

4.4 Identifiering av problem och orsaker i reningsverk

Med problem i reningsverk avses i detta sammanhang:

- * driftproblem som gör att villkoren inte uppfylls
- * hur man skall lösa problem i samband med ökning av anslutna personer eller industrier
- * hur man skall uppfylla ökade krav från tillsynsmyndigheten.

4.4.1 Analys av insamlade mätvärden

För att identifiera eventuella problem vid ett reningsverk bör man börja med att analysera insamlade mätvärden. Diagrammen över reningsverkens utspädningskänslighet som presenterats tidigare i detta kapitel ger en hel del information om verkens genomsnittliga kapacitet. Man kan här avgöra kapacitetsgränsen och ur varaktighetsdiagrammet se hur ofta denna överskrids. Man kan även se hur ofta driftstörningar förekommer och hur allvarliga dessa är. Ofta kan man även se om driftstörningarna är flödesrelaterade eller har andra orsaker.

Av diagrammen framgår att störningar i BOD-reduktionen ofta sammanhänger med flödet till verket. Detta tyder på att volymerna eller eventuellt syretillförseln är begränsande. Vid en minskning av flödet bör alltså denna typ av störningar minska.

När det gäller fosforreningen är bilden annorlunda. Diagrammen visar klart att endast ett fåtal av störningarna sammanhänger med flödet, i alla fall dygnsflödet. Många störningstillfällen sker vid låga flöden. I kommentarerna till utspädningskurvorna från projektets reningsverk redogörs för ett antal orsaker till detta. Problem med pH-svängningar erhålls under somrarna i samband med nitrifikation.

Ett annat vanligt problem uppstår vid snabba flödesförändringar i form av betydande störningar i sedimenteringen varvid flock följer med utgående vatten. Eftersom fosforgränsvärdet är mycket strikt behövs endast att en mindre mängd flock följer med utgående vatten för att gränsvärdet ska överskridas.

Troligen skulle en bättre korrelation mellan utsläppt mängd fosfor och flödet erhållas om en högre upplösning på provtagningen användes. Effekten av en minskning av basflödet vad gäller utsläppta mängder fosfor bedöms dock endast vara marginell.

4.4.2 Intensivprovtagningar / kontinuerliga mätgivare

Ett reningsverks kapacitet begränsas ofta av ett enda processtegs eller utrustnings kapacitet. Det kan ibland vara svårt att hitta dessa begränsande sektioner i reningsverket. Ofta behöver intensivprovtagningar genomföras eller att man använder kontinuerliga mätinstrument. På detta sätt erhålls en mycket högre upplösning på mätvärdena och störningar kan upptäckas som annars maskeras i dygnsprover. Exempel på sådana störningar kan vara pumppåslag, otillräcklig syresättningskapacitet eller pH-svängningar.

4.4.3 Processimuleringar

Processimuleringar kan vara till stor hjälp för att jämföra effekten av olika åtgärder. Utsläppta mängder kan då simuleras vid olika förhållanden och flöden. Baserat på processimuleringar och varaktighetskurvor kan sedan prognoser göras på utsläppta mängder som månads-, kvartals- eller årsmedelvärden.

5 ÅTGÄRDSMÖJLIGHETER OCH UPPFÖLJNING

5.1 Inledning

En stor arbetsinsats har nedlagts inom ramen för detta projekt för att föreslå, genomföra och utvärdera åtgärder i ledningsnät och reningsverk. Totalt redovisas ca 25 åtgärder hämtade från ledningsnät och 15 st från reningsverk. Det är ett mycket omfattande material och exemplen finns redovisade, förutom i denna rapport, även i separata rapporter framtagna hos respektive va-organisation, se referenslistan.

Det finns ett antal principiellt olika åtgärdsalternativ för att minska läck- och dränvattenmängden till reningsverken:

- * Ändra befintlig dräneringsfunktion
- * Stoppa inläckning av grundvatten/ havsvatten mm
- * Stoppa överläckning av dricksvatten- eller dagvatten till spill
- * Åtgärda fel på anordningar, ex högvattenluckor, proppningar
- * Stoppa inströmning till spill vid högvattenperioder

I bilaga 3 redovisas ett drygt 25-tal åtgärds exempel från ledningsnät representerande de fyra första åtgärdsalternativen. Åtgärdsbilagan är utformad så att den i princip skall kunna läsas fristående med korta beskrivningar om bakomliggande problem, val av åtgärd, bedömd effekt och kostnader.

De ledningsnät där åtgärderna är genomförda karakteriseras vad gäller storlek och uppbyggnad med ett antal nyckeltal. Nyckeltalens innebörd definieras i bilaga 1. Det är ofta svårt att enkelt renodla olika typåtgärder. Ofta krävs ett åtgärds paket som skräddarsys efter områdets speciella förutsättningar. I detta kapitel ges en sammanfattande bild av åtgärder i ledningsnät ingående i detta projekt.

5.2 Åtgärdsalternativ i ledningsnät

5.2.1 Ändra befintlig dräneringsfunktion

Från Simrishamns kommun redovisas åtgärds paket från 5 samhällen. Det genomgående problemet är att dräneringsfunktionen för samhällena upprätthålls via spillvattennätet och att flöden vid hög grundvattenyta är mycket höga. Åtgärds paketen består av både tätning av spillvattenledningar och ändrad dräneringsfunktion.

I Vitaby ligger utspädningsgraden för avloppsvattnet under perioder med hög grundvattenyta på ca 24 (!). Vitaby har ett eget reningsverk. Inför en planerad stängning av reningsverket i Vitaby och överpumpning till Kiviks reningsverk är behovet av åtgärder uppenbart. Läck- och dränvattenflödena har nu reducerats kraftigt med ett åtgärds paket bestående av omläggning och relining av ledningar samt sänkning av grundvattenytan med hjälp av

en grundvattenpumpstation. Reduktionen av läck- och dränvatten uppskattas till ca 250 000 m³/år, se sid 3:64.

Likartade åtgärds paket planeras även för Hammenhög, Gärsnäs, Borrby och Skillinge, se sid 3:60-3:63.

Från Hallarna på Hasslö i Karlskrona kommun redovisas en uppföljning av ett avskärande dräneringsstråk som utfördes 1989. Minskningen av mängden tillskottsvatten har utvärderats till ca 30 000 m³/år, se sid 3:44.

I Garpen på Hasslö har en grundvattenpumpstation installerats för att pumpa ut den mängd tillskottsvatten som transporteras i rörgravarnas genomsläppliga fyllnadsmaterial. Minskningen av tillskottsvatten bedöms kunna bli ca 12 000 m³/år, se sid 3:39.

Från Horn på Hasslö redovisas ett åtgärds paket bestående av områdesdräneringar och omläggningar som bedöms leda till en minskning av tillskottsvattnet om ca 22 000 m³/år, se sid 3:40.

I Ankarsvik på södra Alnön i Sundsvalls kommun belastas spillvattennätet med stora flöden av läck- och dränvatten, särskilt i samband med snösmältningen efter nederbördsrika vintrar. Här har man föreslagit en avskärande dränering uppströms bebyggelsen som bedöms kunna minska flödesbelastningen till reningsverket med ca 30 000 m³/år. Den avskärande dräneringen är utformad så att man skall kunna reglera grundvattennivån. Andra effekter av åtgärden bedöms vara en minskning av bräddningen på ledningsnätet samt att ett antal jordkällare i området åter skall kunna bli brukbara, se sid 3:72.

Ett radikalt förslag till att ändra funktionen av separatsystemets funktion har skisserats för Kumbelnäs i Mora kommun. Förslaget går ut på att låta befintligt spillvattensystem ligga kvar som dräneringssystem och att ett LPS-system byggs för att transportera spillvattnet, se sid 3:49. På sid 3:52 beskrivs en sammanfattning av åtgärdsalternativen för både reningsverk och ledningsnät i Våmhus, Mora. Där sammanfattas att ombyggnaden till LPS-systemet inte kan försvaras varken ekonomiskt eller miljömässigt enbart på grund av att åtgärda utbredda källor till läck- och dränvatten.

I området "Konstepidemin", Göteborg, har en kombinerad ledning upptäckts vara i så dålig kondition att en konditionsförstärkande åtgärd kommer att krävas på sikt. I detta fall har man bedömt att en separering av den kombinerade ledningen skall göras. Konsekvensen ur miljösynpunkt är att totalt 14000 m³/år kan avlastas spillvattennätet, varav 4000 m³/år utgörs av dagvatten. Åtgärden innebär emellertid att mängden dagvattenföroreningar via dagvattennätet kommer att öka, se sid 3:26.

