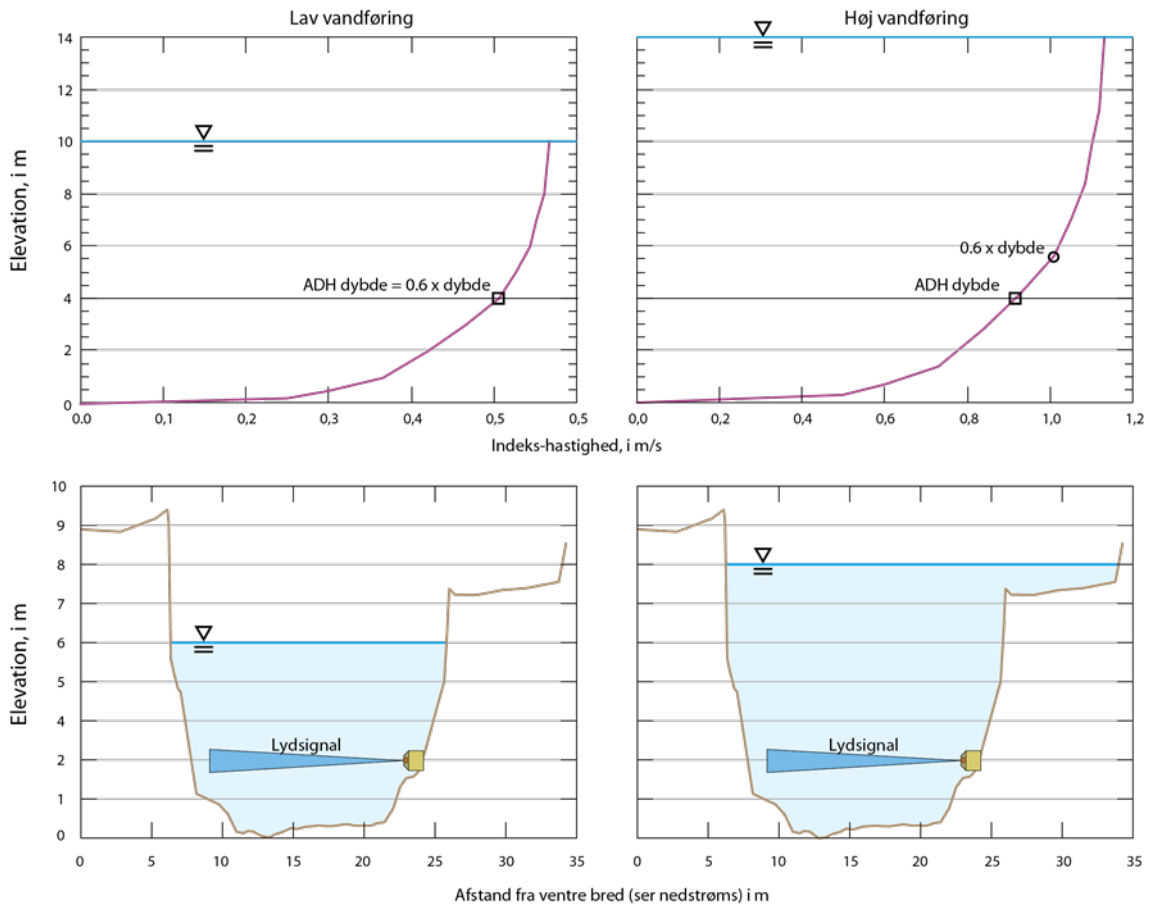


Fig. 4. Skematisk eksempel på, hvordan ADH hastigheden ændrer placering i hastigheds-profilet (øverst) og hvordan ADH sensorens placering ændrer placering i tværsnitsprofilet (nederst) med vandstanden (efter Levesque og Oberg (2012)).

Selve monteringen af ADH sensorerne på brinken eller bunden vil afhænge helt af de lokale forhold, vandløbets størrelse, eventuel sikring i et tæt befolket område osv. Nogle ADH sensorproducenter sælger forskellige stativer til opsætning af sensoren. Det vigtigste er dog, at sensoren sidder forsvarligt fast, både så den ikke kan rives løs af vandstrømmen, og så den ikke kan skride over tid, sådan at det ikke er det samme volumen, der måles i. Både ved installation af ADH sensoren på brinken og på bunden er det vigtigt, at sensorerne er opsat sådan, at de kan tages op og renses og så placeres det samme sted efter endt rensning. For den sidekiggende ADH sensor gælder det både for den vertikale og horisontale placering af sensoren, som skal være nøjagtigt den samme til alle tidspunkter. Dette er meget vigtigt i forhold til at bevare indeks-hastigheden. Ved sensoropsætning og efterfølgende stationseftersyn skal det tjekkes, om lydsignalet rammer noget. Det er særligt vigtigt, at det sikres ved opsætningen, at lydsignalet ikke rammer bunden. Det specifikke instrument vil have en guide til test for interferens og forstyrrelser af signalet.

