

Forsinket avrenning fra urbane felt

Et eksempel på lokal overvannshåndtering

Av Mark J. Hood, John C. Clausen, Bent C. Braskerud og Glenn S. Warner

Mark er urbanhydrolog fra Univ. of Connecticut
Bent er senioringeniør ved hydrologisk avdeling, NVE
John og Glenn er assistant professor ved Univ. of Connecticut

Sammendrag

Utbygging (urbanisering) av nedbørfelt øker andelen av tette flater. Ved nedbør øker avrenningshastigheten og flommens størrelse sammenlignet med avrenning før utbygging. Dette kan gi problemer med overvannshåndteringen og resultere i oversvømmelser og erosjon. Lokal overvannsdiskonering (LOD) kan dempe de negative konsekvensene. Artikkelen sammenligner to små nedbørfelt med eneboliger: Ett med tradisjonell overvannstiltak og ett med LOD-tiltak. LOD-tiltakene var graskledde grøfter, permeable vegger, regnbed og et lite areal for midlertidig oversvømmelse. Resultatene viste at flommene fra LOD-feltet ble betydelig redusert og ofte forsinket.

Abstract

Urbanization of a watershed increases the volume and peak discharge of runoff (Fig. 1). This paper shows how

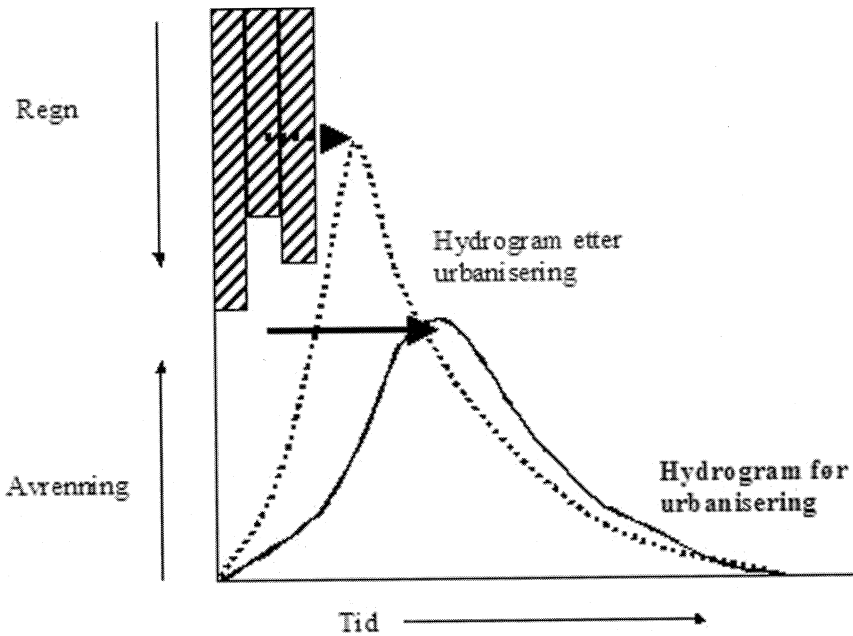
the use of low impact development (LID) best management practices (BMPs) influences site hydrology by comparing two newly established residential areas in Connecticut, USA (Fig. 2). The watersheds were 2.0 and 1.7 ha for the traditional storm water management and LID area respectively. Best management practices used in the LID include swales, permeable pavement, rain gardens (Fig. 3) and a bio-retention area (area for short time flooding). Results show that the LID area increased the lag time from rainfall to runoff for "small" rain events (Fig. 5 and Table 1). For "large" rain events the effect on the lag time was not as clear. However, LID significantly decreased the runoff volume (Table 1; E) and intensity (F). In addition, the precipitation required to induce runoff in the LID was twice as large as from the traditional housing area (Fig. 4). The average runoff coefficient was 0.07

and 0.24 for the LID and the traditional area, respectively. The use of BMPs can restore the predevelopment hydrological regime (e.g., Fig. 6), reducing the probability for downstream damage after high precipitation episodes.

Bakgrunn

Anleggning av bygninger og veger i nedbørfeltene øker vanligvis mengden og intensiteten av vann som renner av

(fig. 1). Det har vært en betydelig økning i flomskadeutbetalinger i kommunene (Lindholm, 2005). Situasjonen er i ferd med å forverre seg pga. klimaendringene. Langtids-scenarie for Norge inkluderer 5-20 % økning i nedbøren i løpet av neste århundre, og økt hyppighet av ekstremnedbør (RegClim, 2005). Økt nedbørintensitet er av spesiell betydning.