Ett överslagsmässigt räkneexempel på en totalseparering av kombinerat ledningsnät redovisas från Stockholm. Kostnaden per reducerad mängd tillskottsvatten ligger på storleksordningen 50 kr/m³. Även här skulle

åtgärden innebära en ökning av mängden dagvattenföroreningar, se sid 3:69.

5.2.2 Stoppa inläckning av grundvatten/ havsvatten mm

Till spillvattenledningen i Askims Sörgårdsväg i Göteborg har inläckning konstaterats från Stora Ån på ca 250 000 m³/år. Ledningen har en svacka varför man har valt att med omläggning erhålla en bättre profil och därmed bättre självrensning. Investeringskostnaden är här väsentligt högre än om man bara hade kunna täta sträckan med någon typ av renovering, se sid 3:6.

Ett mycket stort punktinläckage upptäcktes med hjälp bla konduktivitetsmätningar och TV-undersökningar i Göteborg. Saltvatten från Hamnkanalen strömmade in vid högt vattenstånd till en kombinerad ledning. 95 000 m³/år beräknas ha strömmat in genom enbart detta punktläckage, se sid 3:9.

Ett exempel på fogtätning av spillvattenledningar redovisas från Torslanda i Göteborg. Vid uppföljning på en delsträcka konstaterades att samtliga fogar som fogtätades 1979 fortfarande var täta 1991. Däremot hade över hälften av de fogar som var täta 1979 och därmed ej tätades blivit otäta 1991, se sid 3:10.

Från Myrekärr i Göteborg redovisas en besvärlig problemställning där området, med det förpliktande namnet innehållande både myr och kärr, dräneras via spillvattensystemet. Här har ingen effekt kunnat påvisas av ca 1 km fogtätning vad gäller minskade läck- och dränmängder. Däremot bedöms andra åtgärder mot områdets källaröversvämningar ha varit lyckosamma, se sid 3:17.

Från Stockholm redovisas två exempel på inläckage från Mälaren. Till Källvikens pumpstation och Sundby pumpstation bedöms ca 47 000 m³/år respektive 125 000 m³/år läcka in. I Sundby misstänks Mälarens vatten läcka över från en dämmd lågt liggande dagvattenutloppsledning, 3:68.

En fogtätning utförd 1989 i Horns pumpstationsområde på Hasslö i Karlskrona kommun har utvärderats. Ingen effekt avseende reducerad mängd tillskottsvatten har kunnat konstateras. Här är det viktigt att framhålla att fogtätningen i sig kan vara helt rätt utförd. Men om tätningen av spillvattenledningen bara resulterar i att grundvattenytan höjs och läcker eller dräneras in till spill på annat sätt så är det mer fråga om att metoden stämt dåligt med områdets dräneringsfunktion, se sid 3:41.

I Kumbelnäs i Mora kommun förekommer utdragna bräddningsförlopp på ledningsnätet i samband med snösmältning och långa höstregn. Åtta stycken punktinläckage har identifierats och tätats. Dessutom har 1,1 km vattenledningar åtgärdats med relining i syfte att bl a minska överläckningen av dricksvatten till spill. Tillskottsvattnet bedöms ha minskat med ca 36 500 m³/år. Den största andelen av åtgärds-kostnaden på totalt 1,5 mkr

hänförs sig till reliningen av dricksvattenledningen. Ca 80% av investeringskostnaderna kan direkt räknas hem i form av årligen minskade reparationskostnader i vattenledningsnätet, se sid 3:47.

I ett nästa steg har 16 ytterligare punktinläckage i Kumbelnäs åtgärdats vilket har bedömts resultera i en minskad inläckning på ca 16 000 m³/år, se sid 3:48.

En speciell inläckageproblematik är inläckning av grundvatten till djupt belägna bergtunnlar. Från Stockholm redovisas ett exempel där man vid inspektion av den 24 km långa Hässelbytunneln endast kunde identifiera ett punktinläckage om 1 l/s, ca 30 000 m³/år. Huvuddelen av tunnelinläckaget är utspritt och har observerats som fuktiga bergväggar, se sid 3:67.

I tunnelexemplet visas på att tätningen av punktinläckage direkt kan räknas hem mot minskade driftkostnader för pumpning. Däremot beräknas en total tätning av hela det resterande tunnelsystemet kosta 250 milj motsvarande drygt 6 kr/m³. Tunnelinläckage kan, beroende på de geohydrologiska förhållandena, också resultera i sättningsskador på ovanliggande bebyggelse, vilket ej vägts in i detta sammanhang.

5.2.3 Stoppa överläckning av dricksvatten eller dagvatten till spill

I tidigare kapitel har redovisats ett åtgärdspaket från Kumbelnäs där en viktig del utgjordes av en relining av vattenledningen för att minska överläckningen, se sid 3:47. Tidigare har också redovisats ett exempel från Sundby pst i Stockholm på överläckning från dagvattenledning till spillvattenledning, se sid 3:68.

Med överläckning avses normalt utläckage resp inläckage mellan otäta ledningar i samma rörgrav. Till denna kategori räknas här även problemställningen då man till följd av dålig vattenkvalitet i dricksvatten-nätet tvingas sätta en brandpost "på rinn" för att öka vattnets omsättningstid. Från Rösered i Göteborg redovisas ett åtgärdsexempel där man genom en cementbruksinfodring av dricksvattenledningen förväntas eliminera behovet av att ha 5 st brandposter "på rinn", motsvarande 50 000 m³/år. Här löser man ett dricksvattenkvalitetsproblem och "på köpet" minskar den ej debiterbara dricksvattenförlusten och reducerar tillskottsvattnet till Ryaverket, se sid 3:25.

5.2.4 Åtgärda fel på anordningar, ex högvattenluckor, proppningar

I samband med en utvärdering av ett utjämningsmagasin på Kungsholmen i Stockholm upptäcktes att en slopad utloppsledning ej var proppad. Inströmningsflödet från Mälaren har uppskattats till smått otroliga 200 l/s eller ca 6 000 000 m³/år. När väl ledningen proppades syntes tydligt en minskning av inkommande flöde vid Henriksdals reningsverk. Det är intressant att notera att även en så stor, om än dold, punktkälla kan vara svår att upptäcka då den under lång tid belastat spillvattensystemen med ett kontinuerligt basflöde utan några större säsongsvariationer, se sid 3:66.

5.2.5 Stoppa inströmning till spill vid högvattenperioder

Inga exempel har utvärderats inom ramen för detta projekt vad gäller problem där vatten vid högvattenperioder kan strömma bakvägen genom lågt satta bräddskibord eller strömma in via översvämmade nedstigningsbrunnar.

Det är viktigt att klara ut om det finns ur höjd- och inströmningssynpunkt svaga punkter i ledningsnät då detta kan ge mycket stora tillskottsflöden. Åtgärder mot sådana källor bör prioriteras högt.

5.3 Åtgärdsalternativ i reningsverk

Orsakerna till att åtgärder behöver vidtas i ett reningsverk kan vara många. Allt från att de uppsatta kraven inte uppfylls till att kraven höjs eller belastningen ökar till verket. Åtgärderna blir därför väldigt olika och i många fall svåra att jämföra kostnadsmässigt. Det är också svårt att hänföra en åtgärd till ett visst resultat och därmed en kostnad. I det följande har åtgärderna från projektets reningsverk uppdelats i fyra grupper:

- * driftoptimering, ändrade driftstrategier
- * åtgärder mot begränsande sektioner
- * ombyggnationer, ändrad processutformning
- * utbyggnad, komplettering av reningsverket

Det är även här mycket svårt att dra klara gränser mellan de olika grupperna, men ett försök har ändå gjorts nedan.

5.3.1 Driftoptimering och driftstrategier

Vid alla reningsverk finns det möjlighet att förbättra reningen eller minska kostnaderna genom att göra driftoptimeringar. På samma sätt skulle en jämnare utsläppskvalitet kunna erhållas genom att driftstrategier infördes vid t ex höga flöden. Detta finns beskrivet i rapporter från flera projekt.

Fillanverket i Sundsvall är nyligen utbyggt. Detta innebär att kapaciteten är väl tilltagen, men ett antal optimeringsåtgärder finns att göra innan verket är intrimmat. Kapaciteten på det biologiska steget kan förbättras genom att fördelningen av vatten till sedimenteringsbassängerna förändras. Även returslamuttaget från sedimenteringsbassängerna kan styras så att rätt mängd tas ut från bassängerna. Får man detta att fungera så är det lättare att styra uttaget av överskottsslam. Blåsmaskinernas kapacitet ska ses över så att de bättre passar syresättningsbehovet. Detta kan spara mycket pengar. Placeringen av samtliga automatiska mätare ska ses över så att rätt information erhålls.

