

## Opgave 10. Løsning

### Spørgsmål 1.

Beregningsresultaterne er angivet nedenfor. Mindre afvigelser vil forekomme afhængigt af opsætningen af MOUSE HD.

Nedbør	[mm/år]	<b>575</b>	675	775	875
Qmax IA00150-IA00140	[l/s]	<b>542</b>	546	551	554
Hmax IA00150	[kote ]	<b>10.95</b>	10.98	11.00	11.02
Qmax IA00260-IA00250	[l/s]	<b>145</b>	146	149	150
Hmax IA00260	[kote ]	<b>20.62</b>	20.63	20.65	20.67

Region		<b>0</b>	1	2
Qmax IA00150-IA00140	[l/s]	<b>542</b>	537	541
Hmax IA00150	[kote ]	<b>10.95</b>	10.92	10.95
Qmax IA00260-IA00250	[l/s]	<b>145</b>	142	143
Hmax IA00260	[kote ]	<b>20.62</b>	20.59	20.61

T	[år]	<b>2</b>	5	30
Qmax IA00150-IA00140	[l/s]	<b>542</b>	572	597
Hmax IA00150	[kote ]	<b>10.95</b>	11.14	11.37
Qmax IA00260-IA00250	[l/s]	<b>145</b>	165	193
Hmax IA00260	[kote ]	<b>20.62</b>	20.83	21.39

Sikkerhedsfaktor		<b>0</b>	1	2
Qmax IA00150-IA00140	[l/s]	<b>542</b>	550	556
Hmax IA00150	[kote ]	<b>10.95</b>	11.00	11.04
Qmax IA00260-IA00250	[l/s]	<b>145</b>	148	152
Hmax IA00260	[kote ]	<b>20.62</b>	20.65	20.69

Formparameter	<b>0</b>
---------------	----------

Varighed	[min]	<b>120</b>	15	60	240
Qmax IA00150-IA00140	[l/s]	<b>542</b>	527	542	541
Hmax IA00150	[kote ]	<b>10.95</b>	10.86	10.95	10.95
Qmax IA00260-IA00250	[l/s]	<b>145</b>	143	145	144
Hmax IA00260	[kote ]	<b>20.62</b>	20.62	20.62	20.61

Tidsskridt	[min]	<b>5</b>	2	10	20
Qmax IA00150-IA00140	[l/s]	<b>542</b>	548	521	396
Hmax IA00150	[kote ]	<b>10.95</b>	10.99	10.84	10.29
Qmax IA00260-IA00250	[l/s]	<b>145</b>	149	128	87
Hmax IA00260	[kote ]	<b>20.62</b>	20.66	20.50	20.34

Asymmetri		0.5	0.1	0.9
Qmax IA00150-IA00140	[l/s]	<b>542</b>	525	542
Hmax IA00150	[kote]	<b>10.95</b>	10.85	10.95
Qmax IA00260-IA00250	[l/s]	<b>145</b>	140	145
Hmax IA00260	[kote]	<b>20.62</b>	20.59	20.62

Hydrologisk reduktionsfaktor		0.8	0.9
Qmax IA00150-IA00140	[l/s]	<b>542</b>	559
Hmax IA00150	[kote]	<b>10.95</b>	11.05
Qmax IA00260-IA00250	[l/s]	<b>145</b>	154
Hmax IA00260	[kote]	<b>20.62</b>	20.70

Forholdet mellem betydningen af årsmiddelnedbør og sikkerhedsfaktor er som forventet baseret på de tidligere opgaver, ligesom det ses, at gentagelsesperioden har større betydning end de andre faktorer.