Figur 1. Tiden fra nedbør til avrenning avtar ofte ved bygging i nedbørfeltet (stiplet pil). Ved bruk av LOD forsøker en å forsinke og redusere flomtoppen (heltrukket pil)

Planleggere av bygg og veger trenger mer informasjon om hyppighet og størrelse på flomavrenning, samt tiltak som kan benyttes for å dempe eller forsinke avrenningen (Lindholm,

2005). I denne artikkelen vil vi presentere resultater fra et tradisjonelt boligfelt som sammenlignes med et felt med utstrakt bruk av tiltak for lokal overvannsdistribusjon (LOD).

Boligfeltene

To boligfelt er anlagt: Det ene er utviklet på tradisjonell måte, mens det andre er tilpasset LOD tiltak (Fig. 2). Eneboligene ligger i byen Waterford i staten Connecticut på østkysten av USA nær den canadiske grensa. Klimaet tilsvarer norsk kystklima, med snøfall. Årlig nedbør er ca 1300 mm. Etter ferdigstillingen i 2002/2003 var andelen tette flater større i det tradisjonelle enn i LOD-feltet (henholdsvis 32 og 22 %). Det tradisjonelle området hadde 17 boliger, mens LOD-feltet hadde 12. Det siste var imidlertid noe mindre i areal og brattere, slik at spesifikk avrenning skulle være tilnærmet lik ved lik boligutvikling på begge felt. Det er tinglyst en 10-årig heftelse på eien-

dommene slik at undersøkelsen kan pågå uten at beboerne endrer tiltakene. Dominerende jordtype er siltig sand.

Tiltakene som ble benyttet i LOD-feltet er:

- Grasdekkede vegggrøfter/vannveger (swales) fremfor nedløpskummer og lukkede grøfter.
- Permeable (vanngjennomtrengelige) veger fremfor tett asfalt.
- Regnbed (rain garden) som holder tilbake vann fra tak og andre tette flater (fig. 3).
- Areal som midlertidig kan stå under vann. LOD-feltet har et sentralareal for dette formålet (sentrum av rundkjøringen i fig. 2).

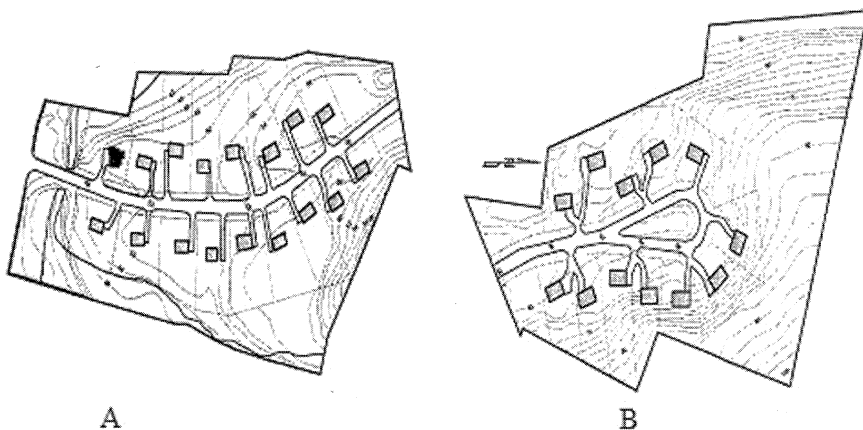
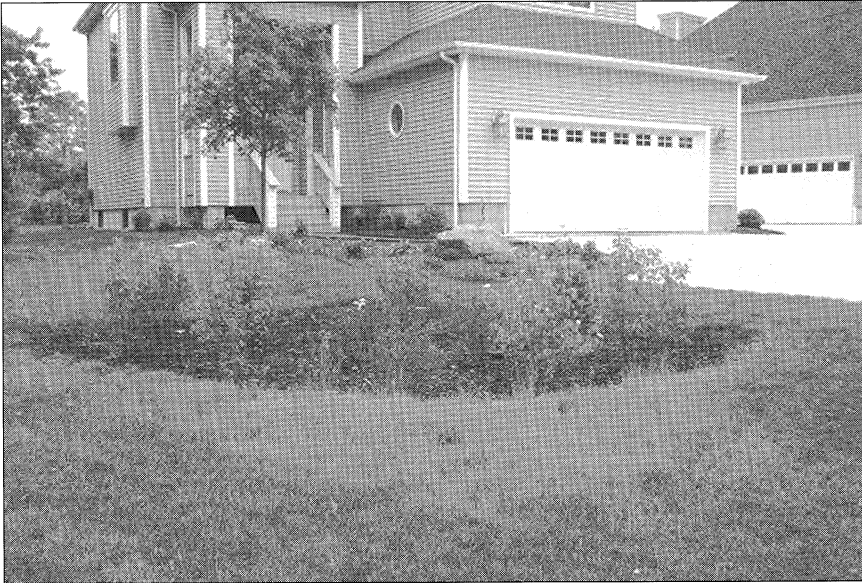