Möjligheterna att arbeta med olika driftstrategier vid höga flöden har beskrivits från Bromma, Hasslö och Söremåla. Vid Bromma har kravet på nitrifikation och kvävereduktion inneburit att slamhalten i de biologiska reaktorerna har ökat. Vid höga flöden och dåliga slamsepareringsegenska-

per innebär detta en risk för slamflykt. För att undvika detta begränsas flödet till det biologiska steget så att slamflykt ej sker. Bevakning sker genom att slamnivåmätare används. Vattnet som ej leds till biologisk rening är förfällt och försedimenterat och leds direkt till filtren. På detta sätt har de höga fosforreningskraven kunnat innehållas utan problem, samtidigt som nitrifikationen ej störts. Någon ytterligare dosering av kemikalier har ej gjorts då försedimenterat vatten förs till filtren.

Ett liknande koncept skulle kunna användas vid Hasslö ARV vid höga flöden. Den mängd vatten som renats genom simultanfällning och biologisk behandling släpps då ut efter denna rening. Överstigande vattenmängd leds förbi dessa steg och direkt till eftersedimenteringen där denna vattenmängd renas. På detta sätt släpps inget vatten ut orenat.

Söremåla reningsverk är ett komplext reningsverk men har därmed också stora möjligheter att variera den hydrauliska kapaciteten och belastningen på de olika processtegen. Anläggningen har ett antal delprocesser. Om man lyckas använda dessa delprocessers maximala kapacitet kan den totala kapaciteten ökas betydligt. Utjämningsmagasinen kan utnyttjas optimalt om de töms till måndag morgon och fylls till fredag eftermiddag. Detta utjämnar både flödet och belastningen. Att brädda rätt vatten är betydelsefullt i Söremåla eftersom verkets olika delar har olika hydraulisk kapacitet och eftersom en betydande organisk reduktion kan uppnås om vattnet leds så långt som möjligt genom verket före bräddning.

Kostnaderna för åtgärder enligt ovan är förhållandevis små. Resultaten är svåra att förutsäga, men kan säkert i flera fall bli mycket bra. Det är dock omöjligt att här ge en kostnad för åtgärderna i förhållande till resultatet.

5.3.2 Åtgärder mot begränsande sektioner

Ett reningsverks kapacitet bestäms naturligtvis av den del som har den sämsta kapaciteten. Ofta är det inte klarlagt vilken del som är begränsande, men bör göras för alla anläggningar. De vanligaste begränsningarna är dock den hydrauliska kapaciteten, med dålig separering av slam, både biologiskt och kemiskt, samt otillräcklig volym eller syresättningskapacitet i det biologiska steget.

Det inkommande vattnets kvalitet kan styras genom åtgärder i försedimenteringen. Belastningen på det biologiska steget kan därmed förändras markant genom olika förbehandling av vattnet. En hög belastning erhålls genom att ingen eller högbelastad försedimentering används och huvuddelen av föroreningarna når därmed det biologiska steget. En låg belastning kan erhållas genom en långtgående förfällning med fällningskemikalier och polymerer. Vid Bromma har olika kemikalier undersökts vad gäller avskiljning av organiskt material. Vid en övergång från förfällning med järnsulfat till förfällning med järnklorid kan avskiljningen ökas från 40% till 60%. Ur biologisk synpunkt motsvarar detta en ökning av bassängvolymen med ca 30 - 40%. Med polymertillsats

kunde avskiljningen ytterligare förbättras. Kostnaden för en övergång från järnsulfat till järnklorid skulle kosta ca 2 Mkr extra per år.

I Hasslö är avskiljningen av kemflock inte tillfredsställande. I detta fall beror det på felaktigt utförd flockning. Denna bör i detta fall byggas om. Investeringskostnaden har beräknats till 100 kkr och årskostnaden till 3,1 kkr/år. Eventuellt kan byte av kemikalie till järnklorid och en flockulator vara en lösning. Investeringen för detta är beräknad till 175 kkr och årskostnaden 6,7 kkr/år.

I Söremåla är den biologiska kapaciteten begränsande. Detta kan åtgärdas genom utjämning av den kraftigt varierande belastningen, med en bättre utnyttjning av befintlig kapacitet, eller en ökning av kapaciteten genom förbättring av syresättningskapaciteten. Kostnaden för ett nytt luftningssystem har inte beräknats eftersom denna åtgärd endast kommer att vidtas om en ökning av belastningen till reningsverket kommer att ske. Att förbättra befintliga utjämningsvolymen samt förbättra utjämningsstrategien fordrar en investering av 75 kkr och ger en årskostnad av 3,3 kkr/år. Om utjämningsvolymen ska utökas genom användning av befintliga, ej använda volymer blir investeringskostnaden 120 kkr och årskostnaden 3,4 kkr.

En annan typ av hydraulisk begränsning har rapporterats både från Hasslö och Våmhus. I ena fallet är det en passage mellan mellan- och slutsedimenteringen som har för liten kapacitet och i andra fallet är det en utloppsledning. Att åtgärda den trånga passagen i Hasslö har beräknats kosta 50 kkr vilket ger en årskostnad av 1,2 kkr. Detta ger möjlighet att öka flödet till flockning och slutsedimentering från 100 till 150 m³/h. Åtgärden är för detta verk troligen det mest kostnadseffektiva sättet för att minska bräddade mängder. Kostnaden för en ny utloppsledning i Våmhus har beräknats till 900 kkr, se även sid 3:50-3:51.

5.3.3 Ombyggnationer, ändring av processutformning

I samband med att reningsverken får krav på kvävereduktion behöver ofta en ombyggnad av befintligt verk göras i syfte att maximalt utnyttja befintliga volymer.

I Simrishamn kommer verket att kompletteras med en våtmark. Detta kommer dock att betraktas som ett poleringssteg. Huvuddelen av kvävereduktionen ska ske i reningsverket. Man planerar att genom utbyte av luftningssystemet och därmed en ökad kapacitet, kunna erhålla volymer för anoxiska zoner. Den totala investeringskostnaden för åtgärder i verket har beräknats till 16 Mkr fördelat på 11 Mkr till maskinella och övriga processtekniska installationer samt 5 Mkr för byggnadsarbete.

5.3.4 Utbyggnad, komplettering av reningsverken

Tre av de deltagande verken har byggts ut eller planeras att byggas ut på grund av ökade krav. Det har dels varit förstärkning av befintliga processer med fler enheter och dels komplettering med nya processteg.

Vid Fillanverket i Sundsvall ökade både kravet på rening av BOD och fosfor vilket inte kunde klaras inom befintlig anläggning. Verket byggdes därför ut med kemisk fällning och förstärkt biosedimentering. Den totala investeringskostnaden uppgick till 104 Mkr fördelat på bygg inkl. VVS, 66,4 Mkr och 37,6 Mkr för maskin, el och styr. Den totala årskostnaden för investeringen, kapitalkostnader samt drift- och underhållskostnader, blev 12 Mkr/år. Den ökade driftskostnaden för 1995 i jämförelse med 1993 blev 650 kkr.

Vid Brommaverket skärptes reningskraven genom införandet av nitrifikation- och kvävereningskrav. Den ökade mängden slam som behövdes i processen för att erhålla nitrifikation, innebar slamflykt vid höga flöden. Villkoren var svåra att uppfylla. I detta läge byggdes filter. På detta sätt kan kraven innehållas genom att flödet till det biologiska steget begränsas så att slamflykt ej erhålls. Den vattenmängd som ej tas in i det biologiska steget leds efter förfällning och försedimentering direkt till filtren. Med denna driftstrategi har en mycket hög rening åstadkommits. Kostnaden för filterutbyggnaden var 114 Mkr. Den totala årskostnaden har beräknats till 11,3 Mkr/år.

I Simrishamn har kommunen planer på att klara sina ökande reningskrav vad gäller kväverening genom ombyggnad av verket och komplettering med en våtmark. Investeringskostnaden för våtmarken har beräknats till 9 Mkr uppdelat på:

- markköp 1,5 Mkr
- anläggningsarbete 5 Mkr
- maskininstallationer 2,5 Mkr.

Den totala årliga kostnaden har beräknats till 1,3 Mkr uppdelat på:

- kapitaltjänstkostnad 0,9 Mkr
- energikostnad 0,1 Mkr
- reparation/underhåll 0,15 Mkr
- personalkostnad 0,15 Mkr.

