



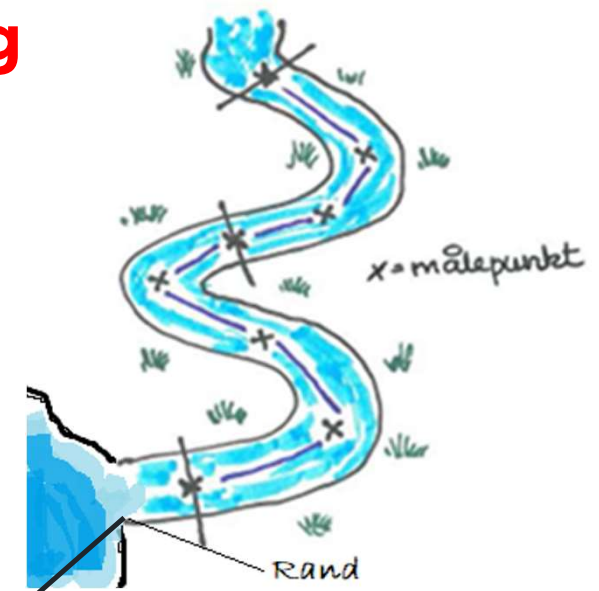
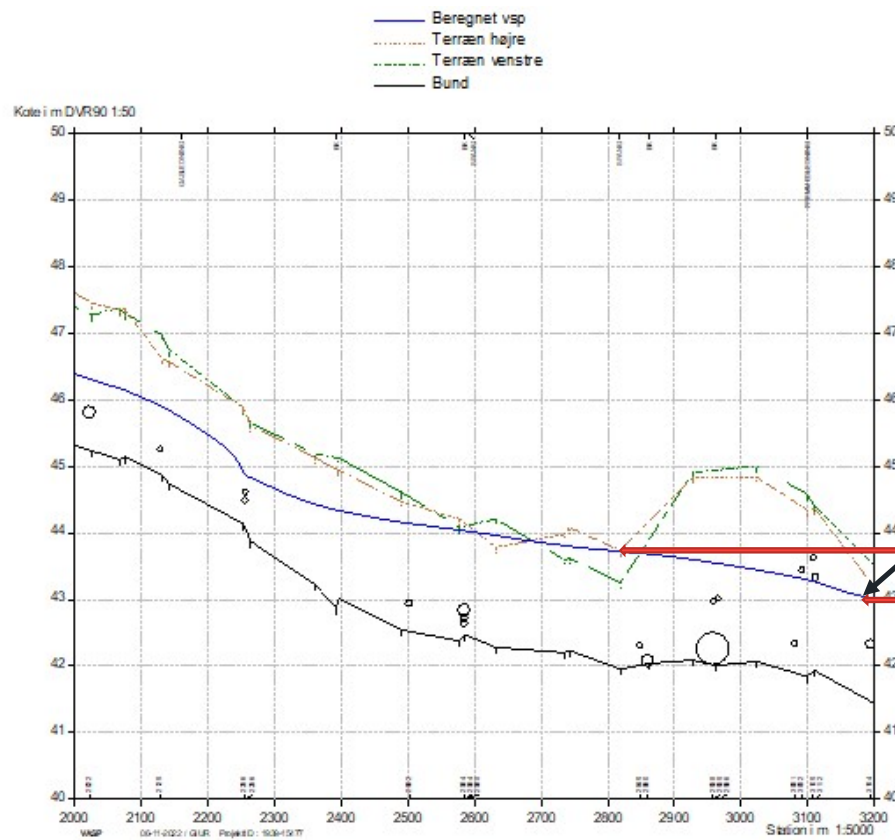
Forstå din Vandspejlsberegning

Oplægsholdere:
Gitte Urhøj

wsp

Vandløbsdage 10-11 november 2022

Forstå din vandspejlsberegning



VASP regner nedefra og op

Vsp.kote ?

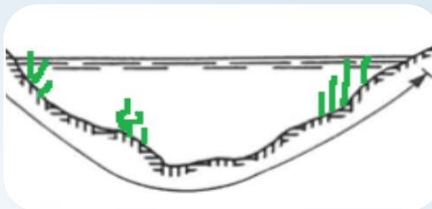
Vsp.kote x

Forstå din vandspejlsberegning

- * Grundlag for vandspejlsberegning er betragtninger af energi og energiomsætning i det strømmende vand.
- * Energi i strømmende vand findes som beliggenhedsenergi og bevægelsesenergi.
- * 2 former for energitab



1. Enkelttab

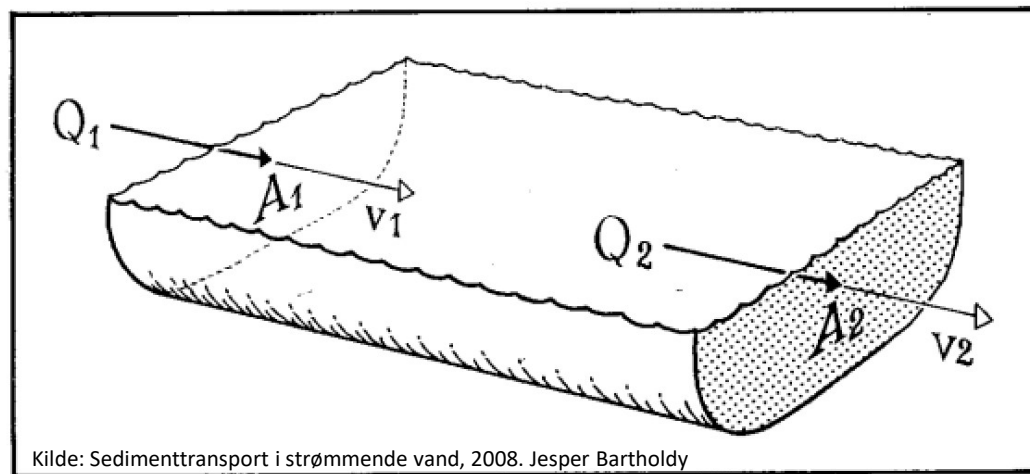


2. Friktionstab

Forstå din vandpejlsberegning

Hvordan regner VASP?

