

Hvor godt kan vandløbsafstrømning overhovedet måles?

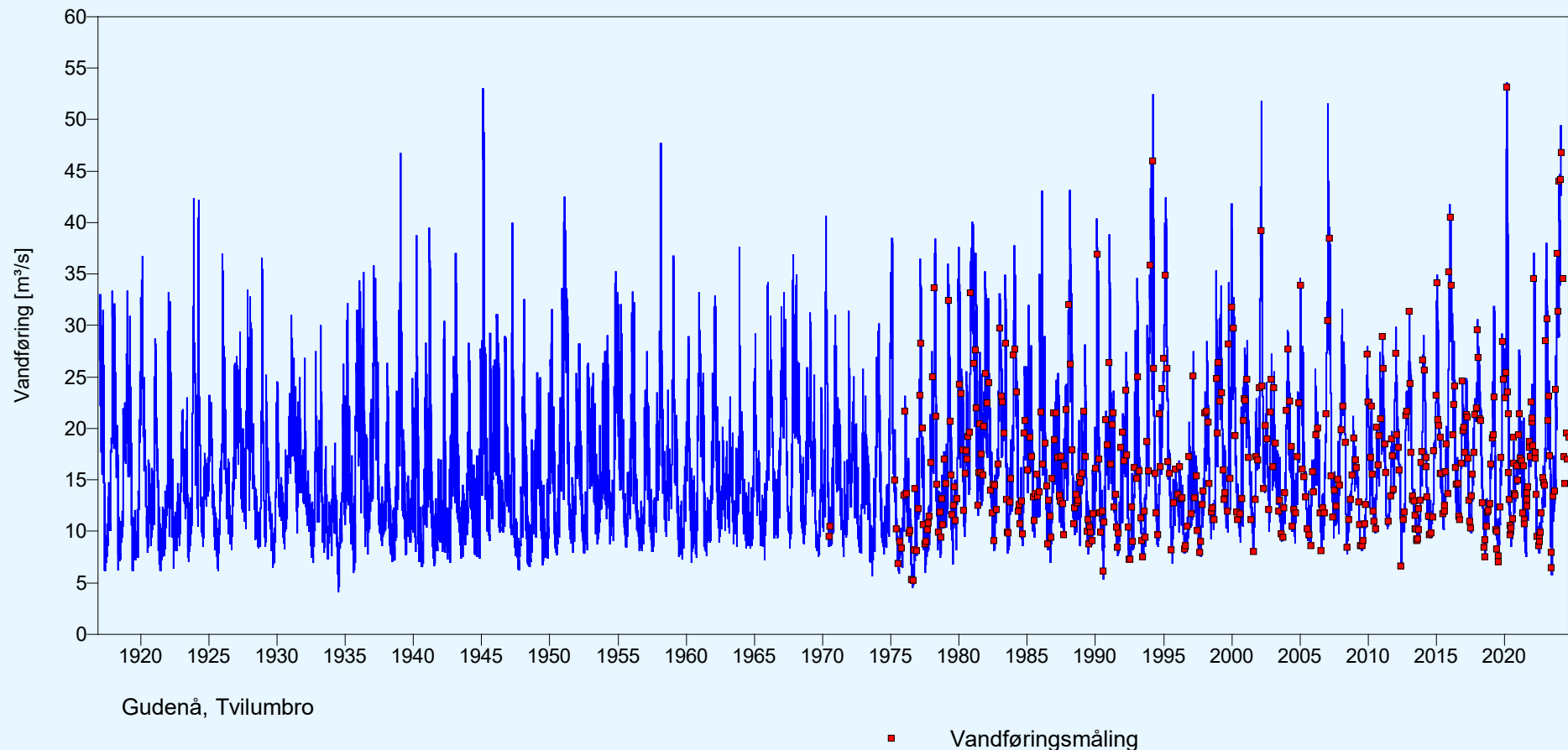
Niels Bering Ovesen
Aarhus Universitet - Ecoscience



Århus Å ved Brabrand, 29/2 2020

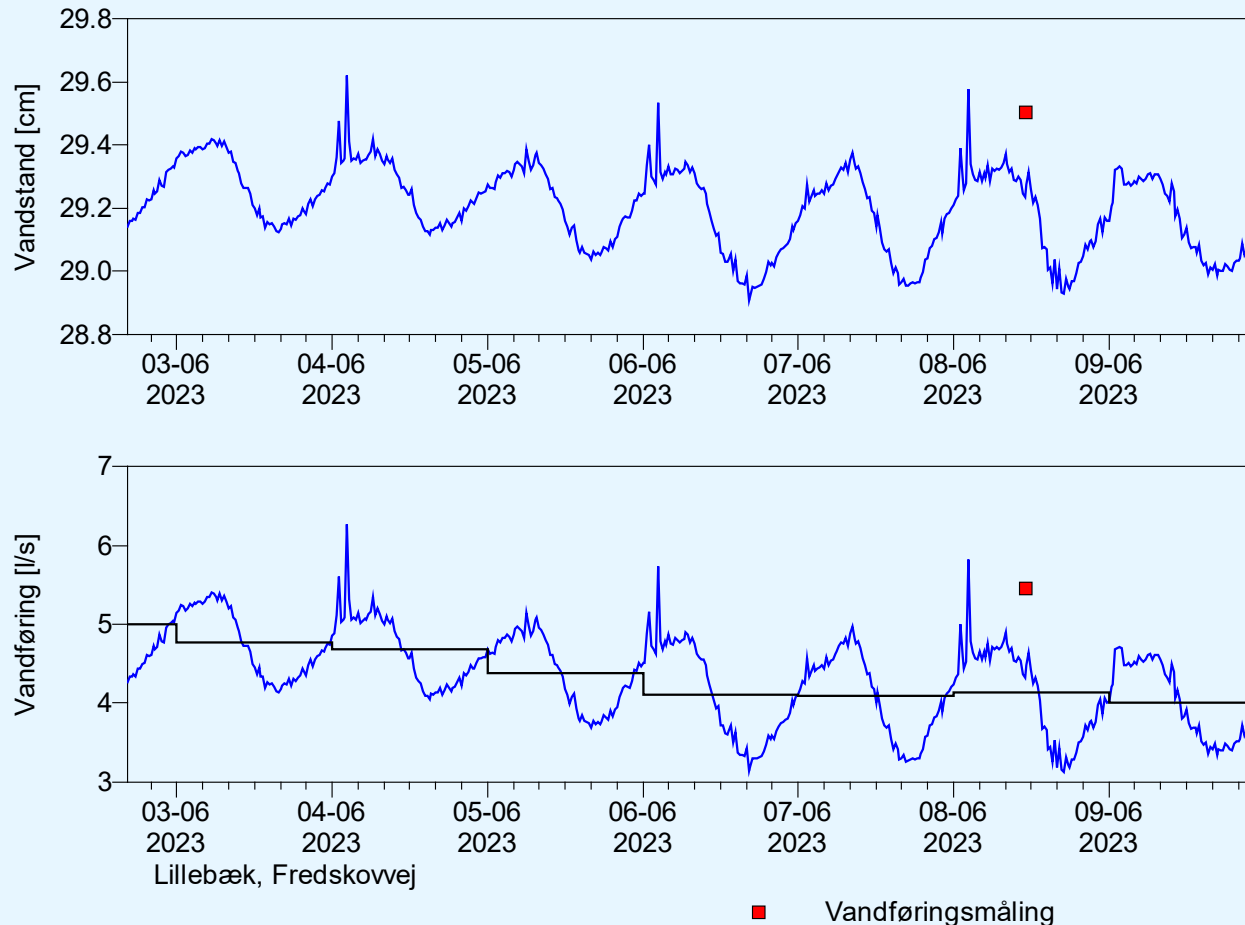
Hydrografen dannes ud fra:

