

Urban avrenning

Av Steinar Myrabø

Steinar Myrabø er forsker ved JORDFORSK

Summary/Abstract

The article presents a selection of results from an investigation of hydrological data in Oslo until 1992. All available precipitation- and drainage data for the Vika, Vestli and Oppsal stations are processed. The data and the analysis results are presented in chart or table forms. Among the data analysis conducted are correlation- and extremvalue analysis, and analysis of the response of drainage to precipitation, both in time and in volume, for the largest floodperiods.

The analyses show that the initial moisture content and precipitation pattern are important for the response of the field and thereby also for maximum discharge level and volume. The importance of initial moisture content and precipitation pattern are greater for partly urban than for completely urban areas. The main conclusion is that the experiences and the results of this project form a useful basis for further work and analyses.

Sammendrag

Artikkelen presenterer et utdrag av resultatene fra en undersøkelse av hydrologiske data i Oslo frem til 1992 (Myrabø, 1995). Alle tilgjengelige nedbør- og avløpsdata for stasjonene Vika, Vestli og Oppsal er behandlet. Dataene og analyseresultatene er presentert som

plott eller i tabellform. Det er bl.a. utført korrelasjon- og ekstremverdi-analyse, og analyse av avløpets respons på nedbøren både i tid og volum for de største flomepisodene.

Innledning

Samarbeidsprosjektet "Urban avrenning - Oslo" mellom Oslo kommune (OVA) og Hydrologisk avdeling, NVE startet i 1989. Prosjektets hovedhensikt var å frambringe et nytt beregningsgrunnlag for avløpsforholdene i Oslo-området, å vurdere muligheten for å basere flom- og skadeansvar i Oslo-området på avløpsfrekvenser i stedet for nedbørfrekvenser, og å vurdere mulighetene for å etablere et flomvarslingssystem for Oslo.

I forbindelse med dette prosjektet skulle Hydrologisk avdeling med grunnlag i urbanhydrologiske data fra Oslo, i perioden 1974 -1991, prøve å framstille alle måledata fra de tre urbanhydrologiske målestasjonene som Oslo kommune og Hydrologisk avdeling, NVE, driver i fellesskap. Deretter skulle det utføres forskjellige analyser på tilfredsstillende dataserier.

Instrumentering og feltbeskrivelse

Opprinnelig instrumentering, måle-metodikk, feltbeskrivelser og klima sees i Tollan (1975) og Skretteberg (1981 og 1982).

I alle de tre feltene ble vannføringen beregnet via vannstandsregistreringer i forbindelse med et v-profil på målestasjonen i utløpet av feltet.

Før 1987 var det instrumenter med punchende registreringer av knekkpunktverdier for vannføringen på alle stasjonene, mens det ble benyttet Plumatic nedbørmåler med bånd for å registrere nedbøren med ett minutt opplysning. Både på Vestli og Vika ble det våren 1987 installert SFT-loggere (PDL-10) for automatisk (elektronisk) registrering av vannføringen. Våren 1989 ble nedbørmåleren på Vestli tilkoblet samme logger som vannføringen, slik at en fra da av fikk helt tidsynkron data herfra. På Vika ble derimot nedbørmåleren på samme tid flyt-

tet til Festningen, slik at en der har hatt to adskilte data-innsamlingsystem hele observasjonsperioden.

Data

Alle eksisterende måledata for nedbør og vannføring frem til 1992 ligger inne på NVE's findatabase. Snøsmeltedata nedbørmålinger i vinterhalvåret er det lite av. Alle dataene lå ukontrollerte, men en har etter beste evne prøvd å kontrollere og om mulig korrigere dataene. Mesteparten av det som nå ligger inne på findatabasen for Oslofeltene i denne tidsperioden er derfor riktige verdier.

På findatabasen ligger det nå følgende delvis kontrollerte serier (med nye vannmerkenr. i parentes) :

2065-0 Vika	Avløp	(6 13 0 1001)	01.04.74 - 31.12.91
	Nedbør	(6 13 0 0)	22.05.74 - 31.12.88
2874-0 Festningen	Nedbør	(6 19 0 0)	07.04.89 - 31.12.91
2030-0 Vestli	Avløp	(6 12 0 1001)	21.02.74 - 31.12.91
	Nedbør	(6 12 0 0)	18.04.74 - 31.12.91
1972-0 Oppsal	Avløp	(6 17 0 1001)	21.09.72 - 22.09.77
	Nedbør	(6 17 0 0)	17.04.74 - 29.10.79

Dataene inneholder en del hull og det hender at registreringer av enten nedbør eller vannføring, eller begge deler mangler i perioder. I tillegg er det perioder med tidsforskyvning, både mellom nedbør og avløpsregistreringene på

samme stasjon og mellom de samme parametrene fra de forskjellige stasjonene. Dette resulterer i at det bare eksisterer enkelte perioder med sammenfallende serier for de målte parametrene. Periodene som så ut for å være brukbare til videre analyser ble plukket ut for videre bearbeidelse.

Analysen

Tabell 1. Noen karakteristiske verdier for avløpsstasjonene som er med i analysen

VMNR	Stasjon	Periode	Areal (km ²)	Urbanisering (%)	Terskel (l/s)	Høyeste (m ³ /s)	vannføring g (l/s·km ²)
2030	Vestli	1974-91	0.366	33.3	5 - 10	1.26	3448
2065	Vika	1974-91	0.099	97.0	5 - 20	1.02	10263
1972	Oppsal	1974-77	0.371	42.5	20 - 40	0.64	1730

NVE har mange tilrettelagte analyseprogram i tilknytning til sin database HYDRA, men det som går igjen i alle programmene er at de har vært laget for døgndata. Etter behov er noen få forsøkt tilpasset til findata. Ved benyttelse av bare disse programmene er det derfor begrensede muligheter f.eks. for fritt valg av fin tidsoppløsning, og beregning og utplukking av intensiteter med forskjellig varighet.

Det er allikevel forsøkt utført ganske mange forskjellige analyser av dataene, spesielt på stasjonene Vestli og Vika i tidsrommet fra 1987 til 1991 .