6 PRIORITERINGSDISKUSSION

6.1 Inledning

Vid diskussioner om prioriteringar mellan åtgärder och åtgärdstyper är det naturligt att börja med att lägga fast vilka aspekter som bör vägas in. Här kan det finnas vitt skilda aspekter, såsom:

- kontinuerlig förnyelse av va-systemen i syfte att vidmakthålla eller förbättra standard och servicenivå
- behov av snabb reduktion av viss typ av förorening till hotade recipienter
- behov av att på lång sikt reducera föroreningar men det är godtagbart att det sker i den takt som ledningsnätet förnyas
- val av åtgärdstyper som är i samklang med visionen av den framtida va-systems utformning
- utvärdering av olika åtgärdstypers ekologiska hållbarhet

Valet av vilka prioriteringsaspekter som skall beaktas får ej vara statiskt utan bör ses över så snart förutsättningarna har förändrats.

6.2 Recipienten bestämmer parametrarna

I detta projektet har ett försök gjorts för att, ur ett ganska snävt perspektiv, utvärdera miljöeffekten av åtgärder i ledningsnät som syftar till att reducera stora årsvolymer av tillskottsvatten. Dessa jämförs med andra alternativa åtgärder i reningsverk för att uppnå samma effekt avseende minskad utsläppt föroreningsmängd.

Denna begränsning och utvärderingsform är framtagen för att visa på möjliga konsekvenser om man skall uppfylla indirekta miljökrav eller börvärden avseende exempelvis spillvattnets årsmedelutspädning. Dessa tillståndsförmuleringar har under senare år förts fram från vissa tillsynsmyndigheter. Därav följer att endast åtgärder tagits med i ledningsnät som kan resultera i stora minskade årsvolymer av tillskottsvatten till reningsverk. De åtgärder som därmed ej behandlas i denna rapport är exempelvis åtgärder mot toppflödesproblem och åtgärder i dagvattensystemen.

Det är av många skäl svårt att utvärdera miljöeffekten, avseende minskade utsläppta mängder, för olika typer av åtgärder. En stor svårighet är att jämföra åtgärder utförda i olika va-system där recipienten ställer olika krav vad gäller relevanta föroreningsparametrar. I denna rapport har utgångspunkten varit de föroreningsparametrar som omfattas av tillståndskraven för resp reningsverk, se tabell 4:3, sid 20. Alla reningsverk har krav gällande BOD och fosfor. Provisoriska villkor för

kväverening finns för GRYAAB, (Göteborg), Bromma (Stockholm) och Simrishamns reningsverk.

6.3 Utvärdering av åtgärder i ledningsnät och reningsverk

I Bilaga 1 beskrivs den metodik som använts i projektet för att bedöma ett reningsverks utspädningskänslighet samt hur en omräkning kan göras till samlingsparametern "kg syretäring". Det kan föreligga en principiell skillnad mellan åtgärder i ledningsnät och reningsverk avseende vilka föroreningsparametrar som påverkas av en åtgärd. En reduktion av tillskottsvatten i ledningsnät påverkar alla föroreningsparametrar i den omfattning som bestäms av respektive parameter vilket redovisas i tabell 4.6, sid 23. Vissa åtgärder i reningsverk, exempelvis utbyte av fällningskemikalie, kan däremot ge större utslag på en viss parameter.

Kväveutsläppen bidrar i hög grad till syretäringen i recipienten. Det har emellertid ej funnits tillräckligt underlag för att ta fram reningsverkens utspädningskänslighet avseende kväve. Därför har det valts att i detta projekt utvärdera effekten av alla åtgärder i ledningsnät endast baserat på reduktion av BOD och fosfor. Åtgärderna i reningsverk är av naturliga skäl utvärderade med syretäring baserade på de parametrar som åtgärden syftar till att reducera.

Kvävets bidrag till syretäringen kan illustreras med siffror hämtade från Bromma reningsverk. Där ger en minskning av 100 m³ under normaldygn en minskad syretäring på 28 kg, baserat på BOD+fosfor+kväve. Motsvarande siffra blir 1,3 kg om endast BOD+fosfor beaktas.

I tabellerna 6:1 och 6:2 redovisas en sammanställning av utvärderingarna av åtgärder från ledningsnät respektive reningsverk. Underlaget till beräkningarna redovisas i Bilaga 2. Detaljerade tekniska beskrivningar av åtgärderna från i första hand ledningsnät ges enligt hänvisningarna till Bilaga 3. Genomförande av en åtgärd kan påverka både utspädningskänsligheten och bräddtiden. Svårigheter uppstår här vid en serie av åtgärder där exempelvis den första åtgärden redan minskat bräddtiden. I tabellerna är emellertid alla åtgärder utvärderade som om de utgör den först genomförda åtgärden. Framräkningen av nyckeltalen och kvoteringen mellan normaldygn och brädddygn redovisas detaljerat i bilaga 1, sid 1:6.

Det är en mycket stor spridning i nyckeltalen för åtgärder i ledningsnät, från en "ren vinst" till en "oändlig" kostnad. "Vinsten" beror på att den årliga driftskostnadsbesparingen överstiger årskostnaden för investeringen, se Bilaga 1, sid 1:13. Marginalkostnaden spelar en stor roll vad gäller storleken på driftskostnadsbesparingen. I Bilaga 2 redovisas de marginalkostnader som använts vid utvärderingarna. De angivna marginalkostnaderna varierar stort från 5 öre (Göteborg) till 0,90 kr per m³ avloppsvatten (Hasslö). Skillnaderna i marginalkostnader kan bero på hur mycket avloppsvattnet behöver pumpas och om kemikaliedoseringen i

Tabell 6:1 Sammanställning av åtgärder i ledningsnät

Område	Åtgärdsyp	Se sida:	Invest kostn kr/ red m ³	Nettokostn (invest - bespar) kr/ red m ³	Nettokostn per kg minskad syretätning kr/kg O ₂ (BOD+P)
Göteborg:					
Askim	Omläggning / Rörtryckn	3:6	0,50	0,45	10,80
N:a Hamng	Punktinläckning	3:9	0,01	-0,04	-1,00
Myrekärr	Fogtätning spill, punktrep	3:17	oändlig	oändlig	oändlig
Tandkulleg	Infodring 1,3 km spill, 68 serviser, tätning 25 brunnar	3:23	4,00	3,90	93,00
Rösered	Renoverad vattenledn	3:25	2,20	1,66	39,50
Konstepdidemin	Separering av kombinerat nät	3:26	1,20	1,09	25,50
Karlskrona:					
Hasslö, Garpen	Installation GV-pump	3:39	0,65	-0,25	-5,36
Hasslö, Horn	Områdesdränering. omläggningar,	3:40	2,30	1,40	31,00
Hasslö, Hallarna	Avskärande dräneringsstråk	3:44	1,15	0,25	5,20
Hasslö, Horn	450 m fogtätning	3:41	oändlig	oändlig	oändlig
Mora:					
Vårhus	Tätning punkt inläckage + relining 1,1 km vattenledning	3:47	2,08	0,17	4,10
Kumbelnäs	Tätning 16 punktinläckage	3:48	1,25	0,69	18,00
Kumbelnäs	Alt lösning LPS för spill, drän i g:a spill	3:49	3,45	3,21	81,00
Simrishamn:					
Hammenhög	2 km renovering + drän åtgärder	3:60	1,70	0,94	37,00
Gärnsnäs	1,7 km renovering + ändrad dränfunktion	3:61	0,71	-0,06	-2,35
Borrby	2 km renovering + ändrad dränfunktion	3:62	0,85	0,09	3,30
Skillinge	1 km renovering+ ändrad dränfunktion	3:63	2,70	2,03	78,00
Vitaby	1,3 km renovering + 0,8 km oml + drän pump	3:64	0,47	0,27	10,30
Stockholm:					
Kungsholms hamnplan	Proppning g:a utloppsledning	3:66	0,00	-0,14	-9,20
Tunnelsystem Bromma	Tätning punktinläckage	3:67	0,10	-0,03	-2,20
Tunnelsystem Bromma	Tätning hela tunnelsystemet	3:67	5,54	5,40	355,00
Källvikens pst	Infodring m strumpa	3:68	0,81	0,53	35,00
Sundby pst	Infodring m strumpa	3:68	0,81	0,67	44,00
	Separering av komb. nät	3:69	51,00	50,86	3400,00
Sundsvall:					
Ankarsvik	Avsk. dränering	3:72	0,87	0,27	10,30

reningsverket är flödesproportionell eller doseras mot inkommande föroreningsmängd. Andra förklaringar kan vara att man närmar sig kapacitetstaket för anläggningen samt olikheter i sättet att bedöma driftskostnaderna.

