

Flomforhold i urbane felt ved ekstreme langvarige og kortvarige avrenningshendelser

Av Jadranka Milina og Ingrid Selseth

Jadranka Milina og Ingrid Selseth er ansatt ved SINTEF Bygg og miljøteknikk, avdeling Vannrensing og VA

Urban flood conditions under extreme long-term and short-term runoff events

Summary

There are numerous examples indicating that long-term rain events often in combination with snow give the most adverse flooding conditions in cold climate urban areas. The article illustrates a combination of climatic and hydrologic conditions where long-term rain events creating runoffs of significantly higher volumes than high intensity short-term rain events, become the major flood-generating events. The article emphasises the need for more data on climatic and hydrologic conditions that affect urban drainage in cold climate.

Sammendrag

Det finnes mange eksempler som antyder at langvarige regnhendelser ofte i kombinasjon med snø gir de mest ugunstige flomforhold i urbane felt i kaldt klima. Artikkelen illustrerer en kombinasjon av klimatiske og hydrologiske forhold hvor langvarige regnhendelser genererer avrenning med betydelig større volumer enn kortvarige regnhendelser med høy intensitet. Disse hendelsene er den

viktigste årsaken til flom i norske byer og tettsteder. Artikkelen vektlegger behov for mer data om klimatiske og hydrologiske forhold som angår urban-avrenning i kaldt klima.

Innledning

I mange byer og tettsteder i Norge, Sverige, Canada og nordlige USA opptrer de største flommene under langvarige regnvær, ofte i forbindelse med snøsmelting. Likevel har langvarige regnhendelser i kombinasjon med snøsmelting fått liten oppmerksomhet i urban hydrologi (UNESCO IHP V-7.3.2, 2000; Matheussen and Thorolfsson, 2000). En årsak er sannsynligvis at intensiteten av disse hendelsene er mye lavere enn intensiteten av kortvarige ekstreme regn, og at snøsmelting er en langsom prosess. En begrenset forskning av snøsmelting i urbane områder imidlertid tyder på at smelting er dominert av nett utstråling (Taylor, 1977; Buttle and Xu, 1988) og at høyere luft temperatur og lavere albedo av snø i urbane felt kan gi en smelting som er 20-30 mm/d større enn i et nær-

liggende naturfelt (Bengtsson, 1981). I tillegg er det vist at avrenningsprosesser i mettet snø er en relativt rask prosess i siste fase av snøsmeltingen. I en homogen snøpakke er perkolasjon av smeltet vann langsom (Colbeck, 1978), men etter at vertikale kanaler har blitt utviklet blir smeltevannet bare forsinket en time gjennom snølaget. Bengtsson (1984) beregnet konsentrasjonstid ved snøsmelting fra en impermeabel plen i varighetsskala fra 2 timer til 12 minutter. Avrenningen generert fra disse overflater rekker raskt fram til rister, fortauer og veier som overfører den hurtig til avløps-systemet.

I dag eksisterer svært få sammenlignende analyser av flomforhold i urbane felt under kortvarige og langvarige ekstreme avrenninger. Resultater av en analyse som presenteres i denne artikkelen er ment som et bidrag til belysning av forhold i avløpsnett under langvarige og kortvarige ekstreme avrenninger.

En analyse av flomforhold i urbane felt ved langvarige og kortvarige ekstreme avrenninger

En langvarig regn-på-snø hendelse den 31. mars 1997, gav flom i mange bydeler i Trondheim. Den 30. mars ble 30 mm regn registrert og 31. mars falt 55 mm regn. Snøen som smeltet og frøs i sykluser i løpet av vinteren hadde ubetydelig effekt på avrenningssvolumet da den begynte å smelte. Men den indirekte effekten var kritisk. Med en gang snøens maga-