Rangering av ekstremverdier

På grunn av store usikkerheter ved å benytte ekstremverdi-/frekvensanalyser og varighetskurver på disse dataene, har en valgt å rangere de flommene som er med i analysene og plottet maksimalverdiene som en slags varighetskurve (se eksemplene i figur 1 og 2).

Korrelasjonsanalyser

Korrelasjonen mellom nedbøren på Vika og Vestli, med en tidsoppløsning på en og to timer, er for de fleste sammenlignbare periodene brukbar, men med en del verdier spredt utover korrelasjonsdiagrammet. Med 5 minutters oppløsning var det derimot liten eller ingen korrelasjon. Det skyldes nok at de enkelte nedbørepisodene stort sett ser ut til å inntreffe parallelt på de to stasjonene, men med noe forskjellig fordeling og intensitet.

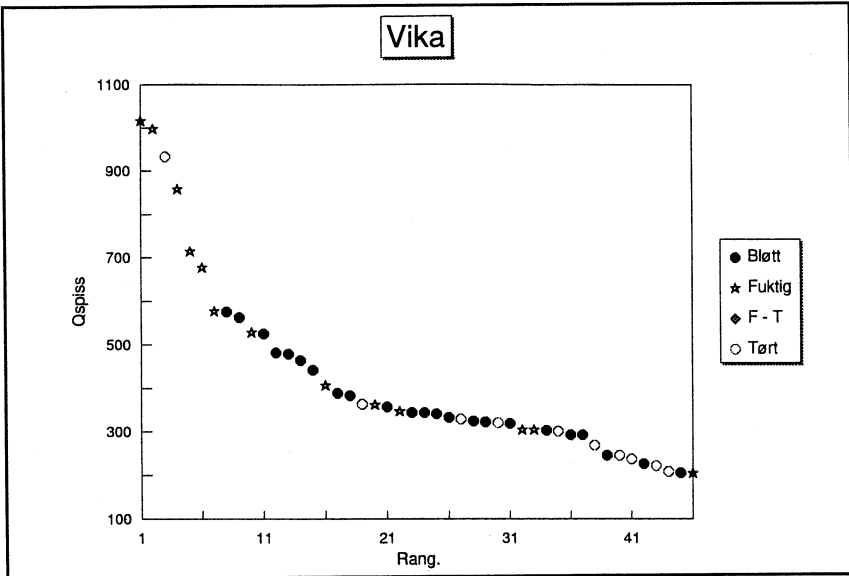
Nedbørmengden/-mønsteret over

Oslo området er av mange årsaker ofte veldig variabelt. Dette fører til at det i enkelte perioder er vanskelig å finne noen korrelasjon mellom de forskjellige stasjonene, som i 1991. Da hadde f.eks. Vestli relativt mange flommer, mens Vika hadde nesten ingen, noe som skyldtes mye sommer/høst nedbør (tordenbyger) lokalt på Vestli i forhold til Vika.

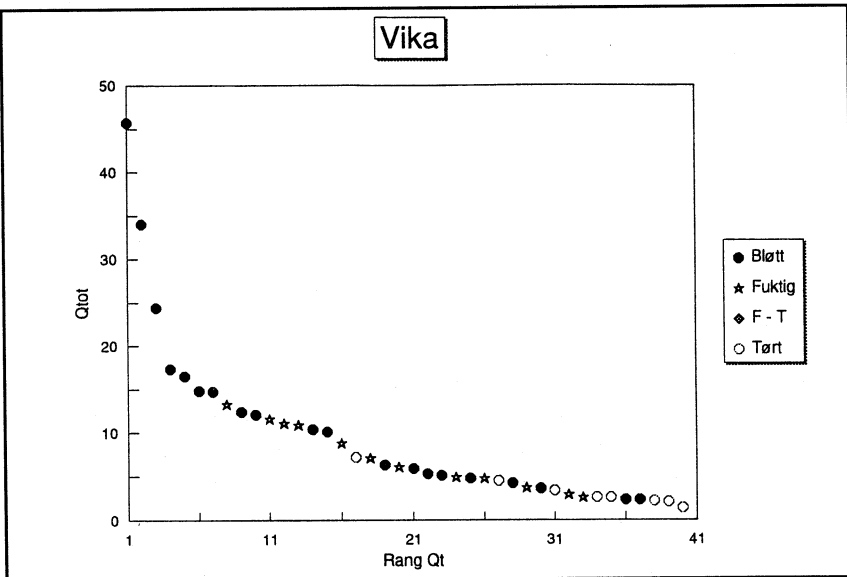
Korrelasjonen mellom vannføringen og nedbøren på hver av de to stasjonene er brukbar i enkelte perioder for 1 og 2 timers oppløsning. Med 5 minutters oppløsning var det liten eller ingen korrelasjon. Dette skyldes for det meste de store variasjonene i nedbør-avløpsresponsen p.g.a. forskjellig initialfuktighet og forskjellig nedbørforløp. Korrelasjonen blir også i høyeste grad påvirket av de før omtalte tidsforskyvningene og eventuelle feilregistreringer.

Andre analyser og grafiske fremstillinger

Siden flomsituasjonene er de mest interessante, plukket en ut de 10 til 20 største flommene (>300 l/s) der en har sammenfallende og brukbare registreringer av avløp og nedbør for Vika og Vestli. Noen flomepisoder for Oppsal er tatt med for oversiktens skyld. Episodene er blitt nøye analysert og plottet ut med en tidsoppløsning på 5 minutt for nedbør og knekkpunktstruktur på avløp (se Myrabø, 1995). I denne forbindelsen ble det laget et analyseprogram (FINURB) slik at en for disse flommene har fått beregnet både totalt



Figur 1. Rangering av flommene på Vika etter størrelse på spissverdiene (l/s) og differensiert på initialfuktighet



Figur 2. Rangering av flommene på Vika etter størrelse på totalverdiene for vannføringen (mm) i en nedbørepisode og differensiert på initialfuktighet.