Tabell 6:2 Sammanställning av åtgärder i reningsverk

RENINGSVERK		Specifik kostnad kr/kg			
ÅTGÄRD		BOD	Fosfor	Kväve	Syretäring
Åtgärder mot begränsande sektioner					
Söremåla	förbättrad utjämning	0,8	33	8	0,20
Söremåla	utökad utjämning	0,8	34	8	0,20
Hasslö	ny flockning		155		1,55
Hasslö	ny kemikalie + flockning		273		1,10
Hasslö	åtgärda hydraulik		120		1,20
Bromma	ny kemikalie			18	1,00
Bromma	tvåpunktsfällning		40		0,40
Bromma	extern kolkälla			30	1,70
Ombyggnad, ändring av processutformning					
Simrishamn	ombyggnad reningsverk			131	7,30
Hasslö	ombyggnad pumpst. + fällning				18,00
Utbyggnad, komplettering av reningsverk					
Fillanverket	utbyggnad				11,70
Simrishamn	utbyggnad av våtmark			153	8,50
Bromma	utbyggnad av filter		560		5,65
Bromma	utbyggnad av bassängvolym			35	1,95
Våmhus	ny utloppsledning	140	1912		20,00

Förklaring till tabell 6:2: Varje åtgärd har utvärderats med avseende på de föroreningsparametrar som berörs. Kostnaderna för åtgärderna har, av respektive kommun, fördelats på berörda parametrar. För att få en jämförbar kostnad har även den totala kostnaden för varje åtgärd satts i relation till den reducerade syretäringen.

Om tillskottsvattnet härrör från stora punktinläckage i ledningsnät kan stora reduktioner erhållas med låga investeringskostnader. När det gäller mer komplexa åtgärds paket eller andra större åtgärder i ledningsnät är spridningen i de redovisade nyckeltalen mycket kraftiga. Här finns exempel på effektiva åtgärder där de lokala förutsättningarna har varit sådana att man med en grundvattenpump eller med avskärande dräneringar lyckats ändra dräneringsfunktionen i ett område som tidigare belastat spillvattennätet med kraftiga dräneringsflöden. Det finns emellertid två redovisade exempel där en omfattande tätning av spillvattenledningen ej givit någon mätbar effekt utan grundvattnet har snabbt hittat andra vägar till spillvattensystemet. Detta resulterar att kostnaderna enligt nyckeltalen redovisade i tabell 6:1 är angivna som "oändlig".

Åtgärderna från reningsverken uppvisar en mer samlad bild. Åtgärderna mot begränsande sektioner ligger väl samlad mellan 0,20 och 1,70 kr per kg

borttagen syretäring. Mer omfattande ombyggnader och utbyggnader i reningsverken uppvisar en spridning mellan 1,95 och 20,00 kr/kg O₂ .

Trots alla de svårigheter som är förknippade med att åstadkomma rättvisande jämförelser visar spridningen i åtgärdsexemplen med all önskvärd tydlighet det olämpliga att styra åtgärder i ledningsnät med indirekta miljökrav såsom "lämpliga" nivåer på tillskottsvattnet. Det är först när man vet vad som orsakar tillskottsvattnet som man har möjlighet att bedöma vilka åtgärder som kan ge någon effekt. Man kan naturligtvis ej heller vara riktigt säker på utfallet förrän åtgärderna är utvärderade.

7 SLUTORD

Detta projekt har drivits i en "sann" SAMOVAR-anda där det har varit viktigt att jämka samman synsätt och överbrygga gränsen mellan ledningsnät och reningsverk. Det får därvid aldrig bli en fråga om att hamna i en diskussion om att ensidigt satsa i ledningsnät eller i reningsverk. Man bör dock vara medveten om att man riskerar att en polarisering kan provoceras fram om miljökrav på va-systemen formuleras på ett olämpligt sätt.

Vi anser att miljökrav/ambitioner avseende de befintliga avloppssystemen måste formuleras med ett helhetstänkande och med hänsyn till övriga aspekter för den långsiktiga förvaltningen av våra va-system. En helhetssyn är ett måste för att arbeta mot effektiva lösningar. Helhetssynen för avloppssystemen behöver omfatta:

- recipienten
- samhällets avvattning (dag- och dräneringsfrågor)
- spillvattnets sammansättning
- transporten i ledningsnät
- avloppsreningsverken

Utgångspunkten för miljödiskussionerna bör rimligen vara recipienternas status. Att bryta loss en del av systemet, ledningsnätet, och ställa indirekta krav baserade på nyckeltal, såsom "lämplig" mängd tillskottsvatten, riskerar att leda till suboptimeringar med förödande följder för ekonomi och slutresultat.

Både miljön och ekonomin kan vinna på att avloppssystemens miljöfrågor vävs samman med va-verkens övriga förvaltningsarbete, såsom drifrutiner och förnyelseplaner på kort och lång sikt. Exempelvis kan kostnadsvärderingen av en miljöförbättring radikalt förändras om man av andra skäl ändå tvingas till en åtgärd - förutsatt att man väljer "rätt" lösning.

En förutsättning för ett effektivt förnyelsearbete i va-systemen är att ta till vara på erfarenheter från tidigare utförda åtgärder. Därför är det viktigt att dessa utvärderas och följs upp. Därigenom kan man lära sig av egna och andras framgångar och misslyckanden. Stort arbete har lagts ned inom detta projekt för att ta fram lämpliga mallar och nyckeltal för utvärdering av åtgärder samt att tillämpa dessa. Det är angeläget att diskussionen förs vidare om lämpliga metoder för att jämföra effekten av åtgärder. Utvärdering och uppföljning av genomförda åtgärder väcker alltid stort intresse. Det är vår förhoppning att flera va-verk skall inspireras av detta arbete och se utvärderingar av åtgärder som en obligatorisk del i förnyelsearbetet av va-systemen.

8 REFERENSLISTA

- Göteborgs va-verk (1993): Åtgärdsplan avlopp, Projekteringsavdelningen,
- Göteborgs va-verk (1995): Läck- och dränvatten i spillvattenledningar, Projekteringsavdelningen
- Karlskrona kommun (1995): Utredning av flödessituationen samt förslag på hydrauliskt förbättrande åtgärder för Hasslö och Söremåla reningsverk i Karlskrona kommun.
- Karlskrona kommun (1997): Läck- och dränprojektet, Karlskrona kommun, Hasslö avloppsledningsnät
- Moravatten (1996): Våmhus-Bonäs, Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem
- Simrishamns kommun (1994): Tillståndsansökan, Polering av avloppsvatten från Simrishamns reningsverk.
- Simrishamns kommun (1996): Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem - åtgärdsalternativ i ledningsnät och RV
- SKTF(1947): Normer för beräkning av allmänna avloppsledningar och anvisningar om ledningars utförande. Svenska kommunal-tekniska föreningens handling nr 5
- SNFS 1994:7: Kungörelse med föreskrifter om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse
- SNV(1993): Ett miljöanpassat samhälle - MILJÖ '93, Rapport: Vatten, Avlopp och miljö, SNV Rapport 4207
- SNV(1993): Bräddning från avloppsledningar, Kontroll av bräddning och bräddningsmängder, allmänna råd 93:6, Naturvårdsverket
- SNV (1995): Nyckeltal för läck- och dränvatten i avloppsnät, Förslag till bedömningsgrunder. Rapport nr 4480, Naturvårdsverket
- Stockholm Vatten (1997): Läck- och dräneringsvatten inom Bromma, Rapport 2/97
- Sundsvall Vatten (1996): Fillanverket, Sundsvalls kommun
- VA-FORSK (1993) Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem, VA-Rapport nr 1993-08
- VA-FORSK (1996): Bedömningsgrunder för ovidkommande vatten i avloppsnät - Metodikmanual, VA-Forsk rapport nr 1996-06.