VASP laver stationære beregninger



$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

Manningformlen:

$$v = M \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{I}$$

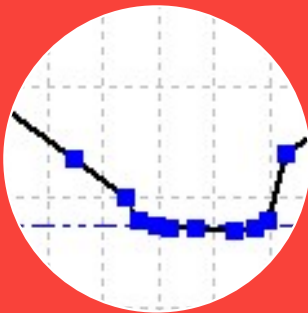


$$Q = M \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{I} \cdot A$$

Vandspejlsberegning

Input

$$Q = M \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{I} \cdot A$$



Fysiske data

- Opmåling,
- Projektdimensioner
- Regulativskikkelse



Randbetingelser

- Startvandspejlet ved udløb til hav eller andet vandløb



Beskrivelse af Q (l/s), vandføringen

Oplande: km²

Afstrømninger: l/s/km²

$Q \text{ (l/s)} = \text{Opland (km}^2\text{)} * \text{Afstrømning (l/s/km}^2\text{)}$



Manningtal:

- Manningtal (erfaringstal eller beregnede, vha. målinger af vandstand og vandføring)

Vandspejlsberegning

Input

Projekt [Til brugergruppemøde 2022]

Vandløb Svendborg Kommune.Storebælt.Vejstrup Å vandløbssystem.Østerrenden

Projektet Længdeprofiler Hydat Vandspejlsberegning UnilGd VASP dokumenter Links OrbiF

Løbenr.	Navn	Udstrækning [m]	Kote...	Oprettet	Opdateret
1	Regulativgrundlag	0,00 - 3952,00	DVR90	04-11-2022 12...	04-11-2022 14...

Hydrauliske parametre

Projekt Svendborg Kommune.Storebælt.Vejstrup Å vandløbssystem.Østerrenden.Til brugergruppemøde 2022

Dataset Oplande Afstrømninger Manningtal Fast VSP Pkt. Q Obs Q Obs vst

Hydat dataset

Nr. 1 Navn Regulativgrundlag

Kotesystem DVR90 Skift Udstrækning 0 - 3952

Bemærkning

Oplande udtaget på grundlag af højdemodel

Oprettet 04-11-2022 12:36:17 \ GIUR Rettet 04-11-2022 14:59:34 \ GIUR ID {235CS

Serier

Type	Nr.	Navn	Udstrækning
Oplandsareal	1	Modeloplande	0 - 3952
Afstrømning	1	Stor afstrømning	0 - 3952
Afstrømning	2	Lille afstrømning	0 - 3952
Afstrømning	3	Stor afstrømning Korrigeret op	0 - 3952
Manningtal	1	Vinter	0 - 3952
Manningtal	2	Sommer	0 - 3952

Vandspejlsberegning

Projekt Svendborg Kommune.Storebælt.Vejstrup Å vandløbssystem.Østerrenden.Til brugergruppemøde 2022 Åbn

Basis Vandspejlsberegning Klargør tabel Resultat tabel Plot

Klargøring

Klargøringsstatus OK 04-11-2022 15:00:59 \ GIUR

Klargørings type

☒ Normal ☐ Regulativ

Fast vandspejl -1 Ingen fast vandspejl

Punktvandføring -1 Ingen punktvandføringer

Hydraulisk grundlag

☐ Afstrømning og manningtal varierende

☒ Afstrømning og manningtal konstant

☐ Obs. vandføring og varierende manningtal

Afstrømning og manningtal konstant

Oplande 1 Modeloplande

Afstrømning 10 l/s/km²

Manningtal 22

Klargørings log

Klargøring afsluttet

Indlægger MP mht. hydat

Indlægger MP med minafs. 50 m

Klargør Spec.

Vandspejlsberegning

Beregningsstatus OK 04-11-2022 15:01:01 \ GIUR

Manningtal i rør 60,000 Radiustype

Start vandspejlskote [m] 22,800 ☐ Modstand ☒ Hydraulisk

Beregnings strækning

Fra station -9999999 Til station 9999999

Beregningslog.

Beregner strækning -9999999,00 - 9999999,00

Færdig

Geokoder

Beregn Spec. Geokodning Gem alt

Vandspejlsberegning

Input- oplande og afstrømninger

Data skal referere til samme stationering:

Projektet | Længdeprofiler | Hydat | Vandspejlsberegning | Uniparametre

Navn	Lø...	Udstrækning [m]
Bygværker, skalapæle og tilløb indta...	5	1193,00 - 3922,00
Regulativ 1971	3	4,00 - 3922,00

Siborg Kommune.Nørreå vandssystem.Nørreå vandssystem.Grundel Bæk (nedre).VLBGIS

Oplande | Afstrømninger | Manningtal | Fast VSP | Pkt. Q | Obs Q | Obs vst

Serie: 1 modelopland

Slet | Ny | Oplandsareal

Hydrauliske parametre

Projekt: Viborg Kommune.Nørreå vandssystem.Nørreå vandssystem.Grundel Bæk (nedre).VLBGIS

Dataset | Oplande | Afstrømninger | Manningtal | Fast VSP | Pkt. Q | Obs Q | Obs vst

Serie: 1 Sommermiddel

Valgt serie

Navn: Sommermiddel

Nr: 1 | Rettet: 28-02-2019 12:36:2

Bemærkning: Referenceperiode: 1986 - 2015. Baggrund for data: Beregnet hovedløb/tilløb, Stednr. 210010

Station [m]	l/s/km²	Bemærkning
1193,000	3,000	
1742,000	2,900	Afløb fra Skaungård og Vandet Moser
1743,000	6,100	Afløb fra Skaungård og Vandet Moser
3644,000	6,100	Middelhede Bæk
3645,000	7,100	Middelhede Bæk
3922,000	7,100	