I de tilfælde, hvor det ikke er muligt at opsætte den sidekiggende ADH sensor under en bro, skal sensoren opsættes på et solidt stativ ved vandløbskanten. Dernæst vil det oftest være nødvendigt at opsætte en skærm eller lignende opstrøms sensoren, som kan dirigere flydende grøde uden om sensoren. Ulempen ved denne opsætning er nemlig, at det ofte vil være

nødvendigt at opsætte selve sensoren og stativet et stykke ude i tværsnitsprofilen for at sikre en tilstrækkelig dybde. Det betyder, at stativet, og dermed sensoren, står meget udsat i forhold til løsrivet grøde (se eksempel i fig. 5). Derfor vil denne type målestation kræve hyppigere tjek af forholdene, særligt i perioder i efterår og vinter med høje afstrømninger, der løsriver grøde fra bunden. I sådanne perioder vil ugentlige besøg være nødvendige, samt besøg efter hver af de største afstrømninger. Sætter grøde sig fast i sensoren og skygger for sensoren, vil målingerne ikke kunne bruges.



Fig. 5. Eksempel på opsætning af ADH sensorer på et stativ ved vandløbskanten, Skjern å.

Målefrekvensen vil afhænge både af instrumenttypen og vandløbet der måles i. Ofte vil en hastighedsmåling for hver 15 – 60 min være tilstrækkeligt, men det vil afhænge af de lokale strømningforhold. Strømningforholdene kan testes i opstartsperioden ved at måle f.eks. i 5 til 10 minutters intervaller. Derefter analyseres målingerne, og det vurderes, om ændringer i strømmingen kan repræsenteres med en lavere målefrekvens. Det er vigtigt, at ADH sensorens tid synkroniseres med vandstandsmåleren, sådan at der ikke sker en tidsmæssig forskydning af de parametre, der indgår i areal-vandstandsrelationen og indeks-hastighedsrelationen.

3.3 Vandføringsmålinger

Der skelnes imellem udførelse af vandføringsmålinger til kontrol af den vandføring, der beregnes ved indeks-hastighedsstationen, og de vandføringer, der skal udføres i den første periode, hvor stationen er i drift, til etablering af indeks-hastighedsrelationen.

Efter opstartsperioden, typisk de første 2 til 3 år, skal vandføringsmålingerne til kontrol af indeksrelationerne udføres mindst 4 gange årligt. Hvis der er online adgang til vandstandssensoren og ADH sensoren, er det kun nødvendigt med yderligere tilsyn i forbindelse med evt. driftsforstyrrelser, eller hvis sensoren er særlig udsat for at opsamle grøde, begroning eller lign. Hvis der ikke er onlineadgang til data, skal der udføres tilsyn ca. en gang om måneden året rundt.

Hvis der er etableret et separat areal-vandstandsprofil, kan vandførings-målingen med fordel udføres i det samme profil. Hvis indeks-hastigheds- og areal-vandstandsprofilet er det samme, udføres vandføringsmålingen nedstrøms i en afstand, så målingen ikke forstyrrer ADH sensorens måling. Som tommelfingerregel skal man ved brug af en ADCP til vandføringsmålingen udføre målingen mindst fem vandløbsbredder nedstrøms den stationære ADH sensor for at undgå interferens imellem de to instrumenter.

Det er underordnet, hvilken type vandføringsinstrument der benyttes, men i alle tilfælde er det vigtigt, at vandføringsinstrumentets tid synkroniseres med både vandstandsmåleren og ADH sensorens tid. Dette gøres for at sikre, at man bagefter kan finde tidspunktet for vandføringsmålingen i ADH dataserien. Hvis ADH sensoren har en lav målefrekvens, f.eks. sådan at en vandføringsmåling kan udføres i tidsrummet imellem to ADH målinger, er det nødvendigt at justere ADH sensoren, sådan at der fås en indeks-hastighedsmåling i det samme tidsrum, som vandføringsmålingen udføres.