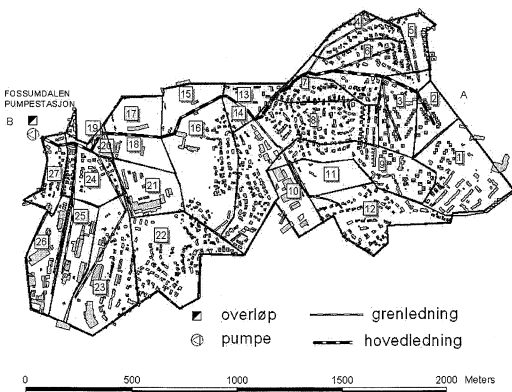
sineringskapasitet var nådd og marka mettet ble alt regn omformet til avrenning. Økningen i avrenning var dramatisk. Det er vist at i løpet av flommen som varte i tre timer bidro hele det permeable arealet i Fredlybekken og Fossumdalenfelt til overflateavrenningen. En analyse av denne flommen viser at mens regn har 20 års gjentaksintervall, er gjentaksintervall for avrenning 50 år (Milina, 1998).

Mildvær og kraftige regnvær førte til en rekke flomepisoder i Trondheim i perioden 30. januar-15. februar 1999 (Milina og Selseth, 1999a). Flommene skadet store deler av byen og skapte store driftsproblemer i avløps-systemet.

Fossumdalen avløpsfelt i Trondheim (233 ha, 28% impermeable flater, 10 000 innbyggere) er av de som fikk store vannskader under flommen i 1997 og 1999. For å kunne analysere saneringstiltak i Fossumdalen avløpsnett, er en analyse av de største avrenningsepisodene som er målt på Risvollan urbanhydrologiske stasjon i Trondheim i perioden 1988-1999 tatt i bruk. En integrert modell basert på det hydrologiske programmet PLASKI og det hydrauliske-stofftransport programmet SIMBA[®]sewer (begge er integrert på Matlab[®]-Simulink plattformen), har vært brukt ved modellering og simulering av de ekstreme avrenningene i Fossumdalen avløpsnett (Milina og Selseth, 1999b). PLASKI er et hydrologisk program basert på vannbalanseberegninger for ulike typer overflater. Modellen tar hensyn til arealmessige forskjeller i overflatens beskaffenhet, snøakkumulering og fjerning av snø. Modellen

har en rutine som tar hensyn til markvannskapasitet og infiltrasjonsegenskaper i permeable flater. Dette er en forutsetning for riktig simulering og beregning av typiske flomhendelser på våt eller frossen mark. PLASKI kan gjøre kontinuerlige simuleringer og har dermed riktige startbetingelser for avrenningstilfellene. Modellen beregner spillvann produksjon, overflateavrenning og infiltrasjon til avløp som er inngangsdata til det hydrauliske-stofftransport programmet SIMBA®sewer. SIMBA®sewer er et hydraulisk program basert på "diffusiv bølge" approksimasjon og adveksjon-dispersjon ligninger for forurenningstransport.

Modellen for Fossumdalen avløpsnett som er koblet til Fossumdalen pumpestasjon med overløp, er bygget opp ved hjelp GEMINI VA databasen. I alt er 63 strekninger/ledninger inkludert i modellen og 27 delfelt (påslippspunkter på nettet), se figur 1. Modellen er opprettet ved hjelp av skalering av hydrologiske parametre



Figur 1 Fossumdalen avløpsnett og delfelt.

fra en grundig kalibrert avrenningsmodell som er opprettet for det tiliggende Fredlybekken avløpsfelt. Ruhet i Fossumdalen avløpsnett er definert med hensyn til ledningens alder og helning (sannsynlighet for avsetninger).

En oversikt over maksimale simulerte avrenningstopper og volumer ved utløpet av Fossumdalenfeltet for de største simulerte ekstreme hendelser er vist i tabell 1.