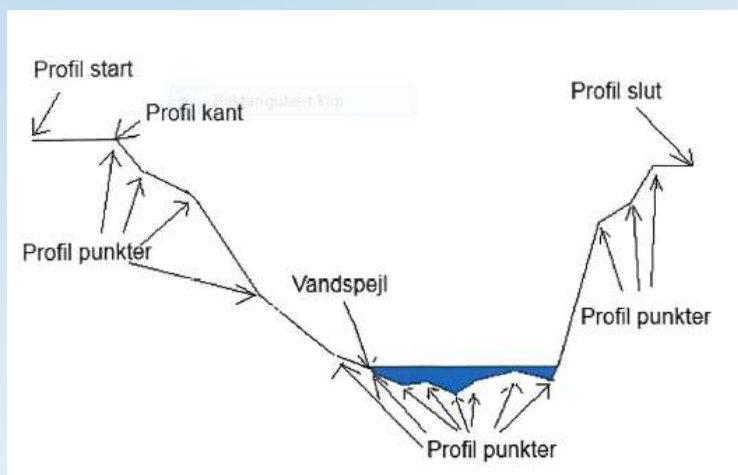
Gem | Importer

Station [m]	[km²]	Bemærkning
Gem	Ny	Slet
Station	Værdi	Bemærkning
1193,000	12,406	
1742,000	19,457	Afløb fra Skaungård og Vandet Moser
1743,000	19,620	Afløb fra Skaungård og Vandet Moser
3644,000	21,504	Middelhede Bæk
3645,000	33,035	Middelhede Bæk
3922,000	33,182	

Vandspejlsberegning

Input- fysiske data

De fysiske data skal være godt beskrevet



Tværfiler

- Lige efter start og lige før udløb
- Pr. 50-200 m afhængig af vandløbets størrelse
- Før og efter alle bygværker og rørlagte strækninger
- Hvor vandløbet skifter karakter!
- Før gydebanke, på top af gydebanke og efter gydebanke
- Før og efter stemmeværk
- Der skal som minimum opmåles ca. tre profiler pr. løbende m. under vandspejl!

Guidelines til opmåling af vandløb

- På vej til en ny standard



Vandspejlsberegning

Beregn og output

Vandspejlsberegning

Projekt: Svendborg Kommune.Storebælt.Vejstrup Å vandløbssystem.Østerrenden.Til brugergruppemøde 2022

Basis: Vandspejlsberegning Klargør tabel Resultat tabel Plot

Klargøring

Klargøringsstatus: OK 04-11-2022 18:04:34 \ GIUR

Klargørings type:
☒ Normal ☐ Regulativ

Fast vandspejl: -1 Ingen fast vandspejl

Punktvandføring: -1 Ingen punktvandføringer

Hydraulisk grundlag:
☐ Afstrømning og manningstal varierende
☒ Afstrømning og manningstal konstant
☐ Obs. vandføring og varierende manningstal

Afstrømning og manningstal konstant

Oplande: 1 Modeloplande

Afstrømning: 35 l/s/km²

Manningtal: 30

Klargørings log

Klargør Spec.

Vandspejlsberegning

Vandspejlsberegning

Projekt: Svendborg Kommune.Storebælt.Vejstrup Å vandløbssystem.Østerrenden.Til brugergruppemøde 2022