1. Kontinuerlig registrering af vandstanden
2. Målinger af aktuel vandføring
3. Relation mellem vandføring og vandstand (QH-kurver)

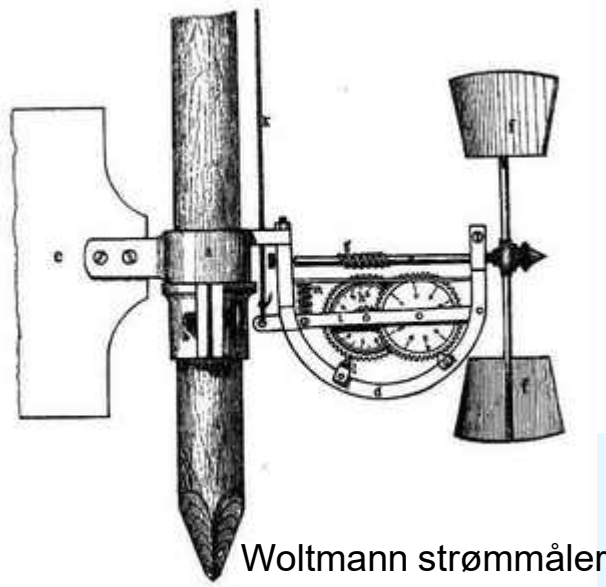


1. Kontinuerlig registrering af vandstanden

- Tidsopløsning: Døgn, varierende, 15 minutter,
- Metode / udstyr: Manuel aflæsning af skala, papirskriver med lod og flyder i brønd, tryksonde.
- Præcision / opløsning: 0,5 cm, 0,1 mm



2. Målinger af aktuel vandføring



Woltmann strømmåler



Universallflügel



Kleinflügel

Vingeinstrumenter – anvendtes i NOVANA programmet fra 1917 til 2017



OTT-MFPro (ECM)

Elektromagnetisk punkthastighedsmåler –
anvendes fra 2014



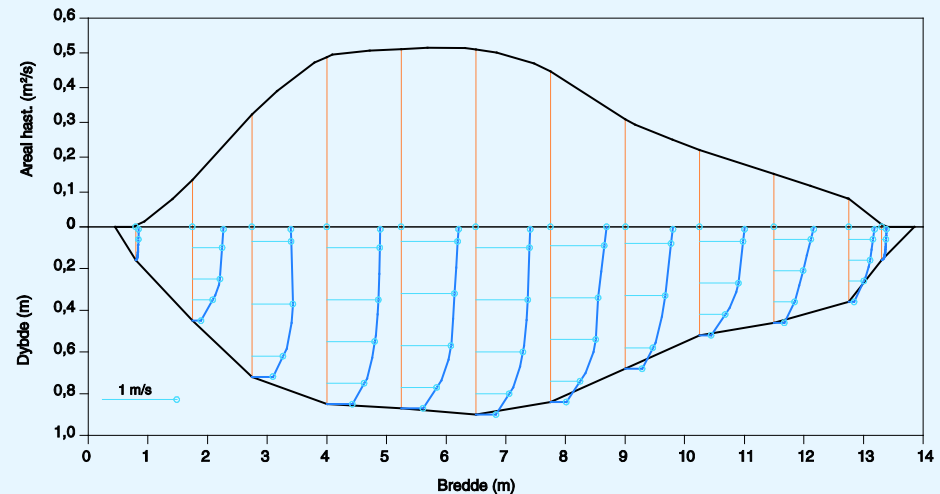
StreamPro (ADCP)

Acoustic Doppler
Current Profiler –
anvendes fra
2005

Procedure for vandføringsmålinger med punkt-hastighedsregistrering, jf ISO 748.

- Antal vertikaler i måleprofilet: 5 – 25 afhængig af bredden. (Tidligere: Flere)
- Antal punkter i hver vertikal: 1 – 5 afhængig af dybden (tidligere: flere)
- Måletid i hvert punkt: 30 sekunder (før 2001: 50 sekunder)

Antal målinger pr. år: 10 – 26 (tidligere: 4 – 6)



Beregning af vandføringsmålinger

- Håndoptegning med planimetrering af arealer (frem til ca. 1975)
- Rette linjer mellem målepunkter (1980- og 90'erne) (giver systematisk for lidt)
- Spline-beregninger (1980- og 90'erne)
- Korder og halveringslinjer (fra 1975 og frem)

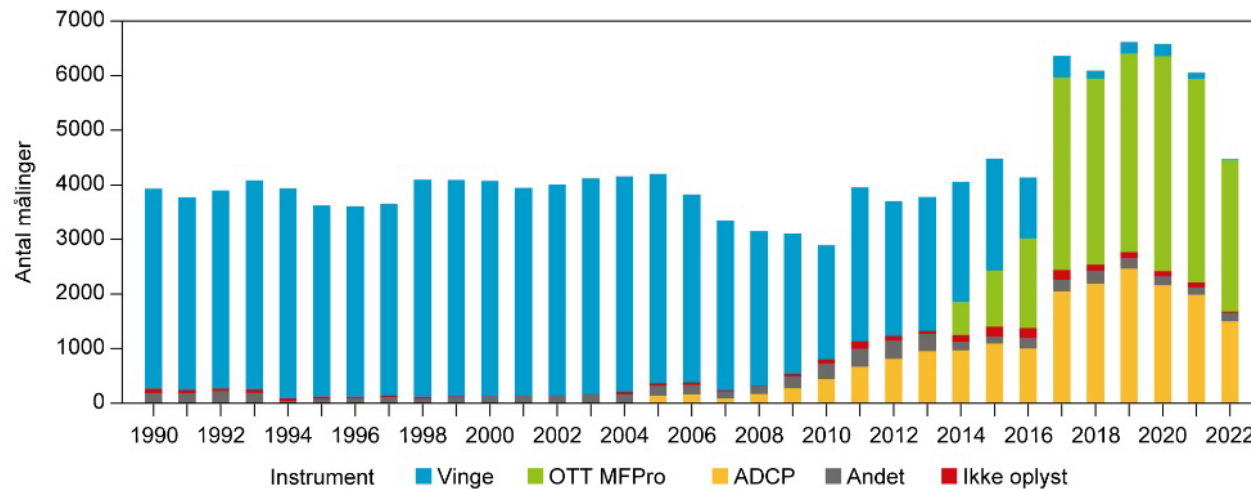
Skift i instrument-type (Vinge - ECM – ADCP)