Tidsskridtet af CDS-regnen har en stor betydning for de beregnede stuvningskoter, næsten lige så stor som betydningen af variationen af den hydrologiske reduktionsfaktor. Dette gælder selvfølgelig for varigheder der er store i forhold til koncentrationstiden, men også variationer, der synes små i forhold til koncentrationstiden har stor betydning. I den nævnte sammenhæng svarer en ændring af tidsskridtet fra 5 til 2 minutter til at hæve årsmiddelnedbøren 250 mm. Valget af tidsskridt i CDS-regnen er den vigtigste parameter næst efter gentagelsesperioden. I vigtige applikationer kan man overveje at kalibrere tidsskridtet af CDS-regnen mod historiske regn for at sikre en god overensstemmelse i status-beregninger. Se i øvrigt besvarelsen af spørgsmål 3.

De øvrige faktorer kan kort beskrives som følger. Regionen burde ikke have nogen betydning, idet koncentrationstiden er lav. Betydningen skyldes derfor regressionen der laves for at udglatte regnrækken. Varigheden skal være så lang, at den mindste intensitet er større end den afskærende lednings kapacitet. Den samme effekt gør sig gældende for asymmetri-faktoren, som ikke må blive så lav, at spidsen af regnen kommer på et tidspunkt, hvor rørene kun har lav delfyldningsgrad.

Ved sammenligningen med variationen i den hydrologiske reduktionsfaktor ses, at usikkerheden forårsaget af regninputtet samlet set nu er nede på niveau med de andre væsentlige kilder til usikkerheder i afløbstekniske beregninger. Dermed er det væsentligste formål med forskningen der ligger bag skriftet opfyldt.

## Spørgsmål 2

Gentagelsesperioderne beregnet i SAMBA kan ikke benyttes direkte. I stedet benyttes de beregningsmæssige observationsperioder på hhv. 15.1 og 17.3 år. De beregnede maksimale vandføringer i SAMBA har store spring ved 26091 hvorfor det ikke er nødvendigt med beregning af ret mange regn. Det er til gengæld nødvendigt ved 31401.

Nedenfor er angivet de beregnede maksimale vandføringer og vandstande. I den første tabel er endvidere med stiplede linier angivet, hvorledes sorteringen af de beregnede hændelser i nogle tilfælde fører til en ændret rangordning i HD end den SAMBA har beregnet. Den ændrede rangordning skyldes indflydelsen af rørvoluminet, forskelle i den tidsmæssige afstrømning mm.

### Resultater for 26091

RANG	REGN ID-nr.	Q <sub>max</sub>	H <sub>max</sub>	T	Q <sub>max-sorteret</sub>	H <sub>max-sorteret</sub>
4	1994 0812 1557	581	<del>11,16</del>	<del>4,08</del>	581	11,16
5	1994 0629 0737	579	11,16	3,21	579	11,16
6	1983 0801 1324	551	11,00	2,65	551	11,00
7	1981 0724 0204	539	<del>10,93</del>	<b>2,25</b>	<b>539</b>	<b>10,93</b>
8	1990 0815 1537	508	10,76	<b>1,96</b>	<b>535</b>	<b>10,91</b>
9	1991 0627 1344	521	10,83	<del>1,73</del>	521	10,83
10	1990 0630 2210	535	<del>10,91</del>	1,56	508	10,76

### Resultater for 31401

RANG	REGN ID-nr.	Q <sub>max</sub>	H <sub>max</sub>	T	Q <sub>max-sorteret</sub>	H <sub>max-sorteret</sub>
5	1980 0803 1351	537	10,93	3,68	558	11,04
6	1986 0729 1316	558	11,04	3,04	543	10,96
7	1994 0910 1210	503	10,74	2,58	537	10,93
8	1994 0915 0622	534	10,91	<b>2,25</b>	<b>534</b>	<b>10,91</b>
9	1986 0902 0345	437	10,41	<b>1,99</b>	<b>534</b>	<b>10,90</b>
10	1980 0708 2122	543	10,96	1,78	515	10,81
11	1990 0816 1554	512	10,77	1,62	512	10,77
12	1994 0811 1631	534	10,90	1,48	503	10,74
13	1982 0627 0841	473	10,57	1,36	473	10,57
14	1995 0527 1727	515	10,81	1,26	463	10,55
15	1993 0904 1226	436	10,42	1,18	436	10,42
16	1995 0721 2322	463	10,55	1,10	437	10,41

De beregnede maksimale vandføringer og vandstande er i praksis ens for de to regnmålere. Dette er i overensstemmelse med resultaterne i spørgsmål 1, hvor såvel en ændring af middelnedbøren på knap 250 mm som en ændring i sikkerhedsfaktor på ca 1 (tabel E1, søjle 1) giver en ændring i vandføring på hhv. 10 l/s og 5 cm.