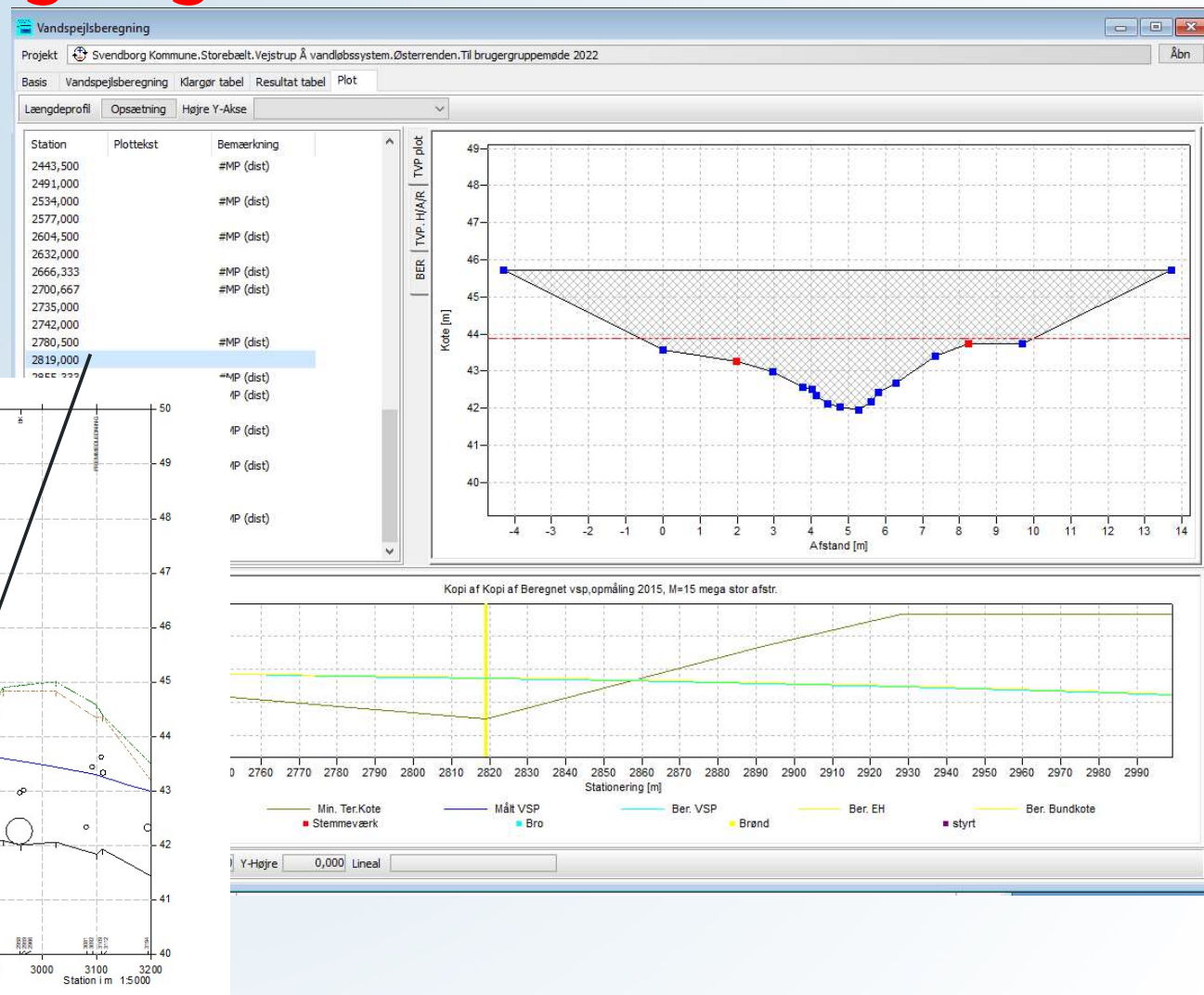
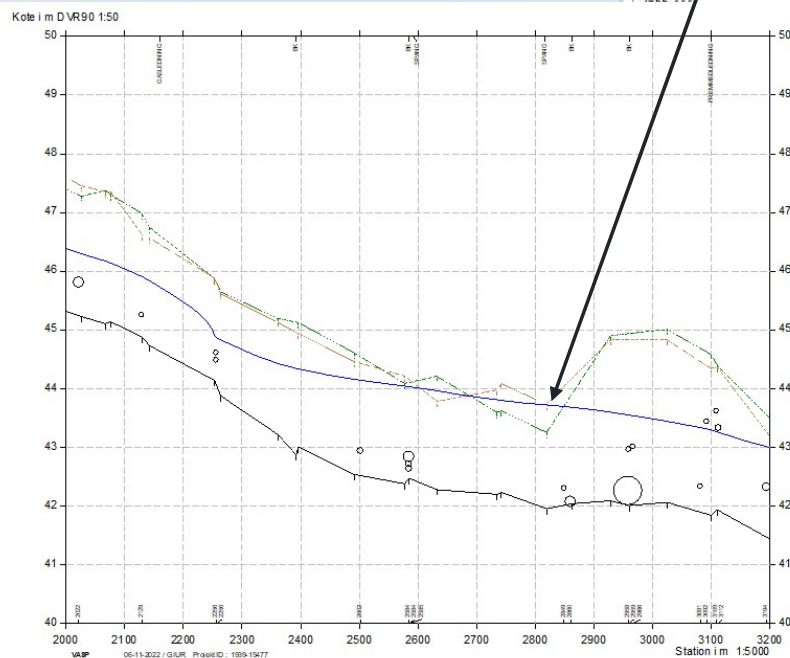
Basis: Vandspejlsberegning Klargør tabel Resultat tabel Plot

OK

Station [m]	Type	Plottekst	Bemærkning	Bundkote [m]	lax.Målt kot [m]	Opland [Km ²]	Manning	Oplands Q? [l/s]	Punkt.Q [l/s]	Ber. Q [l/s]	Fast.H [m]	Ber. Metode
0,000	K-RØR Rør	Rørindløb Ø 40 cm		48,670		1,100		11,000	0,000	11,000		Rør
572,500	K-RØR Rør	Rørudløb Ø 40 cm ~BRØND Rør Ø/Bu./DSa.		47,930		1,953		19,532	0,000	19,532		Rør
572,510	K-PRF	Rørudløb Ø 40 cm ~BRØND Ø 1		47,930	53,930	1,953	10,0	19,533	0,000	19,533		Strækning
573,490	K-PRF	Rørudløb Ø 40 cm ~BRØND Ø 1		47,930	53,930	1,955	10,0	19,547	0,000	19,547		Strækning
573,500	K-RØR Rør	Rørudløb Ø 40 cm ~BRØND Rør Ø/Bu./DSa.		47,930		1,955		19,547	0,000	19,547		Rør
929,500	K-RØR Rør	Rørudløb Ø 55 cm ~BRØND Rør Ø/Bu./DSa.		47,550		2,485		24,853	0,000	24,853		Rør
929,510	K-PRF	Rørudløb Ø 55 cm ~BRØND Ø 1		47,550	53,550	2,485	10,0	24,853	0,000	24,853		Strækning
930,490	K-PRF	Rørudløb Ø 55 cm ~BRØND Ø 1		47,550	53,550	2,487	10,0	24,868	0,000	24,868		Strækning
930,500	K-RØR Rør	Rørudløb Ø 55 cm ~BRØND Rør Ø/Bu./DSa.		47,550		2,487		24,868	0,000	24,868		Rør
973,975	K-RØR Rør	Brønd Ø 100 cm ~BRØND Rør Ø/Bu./DSa.		47,057		2,552		25,516	0,000	25,516		Rør
973,985	K-PRF	Brønd Ø 100 cm ~BRØND Ø 1		46,989	52,989	2,552	10,0	25,516	0,000	25,516		Strækning
974,965	K-PRF	Brønd Ø 100 cm ~BRØND Ø 1		46,989	52,989	2,553	10,0	25,531	0,000	25,531		Strækning
974,975	K-RØR Rør	Brønd Ø 100 cm ~BRØND Rør Ø/Bu./DSa.		47,057		2,553		25,531	0,000	25,531		Rør
980,000	K-RØR Rør	Rørudløb Ø 60 cm		47,040		2,561		25,606	0,000	25,606		Rør
980,050	K-PRF	Klon til rør (B)	Klon til rør (B)	47,040	49,347	2,561	10,0	25,607	0,000	25,607		Strækning
985,000	K-PRF			47,385	49,692	2,568	10,0	25,680	0,000	25,680		Strækning
1031,000	K-MEL		#MP (dist)	47,271		2,637	10,0	26,366	0,000	26,366		Strækning
1077,000	K-PRF			47,156	49,447	2,705	10,0	27,051	0,000	27,051		Strækning
1120,500	K-MEL		#MP (dist)	47,045		2,770	10,0	27,700	0,000	27,700		Strækning
1164,000	K-PRF			46,934	49,057	2,835	10,0	28,348	0,000	28,348		Strækning
1165,000	K-PRF	Brøin Brøindløb, markov		46,857	47,755	2,836	10,0	28,363	0,000	28,363		Strækning
1166,000	K-PRF	Brøin Brøindløb, markov		46,830	47,684	2,837	10,0	28,378	0,000	28,378		Strækning