Fig. 2. Et tradisjonelt boligfelt med nedløpskummer og rask bortledning av overvann (A) er sammenlignet med et nabofelt (B) der LOD er søkt implementert. Den bebygde delen av A er litt større enn B (henholdsvis 20 og 17 dekar).



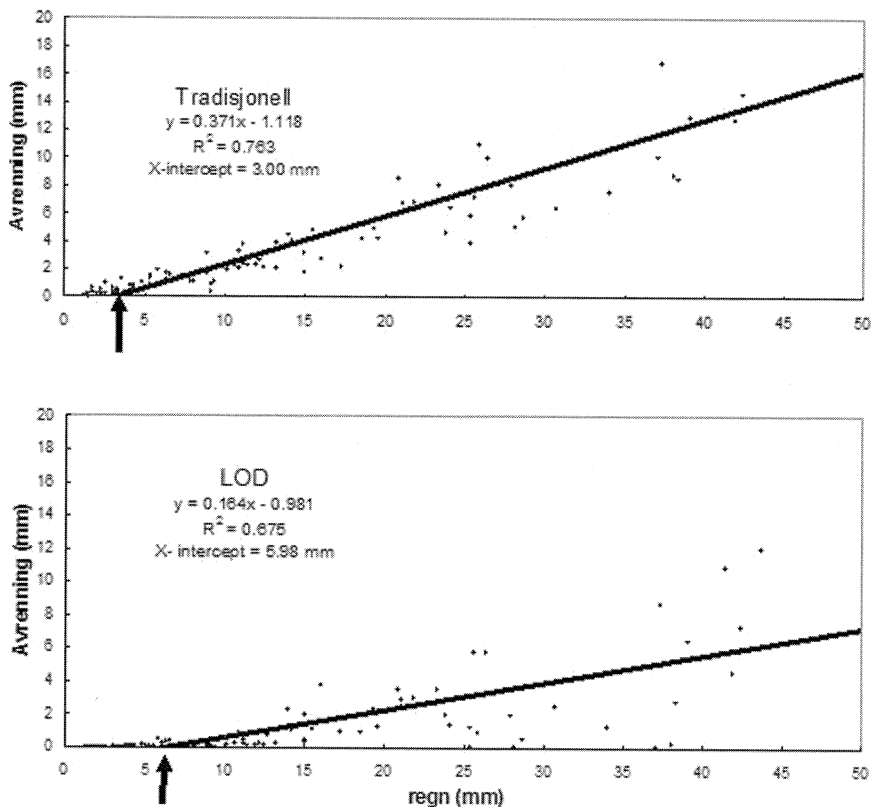
Figur 3. Regnbed er et blomsterbed med arter som liker høy fuktighet. Bedet lages slik at vannet infiltrerer jorda i løpet av 24 timer. Dermed unngås problem med mygg (mer om rain gardens finnes på internett).

Avrenningen ble målt ved hjelp av målerenner i overvannsledninger og i de grasdekkede vannvegene. I løpet av en 2-års periode ble ca 100 nedbør/avrenningsepisoder registrert (fig. 4). Episoder med snøsmelting ble unntatt. Målet var å kvantifisere virkningen av LOD-tiltak ved å sammenligne avrenningen fra felt med tradisjonell boligutvikling.

Resultatene er en del av det pågående prosjektet: Jordan Cove Urban Watershed Project, og er presentert av Hood m.fl. (2006).