Betydning af skift i instrument-typer til vandføringsmåling ved hydrometriskstationer i NOVANA

Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 258, 2023

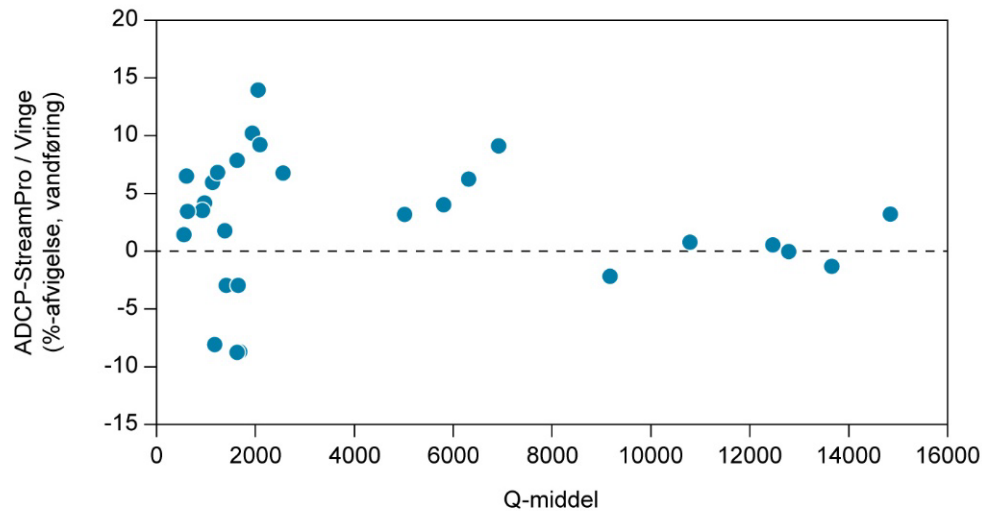
Niels Bering Ovesen, Brian Kronvang, Søren Erik Larsen, Peter Mejlhede Andersen.

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



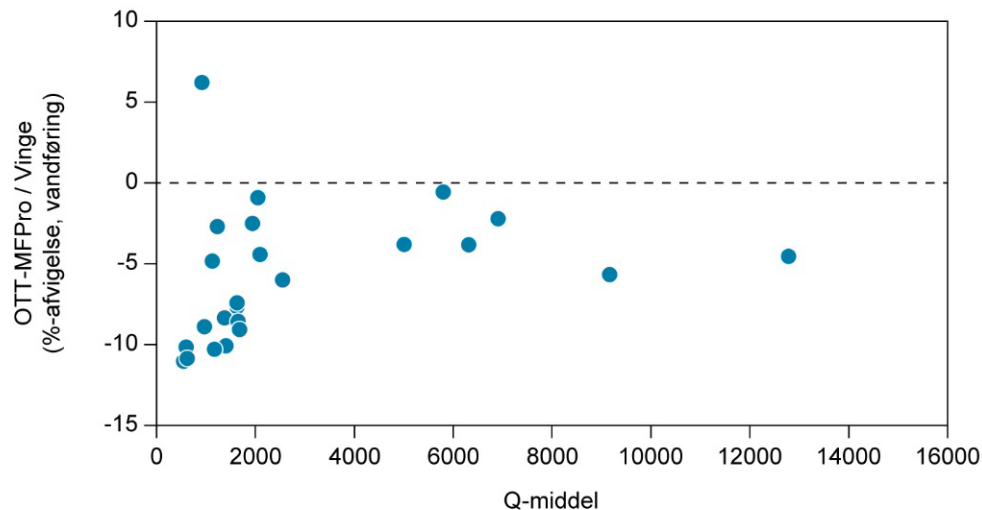
Figur 4.1 Antal vandføringsmålinger ved samtlige hydrometriske stationer under NOVANA-programmet fra 1990 til 2022 med fordeling på de forskellige instrument-typer. (Data for 2022 er ikke komplet).

Test-målinger i 9 større vandløb med (middeldybde over 50 cm). 3 gentagelser.



Figur 6.1. Relativ afvigelse i % mellem ADCP-StreamPro og vingeinstrument i forhold til målt vandføring, Q i l/sek.

ADCP/Vingeinstrument



Figur 6.2. Relativ afvigelse i % mellem OTT-MFPPro og vingeinstrument i forhold til målt vandføring, Q i l/sek.

ECM/Vingeinstrument

Tabel 6.3. Afvigelser i målt vandføring, %. Overordnet test af parvis sammenligning af samtlige målinger fra alle stationerne. Angivelse af signifikansniveau: *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$.

(StreamPro-Vinge) / Vinge, %	(MFPro-Vinge) / Vinge, %	(MFPro-StreamPro) / StreamPro, %
2,6***	-5,7***	-8,2***

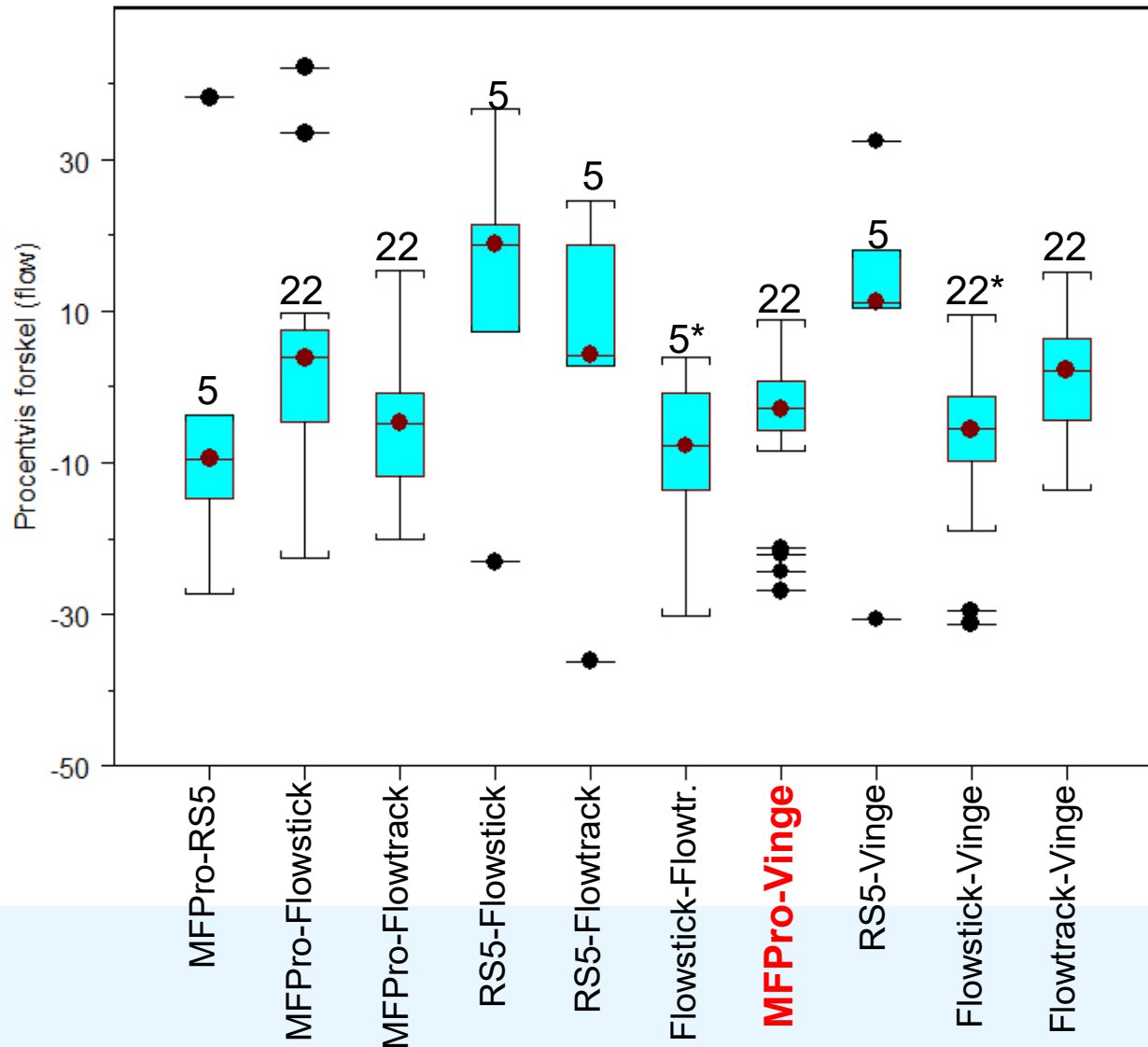
Indførelse af ADCP-StreamPro til måling af vandføring i større vandløb i stedet for det tidligere vingeinstrument (universal flügel) har medført et homogenitetsbrud i vandføringstidsserierne. Homogenitetsbruddet er sket over perioden med indfasning af ADCP-instrumentet - dvs. i årene 2005-2013. I dag måles der vandføring med ADCP i omkring 250 vandløb.