Tabell 2. Lengde, høydeforskjell og konsentrasjonstid for de analyserte feltene

VMNR	Stasjon	Lengde (m)	Høyde (m)	t_c (min.)
2030	Vestli	1000	60	11
2065	Vika	400	20	6
1972	Oppsal	1000	60	11

nedbørs- og avløpsvolum (etter å ha trukket ifra en anslått terskelverdi for avløpet, som sees av tabell 1), forholdet mellom nedbørs- og avløpsvolum, volumforholdet mellom nedbør- og avløpsmaksimum på 5 minutt nivå, og tidsforsinkelsen mellom både tyngdepunktet for nedbør og maksimum nedbør mot maksimum avløp. På grunn av tidsforskyvningene kunne en bare bruke data for Vestli fra 1987 til 1991 for å se på tidsforsinkelser i felt. Derfor ble det plukket ut og analysert en del ekstra episoder i dette tidsrommet (>200 l/s for begge stasjonene). Tidsforsinkelser/konsentrasjonstid i de enkelte feltene ble også teoretisk beregnet ved hjelp av formelen

$$t_c = 0,02 \cdot L^{1,15} \cdot H^{-0,39} \quad (\text{Myrabø, 1991})$$

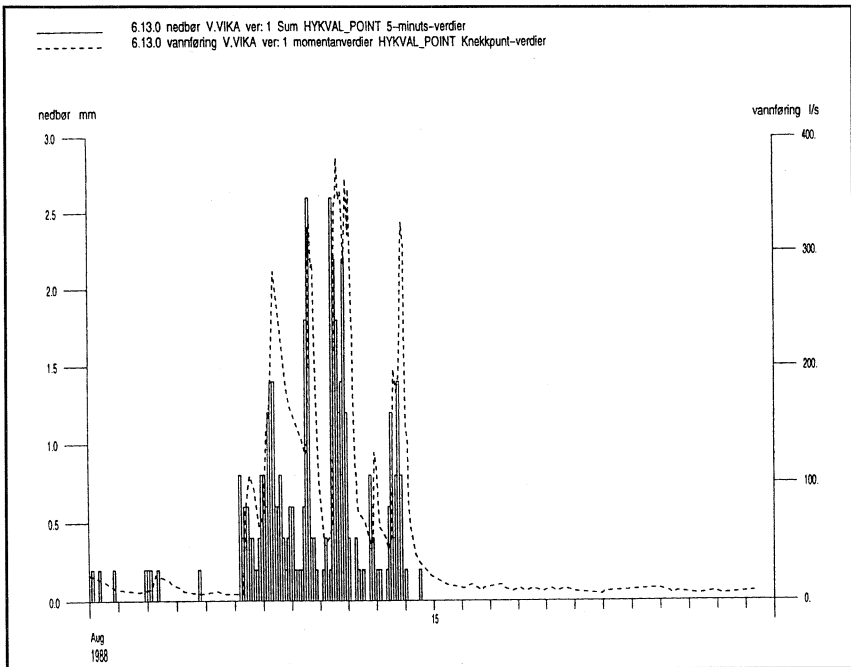
Resultatene er vist i tabell 2.

I tillegg har en målt manuelt (ut i fra plott, som vist i figur 3) både spissverdi for flom og nedbørvolum for hvert 5 minutt intervall. Verdiene ble lagt inn i et regneark der en bl.a. beregnet avløpskoeffesienter og nedbørintensiteter ved forskjellig varighet for hvert enkelt flomtilfelle. Det ble også foretatt en subjektiv vurdering av initialfuktighetene før hvert flomtilfelle for vurdering av betydningen av feltfuktigheten på nedbør-avløps responsen.

Resultatene av dette arbeidet sees i tabell 3, 4 og 5, og i vedleggene i Myrabø (1995).

De forskjellige parametrene og variablene som ble undersøkt var:

Q_s	[l/s]	Spissflommen (maks. registrert vannføring i den gitte nedbørsituasjonen)
Q_5	[l/s]	Flomtoppen med 5 minutt oppløsning (5 minutt middelvei)
Q_t	[mm]	Hele flomavløpet
P_5	[mm]	Nedbørmengde i løpet av 5 minutt (maks. verdi i den gitte nedbørsituasjonen)
P_{10}	[mm]	----- " ----- 10 minutt
P_{15}	[mm]	----- " ----- 15 minutt



Figur 3. Flomsituasjon på Vika den 15. august 1988.

P_{25}	[mm]	----- " ----- 25 minutt
P_t	[mm]	Nedbørsmengde i løpet av hele nedbørepisoden/flommen
P_{var}	[min]	Varigheten av det gitte nedbørtilfellet som gir spissflommen
i_5	[l _s · ha]	Nedbørintensitet med 5 minutts oppløsning (maks. verdi i det gitte nedb.tilf.)
i_{10}	[l _s · ha]	----- " ----- 10 ----- " -----
i_{15}	[l _s · ha]	----- " ----- 15 ----- " -----
i_{25}	[l _s · ha]	----- " ----- 25 ----- " -----
L	[m]	Lengden av feltet
H	[m]	Høydeforskjellen i feltet
A	[ha]	Feltarealet
t_c	[min]	Konsentrasjonstiden = $0,02 \cdot L^{1,15} \cdot H^{-0,39}$ (den "teoretiske" tiden vannet bruker fra ytterst i feltet og frem til utløpet)
T_t	[min]	Tidsforsinkelsen mellom tyngdepunkt nedbør og Q_s
T_m	[min]	Tidsforsinkelsen mellom P_5 og Q_s
C_s		Avløpskoeffesienten for spissflommen = $Q_s / it_c \cdot A$
C_t		Avløpskoeffesienten for hele flommen = Q_t / P_t

Tabell 3. Analyseresultater fra Oppsal, rangert etter flomstørrelse.
Nærmere forklaring av forkortelsene starter på foregående sider

Dato	Initial fukt.	Q_s [l/s]	i_5 [l/sha]	i_{10} [l/sha]	i_{15} [l/sha]	i_{25} [l/sha]	P_5/Q_5	C_s	C_t	P_{var} [min]
13/7-74	Fuktig	642	140	110	100	63	9,7	0,16	0,22	25
30/8-75	F.-Tørt	567	127	117	111	75	9,2	0,13	0,17	40
4/9-74	Bløtt	532	80	70	64	64	6,8	0,20	0,40	55
4/9-74	Bløtt	514	87	83	80	60	6,9	0,17	0,38	50
30/8-76	Tørt	365	87	83	64	45	13,0	0,12	0,21	30