Nedbør før avrenning (initialtap)

Det var ventet at avrenningen fra LOD-feltet var forsinket sammenlignet med det tradisjonelle feltet. Figur 4 viser nedbør- og avrenningsepisodene som ble studert i undersøkelsen. Om lag 3 mm nedbør var nødvendig for å skape avrenning i det tradisjonelle feltet, mens 6 mm skapte avrenning i LOD-feltet. Undersøkelser av initialtapet i svenske og norske byer er ofte under 1 mm (Bøyum m.fl., 1997). Den store forsinkelsen i den amerikanske undersøkelsen skyldes trolig sandjordas gode infiltrasjonskapasitet. LOD gir likevel en forbedring på 100 % sammenlignet med tradisjonell boligutvikling.

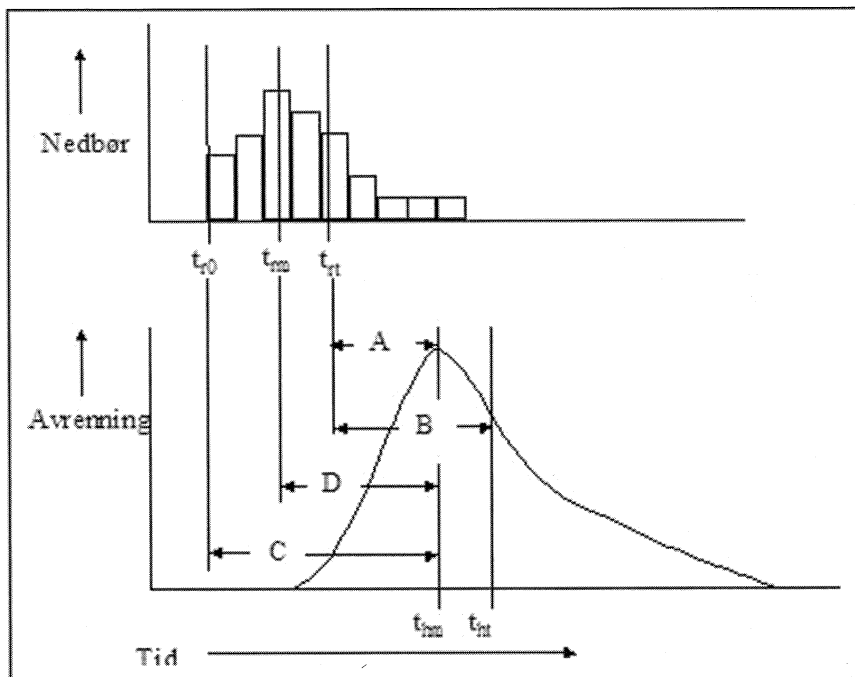


Figur 4. Regnmengde som var nødvendig for avrenning (indikert med pil) i det tradisjonelle og LOD-feltet.

Avrenningens størrelse mht. nedbørens størrelse

Avrenningen varierer med nedbørstørrelsen (fig. 4). For å undersøke nedbørens betydning på avrenningsvolum, intensitet og varighet, kan ulike deler av hydrogrammet (avrenningskurven) vektlegges. Figur 5 viser hvordan tidspunktet fra regn til avrenning kan sammenlignes.

Regnepisodene ble gruppert etter mengde. Regn over 24 mm ble regnet som *store nedbørsepisoder* (se fig. 4). For å kunne sammenligne feltene ble kun regn som ble registrert som avrenning i begge felt benyttet. Antall observasjoner (n) kan derfor variere. LOD-tiltakenes virkning på avrenningen er presentert i tabell 1.



Figur 5. Tidsforsinkelsen fra regnets start (t_{r0}), max intensitet (t_{rm}) og tyngdepunkt (t_{rt}), kan sammenlignes med tidspunktet for hydrogrammets max vannføring/intensitet (t_{fm}) og tyngdepunkt (t_{ft}).

Tabell 1. Gjennomsnittlig forsinkelse i minutter etter regn, avrenningsvolum og intensitet ved forskjellig nedbørmengder (liten og stor). Se figur 5 for forklaring av A-D.