En gennemgang af den eksisterende internationale litteratur med information om sammenlignende målinger med ADCP og vingeinstrument som reference har ikke påvist væsentlige forskelle mellem vandføring målt med de to instrumenter.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har også konstateret homogenitets brud ved anvendelse af deres ADCP-instrumenter.

Undersøgelsen har vist, at OTT-MFPro-instrumentet generelt måler mindre vandføring end både vingeinstrumentet og ADCP'en. I gennemsnit er forskellen i vandføring ift. de to instrumenter signifikant og på henholdsvis -5,7 % (forskel til vingeinstrument) og -8,2 % (forskel til ADCP).

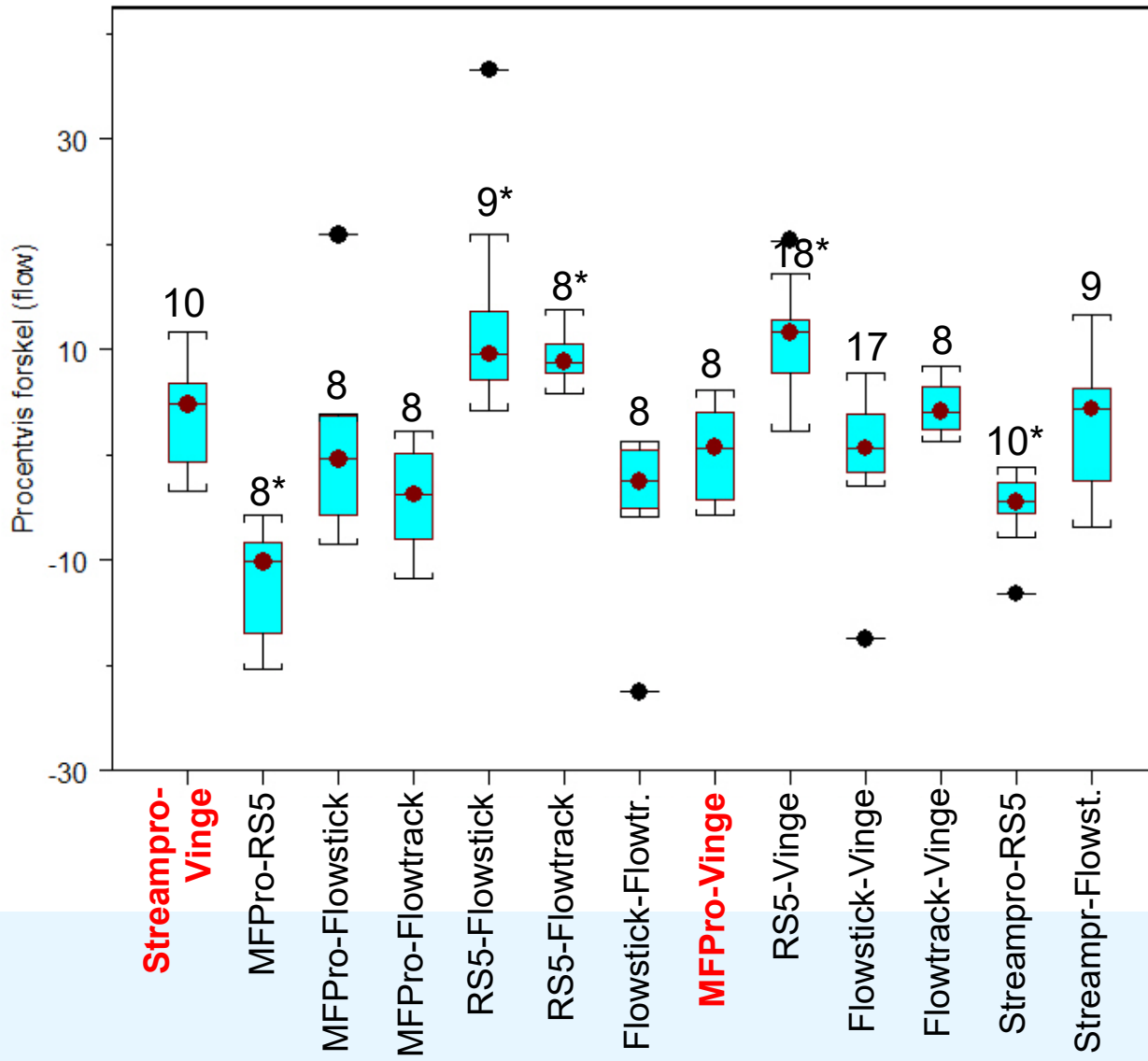
Små vandløb, <25 cm middeldybde



% afvigelse i
forhold til
vingeinstrument:

	MFPro
	(22)
Flow	-5,3
Areal	-0,2
Hastighed	-5,1

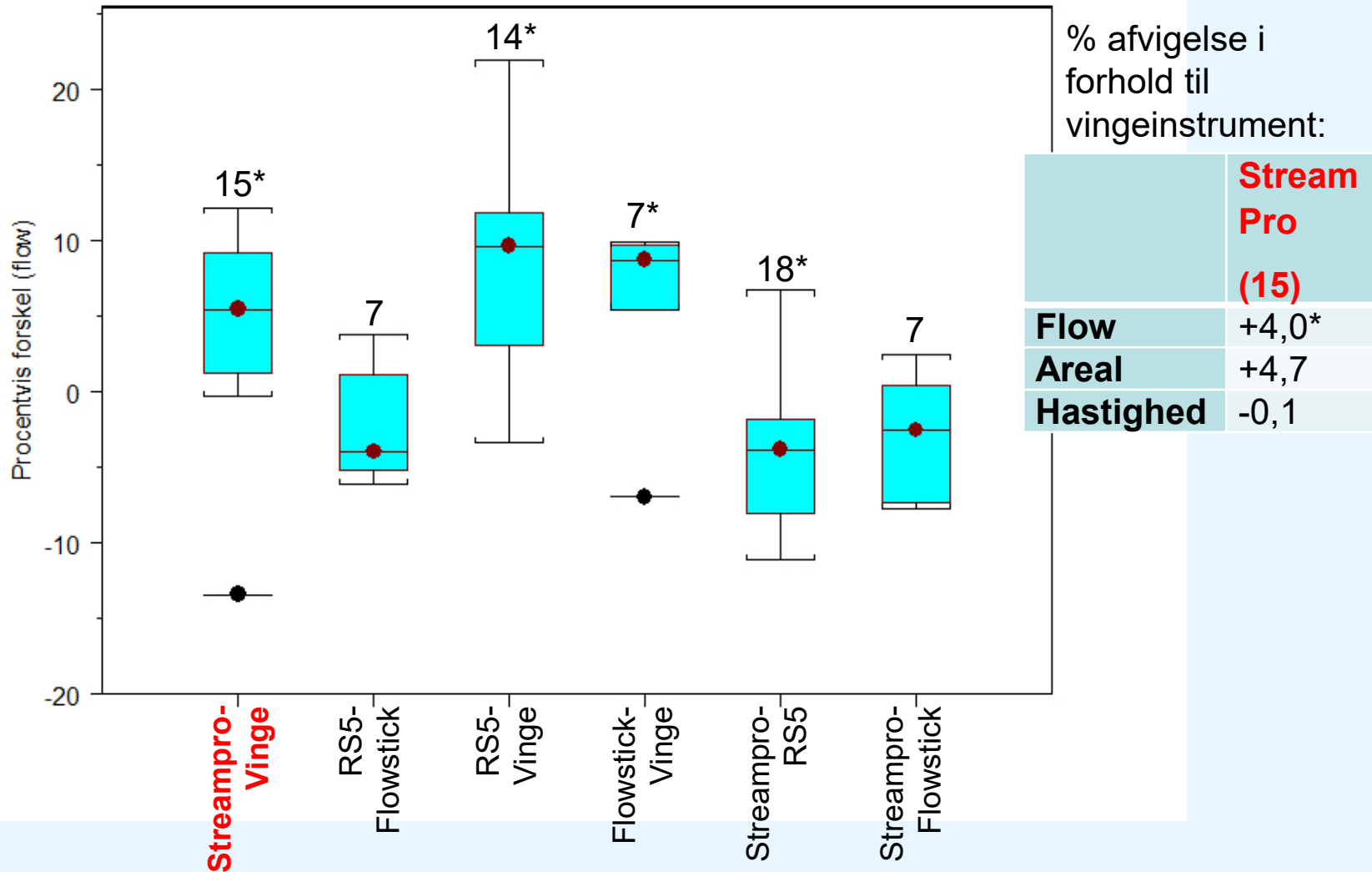
Mellemstore vandløb, 25 til 65 cm middeldybde



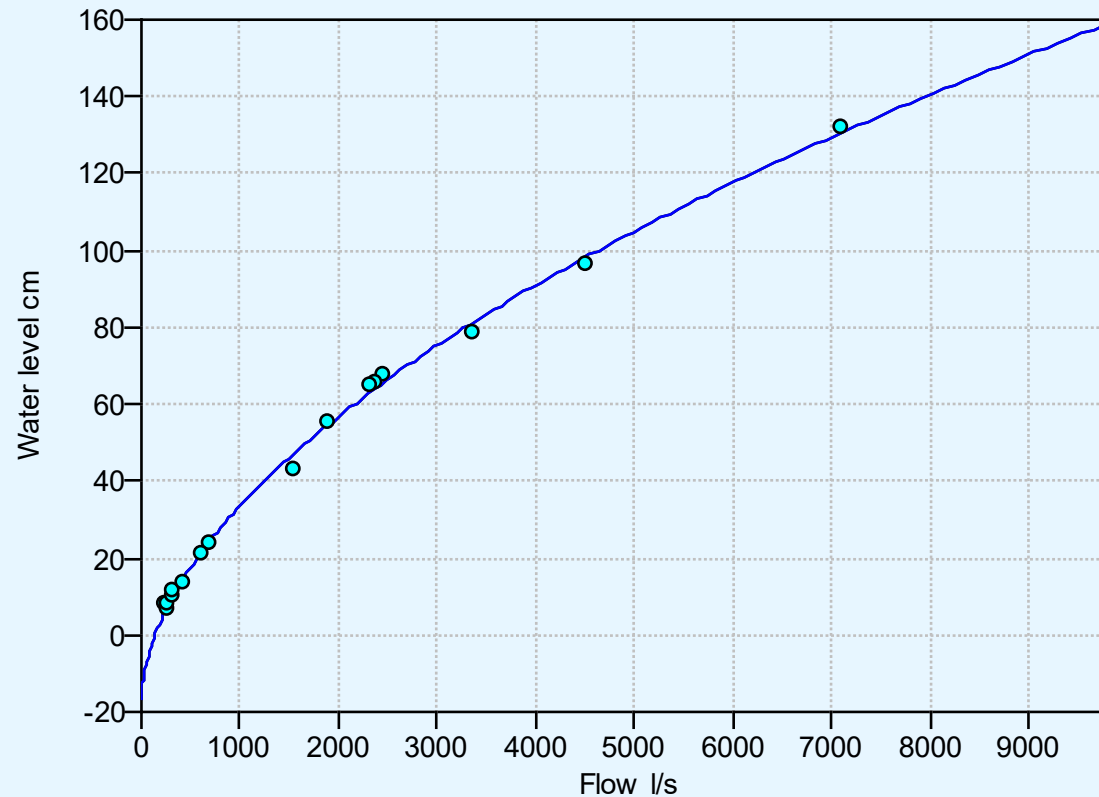
% afvigelse i forhold til vingeinstrument:

	Stream Pro
	(10)
Flow	+3,9
Areal	+4,7
Hastighed	-0,1
	MFPPro
	(8)
Flow	-0,6
Areal	-0,9
Hastighed	-0,9