Vandspejlsberegning Output

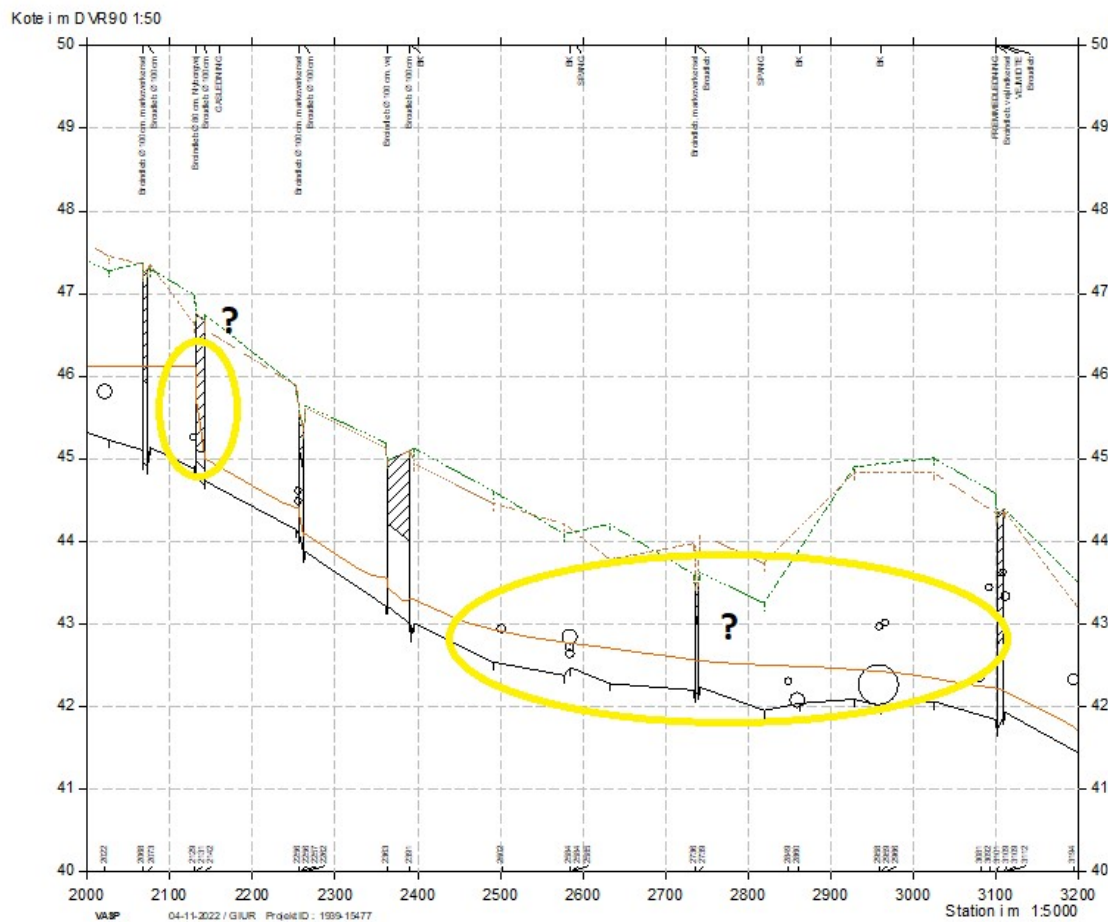
Vær obs på hvordan VASP
regner over terræn!