Tabell 4. Analyseresultater fra Vika, rangert etter flomstørrelse

Dato	Initial fukt.	Q_s [l/s]	i_5 [l/sha]	i_{10} [l/sha]	i_{15} [l/sha]	i_{25} [l/sha]	P_5/Q_5	C_s	C_t	P_{var} [min]
13/7-84	Fuktig	1016	287	197	147	97	3,3	0,36	0,71	25
10/9-75	Fuktig	998	187	157	118	85	2,7	0,54	0,68	65
22/8-81	Tørt	933	253	213	169	111	2,7	0,37		25
12/7-81	Fuktig	858	127	100	71	52	1,6	0,68	0,95	45
5/7-81	Fuktig	715	147	143	133	93	2,1	0,49		40
1/7-84	Fuktig	678	133	130	118	81	2,3	0,51	0,69	30
17/8-82	Fuktig	578	120	83	62	47	2,3	0,49	0,76	60
22/8-88	Bløtt	576	133	110	102	84	2,6	0,44	0,68	300
14/7-75	Bløtt	563	120	113	82	52	3,4	0,47		20
4/8-84	Fuktig	529	87	80	73	65	1,6	0,62	0,70	35
21/9-81	Bløtt	526	87	83	67	44	2,6	0,61	0,84	25
12/8-82	Bløtt	482	73	50	38	23	1,9	0,66	1,00	15
12/7-84	Bløtt	479	67	60	56	44	1,3	0,73	0,84	325
17/8-82	Bløtt	464	93	73	53	35	2,1	0,50	0,95	45
6/8-84	Bløtt	442	80	77	60	39	2,5	0,56	0,66	30





Dato	Initial fukt.	Q_s [l/s]	i_5 [l/s·ha]	i_{10} [l/s·ha]	i_{15} [l/s·ha]	i_{25} [l/s·ha]	P_5/Q_5	C_s	C_t	P_{var} [min]
2/9-74	Fuktig	407	87	73	58	37	2,7	0,47	0,64	30
3/8-84	Bløtt	389	73	70	56	44	1,8	0,54		65
15/8-88	Bløtt	383	87	80	73	53	2,3	0,45	0,69	45
19/7-88	Tørt	364	100	87	71	49	3,3	0,37		70
16/7-91	Fuktig	363	67	57	42	33	1,9	0,55	0,77	40
20/9-82	Bløtt	357	120	83	73	65	3,7	0,30	0,75	95
30/6-84	Fuktig	348	67	43	31	20	1,6	0,53	0,87	20
30/8-75	Bløtt	344	73	73	71	56	2,5	0,47	0,61	145
17/7-88	Bløtt	344	73	63	51	32	2,1	0,47		20
23/8-82	Bløtt	342	80	70	53	37	2,3	0,43	0,67	55
15/8-88	Bløtt	333	87	73	56	39	3,1	0,39	0,70	165
29/8-88	Tørt	329	73	63	49	36	2,4	0,45	0,52	40
15/8-88	Bløtt	325	47	37	33	31	1,3	0,70	0,91	35
5/9-74	Bløtt	323	47	47	38	36	1,5	0,70	0,98	80
2/8-88	Tørt	321	73	73	51	32	3,5	0,44	0,52	20
21/6-90	Bløtt	319	67	53	51	41	1,8	0,48	0,59	50
7/6-81	Fuktig	305	47	43	38	32	1,7	0,66	0,68	110
7/8-84	Fuktig	305	60	60	47	32	2,5	0,51	0,52	40
26/9-75	Bløtt	303	67	60	47	44	2,2	0,46	0,63	55
3/9-84	Tørt	301	47	43	36	29	2,5	0,65	0,46	175
15/7-88	Bløtt	293	80	60	47	36	3,4	0,37	0,77	40
26/8-88	Bløtt	293	40	40	38	27	2,0	0,74	0,66	55
31/8-88	Tørt	269	73	50	42	33	3,1	0,37	0,54	70
11/7-88	Bløtt	246	60	43	36	24	2,0	0,41		25
22/6-90	Tørt	246	60	47	40	31	3,2	0,41	0,36	45
16/8-88	Tørt	237	73	63	51	33	2,9	0,33	0,41	20
31/8-90	Bløtt	226	33	27	24	19	1,3	0,68	0,68	30
21/8-88	Tørt	222	67	43	31	19	2,7	0,34	0,47	15
27/7-88	Tørt	208	73	47	33	23	4,1	0,29		30
29/8-88	Bløtt	206	33	30	27	19	2,2	0,62	0,77	30
28/6-90	Fuktig	206	40	37	33	29	2,1	0,52	0,56	55
2/7-90	Tørt	203	67	40	29	23	3,7	0,31	0,42	50
15/7-88	Bløtt	202	47	40	33	25	3,1	0,44	0,92	80