Tabell 1 Simulerte ekstreme avrenningstopper og volum ved utløpet av Fossumdalenfeltet

EKSTREME AVRENNINGSEPISODER	MAKS. INTENSITET [l/s,ha]	MAKSIMAL AVRENNINGSTOPP [l/s]	VOLUM [m ³]
1	2	3	4
23.11.1988	30 + snøsmelting	986	16 259
19.09.1989	137	2 106	12 131
01.09.1990	80	1 725	5 616
09.07.1991	130	1 620	16 780
14.01.1992	23 + snøsmelting	1 144	49 896
13.07.1992	160	1 829	6 936
09.06.1995	23	956	18 588
30.03.1997	20 + snøsmelting	1 968	44 396
31.03.1997	37 + snøsmelting	2 211	56 444
31.01.1999	17 + snøsmelting	726	27 764
04.02.1999	20 + snøsmelting	933	29 447

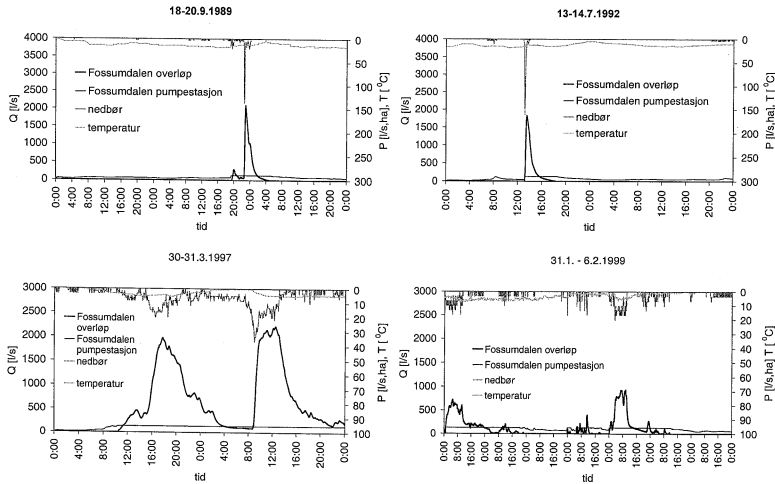
Resultater fra modellberegning i Fossumdalsfeltet viser at de største avrenningstopper kan oppstå ved både kraftige, kortvarige regnbyger (19.9.1989), og ved langvarige regn oftest i kombinasjon med snøsmelting (31.3.1997), se figur 2.

De ekstreme nedbørintensiteter fra 80 til 160 l/s,ha og kort varighet gav avrenningstopper som er de 2., 4., 5., og 6. største i den simulerte perioden. Imidlertid har ikke noen av disse avrenningene som er dominert av avrenning fra impermeable flater, med-

ført store driftsproblemer i praksis.

De største problemene har oppstått i forbindelse med langvarige regnvær med noe lavere regnintensitet fra 20 til 40 l/s,ha, men i kombinasjon med

snøsmelting. Generelt gir disse avrenningsepisodene lavere topper, men større volumer. Flommen i 1997 gav både de største toppene, volumene og vanntrykket i nettet.



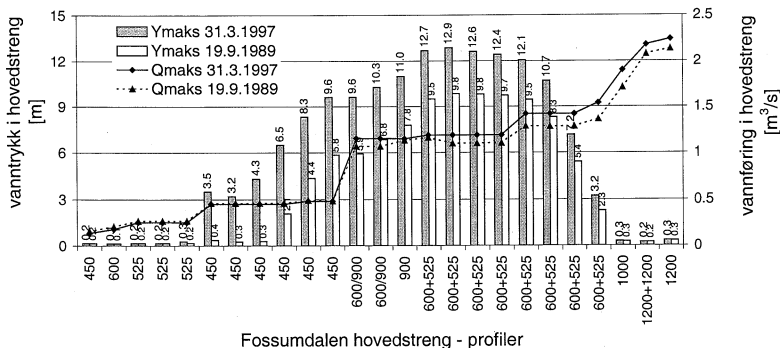
Figur 2 Avrenningshydrogram ved utløpet av Fossumdalenfeltet ved de mest intensive kortvarige (19.9.1989, 13.7.1992) og langvarige (30-31.3.1997, 31.1.-6.2.1999) hendelse registrert i perioden 1988-1999.