### Spørgsmål 3

Det gælder om at konstruere en CDS-regn, der medfører en belastning på omkring 530-540 l/s og en maksimal kote på omkring 10,9.

Baseret på spørgsmål 1 bør varigheden af CDS-regnen være mindst 60 minutter, med en asymmetri på 0.5 og et tidsskridt på omkring 10 minutter. Resultatet af beregninger med forskellige tidskridt er vist i tabellen nedenfor.

Tid (min)	Qmax (l/s)	Hmax (m)
5	552	11.01
8	544	10.97
10	531	10.93
12	524	10.86
15	494	10.71
20	426	10.40

Det skal understreges, at der ikke i skriftet eller i disse opgaver kan gives en generel anbefaling vedrørende tidsskridt ved brug af CDS-regn. I skrift 26 er det mindste bearbejdede tidsskridt 10 minutter, og ved brug af lavere tidsskridt i den konstruerede CDS-regn bliver forparameteren vigtig for at undgå urealistisk store maksimale intensiteter. Som retningslinje kan angives, at en minutintensitet på 70  $\mu\text{m/s}$  har en gentagelsesperiode på 500-1000 år. I det foreliggende tilfælde synes en forparameter på 3-4 minutter at være rimelig.

#### Spørgsmål 4.

Beregningsresultaterne er angivet nedenfor. De korrigerede søjler er fundet ved at finde forholdet mellem den observationsperiode SAMBA beregner (typisk 18 år) og den beregningsmæssige observationsperiode i skriftet.

Afløbstal 0.1  $\mu\text{m/s}$  (8 l/s):

	Årsnedbør (mm)	U (1) 1<T<5	Årlig af- lastning	Frekvens	Korrigeret årlig af- lastning	Korrigeret frekvens
Ode 1571			13724	46.2	13700	46
23321 Kolding	765	-1.1	24306	100.8	25300	105
25171 Esbjerg	775	-0.7	19449	89.6	22400	103
28186 Odense	655	0.0	18202	82.9	19900	91
31151 Næstved	580	2.2	19482	80.9	20200	84
31401 Nakskov	565	0.0	14734	71.4	15300	74

Afløbstal 0.5  $\mu\text{m/s}$  (35 l/s):

	Årsnedbør (mm)	U	Årlig af- lastning	Frekvens	Korrigeret årlig af- lastning	Korrigeret frekvens
Ode 1571			4664	27.4	4700	27
23321 Kolding	765		7345	46.2	7600	48
25171 Esbjerg	775		5984	40.1	6900	46
28186 Odense	655		5726	35.5	6300	39
31151 Næstved	580		6901	38.0	7200	40
31401 Nakskov	565		5123	29.1	5300	30

Afløbstal 1.0  $\mu\text{m/s}$  (68 l/s):

	Årsnedbør (mm)	U (3) 1<T<5	Årlig af- lastning	Frekvens	Korrigeret årlig af- lastning	Korrigeret frekvens
Ode 1571			2250	13.2	2300	13
23321 Kolding	765	-1.1	3064	20.2	3200	21
25171 Esbjerg	775	-0.5	2561	16.7	3000	19
28186 Odense	655	0.6	2524	16.1	2800	18
31151 Næstved	580	1.8	3105	17.9	3200	19
31401 Nakskov	565	1.2	2527	13.9	2600	14

Det ses af tabellerne, at såvel den regionale variation som U-værdien har stor betydning, samt at Odense-serien ligger væsentligt under de øvrige serier.