- VAV P26 (1974): Industriavlopp, Normalavtal och taxa för anslutning av industri till kommunal avloppsanläggning, Publikation P26, Svenska vatten- och avloppsverksföreningen
- VAV P28 (1976): Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar, Svenska vatten- och avloppsverksföreningen
- VAV P33 (1978): Kontroll på avloppsnät, Svenska vatten- och avloppsverksföreningen
- VAV M75 (1991): Samovar - samordnad kommunal avloppshantering, Meddelande M75, Svenska vatten- och avloppsverksföreningen
- VAV P75 (1995): Servisledningar, Råd och anvisningar för allmän och enskild del av va-serviser, Publikation P75, Svenska vatten- och avloppsverksföreningen
- Ødegaard, H. (1995): An evaluation of cost efficiency and sustainability of different wastewater treatment processes, VATTEN 51, nr 4, sid 291-299

Bilaga 1:

Mallar och beräkningsrutiner

INNEHÅLL	Sid
1 ANALYS AV RENINGSVERKS UTSPÄDNINGSKÄNSLIGHET	1:3
1.1 Syfte, begränsningar, viktigt att tänka på	1:3
1.2 Arbetsgång vid uppritning av diagram för utspädningskänslighet	1:4
1.3 Arbetsgång vid uppritning av varaktighetsdiagram	1:5
1.4 Minskade utsläppta föroreningsmängder från reningsverket till följd av minskad utspädning	1:6
1.5 Minskning av utsläppta föroreningar till följd av minskad bräddning ute på ledningsnätet	1:7
1.6 Arbetsgång vid omräkning av olika föroreningsparametrar till begreppet kg syretäring	1:8
2 MALL FÖR GENOMGÅNG AV RENINGS- VERKEN OCH BESKRIVNING AV ÅTGÄRDER I RENINGSVERK	1:9
2.1 Framtagning av diagram för reningsverkets utspädnings- känslighet.	1:9
2.2 Speciella studier av driftresultat	1:9
2.3 Beskrivning av förväntade krav och belastningsförändringar	1:9
2.4 Genomgång av olika processtegs kapacitet	1:9
2.5 Åtgärder i reningsverk	1:9
2.6 Bedömningar av kostnader och effekt	1:10
3 NYCKELTAL FÖR BESKRIVNING AV PROJEKTETS AVLOPPSSYSTEM	1:11
4 NYCKELTAL FÖR BESKRIVNING AV ÅTGÄRDER I LEDNINGSNÄT	1:13

1 ANALYS AV RENINGSVERKS UTSPÄDNINGSKÄNSLIGHET

1.1 Syfte, begränsningar, viktigt att tänka på

Syftet med diagram över ett reningsverkets utspädningskänslighet är att ur driftdata uppskatta hur utsläppet av föroreningar från ett reningsverk, räknat i kg förorening/dygn, påverkas av det inkommande avloppsflödet. Dylika diagram har tagits fram för projektets reningsverk. Metodiken bör utvärderas och utvecklas i takt med att flera reningsverk skaffar sig erfarenheter av denna typ av analys. De problem som man bör vara särskilt observant på är:

- Grunden för detta diagram är en jämförelse mellan dygnsflöde och dygnsutsläpp. Detta kan medföra osäkerheter om dygnsflödet avläses på sådant sätt att dygnsavgränsningen ej överensstämmer med dygnsprovtagningens tidsindelning.
- Det är viktigt att tydligt redovisa provtagningens omfattning i reningsverken. I mindre reningsverk med en gles provtagning kan det vara lämpligt att med intensivprovtagningar under strategiskt lämpligt valda perioder bättra på underlaget.
- Om en kraftig flödestopp ställer till med en utdragen störning i reningsverkets processer kan diagrammet ge en felaktig bild. Felet uppstår om störning avseende ökade dygnsutsläpp kvarstår längre än det kraftigt förhöjda dygnsflödet. Därmed riskeras att höga utsläppsmängder bokförs på låga dygnsflöden.
- Dygnsutsläppet av föroreningsmängder beror av många faktorer, såsom utspädningsgrad, driftstrategier, driftoperationer etc. I dygnsutsläppet redovisas den sammanfattande bilden av alla ingående faktorer. Det är bra om man markerar dygn som påverkas av speciella händelser. Exempelvis så kan en oförsiktig slamurpumpning i mindre reningsverk resulterar i förhöjda utsläppsmängder.
- En strukturerad karakterisering av ingående dygnsdata kan bli ett nyttigt verktyg för att hitta mönster om vad som påverkar utsläppsmängderna. Om man skall renodla faktorn utspädningskänslighet bör man särskilt jämföra dygn under nederbördsfria perioder och stabila driftsförhållanden vid hög resp låg tillrinning. Detta har ej gjorts inom ramen för detta projekt.
- I uppskattningar av utsläppta föroreningar baserat på utgående flöde kommer av naturliga skäl bräddade föroreningsmängder ej med. Därför är det viktigt att särskilja dygnsprover tagna under dygn med eller utan bräddning. Föroreningsutsläpp via bräddavlopp vid reningsverken måste därför läggas manuellt samman med utsläppsmängderna i utgående flöde.

- Bräddningar på ledningsnätet kommer överhuvudtaget ej med i detta diagram och är ej heller helt jämförbara med bräddning vid reningsverket då bräddningen i ledningsnät kan ske till recipient med annan känslighet än huvudrecipienten. Dessutom har naturligtvis åtgärder mot minskade mängder tillskottsvatten endast effekt i de bräddavlopp som är belägna i den avloppsgren där åtgärden genomförs. Det är viktigt att tydligt notera i utspädningsdiagrammet vid vilka nivåer bräddning på ledningsnätet startar.
- Varaktighetskurvan skall helst vara baserad på så många dygnsvärden som möjligt. I de reningsverk som ej har databaslagring av driftdata har detta medfört att varaktighetskurvan tvingats produceras med manuell inknappning och därmed ibland ett ej tillräckligt omfattande datamaterial.

Utspädningskurvans lutning påverkas av förändringar i processutförande, driftstrategier. Därför behöver separata bearbetningar göras för exempelvis före och efter en utbyggnad av reningsverket.

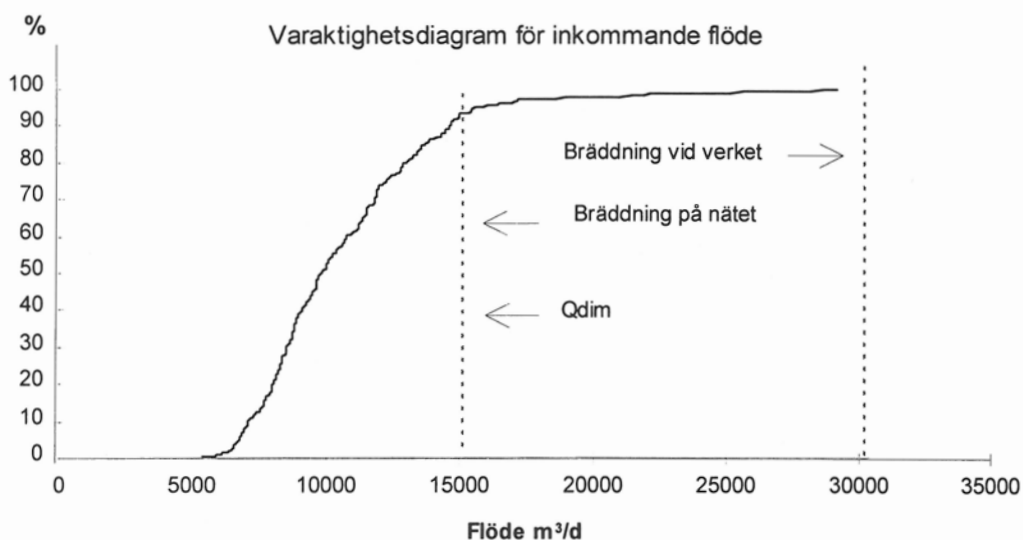
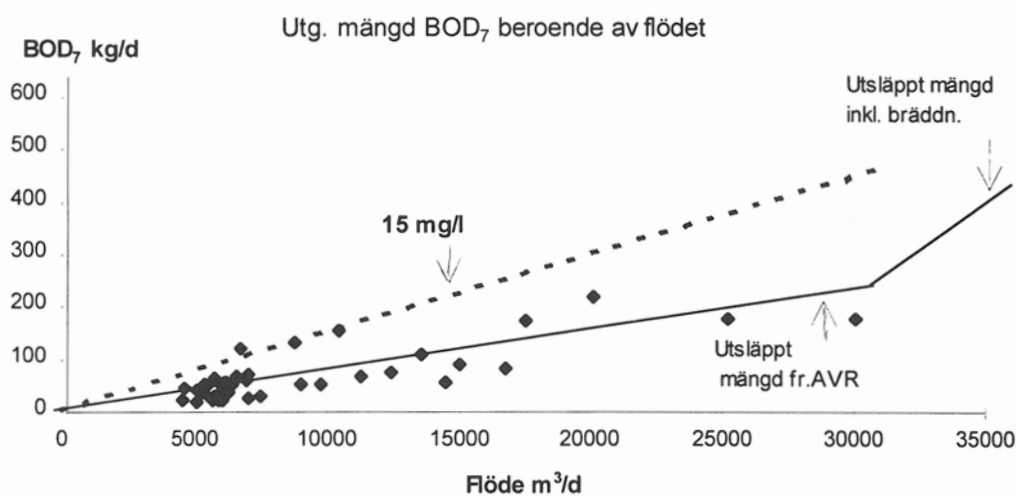
1.2 Arbetsgång vid uppritning av diagram för utspädningskänslighet

1. Rita upp ett diagram för vardera av de aktuella föroreningsparametrarna, i detta projekt, BOD och P. Föroreningsvärdena redovisas i diagram med kg/d på Y-axeln och m³/d på X-axeln. För ökad läsbarhet använd samma skala och indelning av flödet på X-axeln i samtliga diagram.
2. Markera med vertikala linjer Q-dim samt vid vilket flöde bräddning sker dels vid reningsverket och dels ute på ledningsnätet
3. Rita in en linje över "teoretiskt tillåten" utsläppt föroreningsmängd baserad på utsläppsvillkoren. Linjen konstrueras genom att multiplicera villkoret uttryckt som föroreningshalt med olika dygnsflöden.
4. Genomför en linjär regressionsanalys för alla värden upptill nivån för bräddstart vid reningsverket och rita in linjen.
5. Beräkna föroreningsinnehåll i bräddvatten från reningsverket vid olika flöden. Summera föroreningarna utsläppta via utloppsledningen och via bräddavloppet för flöden över bräddstart. Rita in linjen i diagrammet.
6. Märk alla linjer med tydliga textförklaringar.