Vandspejlsberegning Output

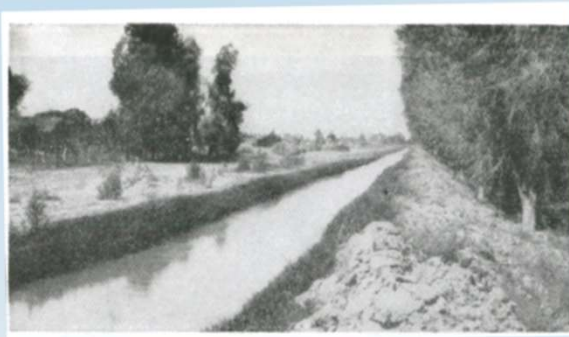
Basis	Vandspejlsberegning	Klargør tabel	Resultat tabel	Plot										
OK														
Station [m]	VSP [m]	VNF [m³/s]	Energi H [m]	Manning	Hastighed [m/s]	Trans. Tid	Froud	Bundkote [m]	Bredde [m]	Areal [m²]	Radius [m]	X	Y	
0,000	49,290	0,068	49,305	60,0	0,544	00:00:00	0,078	48,670				6504,408	6116,430	
570,500	48,276	0,068	48,294	60,0	0,595	00:17:28	0,296	47,933				6942,457	5890,119	
572,510	48,277	0,068	48,290	30,0	0,492	00:17:32	0,266	47,930	0,400	0,139	0,126	6944,426	5890,516	
573,500	48,269	0,087	48,285	60,0	0,567	00:17:34	0,338	47,930				6945,396	5890,711	
780,500	48,040	0,087	48,057	60,0	0,583	00:23:39	0,353	47,709				7058,270	5761,479	
889,500	47,898	0,087	47,919	60,0	0,641	00:26:46	0,411	47,593				7145,418	5721,051	
929,500	47,821	0,087	47,849	60,0	0,746	00:27:48	0,517	47,550				7184,284	5727,789	
929,510	47,831	0,087	47,847	30,0	0,563	00:27:48	0,339	47,550	0,550	0,155	0,139	7184,288	5727,780	
930,490	47,826	0,087	47,842	30,0	0,574	00:27:50	0,349	47,550	0,550	0,152	0,137	7184,722	5726,896	
930,500	47,740	0,089	47,809	60,0	1,162	00:27:50	1,000	47,550				7184,726	5726,887	
947,857	47,534	0,089	47,613	60,0	1,240	00:28:05	1,094	47,353				7192,448	5711,139	
947,923	47,544	0,089	47,611	60,0	1,151	00:28:05	0,986	47,352				7192,478	5711,080	
950,118	47,559	0,089	47,599	60,0	0,889	00:28:07	0,684	47,328				7193,454	5709,088	
973,985	47,570	0,089	47,574	30,0	0,256	00:28:34	0,107	46,989	0,600	0,349	0,197	7204,072	5687,435	
974,965	47,570	0,089	47,573	30,0	0,256	00:28:38	0,107	46,989	0,600	0,348	0,197	7204,742	5687,081	
974,975	47,564	0,090	47,570	60,0	0,352	00:28:38	0,147	47,057				7204,751	5687,082	
980,050	47,564	0,090	47,564	30,0	0,079	00:28:52	0,038	47,040	2,623	1,136	0,362	7209,445	5688,040	
985,000	47,558	0,090	47,564	30,0	0,333	00:29:55	0,302	47,385	2,180	0,270	0,119	7213,861	5691,041	
1031,000	47,462	0,092	47,468	30,0	0,344	00:32:13	0,305	47,270	2,081	0,269	0,123	7255,133	5710,987	
1077,000	47,361	0,095	47,368	30,0	0,369	00:34:27	0,327	47,156	1,973	0,257	0,123	7298,573	5724,931	
1120,500	47,261	0,097	47,268	30,0	0,359	00:36:25	0,304	47,045	1,906	0,270	0,134	7340,820	5735,251	
1130,100	47,242	0,097	47,249	30,0	0,348	00:36:52	0,289	47,021	1,897	0,279	0,139	7343,384	5742,053	
1164,000	47,198	0,099	47,202	30,0	0,285	00:38:29	0,212	46,934	1,889	0,348	0,171	7371,523	5754,071	
1165,000	47,191	0,099	47,201	30,0	0,455	00:38:33	0,262	46,857	0,711	0,218	0,173	7372,960	5754,440	
1166,593	47,182	0,099	47,196	30,0	0,535	00:38:36	0,318	46,862	0,641	0,185	0,156	7374,441	5754,763	
1169,000	47,153	0,099	47,182	30,0	0,760	00:38:41	0,491	46,870	0,537	0,131	0,126	7376,679	5755,250	
1169,067	47,156	0,099	47,181	30,0	0,722	00:38:41	0,470	46,872	0,574	0,138	0,128	7376,743	5755,263	
1171,000	47,167	0,100	47,174	30,0	0,391	00:38:43	0,307	46,915	1,551	0,255	0,151	7378,576	5755,642	
1218,000	47,068	0,102	47,076	30,0	0,394	00:40:44	0,313	46,834	1,598	0,259	0,149	7424,335	5766,180	

Vandspejlsberegning Plot



$$Q = M \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{I} \cdot A$$

Hvorfor ligger vandspejlet lavere end jeg forventer? Manningtallet ?



M = 34



M = 29



M = 33



M = 62

Kilde: Ven Te Chow 1959, Open Channel Hydraulics

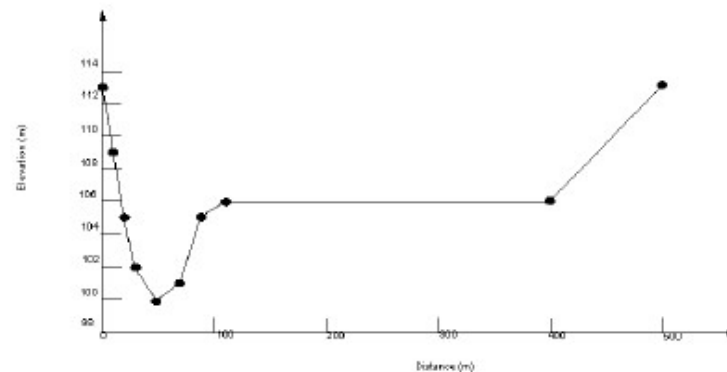
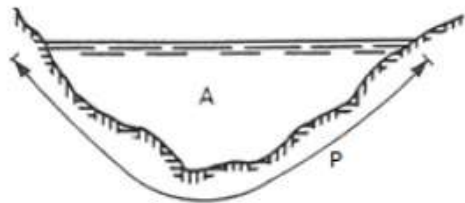
Radius

hydraulisk radius vs. modstandsradius

$$Q = M \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{I} \cdot A$$

- Modstandsradius benyttes oftest i Danmark, - og er standard i VASP.
- Internationalt bruges oftest hydraulisk radius.
- De vejledende værdier af Manningtallet som ses i danske og internationale fag- og lærebøger er knyttet til hydraulisk radius.
- Forskellen på at benytte hydraulisk radius eller modstandsradius er uden praktisk betydning for de fleste danske vandløb, dog er modstandsradius-Manningtallet ca. 20 % mindre end hydrauliskradius-Manningtallet.

$$R_h = \frac{A}{P}$$



$$\sqrt{R_*} = \frac{1}{A} \int_0^B y^{\frac{3}{2}} db$$

Manningtal

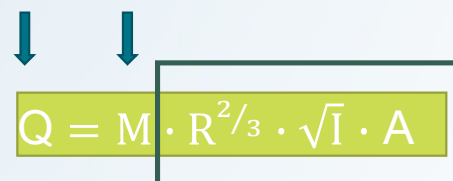
Hvordan?