	< 25 mm (liten)			> 25 mm (stor)		
	n	LOD	Tradisjonell	n	LOD	Tradisjonell
A: Regnets tyngdepkt. - flomtopp (min)	62	39 a	6 b	21	42 a	24 a
B: Regnets tyngdepkt. - avr. tyngdepkt. (min)	47	54 a	15 b	19	81 a	34 b
C: Start regn - flomtopp (min)	62	129 a	92 b	15	249 a	192 a
D: Max regn - flomtopp (min)	57	36 a	7 b	19	58 a	36 a
E: Avrenning (mm)	76	0,1 a	1,1 b	21	1,7 a	10,0 b
F: Flomtopp (l/s/ha)	60	0,7 a	9,2 b	21	3,7 a	18,0 b

For hver variabel (A-F) og nedbørskategori (liten / stor) vil gjennomsnittet (X og Y) fulgt av samme bokstav (X a og Y a) ikke være statistisk signifikant forskjellig (for $P < 0,05$). X a og Y b viser at resultatet er forskjellig. n er antall episoder der en fikk resultat fra begge felt.

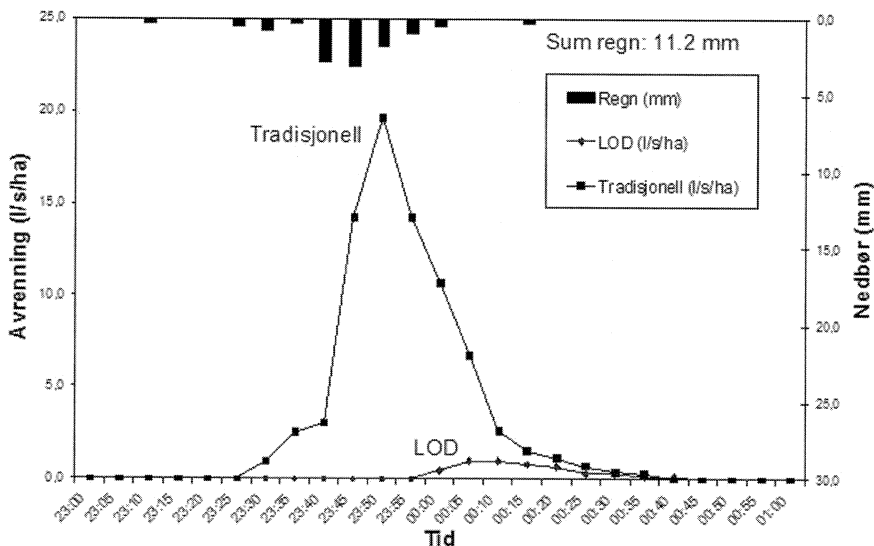
Ved små nedbørmengder var avrenningen fra LOD-feltet alltid betydelig forsinket sammenlignet med tradisjonell boligutvikling. Fra tidspunktet for regnets tyngdepunkt til høyeste vannføring (A i tabell 1) var forsinkelsen i gjennomsnitt 39 minutter for LOD-feltet. Det er en forsinkelse på over 6 ganger sammenlignet med det tradisjonelle feltet!

Store regn ble også forsinket, men forsinkelsen var ikke statistisk sikker (for A, C og D i tabell 1). Vannvolumets tyngdepunkt (B) brukte imidlertid over dobbelt så lang tid fra LOD-feltet som fra det tradisjonelle boligfeltet.

Selv om flomtoppen ved store regn ikke alltid ble forsinket ved bruk av LOD-tiltak, ble den totale avrenningen betydelig dempet (E i tabell 1). Mens den gjennomsnittlige avren-

ningen etter store enkeltregn kunne være 10 mm per episode fra det tradisjonelle feltet, var det kun 1,7 mm fra LOD-feltet. Kun 17 % av nedbøren som rant av det tradisjonelle feltet, rant av LOD-feltet. LOD-tiltakene reduserte volumet i sterkere grad fra episoder med lite regn. I gjennomsnitt var avrenningskoeffisienten (=avrenning i mm/regn i mm) 0,067 fra LOD-feltet og 0,24 fra det tradisjonelle boligområdet. Begge verdier er lave i forhold til norske data (Bøyum m.fl., 1997).

Flomtoppen eller hydrogrammets høyeste vannføring, ble betydelig redusert ved bruk av LOD-tiltak (F i tabell 1). Dette gjaldt uavhengig av regnmengder. En reduksjon fra 18,0 l/s/ha til 3,7 l/s/ha er en vesentlig reduksjon av vannføringsintensitet.