1.3 Arbetsgång vid uppritning av varaktighetsdiagram

1. Ta fram dygnsflödet för så många dygn som möjligt under en längre period, gärna flera år.
2. Konstruera ett varaktighetsdiagram med flödet på X-axeln med samma skala och indelning som för föroreningsdiagrammen samt varaktigheten på Y-axeln med skalan uttryckt som 0 - 100 %.
3. Rita in motsvarande linjer enligt punkt 2 för föroreningsdiagrammen avseende Q-dim och bräddstartnivåer.

Nedan visas exempel på utspädningsdiagram och varaktighetskurva hämtat från Fillanverket 1995 för BOD₇, se även kap 4.2.2.



1.4 Minskade utsläppta föroreningsmängder från reningsverket till följd av minskad utspädning

Vid en uppskattningar av den direkta minskningen av utsläppta föroreningar till följd av åtgärder i ledningsnät, som resulterat i minskad utspädningsgrad, krävs en ganska komplicerad omräkning med en hel del osäkerheter inbyggda. Följande arbetsgångar har diskuterats och tillämpats inom projektet för att mycket grovt uppskatta minskning i utsläppt föroreningsmängd.

Minskningen av utsläppta mängder kan härledas till:

- Minskning i utgående föroreningshalt förutsatt att regressionskurvan i utspädningsdiagrammet har en positiv lutning.
- Minskning av bräddade mängder vid reningsverket
- Minskning av bräddade mängder ute på ledningsnätet

Minskning av utsläppta föroreningar vid reningsverket:

1. Lutningen av regressionskurvan studeras och minskningen i utsläppta mängder uttryckt som kg förorening/dygn avläses vid en minskning längs X-axeln med ex 100 m³/dygn, se även tabell 4:6. Detta görs för den regressionskurva som framtagits baserat på dygnsflöden utan bräddning. Man har nu erhållit kg minskad förorening per 100 m³ minskat tillskottsvatten.
2. Motsvarande värden avläses för kurvan som inkluderar bräddningar vid reningsverket.
3. För att kvotera mängden av utsläppta föroreningar används varaktighetskurvan. I denna avläses under hur lång tid i procent som bräddning sker resp ej sker vid reningsverket. Multiplicera resultatet under punkt 1 med tidsandelen då reningsverket ej bräddar.
4. Multiplicera på motsvarande sätt resultatet under punkt 2 med tidsandelen då reningsverket har bräddat.
5. Lägg samman resultaten från punkt 3 och 4. Man har nu erhållit ett värde för den minskning i utsläppt föroreningsmängd som kan erhållas vid en reduktion av 100 m³ tillskottsvatten. Här tas på detta sätt hänsyn till att denna minskning sker både under dygn med eller utan bräddning.
6. Om en åtgärd på ledningsnätet minskar tillskottsflödet med $X \cdot 10^2 \text{ m}^3/\text{år}$ kan motsvarande minskning av utsläppta föroreningsmängder erhållas genom att multiplicera X med resultatet från punkt 5.

1.5 Minskning av utsläppta föroreningar till följd av minskad bräddning ute på ledningsnätet

Det blir än svårare att uppskatta hur mycket en minskning av utspädningsgraden reducerar bräddningar och därmed utsläppta föroreningsmängder ute på ledningsnätet jämfört vid reningsverket. Svårigheterna beror på att bräddning ofta kan ske i ett stort antal punkter på ledningsnätet, bräddningens omfattning kan vara dåligt känd samt att många bräddavlopp har en utformning som gör att en korrekt bräddflödesmätning är svår att göra.

Bilden kompliceras ytterligare av att det inte går att direkt jämföra föroreningar utsläppta från ett bräddavlopp på ledningsnätet till en recipient med annan känslighet än den som valts som recipient för reningsverket.

En grov uppskattning av dessa föroreningsmängder kan göras för varje bräddavlopp enligt följande:

1. Uppskatta ett årsmedelvärde för bräddtid, bräddflöde och, om inget annat finnes, uppskatta föroreningshalten i bräddade mängder genom en schablonmässig betraktning av spillvattnets medelutspädning under bräddtillfällena.
2. Räkna om uppskattningen av minskat tillskottsvatten till samma flödesenhet som bräddflödet är uppskattat med, ex l/s.
3. En minskning av läck- och dränflödet till följd av en åtgärd medför att bräddvolymen minskar med motsvarande flöde multiplicerat med bräddtiden. Minskningen av bräddade årsvolymer uppskattas genom att multiplicera reduktionen av läck- och dränflödet med den sammanlagda bräddtiden under året.
4. Föroreningsinnehållet i de bräddade volymerna kan erhålls genom att multiplicera årlig bräddvolym med genomsnittlig föroreningshalt vid bräddtillfället.

Det är synnerligen viktigt att även här dokumentera hur olika uppskattningar och bedömningar gjorts vid framräkning av dessa minskade föroreningsmängder.

Om man har ett så dåligt underlag avseende bräddflöden att en uträkning bedöms vara orimlig att genomföra är det viktigt att ändå notera att åtgärden kommer att leda till minskad bräddning, om än omöjlig att uppskatta med konkreta siffror. Vid prioritering av åtgärder i praktiken är det många oprecisa faktorer som vägs in. Därvid får i så fall en verbal uppgift om minskad bräddning då utgöra en dylik oprecis faktor.

1.6 Arbetsgång vid omräkning av olika föroreningsparametrar till begreppet total mängd syretäring

Ett intressant problem vid jämförelser av åtgärdskostnad per reducerad föroreningsmängd är om och hur man bör fördela kostnaderna mellan flera reducerade föroreningsparametrar, ex fosfor, BOD och kväve. För att komma runt detta problem har kostnadsjämförelsen gjorts mot en omräkning av föroreningarna till motsvarande kilo syretäring, Ødegaard(1995). Följande värden har använts vid omräkningen:

- 1 kg BOD förbrukar 1 kg i primär konsumtion
- 1 kg Tot-N förbrukar 4 kg i primär konsumtion
- 1 kg Tot-N förbrukar 14 kg i sekundär konsumtion
- 1 kg Tot-P förbrukar 100 kg syre i sekundär konsumtion

Modellen bygger på att syrekonsumtionen i recipienten beror dels på en primär konsumtion, där syret förbrukas när bakterier bryter ned BOD och ammonium. Dels sker en förbrukning av syre vid nedbrytning av alger, ett sekundärt syrebehov. Även i detta fall är det bakterier som förbrukar syret. Mängden alger som bildas, styrs oftast av tillgången på kväve och fosfor.

I detta fall har vi räknat med att allt fosfor ger upphov till alger som förbrukar syre vid nedbrytningen. Så är dock inte fallet i praktiken. Det mått vi räknat ut är den högsta möjliga syrekonsumtionen. Hur mycket mindre den blir i praktiken, beror på många faktorer i recipienten och är mycket svår att uppskatta.

I de fall reningsverken saknar kväverening tas vanligtvis endast 15-20% av kvävet bort vid reningsverket och skillnaden är alltså liten vad gäller kvävebelastning om vattnet passerat reningsverket eller bräddas. Avsaknaden av kväverening i många av projektets reningsverk har medfört att syretäringen här endast baserats på BOD och fosfor.

2 MALL FÖR GENOMGÅNG AV RENINGSVERKEN OCH BESKRIVNING AV ÅTGÄRDER I RENINGSVERK

Genomgången har gjorts i ett antal steg. Resultaten av genomgången av reningsverken redovisas ej i denna rapport av utrymmesskäl. Intresserade får vända sig direkt till resp kommun.