- Kan bestemmes ved måling af vandstand og vandføring på samme tidspunkt
- Varierer fra strækning til strækning og over tid
- Ofte anvendes et erfaringsmanningtal

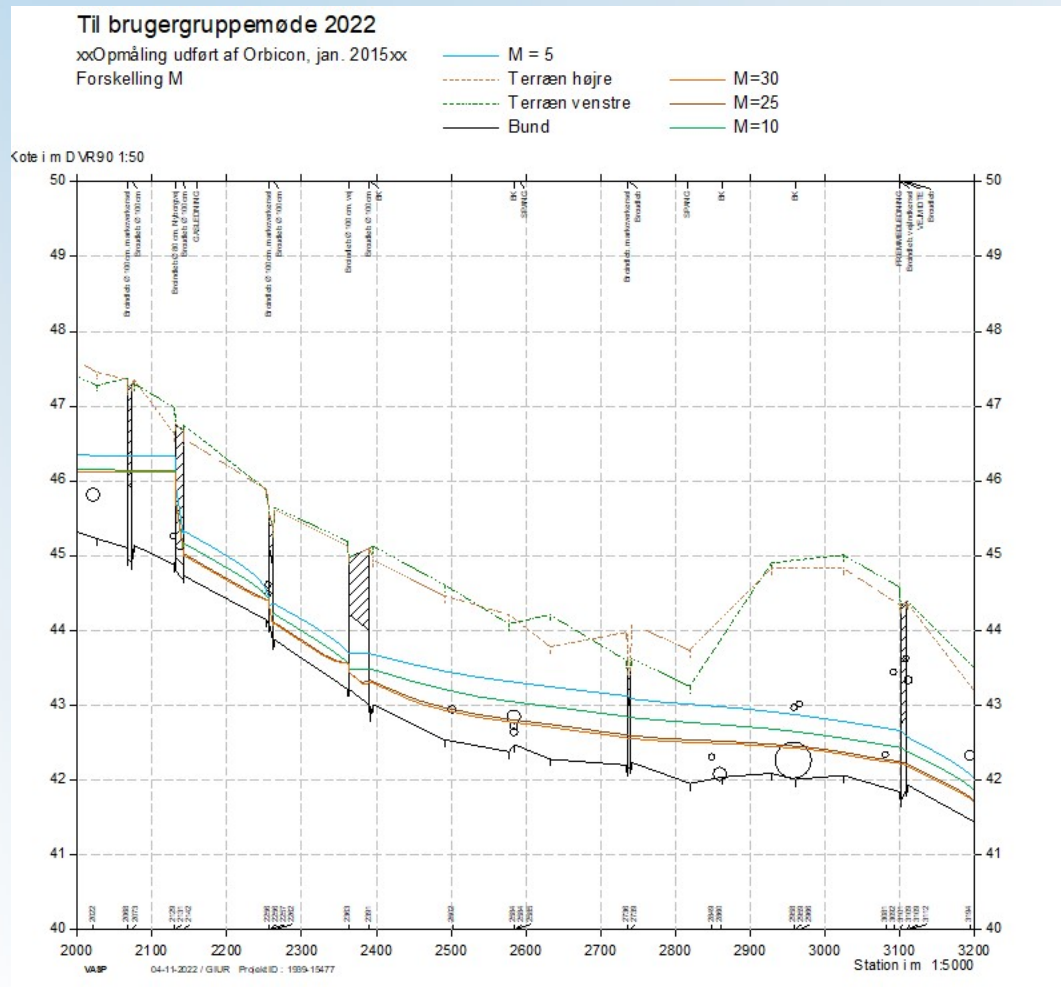
Tabel 3.1. Forslag til karakteristiske Manningtal (M), jf. bilag 1

Lille vandløb (Vandspejlsbredde 1-2 meter)	M
med tæt grødevækst:	4-8
med spredt grødevækst:	8-12
med nyskåret strømrørende på 50% af bredden:	8-15
uden grødevækst:	12-18
 Mellem vandløb (Vandspejlsbredde 2-5 meter)	
med tæt grødevækst:	8-12
med spredt grødevækst:	12-15
med nyskåret strømrørende på 50% af bredden:	12-15
uden væsentlig grødevækst:	16-24
 Større vandløb (Vandspejlsbredde 5-10 meter)	
med tæt grødevækst:	12-16
med spredt grødevækst:	15-20
med nyskåret strømrørende på 50% af bredden:	15-20
uden væsentlig grødevækst:	20-30

OBS særligt ved små M


$$Q = M \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{I} \cdot A$$

Betydning af Manningtal



$$Q = M \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{I} \cdot A$$

En formindskelse af M med 5 enheder har en langt større betydning for beregnet vsp., når man går fra 10 til 5, end når man går fra 30 til 25.