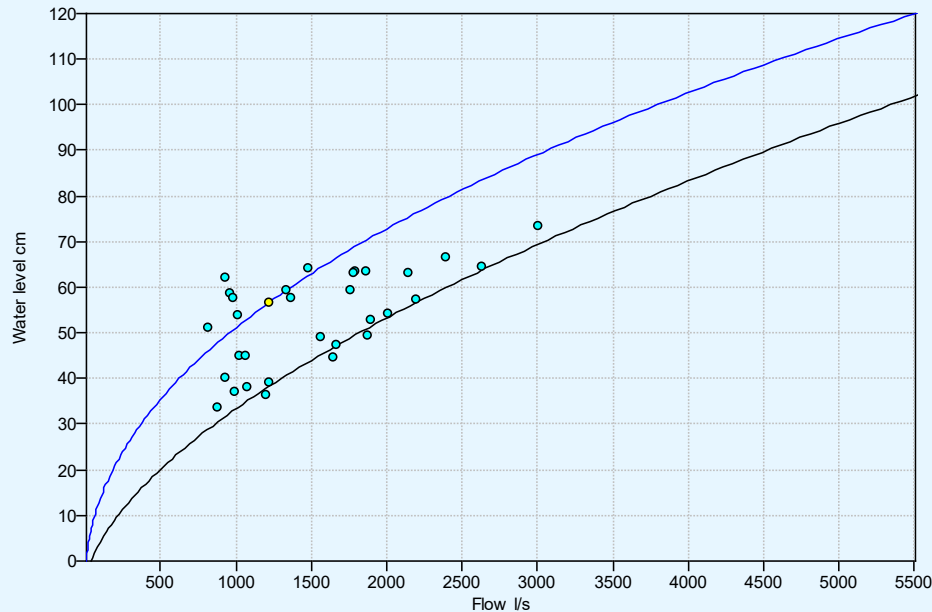
Store vandløb, >65 cm middeldybde



3. Relation mellem vandføring og vandstand (QH-kurver)

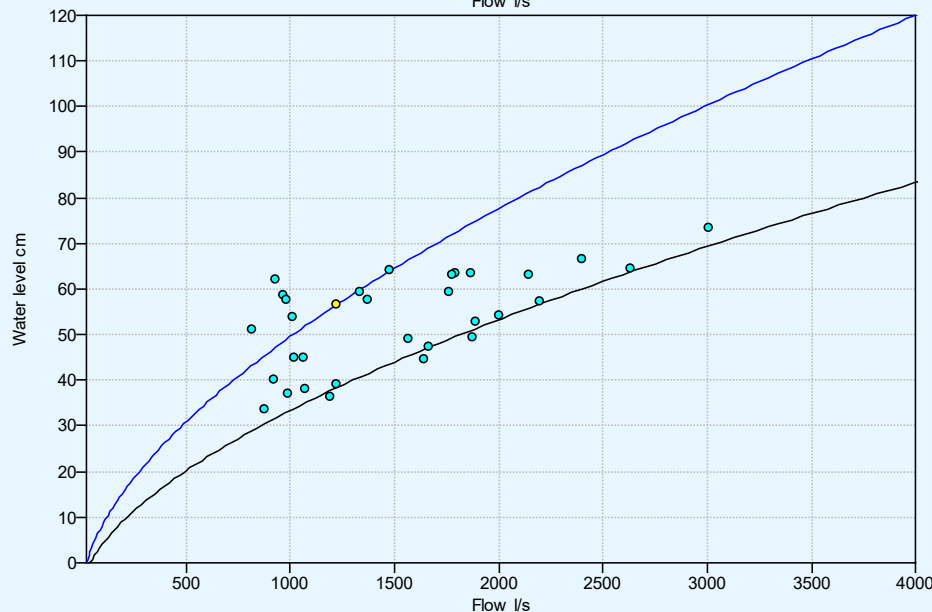


Åmose Å, Bromølle. $Q = 0,72(H + 0,175)^{1,84}$
Fast QH-kurve.



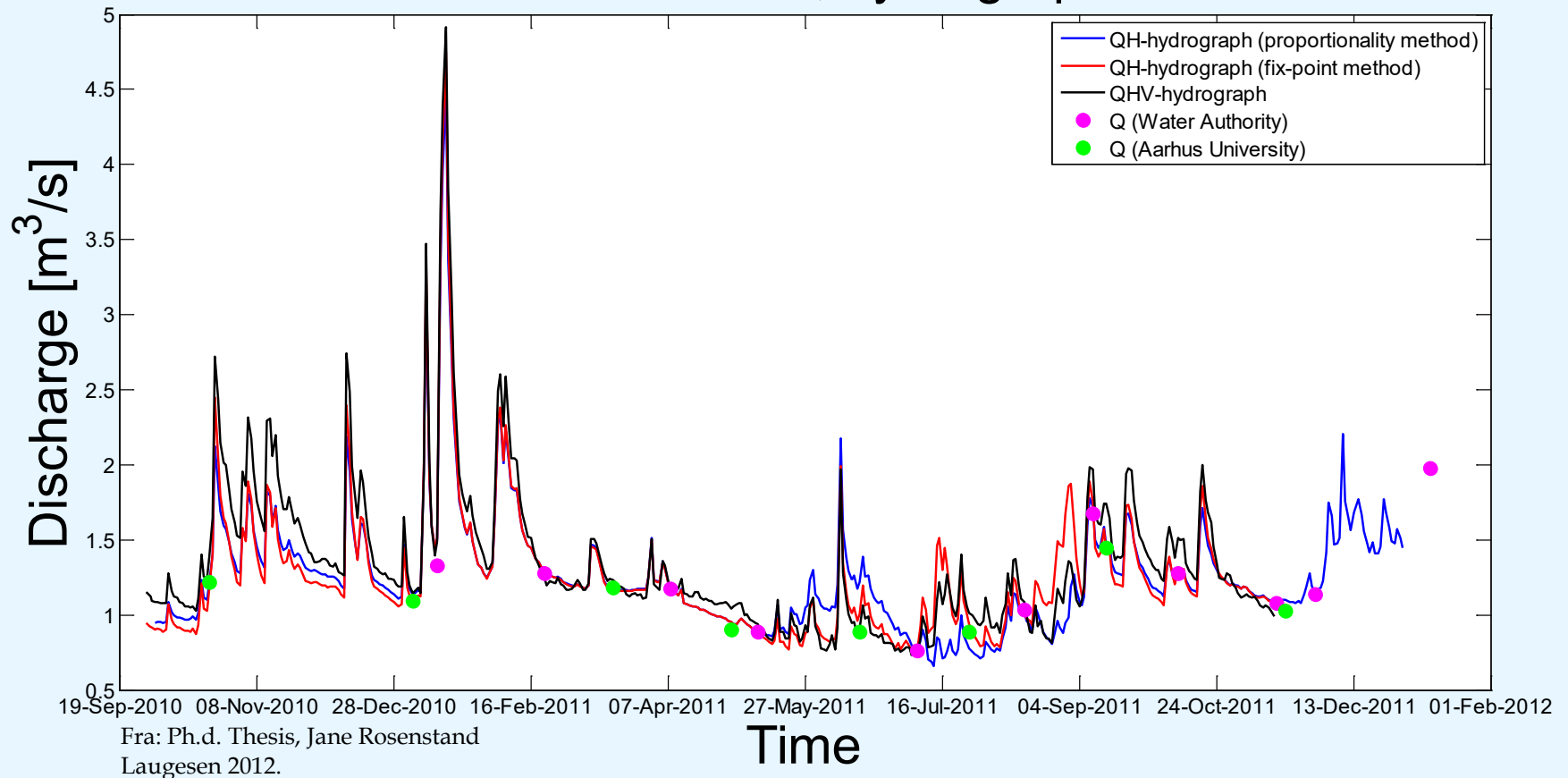
Holtum Å, Hygild. $Q = 2,0(H + 6,00)^{1,69}$