Tabell 5. Analyseresultater fra Vestli, rangert etter flomstørrelse

Dato	Initial fukt.	Q_s [l/s]	i_5 [l/sha]	i_{10} [l/sha]	i_{15} [l/sha]	i_{25} [l/sha]	P_5/Q_5	C_s	C_t	P_{var} [min]
15/7-75	F.-Tørt	1081	227	127	93	57		0,48		20
13/7-74	Tørt	430	113	97	80	52	8,8	0,38	0,28	30
3/9-74	Bløtt	385	107	83	67	48	9,5	0,36	0,52	50
3/9-74	Bløtt	363	73	43	33	23		0,50		25
17/6-91	Fuktig	363	253	220	198	160	28,6	0,14	0,10	70
18/7-91	Bløtt	349	253	170	133	84	35,6	0,14	0,08	15
4/7-74	Fuktig	343	127	77	58	39	16,1	0,27	0,15	25
15/8-88	Bløtt	341	73	63	64	45	10,0	0,47	0,26	30
18/7-91	Bløtt	337	213	150	116	96	26,1	0,16	0,17	70
2/9-94	Bløtt	323	47	43	31	24	5,9	0,70	0,27	35
24/8-75	Tørt	323	153	103	71	44	14,6	0,21	0,22	20
16/8-88	Fuktig	315	153	140	107	73	20,4	0,21	0,18	30
19/8-86	F.-Tørt	303	100	83	71	57	10,5	0,31	0,21	100
26/8-88	Bløtt	296	53	47	47	33	7,2	0,56	0,46	30
17/8-89	Fuktig	296	113	87	64	44	14,4	0,26	0,21	45
20/6-91	Bløtt	296	80	57	51	51		0,37		70
17/10-91	Fuktig	292	133	100	84	60	16,1	0,22	0,20	35
27/6-91	Tørt	286	287	280	240	164	38,1	0,10	0,13	35
5/6-90	Tørt	285	193	147	124	87	25,6	0,15	0,10	60
19/7-85	Bløtt	279	73	47	44	37	8,8	0,38	0,86	140
11/7-88	Bløtt	279	60	47	36	24	6,9	0,47	0,23	40
31/8-90	Fuktig	279	53	50	40	32	8,4	0,53	0,19	80
30/7-88	Bløtt	270	67	40	33	21	8,7	0,41	0,21	20
2/8-91	Tørt	270	120	117	107	88	19,2	0,23	0,09	30
22/6-90	Fuktig	267	87	63	49	35	15,7	0,31	0,16	40
18/6-90	F.-Tørt	263	87	60	47	31	9,5	0,31	0,13	20
23/8-88	Bløtt	261	47	40	31	24	6,1	0,56	0,50	50
29/5-88	Tørt	256	53	50	36	25	7,9	0,48	0,16	105
2/7-90	Fuktig	256	73	57	47	32	12,4	0,35	0,19	35
21/6-91	Bløtt	256	80	57	51	51		0,32		120
16/7-91	F.-Tørt	246	73	70	51	43	12,3	0,34	0,13	85
26/7-91	tørt	241	87	73	60	36	17,3	0,28	0,15	15





Dato	Initial fukt.	Q_s [l/s]	i_5 [l/s·ha]	i_{10} [l/s·ha]	i_{15} [l/s·ha]	i_{25} [l/s·ha]	P_5/Q_5	C_s	C_t	P_{var} [min]
22/8-88	Bløtt	239	40	37	36	29	6,3	0,60	0,59	200
25/9-89	Fuktig	239	53	43	36	27	7,9	0,45	0,18	70
25/9-89	Bløtt	239	53	40	31	21	9,7	0,45	0,29	25
15/7-88	Bløtt	238	47	37	31	21	8,5	0,52	0,33	30
15/7-88	Bløtt	238	47	40	38	29	6,6	0,52	0,24	60
20/7-88	Fuktig	238	73	40	27	23	10,8	0,33	0,33	10
18/6-91	Fuktig	236	80	77	67	56		0,30		65
26/8-88	Bløtt	233	47	43	33	36	6,8	0,50	0,26	45
2/9-88	Bløtt	233	40	30	33	29	6,5	0,59	0,73	110
19/7-88	Fuktig	231	53	47	44	32	8,8	0,44	0,20	65
10/9-91	Tørt	231	153	90	64	40	23,0	0,15	0,10	20
20/6-91	Bløtt	228	40	40	38	35		0,58		60
12/9-87	Bløtt	220	33	33	29	25	5,7	0,67	0,60	190
10/6-91	F.-Tørt	218	73	50	44	32		0,30		75
31/8-90	Fuktig	214	47	37	33	28	8,5	0,46	0,13	55
10/9-87	Bløtt	206	33	30	27	21	6,1	0,62	0,53	110
11/9-88	F.-Tørt	205	60	40	36	25	12,7	0,35	0,23	25

Diskusjon

Siden en mangler eller av diverse grunner ikke kan benytte en del flomepisoder i måleperioden, så er det vanskelig å anta noe gjentakingsintervall for disse hendelsene som er analysert. Alle flommene er heller ikke uavhengig av hverandre. En bør derfor se på dette som et erfaringsmateriale for hvordan feltene oppfører seg under ulike nedbørsituasjoner ved forskjellige initialtilstander. Datamaterialet gir også en "pekepinn" på størrelsen av flommene i det enkelte felt. Siden Vika har mindre areal og mye større urbaniseringsgrad enn Vestli får en, som forventet, høyere spesifikk maksimumsavrenning, i snitt raskere respons på

intensive nedbørtilfeller og mer "spisse" avrenningsforløp for Vika. Noe mer detaljerte studier av feltparametres betydning har en ikke gått inn på, da dette er vanskelig når en her bare har to felt som er ganske forskjellige.

Analysene viser at initiafuktigheten i det enkelte felt og nedbørforløpet har stor betydning for feltets respons og derved flomvannføringens maksimalverdi og volum, noe som også gjenspeiler seg i forskjellene i avløpskoeffisienter. Figurene i vedlegg 5 og 6 i Myrabø (1995) viser et tydelig mønster, trass i mange usikkerheter. En ser at betydningen er større i delvis urbane felt enn i helt urbane (f.eks. Q_s mot P_s

og Q_t mot P_t , som vist i figur 4 -7). For C_s og C_t ser initialfuktigheten ut til å spille større rolle enn nedbør-intensiteten. Flommene med tørre initialtilstander ligger også som regel til venstre og ofte lavt nede i figurene Q_s mot C_s og C_t , og Q_t mot C_t . Figurene viser at desto større initialfuktighet, jo mindre P_5 og P_{10} skal til for å få store avrenningskoeffisienter og at feltet må være fuktig/bløtt for å få store C verdier. Beregninger viser dessuten at avrenningskoeffisienten øker utover i samme "sammenhengende" nedbørperiode. Der en har flere flomtopper, spesielt ved lengre nedbørepisoder, er C størst i forbindelse med de siste flomtoppene. Dette gjelder også for helt urbane områder som Vika, og selv om det er bløtt fra før (f.eks. den 15/8-88, som vist i figur 3).