Vandføringerne til bestemmelse af indeks-hastighedsrelationen udføres i den første periode efter stationsoprettelsen. Det er vigtigt, at der udføres vandføringsmålinger både ved høje og lave afstrømninger til etablering af indeks-hastighedsrelationen. Som udgangspunkt måles der en vandføring ved stationen 12 gange (månedligt) i de første to-tre år, indtil indeks-hastighedsrelationen er etableret.

Det præcise antal vandføringsmålinger der skal til, for at indeks-hastighedsrelationen kan etableres, afhænger af det enkelte vandløb. Generelt skal dette besluttes i samarbejde i mellem feltpersonale, og dem der udfører databehandlingen.

3.4 Vedligehold af instrumenter

ADH sensorerne skal til alle tidspunkter sidde forsvarligt fastgjort, være fri for grøde og alger og have den samme orientering som ved opsætningen. Dernæst skal det sikres, at måleprofilet er frit for grøde og sedimentban-ker, der kan forstyrre hastighedsmålingerne. Selve sensorerne skal tjekkes i samlingen imellem ledning og instrument et par gange om året. De konkrete vejledninger til dette vil afhænge af instrumenttypen, og der henvises til de specifikke instrumentanvisninger omkring fremgangsmåden.

Vandstandssensoren skal tjekkes som beskrevet i Teknisk anvisning B02, og vandføringsinstrumenterne skal tjekkes, som beskrevet i de instrumentspecifikke vedligeholdelsesvejledninger.

3.5 Tjekliste

Stationseftersyn udføres mindst 4 gange om året, hvis stationen er placeret under en bro, der er online adgang til vandstands- og ADH-data, og hvis indeks-hastighedsrelationen er stabil. Er stationen placeret i det åbne vandløb, og/eller der ikke er online adgang til data, skal stationseftersynet foretages månedligt. Ved stationstilsyn udføres følgende:

- Vandstandsskala aflæses med nøjagtighed på 0,5 cm.
- Skalaen rengøres om nødvendigt.
- Værdien på den automatiske vandstandsregistrering samt dato og klokkeslæt kontrolleres og justeres evt.
- ADH sensoren tjekkes for grøde, algebelægninger og selve opsætningen efteres.
- Samling imellem ADH sensor og strømkabel tjekkes (følg instrumentets brugsanvisning).
- Der udføres et check af lydsignalet på ADH sensoren.
- Strømforsyning kontrolleres og batteri udskiftes evt.
- Hvis data ikke overføres automatisk tages datalogger både til vandstandsdata og indeks-hastighedsdata.
- Evt. silicagel kontrolleres og udskiftes om nødvendigt i vand-standsloggeren.
- Vandføringsmåling foretages i henhold til måleprogram.
- Skalaens kote kontrolleres ca. 1 gang om året. (nivelement af skala 0-punkt)
- Evt. målebrønd gennemskylles ca. 1 gang om året.
- Evt. tryksensor kontrolleres/rensens ca. 1 gang om året.
- Indeks-hastighedsprofilen og areal-vandstandsprofilen renses for grøde i profilerne mindst en vandløbsbredde op- og nedstrøms profilerne.
- Det tjekkes at tidsindstillingerne på ADH sensoren og vandstands-måleren er identiske.

4 Databehandling

Data, resultater og bemærkninger i forbindelse med stationstilsyn og måling nedskrives på papir, bærbar pc eller tilsvarende i felten, og det overføres til database/arkiv umiddelbart efter hjemkomsten. Tilsvarende overføres datafiler fra evt. datalogger eller diagrammer fra registreringsenheden, såfremt data ikke overføres via telefon eller internet.

Alle klokkeslæt registreres i koordineret universaltid, UTC. Således trækkes en time fra i forhold til dansk normaltid (vintertid) og 2 timer fratrækkes i forhold til sommertid.

4.1 Data og dataoverførsel

Følgende data overføres til databasen (Hymer):

- Dato og klokkeslæt (UTC)
- Initialer
- Resultater fra vandføringsmåling (både gennemsnitshastighed og vandføring) (jvf. TA B03 og B04)
- Resultat af genopmåling af tværsnitsprofilet ved areal-vandstandsprofilet (foretages ikke ved hvert stationsbesøg).
- Skalavandstand og skalanr.
- Vandstandsdata fra automatisk vandstandsregistrering.
- Hastighedsdata fra ADH-sensoren.
- Oplysninger om grøde og evt. is.
- Øvrige bemærkninger.