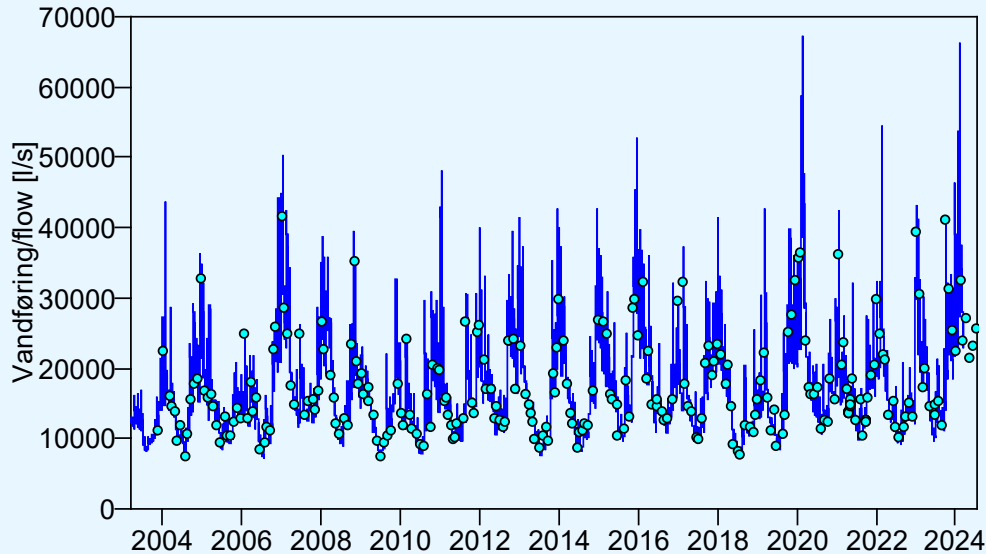
Dynamisk QH-beregning,-
fixpunktmetoden. (aftagende
betydning af grøden med
højere vandføring)



Dynamisk QH-beregning,-
proportionalmetoden. (samme
betydning af grøden med
højere vandføring)

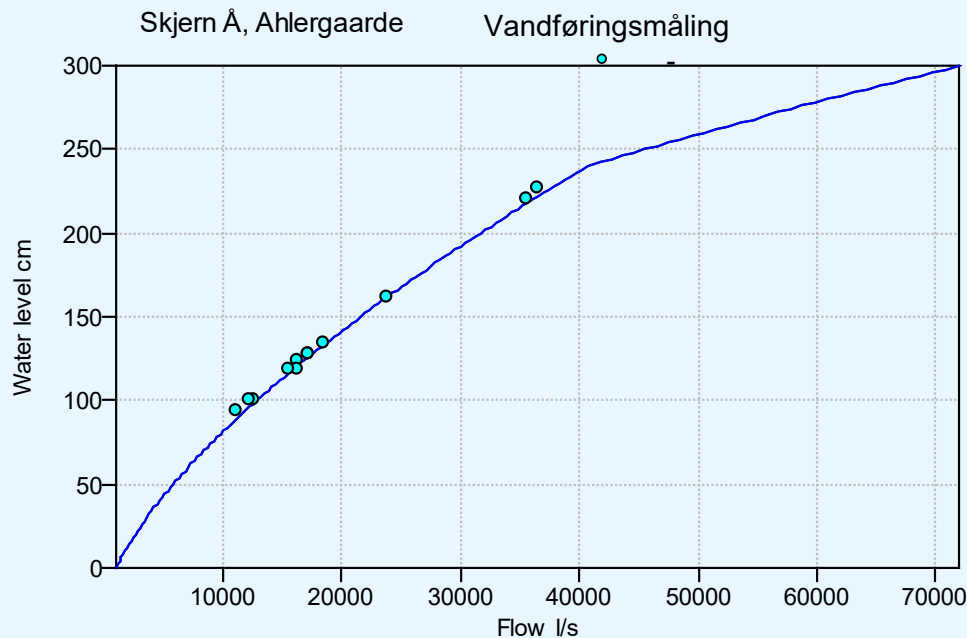
Holtum stream, hydrographs





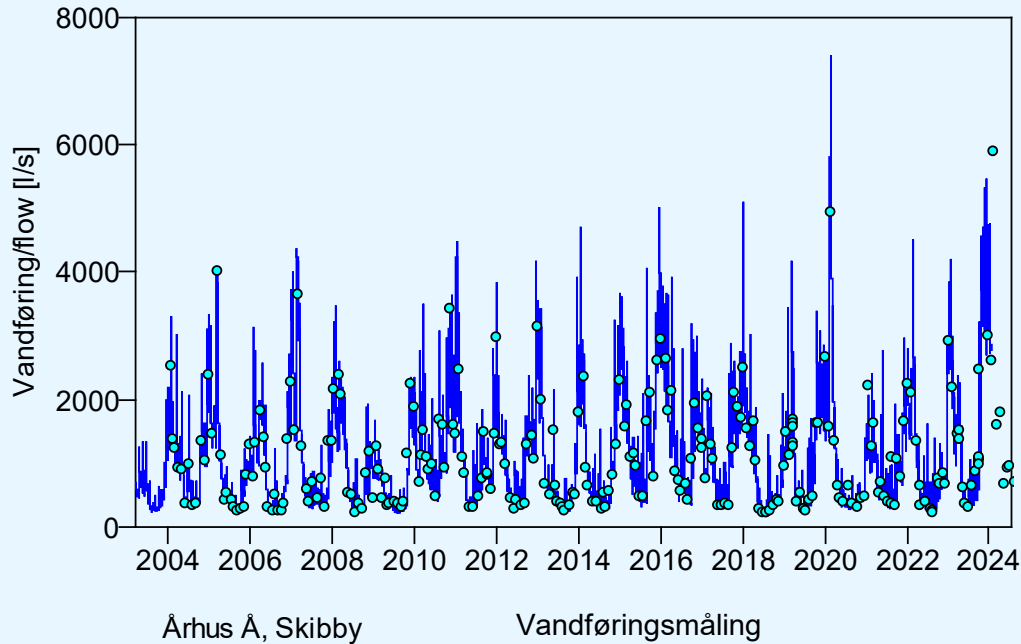
Skjern Å, Ahlergaarde, 1920 -

Ingen vandføringsmålinger ved maxima, da vandløbet går over sine bredder, med betydelig strømning på de tilstødende engarealer.