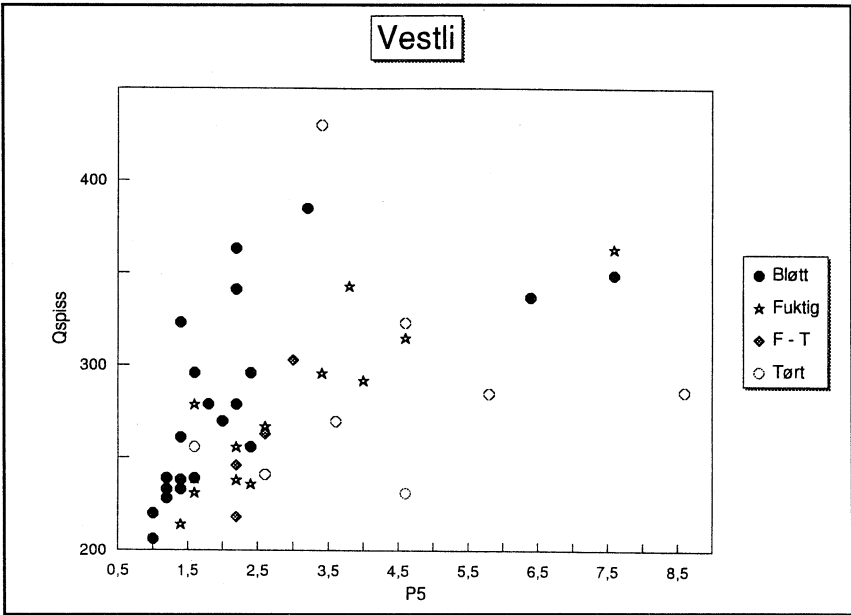
Forutgående døgn's vær- og feltforhold, i tillegg til når i nedbørtilfellet maksimal nedbør/spissflommen kommer, er således viktig for hvor mye de enkelte magasinene i feltet fylles opp. Fuktigheten før nedbørtilfellet og fuktigheten som bygger seg opp under selve nedbørtilfellet, før de høyeste intensitetene, er derfor helt avgjørende på nedbør-avløps responsen. For delvis urbane felt kan initialfuktigheten være helt forskjellig på den urbane og på den naturlige delen. Derfor bør en spesielt i slike felt komme frem til en ordning for en egen vurdering/definering av initialfuktigheten m.h.p. Q_t og C_t , og en annen m.h.p. Q_s , Q_5 og C_s . For den urbane delen av feltene, og da spesielt ved vurdering av C_s , så må en spesielt se på fuktigheten i den urbane

delen rett før spissflommen. Hvis den raske responsen hovedsakelig kommer fra den urbane delen, så må ihvertfall grop/overflatemagasinet fylles før feltet kan bedømmes som fuktig eller bløtt før spissflommen.

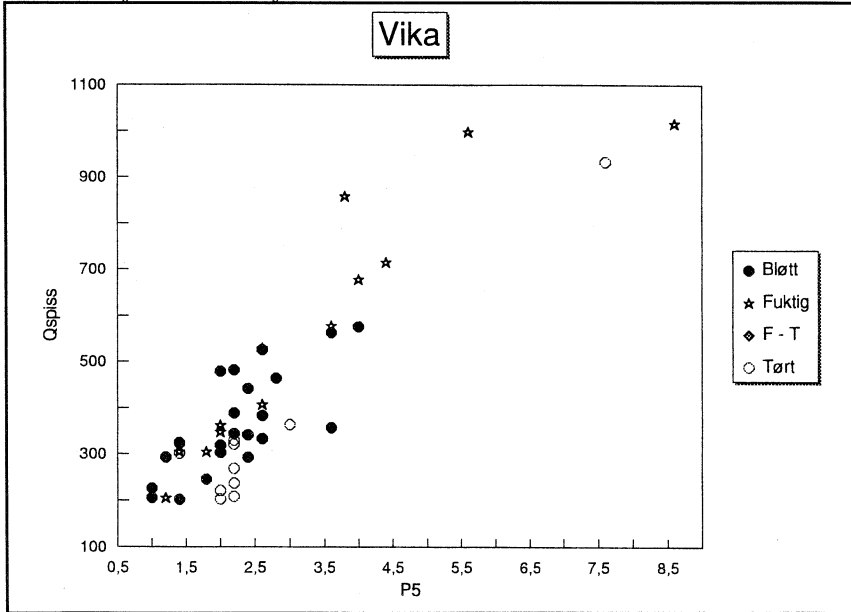
Sannsynligvis vil mønsteret i figurene omtalt ovenfor forsterkes hvis en legger mest vekt på initial-fuktigheten på den urbane delen ved Q_s og tar mest hensyn til langtidstørke ved Q_t , spesielt for delvis urbane felt som Vestli. Mønsteret i de fleste andre figurene vil også endre seg hvis en definerer initialfuktigheten slik.

Dette viser at responsen på nedbøren, dvs. flomforløpet og avrenningskoeffisientene, er avhengig av både gropmagasinering, fordampning og infiltrasjon på gjennomtrengelige flater, selv i nesten helt urbane felt. På sommeren er evapotranspirasjonen høy og magasinene tørker fort ut. Kort og intens nedbør blir da i stor grad magasinert i feltene (grop-, markvann- og grunnvannsmagasiner) og lite renner ut. Avrenningskoeffisienten blir da veldig liten bare det har vært tørt et par dager, spesielt C_t . Hvis det derimot er fuktig på forhånd, eller den høyeste nedbørintensiteten kommer på slutten av et lengre regnvær, så får en høyere avrenningskoeffisient. Jo fuktigere feltet er på forhånd, jo større C ved lik nedbørintensitet. Det ser dessuten ut for at det er lettere å få en høy C på høsten bl.a. p.g.a. fuktigere vær og mindre evapotranspirasjon.