Lav gerne en M-følsomhedsanalyse, hvis du er usikker

Froudes tal

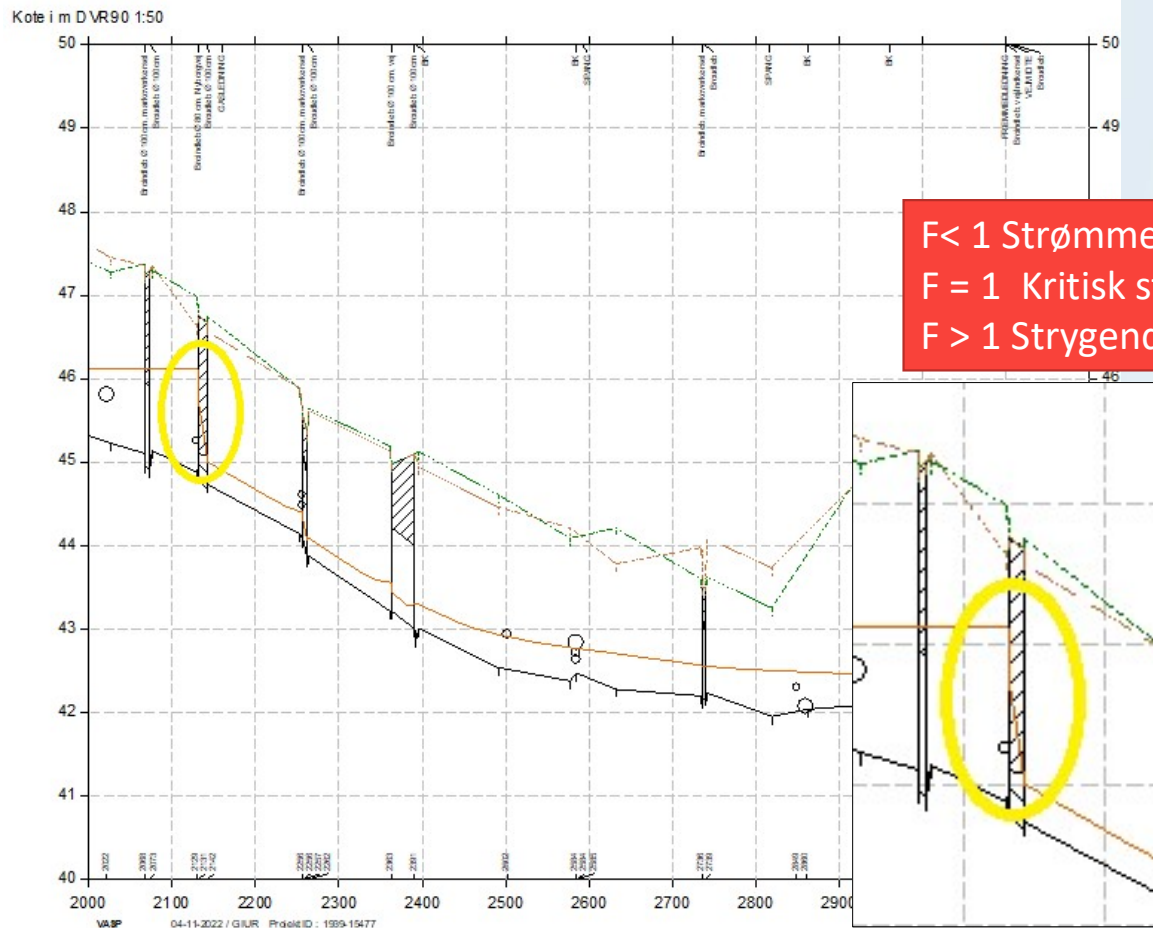
Hvad er det?

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$$

$F < 1$ Strømmende (normal situation i danske vandløb)
 $F = 1$ Kritisk strømning
 $F > 1$ Strygende (Buldrende elv på kortere strækninger)

Ved $F=1$ fås "kritisk dybde".

Her er der ved en given energi, den største vandføring.



Froudes tal i min beregning?

Basis	Vandspejlsberegning	Klargør tabel	Resultat tabel	Plot										
OK														
Station [m]	VSP [m]	VNF [m³/s]	Energi H [m]	Manning	Hastighed [m/s]	Trans. Tid	Froud	Bundkote [m]	Bredde [m]	Areal [m²]	Radius [m]	X	Y	
2361,000	43,559	0,162	43,567	30,0	0,406	02:09:58	0,262	43,218	1,627	0,399	0,215	8461,891	5928,021	
2362,950	43,556	0,162	43,564	30,0	0,411	02:10:03	0,266	43,218	1,620	0,394	0,213	8462,619	5929,109	
2363,000	43,446	0,163	43,525	60,0	1,243	02:10:03	1,000	43,222				8462,638	5929,137	
2383,294	43,276	0,163	43,363	60,0	1,302	02:10:19	1,066	43,060				8468,423	5948,430	
2383,534	43,284	0,163	43,360	60,0	1,221	02:10:20	0,976	43,058				8468,491	5948,658	
2391,000	43,301	0,163	43,334	60,0	0,813	02:10:26	0,555	42,998				8470,619	5955,755	

$F < 1$: Ingen opstuvning opstrøms en indsnævring

$F = 1$: Opstuvning opstrøms en indsnævring

Hvis en indsnævring kræver (for at vandgennemstrømningen kan foregå), at strømhastigheden stiger så meget, at strømningen bliver kritisk ($F = 1$), vil der opstaves vand opstrøms for indsnævringen.

Stuvningen vil fortsætte indtil vandspejlsfaldet ved indsnævringen bliver så stort, at det tilstrømmende vand kan passerer.

Forstå din vandspejlsberegning

Gode råd

- 1. Lav profil-tjek af din opmåling
- 2. Tjek dit beregnede vandspejl op mod et opmålt vandspejl
- 3. Dobbelt tjek oplande, afstrømninger, stationeringer
- 4. Vær opmærksom på betydningen af valg af M. - Lav følsomhedsanalyser.
- 5. Vær opmærksom på M i rør (sat til 60, men kan ændres, -dog ens for alle rør)
- 6. Vær varsom ned at konkludere på vandspejle beregnet over terræn
- 7. Vær opmærksom på beregnede stuvningskoter opstrøms rør. -VASP har ingen begrænsninger af vand og kan derfor beregne urealistiske høje stuvningskoter.



Spørgsmål?

wsp.com

wsp

22/11/14

Tak for
opmærksomheden!

wsp.com

wsp