Figur 3 viser forhold i nettets hovedstreng under den største langvarige hendelsen 31.3.1997 og den største kortvarige hendelsen 19.9.1989. Feltets hovedavløpsledning har en flaskehals i den lavereliggende delen av Fossumdalenfeltet. Den har ikke tilstrekkelig kapasitet for å avlede verken den største kortvarige eller den største langvarige hendelsen. Men, mens forskjellen mellom de maksimale vannføringer i nettet ved den største kortvarige og langvarige hendelsen er maksimalt 10%, er forskjellen mellom de maksimale vanntrykk i størrelsesorden 30-70%. Høyt vanntrykk i nettet under den langvarige hendelsen 31.3.1997 var årsak

til at hus som ligger 30 meter høyere enn nettets flaskehals ble oversvømt. Det var derimot ikke registrert oversvømmelser ved den ekstreme kortvarige hendelsen 19.9.1989.

Konklusjon

En analyse av hydrologiske og hydrauliske flomforhold i et avløpsnett i Trondheim basert på en 10 års periode med nedbør og temperatur data, har vist at de langvarige regnhendelser ofte i kombinasjon med snøsmelting er hovedårsak til årlige driftsproblemer og store flomskader. Dette står i motsetning til dagens praksis som fremdeles er basert på svært detaljerte analytiske prosedyrer for



Figur 3 De maksimale simulerte vannføringer (Q_{maks}) og vanntrykk (Y_{maks}) i Fossumdalen hovedstreng (strekning A - B i figur 1) ved den største kortvarige (19.9.1988) og langvarige (31.3.1997) hendelsen.

bearbeiding av ekstreme kortvarige regnhendelser om sommeren. Disse er i mange tilfelle ikke relevante for oversvømmelsesproblematikk. Det vil imidlertid ennå ta flere år før lange nok måleserier blir tilgjengelig for en fullstendig flomstatistikk i urbane felt.

Referanser

- Bengtsson, L. (1981) *Snowmelt-generated runoff in urban areas*. Proc. Second Int. Conf. Urban Storm Drainage, Urbana, IL, 14-19 June 1981, 444-451.
- Bengtsson, L. (1984) *Modelling snowmelt induced runoff with short time resolution*. Proc. Third Int. Conf. Urban Storm Drainage, Göteborg, Sweden, 305-314.
- Buttle, J. M., Xu, F. (1988) *Snowmelt runoff in suburban environments*. Nordic Hydrology, 19, 19-40.
- Colbeck, S. C. (1978) *The physical aspects of water flow through snow*. Adv. Hydrosoci., (11), 165-206.
- Matheussen, B. V., Thorolfsson, S. T. (2000) *Snøsmelting og overvannsavrenning i norske byer og tettsteder*.

Kommunalteknikk 6-7, 16-17.

- Milina, J. (1998) *Runoff based flood analysis in urban catchments subject to the effects of cold climate conditions*. 19th Biennial Conference of the International Association on Water Quality, Vancouver 21-26 June 1998, Canada.
- Milina, J., Selseth, I. (1999a) *Analyse av flomforhold og beregning av gjentakintervaller for flommer i 1999 i Trondheim*. SINTEF, STF A99310.
- Milina, J., Selseth, I. (1999b) *Vann- og stoffbalansmodell for Lerkendal avløpsone og systemanalyse av oversvømmelshyppighet og saneringstiltak - fase 1*. SINTEF, STF A99316.
- Taylor, C. H. (1977) *Seasonal variations in the impact of suburban development on runoff response: Peterborough, Ontario*. Wat. Resour. Res., 13, 165-182.
- UNESCO IHP V-7.3.2. *Urban drainage in cold climate*. _ Maksimovic, S. Sægrov, J. Milina and S. T. Thorolfsson (eds.). 2000.