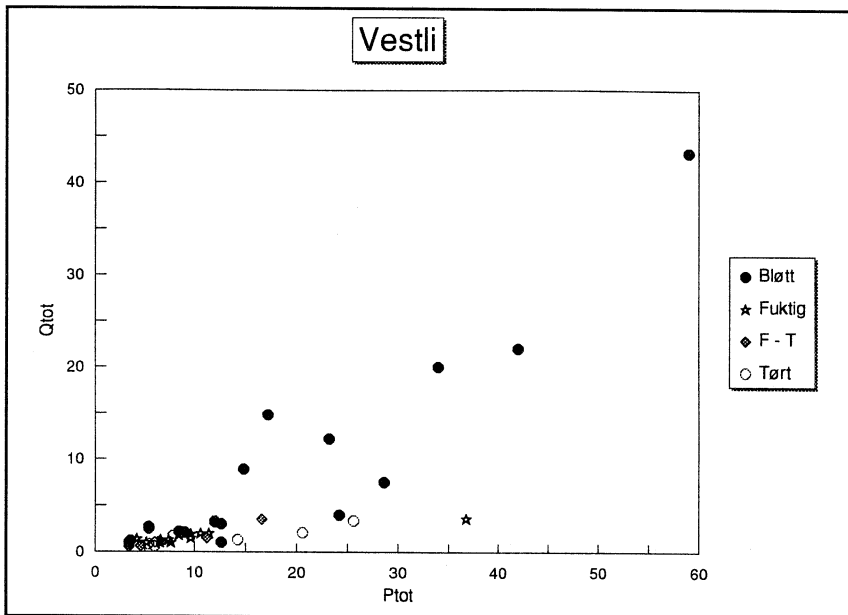
Vestli har nesten alltid en tidsforsinkelse mellom maks nedbør og maks avrenning i størrelsesorden 5-10



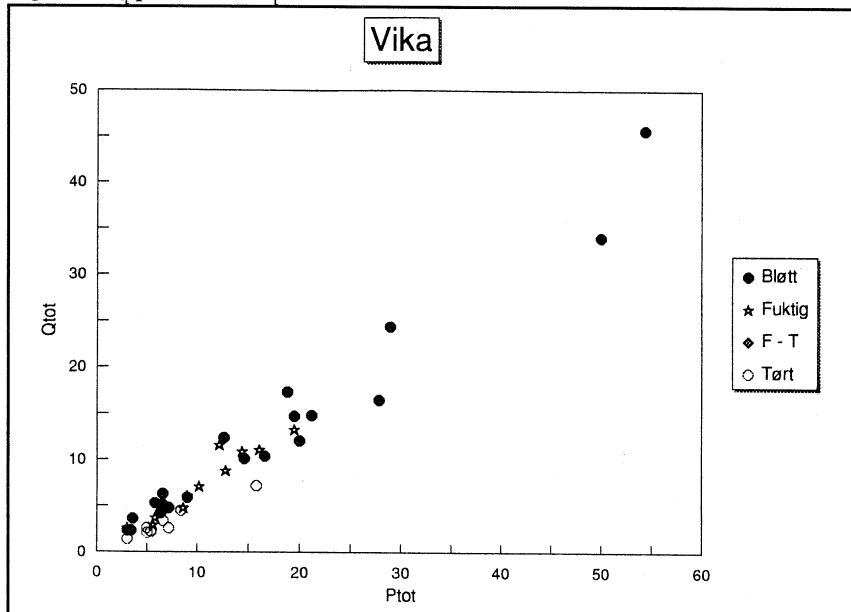
Figur 4. Q_s plottet mot P_s for Vestli



Figur 5. Q_s plottet mot P_s for Vika



Figur 6. Q_1 plottet mot P_t for Vestli



Figur 7. Q_1 plottet mot P_t for Vika

minutt ved 5 minutts oppløsning, mens Vika sannsynligvis ligger på ca. 5 minutt (variasjon mellom 0 og 25 minutt på grunn av tidsforskyvning). Ved å ta hensyn til verdiene i tabell 2, så har en her antatt en tidsforsinkelse på 10 minutt for Vestli og 5 minutt for Vika, som også ble benyttet som grunnlag for beregning av C_s . Flommenes størrelse er således avhengig av nedbørintensitetene på 10 og 5 minutt for h.h.v. Vestli og Vika, i tillegg til fuktigheten i feltene når de største intensitetene inntreffer.

Det er relativt store usikkerheter i alle de parametrene som er beregnet p.g.a. at metodene og programmene som er blitt benyttet ikke har vært tilfredsstillende til dette formålet. Beregning av f.eks. P_5 og P_{10} er gjort på grunnlag av faste tidsskritt på 5 minutt. Med ett minutts oppløsning ville en i de aller fleste tilfellene fått høyere verdier enn her, i teorien helt opp til det dobbelte av verdiene for P_5 . Dette virker igjen inn på usikkerheten i beregningen av andre parametre som nedbørintensiteter, C_s og Q_5 . Q_5 er beregnet via P_5 , som således resulterer i at flere flomtilfeller for Vika får en høyere beregnet verdi for Q_5 enn for spissflommen. Ved finere tidsoppløsning under analysene og uten tidsforskyvninger kunne en kanskje også finne ut om t_c avtar med en økning av feltfuktigheten og vannføringen, og om C øker med en avtagning av t_c .

I analysene har en heller ikke tatt hensyn til urbaniseringsgraden (andel tette flater), men betraktet alle feltene som helt urbane. Spesielt C_s , for de urbane

områdene på Vestli, blir derfor en god del høyere i virkeligheten enn angitt her. Det er også vanskelig å si noe om hvordan den naturlige delen av et delvis urbant felt påvirker avrenningen. Da må en i tilfelle ha avløpsregistreringer i den naturlige delen eller i et nærliggende naturlig felt. En annen feilkilde i beregningene er når en trekker en usikker terskelverdi i fra vannføringene, spesielt når det er store tidsforskyvninger på flere dager.