5 Kvalitetssikring

5.1 Kontrol og overvågning af ADH sensor

ADH sensorens lydssignal tjekkes ved hvert stationsbesøg. Dette gøres via det enkelte instrument, enten direkte, hvis ADH sensoren har en permanent skærmenhed tilkoblet, eller ved at koble ADH sensoren til en computer med et instrumentspecifikt program installeret til tjek af lydssignalet. Lydssignalet skal opfylde de kriterier, der er opstillet fra fabrikanten af det enkelte instrument. Hvis ikke dette er tilfældet, skal de forskellige mulige fejlkilder tjekkes, f.eks. lydssignalets målte cellebredde, eventuel interferens med bund, vandoverflade eller andet i måleprofilen. Til dette følges den instrumentspecifikke vejledning i fejlfinding.

ADH sensoren skal til alle tidspunkter holdes fri for grøde, algebelægninger og andet, der kan sætte sig fast i sensoren og på selve opstillingen.

5.2 Kontrol og overvågning af areal-vandstandsprofilen

Areal-vandstandsprofilen skal som udgangspunkt genopmåles hvert år i de første tre år. Er der mistanke om ændringer i profilen, skal genopmålingen udføres hyppigere. Hvis der over tre år ikke registreres nogen ændring i tværsnitsprofilen og i areal-vandstandsrelationen kan genopmålingen reduceres til hvert andet år.

Hvis der ved indeks-hastighedsstationen forekommer en meget stor afstrømningshændelse, skal tværsnitsarealet testes i første omgang visuelt i forhold til eventuelle ændringer i tværsnitsprofilen. Hvis der ses tegn på ændringer, skal tværsnitsarealet i areal-vandstandsprofilen genopmåles. Generelt gælder der, at hvis der i løbet af året opstår mistanke om f.eks. betydelig bundvandring eller andre større ændringer i vandløbets form, skal tværsnitsarealet genopmåles.

5.3 Kontrol og overvågning af indeks-hastighedsprofilen

Indeks-hastighedsprofilen skal til alle tidspunkter holdes fri af grøde, både i profilen og minimum en vandløbsbredde opstrøms og nedstrøms profilen. Det skal endvidere sikres, at der ikke opstår store sandbanker eller andre ændringer i profilen, som kan forstyrre ADH målingen. Det sidste er særligt vigtigt, hvis indeks-hastighedsprofilen ikke er etableret under en bro.

6 Areal-vandstands- og indeks-hastighedsrelationen

Når stationen er oprettet, og tværsnitsprofilerne for både areal-vandstandsrelationen og indeks-hastighedsrelationen er fastlagt, skal selve relationerne etableres. Baggrunden for metoden er, at der ud fra indeks-hastighedsrelationen beregnes en gennemsnitshastighed og ved hjælp af tværsnitsarealet fra areal-vandstandsrelationen benyttes følgende ligning til at beregne vandføringen:

$$Q = (V) * A$$

V angiver gennemsnitshastigheden i tværsnitsprofilet, og A angiver tværsnitsarealet ved den givne vandstand.

I det følgende vil etableringen af de to relationer indeks-hastighedsrelationen og areal-vandstandsrelationen blive gennemgået.

6.1 Areal-vandstandsrelationen

Areal-vandstandsrelationen kræver en detaljeret opmåling af tværsnitsarealet (beskrevet i afsnit 3.1) og vandstandsdata fra vandstandsmåleren. Eftersom tværsnitsarealet af vandløbet opmåles fra kronekant til kronekant og relateres til en målt vandstand, kan tværsnitsarealet estimeres ud fra den kontinuert registrerede vandstand. Der er forskellige metoder til at etablere relationen, sådan at man for en given vandstand kan beregne tværsnitsarealet af vandstrømmen. Der kan enten etableres en beregningsprocedure i et regneark eller benyttes en ADCP til målingen, f.eks. kan programmet AreaComp bruges (<http://hydroacoustics.usgs.gov/indexvelocity/software.shtml>).

6.2 Indeks-hastighedsrelationen

Indeks-hastighedsmetoden bygger på, at der ved hjælp af en række kontrolmålinger i starten af en indeksstations drift etableres en relation imellem vandstrømningens gennemsnitshastighed målt med et vandføringsinstrument og den indekshastighed, ADH sensoren måler. Når relationen er etableret og stabil, kan relationen benyttes til at beregne en kontinuert gennemsnitshastighed ud fra de kontinuerte ADH målte indekshastigheder.