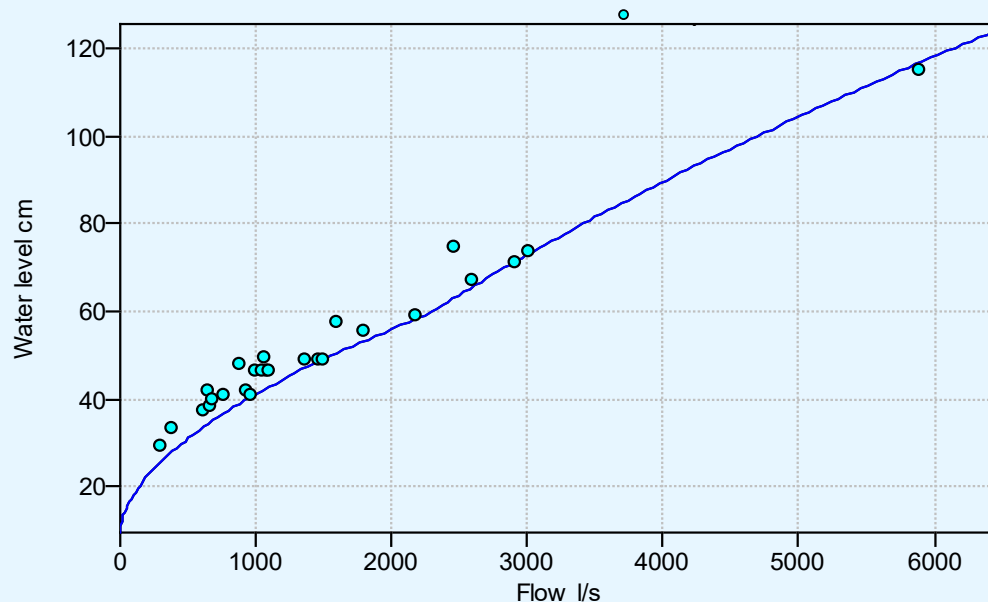


$$H < 240: Q = 9,02(H + 26,50)^{1,52}$$
$$H > 240: Q = 24,94(H - 106,0)^{1,52}$$

Ekstrapolation af QH-kurven er estimeret på basis af data fra nærliggende målestationer.



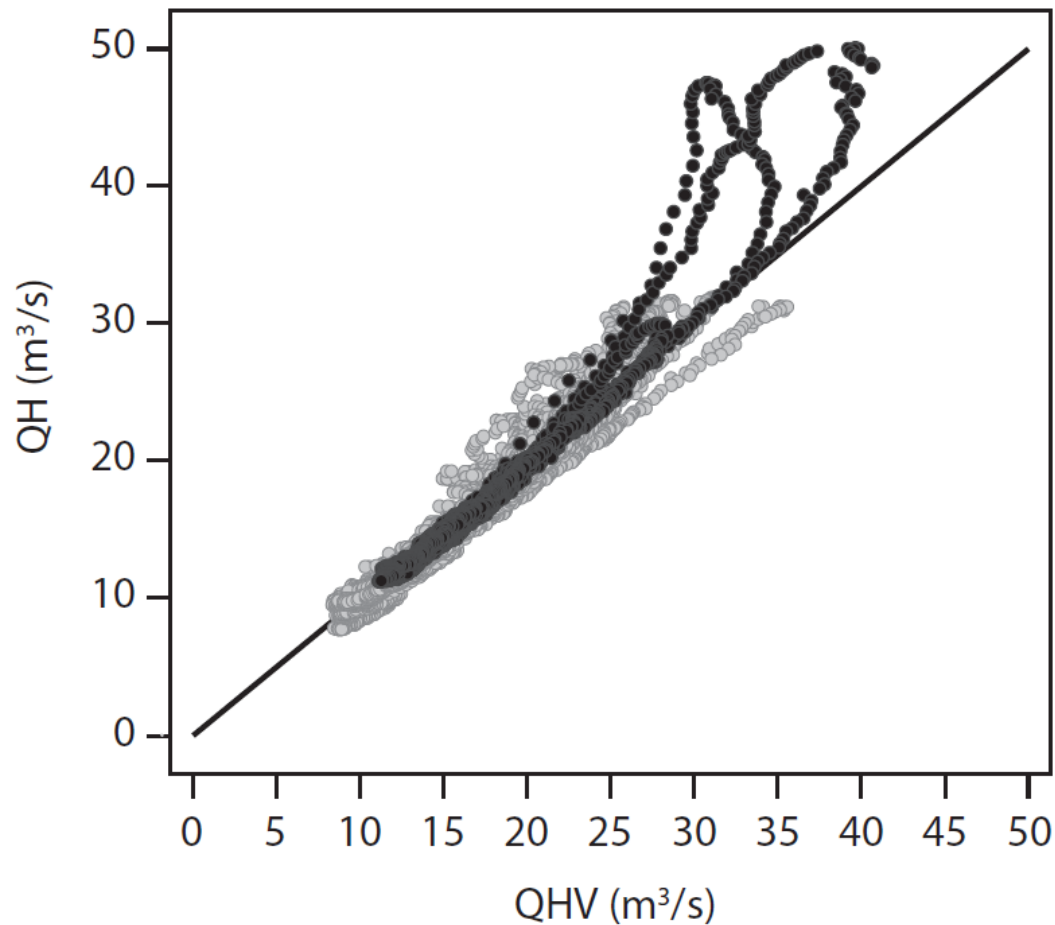
Århus Å, Skibby, 1919 -



$$H < 59: Q = 2,0(H - 9,50)^{1,80}$$

$$H > 59: Q = 1,56(H + 16,0)^{1,69}$$

Intervaldeling af QH-kurven skyldes påvirkning (opstuvning) fra nedstrøms beliggende reetablerede vådområde (Årslev Eng sø).



Eksempel med beregning af vandføring med hhv. traditionel metode (QH) og med tilføjelse af hastighedssensor (QHV). Loop viser størst betydning under maksimum-begivenheder.

Fra: Ph.d. Thesis, Jane Rosenstand
Laugesen 2012.

Sammenfatning:

Usikkerheden på bestemmelse af døgn- måneds- og årsmiddelvandføringen er +/- 5 % på en "god" målestation.
(anslås at gælde for ca. 25 % af stationerne i NOVANA programmet).

Usikkerheden stiger med:

- Lavere vandføring
- Aftagende strømhastighed
- Mængden af grøde i vandløbet
- Sedimenttransport
- Risikoen for opstuvning og/eller oversvømmelse med strømning på engarealer

I alle tidsserier findes homogenitetsbrud på grund af skifte i:

- Måleinstrumenter
- Beregningsprocedurer (målinger og QH)
- Metoder til vandstandsregistrering
- Antal målinger pr. år
- Hydrauliske betingelser omkring målestationerne

Der er fremover behov for:

- Individuel vurdering af usikkerhed på den enkelte målestation
- Test og evaluering af nye instrumenter og metoder til vandføringsmåling
- Evaluering af aktuelle beregningsmetoder og evt. udvikling af nye



Gudenåen ved Tvilum Bro. 24/2 2020. Vandføring = 53100 l/s.