Det er også vanskelig med konkrete definisjoner av mange av parametrene. Skal f.eks. P_{var} defineres som nedbørvaregheten av bare den episoden som gir spissflommen eller hele den sammenhengende perioden når mange regnværsepisoder? Eller hva er grensverdiene for de forskjellige initialfuktighetene og hvor mange variable skal en dele den inn i? Derfor er det ikke sikkert at alle flommene kommer i riktig kategori/"bås". Skal en f.eks. ta hensyn til og spesielt kommentere, markere eller utelate flommer/parametre der en ser at noe åpenbart er feil? Det kan være som på Vestli, spesielt i 1991, da det var veldig mange tordenbyger og sannsynligvis dårlig representativitet for nedbørmåleren. Eller det kan være seg situasjoner som i Vika der en får mer avrenning enn nedbør. Dette kan f.eks. være både registreringsfeil, oppstuvning, dårlig representativitet for nedbørmåleren under tordenbyger, avløp fra andre steder utenfor feltgrensene eller spyling av gatene. For disse episodene er P_t , Q_t og C_t ikke beregnet eller utelatt i analysene. Det er særlig slike situasjoner som

kan gi høy vannføring selv om nedbør-målinger viser liten initialfuktighet og relativt lite nedbør. Verdiene for C_1 på Vestli ble f.eks. i enkelte tilfeller mindre enn 0,1 selv om feltet var bløtt. Dette vil gi feilaktig inntrykk i figurene og kan ev. "forstyrre" en klar sammenheng mellom forskjellige parametre og initialfuktighet. For å si noe sikkert om fuktigheten i delvis urbane felt som Vestli bør en derfor ha kontinuerlige registreringer av grunnvann og/eller markvann.

Videre arbeid

For å gjøre skikkelige analyser i fremtida er det helt nødvendig at dataene som benyttes blir skikkelig kontrollert og eventuelt korrigert, før de legges ut på en database/fil. Dette bør gjøres med jevne mellomrom, slik at en ikke mister for mye data om noe går galt ute på stasjonen. Derfor må en ha skikkelige skriftlige rutiner som følges opp av både observatører og data-ansvarlige. I tilknytning til de kontrollerte datafilene må en ha/lage programmer som er nødvendig for å analysere og presentere data med høy tidsoppløsning. Enkle årsrapporter bør også lages, slik at alle involverte parter ser nytten av det de holder på med.

En kan nesten ikke nok få uttrykt viktigheten av å samle inn gode data, med den følgen at en senere i data-bearbeidingen sparer enormt med arbeid og får data som er mest mulig sikre. Dermed kan dataene benyttes i senere analysearbeid og vil være tilfredsstillende nok til at en kan dra slutninger. Dette er spesielt viktig hvis

analyseresultatene skal benyttes i en beslutningsprosess, f. eks. i kommune- og fylkesplaner.

For å ha full nytte (og unngå tidsforskyvninger) av målinger ved en urbanstasjon bør en også ha alle dataregistreringer på samme logger. Da helst med ett minutt oppløsning eller knekkpunkts-registreringer. For å undersøke hva som skjer under vinterlige forhold må en bl.a. registre nedbøren kontinuerlig hele året og skille på regn og snø. En må da ha en nedbørmåler med veiende registrering. I tillegg bør en ha en smeltevannsmåler og en temperatursensor. Hvis en skal undersøke nærmere initialfuktighetens betydning for avrenningen, bør en også ha en grunnvannssensor (og eventuelt markvannssensor) koblet til samme logger. For å beregne f.eks. intensiteter, frekvens- og varighetskurver for de forskjellige variablene må en således ha gode, kontinuerlige og samtidige målinger som eventuelt kan korrigeres. I tillegg bør en ha så lange tidsserier som mulig, spesielt når en skal utføre dimensjoneringsberegninger.

Dette er også viktig hvis en skal vurdere mulighetene for et flomvarslingssystem, der en må ta utgangspunkt i felttilstander og nedbørvarsler. En flomvarsling bør basere seg på et meteogram med fin tidsoppløsning (5 min.) fra DNMI, samt kontinuerlig fjernoverføring av felttilstander (f.eks. en grunnvannsregistrering) og vannføring minimum hver time fra flere felt i samme område. Deretter bør en benytte seg av erfaringsmaterieell m.h.p. initialtilstander, avrenningskoeffesienter, t_c

og nedbørintensiteter med forskjellig varighet for å utarbeide et flomvarsel. For å få nytte av en modellkjøring må den foretas med høy tidsopløsning, da varigheten på nedbøren som forårsaker flommene i snitt er i størrelsesorden 1 time. Det samme gjelder for varigheten av selve flomforløpet, som også ofte er over i løpet av en times tid.

For å se på urbaniseringsgrad og feltparametres påvirkning må en i tillegg gjøre flere undersøkelser. Ved vurdering av urbaniseringsgradens betydning for avrenningsforholdene må en ha målinger før og etter utbygging, samt se på felt med forskjellig urbanisering og sammenligne flommer forårsaket av likt nedbørforløp og ta hensyn til initialtilstand og t_c . For å se på avrenningen i forhold til feltparametre og -tilstander, må en sammenligne flere urbanisasjoner med noen lunde lik urbaniseringsgrad.

Hovedkonklusjonen er derfor at opparbeidede erfaringer med dette prosjektet sammen med "diskusjonene" og resultatene i rapporten (Myrabø, 1995) er et nyttig grunnlag og utgangspunkt for videre arbeid og analyser. En bør på denne bakgrunn, i samarbeid med alle interessenter, komme frem til en strategi for fremtidig arbeid med rutiner for innsamling, kontroll, analyser

og presentasjon av urbanhydrologiske data i Oslo-området, såvel som ellers i landet.

Referanser

- Myrabø, S. (1991)
Flomberegning.
Oppdragsrapport 8 - 91, NVE.
- Myrabø, S. (1995)
Urban avrenning - Oslo
Oppdragsrapport 24 - 95, NVE.
- Skretteberg, R. (1981)
Program for rensing av avløpsvann:
Prosjekt 4.2. "Urbaniseringens inn-
virkning på avrenningsforholdene i
små nedbørfelt." Dataoversikt 1975-
1977.
Prosjekt rap. nr. 2 forts., NVE.
- Skretteberg, R. (1982)
Urbanhydrologiske feltobservasjoner
i Norge 1974 (foreløpig kopi).
Urban rap. vol. 1, NVE.
- Tollan, A. (1975)
Program for rensing av avløpsvann:
Prosjekt 4.2. "Urbaniseringens inn-
virkning på avrenningsforholdene i
små nedbørfelt". Dataoversikt 1972-
1974.
Prosjekt rap. nr. 2, NVE.