Gennemsnitshastigheden fås ved udførelse af en vandføringsmåling (se afsnit 3.3). Hvis ikke tværsnitsprofilets gennemsnitshastighed kan aflæses direkte på instrumentet, kan det beregnes via ligningen:

$$V = Q/A$$

V er gennemsnitshastigheden i gennem tværsnitsprofilet, A er tværsnitsarealet, og Q er vandføringen målt. Q og A fås fra vandføringsmålingen.

Den simpleste indeks-hastighedsrelation er en lineær funktion i mellem ADH indekshastigheden og profilets gennemsnitshastighed. Det er ikke givet, at en simpel lineær relation kan beskrive forholdet i mellem indekshastighed og gennemsnitshastighed. I sådanne tilfælde vil det være nødvendigt at introducere vandstanden som et tredje parameter, og/eller benytte en mere kompleks funktion (f.eks. polynomium, eksponentiel eller logaritmisk

funktion). Dette vil afhænge helt af det enkelte målested, og yderligere beskrivelse af forskellige metoder kan findes i Levesque og Oberg (2012).

Når der benyttes en indekshastighed fra en periode med en vandføringsmåling, er det vigtigt, at den indekshastighed der benyttes til indeksrelationen er en middelværdi af alle hastighedsmålinger i perioden, hvor Q målingen blev gennemført. Hvis der kun benyttes en øjebliksmåling af indekshastigheden, risikerer man en betydelig fejlestimering af indekshastigheden.

6.3 Kvalitetssikring af den indeks-beregne vandføring

Efter etableringen af indeks-stationen skal de indeksberegne vandføringer løbende kontrolleres. Dette gøres i første omgang ud fra de målte vandføringer, hvor det tjekkes, om de beregnede vandføringer ud fra ADH målingerne stemmer overens med kontrol-vandføringsmålingerne. Generelt skal den ADH beregnede vandføring ikke afvige mere end 10 % fra den målte vandføring.

Hvis kontrolvandføringerne og de ADH beregnede vandføringer afviger mere end 10 %, skal der udføres en nærmere undersøgelse af årsagen. Det første, der kan tjekkes, er, om indekshastighedsrelationen har ændret sig. Dette kan gøres ved at undersøge, om der er opstået en spredning af hastighederne eventuelt efter et givent tidspunkt. Hvis der ses en form for skift i datapunkternes placering, skal det overvejes, om en ny indeks-relation skal etableres. Hvis dette er tilfældet vil det være nødvendigt at starte forfra med etablering af en ny indekshastighedsrelation. Det kan også være sensoren, som er problemet, og der kan derfor udføres et tjek af sensorens målinger, hvilket udføres i henhold til det enkelte instruments instruktioner.

Hvis det ikke er i indekshastighedsrelationen, at problemet er, kan areal-vandstandsrelationen kontrolleres. Dette gøres ved genopmåling af profilet og test af vandstandsmåleren. Hvis tværsnitsprofilet har ændret sig, etableres der en ny areal-vandstandsrelation.

En metode til at beregne, om tværsnitsarealet har ændret sig betydeligt, er ved at etablere en areal-vandstandsrelation for hvert af de seneste år, stationen har været i drift. Dernæst indsættes den samme vandstand i alle funktioner, og de beregnede arealer kan dernæst sammenlignes. Hvis de afviger mere en 10 %, skal det undersøges, om en justering af vandstandsareal-funktionen skal foretages (se endvidere Levesque og Oberg (2012)).

7 Referencer

- Gordon, R. L., 1996. Acoustic Doppler current profiler—Principles of operation: A practical primer. RD Instruments, San Diego, CA, 41 pp.
- ISO 15769, 2014, Hydrometry – Guidelines for the application of acoustic velocity meters using the Doppler and echo correlation methods. International Standard.
- Levesque, V. A., Oberg, K. A., 2012. Computing discharge using the index velocity method. U. S. Geological Survey. Techniques and methods 3-A23, 148p.

8 Bilag

8.1 Relaterede TA'er

B02: Hydrometriske stationer, etablering, drift og vedligeholdelse

B03: Vandføringsmåling med vingeinstrument

B04: Vandføringsmåling med akustisk Dopplerinstrument (ADCP)

B05: Hydrometriske stationer, databehandling og beregninger, QH-stationer

B06: Hydrometriske stationer, databehandling og beregninger, Pumpestationer

B07: Hydrometriske stationer, korrelationsberegning, QQ-station

B09: Vandføringsmåling med elektromagnetisk strømmåler

9 Oversigt over versionsændringer

Version	Dato	Emne	Ændring