Figur 6. Nedbør og avrenning fra et regn på 11,2 mm 15. september 2003. Merk at tidsaksen har oppløsning på 5 minutter.

Oppsummering

Lokal overvannsdiskonering (LOD) påvirker avrenningen. Flomtoppene og vannvolumet blir vesentlig mindre, og forsinkes ofte. Figur 6 viser en nedbørepisode som summerer mye av diskusjonen over.

Fra regnets tyngdepunkt til topp avrenning (A i fig. 5) tok det 7 minutter i det tradisjonelle feltet, mens det tok 27 minutter i LOD-feltet. Avrenningsintensiteten og volumet ble betydelig dempet der tiltak var anvendt. LOD-hydrogrammets form ligner dessuten mer naturlig avrenning enn det tradisjonelle feltets (se fig. 1).

Bruk av LOD tiltak vil i praksis kunne redusere de negative effektene av urbanisering på avrenningsmønsteret. Dette kan ha stor betydning for resipientene som mottar vannet, fordi erosjon i bekkeløpene reduseres, og rørrnett i mindre grad overbelastes. Hvis vannet gis økt oppholdstid i nedbørfeltet, vil (1) en rekke forurensende stoffer påvirkes av naturlige rensesprosesser i jord og vann, og (2) en kan bruke mindre rørdimensjoner for avledning av vannet.

NORVAR har laget en veileder i overvannshåndtering (Lindholm 2005 og Lindholm m.fl., 2005). Her presenteres nyttige løsninger for flomdemping av urbant overvann. Vi er ikke i tvil om at tiltakene vil ha positiv betydning. Vi har imidlertid liten kunnskap om under hvilke forhold tiltakene fungerer godt og mindre godt. Normer for dimensjonering er i liten grad utviklet med støtte i empiriske undersøkelser. I planleggingen av LOD-tiltak vil data fra urban-hydrologiske målestasjoner

være gode rettleidere for tilpassing til dimensjonerende gjentakintervall for lokale forhold. NVE har i samarbeid med kommuner, universiteter og høyskoler hatt over 20 stasjoner i drift (Bøyum m.fl., 1997). I dag er kun 9 operative. Få stasjoner og mangel på bearbejdede data tvinger planleggerne til utstrakt bruk av generelle erfarings-tall og ”tommelfingerregler”. Dårlig planleggingsgrunnlag kan gi feil dimensjonering, som enten fordyrer anlegg og drift, eller skaper uventede problemer.

Trolig er tiden inne for en ny gjennomgang av antall urbanhydrologiske stasjoner. Nye stasjoner kan med fordel integreres i planer om nye kommunale utbygningsfelter slik at vi kan få håndgripelig informasjon om virkningen av LOD-tiltak under norsk klima og jordsmonn. Vi ser gjerne at undersøkelser av den typen vi har presentert her gjennomføres i Norge.

Referanser

Bøyum, Å., T. Eidsmo, O. Lindholm, T. Noreide, T. Semb, R. Skretteberg og E. Markhus, 1997. Anvendt urbanhydrologi. NVE-publikasjon 10/1997, Oslo.

Hood, M.J., J.C. Clausen, G.S. Warner, 2006. Stormwater lag times for a low impact development. Journal of the American Water Resources Association. In press.

Jordan Cove Urban Watershed Project prosjektet finnes på Internett: <http://www.canr.uconn.edu/jordancove>

Lindholm, O., 2005. Ny dimensjo-

neringspraksis for overvann. Veileder i overvannshåndtering fra NORVAR. Vann nr 4; 362-368.

Lindholm, O., S. Endresen, S. Thorolfsson, S. Sægrov, G. Jakobsen, 2005. Veiledning i overvannshånd-

tering. NORVAR rapportnr. 144/2005; 46 s.

RegClim (2005). Norges klima om 100 år. Usikkerhet og risiko. PDF-fil på <http://www.regclim.met.no/>

VATN - vårt viktigaste næringsmiddel!

- Brønnboring i fjell m/vannmengdegaranti
- Løsmassebrønner (diameter 50–500 mm)

Vi borer også for:

- Kabler/Ledninger
- Fundamentering
- Grunnundersøkelser

GRUNDFOS
PUMPEANLEGG



 **HALLINGDAL
BERGBORING**

3570 ÅL • Tlf 3208 5900 Faks 3208 5901