2.1 Framtagning av diagram för reningsverkets utspädningskänslighet.

Framtagningen av utspädningsdiagrammet utförs enligt det förfarande som beskrivs i avsnitt 1 i denna bilaga.

2.2 Speciella studier av driftresultat

Funktion, reningsresultat och driftskostnader följs upp vid drifttillfällen med dels låg, jämn tillrinning och dels vid tillfällen med hög, jämn tillrinning. Jämförelse görs med resultatet enligt utspädningsdiagrammet. Om resultaten ej ger samma bild som visas av utspädningsdiagrammet bör man gå vidare och försöka förklara avvikande punkter. Exempelvis bör man undersöka om det förekommit andra driftåtgärder som kan ha påverkat utsläppsmängderna i positiv eller negativ inriktning.

2.3 Beskrivning av förväntade krav och belastningsförändringar

En bedömning och redogörelse görs av hur avloppsreningsverket klarar nuvarande och framtida reningskrav. Reningsverken förändras kontinuerligt och vid förnyade tillståndsprövningar som görs skärps ofta kraven. När kommer verket att omprövas och vilka krav kan då förväntas?

2.4 Genomgång av olika processtegs kapacitet

Om nuvarande eller framtida krav ej uppfylls eller att framtida belastningsökningar ej klaras, bör en genomgång göras för att fastslå den faktiska kapaciteten hos de ingående processtegen. Vilka är de trånga sektioner som begränsar kapaciteten vid olika driftfall?

2.5 Åtgärder i reningsverk

Sedan kapaciteten hos olika processteg fastställts och kapacitetsbegränsande sektioner hittats, kan fyra olika typer av åtgärder diskuteras:

- driftoptimeringar och driftstrategier
- åtgärder mot begränsande sektioner
- ombyggnad, ändring av processutformning
- utbyggnad, komplettering av reningsverket

Genom att införa genomarbetade driftstrategier kan reningsresultaten ofta förbättras. En sådan strategi kan vara att exempelvis inte ta in allt vatten till

biosteget utan att endast delbehandla vattenströmmar före utsläpp i recipienten.

Exempel på driftoptimeringar kan vara att byta fällningskemikalie eller att komplettera med polymerdosering.

2.6 Bedömningar av kostnader och effekt

Kostnads bedömningar görs för åtgärderna. Kostnaderna skall tas fram för både investering och drift. Som underlag för framtagning av driftkostnader kan eventuellt VAV P26, "Industriavlopp. Normalförslag och taxa för anslutning av industri till kommunal avloppsanläggning" vara till hjälp.

Årskostnaden för investeringen beräknas enligt följande:

Årskostnad för investeringen = Investeringskostnaden * årskostnadsfaktor

Underlag i detta projekt:

- 40 års avskrivning för ledningar + byggverk
- 15 års avskrivning för maskin + el
- realkalkylränta 4%.

Detta ger årskostnadsfaktor 0.051 för 40 år och 0.090 för 15 års avskrivning

Uppskatta de olika åtgärdernas effekt avseende minskade föroreningsutsläpp, såsom BOD, fosfor och i förekommande fall även kväve.

Räkna fram nyckeltal för åtgärdernas kostnad/effekt genom att dela årskostnaden för investering och drift med årligt minskade föroreningsutsläpp. Nyckeltalen kan beskrivas som kr per kg borttagen mängd förorening, ex kr/kg BOD, kr/kg fosfor. Framräkning görs även av nyckeltalet kr per borttaget kg syretäring, se avsnitt 1 i denna bilaga.

3 NYCKELTAL FÖR BESKRIVNING AV PROJEKTETS AVLOPPSSYSTEM

Följande begrepp har använts i projektet för att beskriva ett avloppssystemets uppbyggnad och storlek. Denna beskrivning får också utgöra begreppsförklaring för begrepp använda i bla tabell 4:1 och beskrivningarna i bilaga 3.

A: Storlek och uppbyggnad

A1 Avrinningsområdets storlek i ha

A2 Exploaterat område i ha

A3 Spillvattennätets totala ledningslängd m, exkl serviser. (Den totala ledningslängden kan uppdelas på duplikat, kombinerat och separat ledningsnät)

A4 Bedömning av % av fastighetsdräneringar som avleds till spill

A5 Anslutna pe, exkl industri

Avloppssystemen kan karakteriseras med ovanstående siffror samt följande nyckeltal:

Exploateringsgrad 1 = $A2 / A1$ (%)

Exploateringsgrad 2 = $A5 / A1$ (inv/ avrinningsområde ha)

Meter ledning per inv = $A3 / A5$ (m s-ledn / inv)

Separeringsgrad = $(\text{Separat} + \text{Duplikat}) / A3$ (%)

B: Flödesbelastningar

Begreppen beskrivs ingående i kapitel 3.3. Årsflödet till reningsverken kan uppdelas i:

B1 Spillvatten (vanligen: prod dricksvatten - dricksvattenläckage, alternativt debiterad vattenmängd + egenförbrukning som avleds till spill): (m³/år)

B2 Dagvatten till spill (= sk direkt nederbördspåverkan) Underlaget bör baseras på anslutningskontroller i fält. Om ytorna endast är uppskattade utan fältkontroller måste detta tydligt anges.

Hårdgjord yta till spill * nettoårsnederbörd (m³/år)

B3 Läck- och dränvatten, total (Årsflödet till RV - B1 - B2) (m³/år)

Alternativt så kan tillskottsvattnet delas upp i total nederbördspåverkan, NBP och läck- och dränvatten, basflöde. NBP kan automatiskt beräknas utgående från dygnsflöden med hjälp av programmet "NYCKEL" enligt VA-FORSK 96-06 / SNV rapport 4480. Läck- och drän, basflöde blir då totalt tillskottsvatten minus NBP. (Med NBP avses flödesökningar i samband med regn, jämfört med föregående torrdygn, räknat från regnstart till och med 4 dygn)

I den mån man har lyckats hitta eller på annat sätt kan bedöma olika delkällor till läck- och dränvatten bör dessa säras ut och benämnas tydligt, exempelvis:

* Överläckage av dricksvatten (m³/år)

* Belastningar från hav/vattendrag/etc (m³/år)

4 NYCKELTAL FÖR BESKRIVNING AV ÅTGÄRDER I LEDNINGSNÄT

Följande har gällt i detta projekt vid beskrivning av åtgärder i ledningsnät:

* **Problembilden** skall beskrivas med: varför man har tagit tag i detta, när och hur belastningarna uppträder samt bedömd årsbelastning till spill av läck- och dränflödet i m³/år.

* **Tydlig beskrivning av vald åtgärd** gärna med hänvisning till kartskiss

* **Direkt kostnad/effekt** skall beskrivas med:

A) *Investeringen kkr*

B) *Årskostnad för investeringen*, $A \cdot \text{årskostnadsfaktor}$
(40 års avskrivning för ledningar + byggverk, 15 år för maskin + el, realkalkylränta 4%. Detta ger årskostnadsfaktor 0.051 för 40 år och 0.090 för 15 års avskrivning)

C) *Minskade årskostnader drift*

Årligt minskat antal m³ till följd av åtgärden multiplicerat med aktuell marginalkostnad kr/m³. Även andra kostnadsminskningar till följd av åtgärden får tas med, ex eventuellt minskat skötselbehov. Observera att marginalkostnaden skall räknas såsom minskade kostnader för pumpning och ev. kemikalier vid rening av avloppsvattnet. Vid åtgärder mot ex överläckning av dricksvatten till spill skall även marginalkostnaden för vattenproduktionen läggas till. Om en högre marginalkostnad valts till följd av att man närmar sig anläggningens kapacitetstak måste detta tydligt förklaras.

D) *Direkt mätbar nettoårskostnad* (B - C) : kkr/år

E) *Effekten av en åtgärd skall beskrivas med:*

minskat flöde, i m³/år, till reningsverket
minskad mängd fosfor och BOD samt dessa omräknade till syretäring(kg/år), se avsnitt 1 i denna bilaga.

F) *Specifik direkt nettokostnad:*

kr / reducerad m³ tillskottsvatten
respektive
kr / reducerad kg syretäring

* **Övriga motiv** som är relevanta vid prioriteringar av åtgärder skall beskrivas tydligt, exempelvis:

- lokala problem med dåliga områdesdräneringar och fuktskador
- minskad bräddning på nätet till lokal recipient
- konditionsaspekter, om dessa medför att ledningarna ändå måste åtgärdas på något sätt.

Bilaga 2:

Tabeller över åtgärdsexempel från ledningsnät och reningsverk

INNEHÅLL	Sid
1 ÖVERSIKT ÖVER ÅTGÄRDSEXEMPEL FRÅN LEDNINGSNÄT	2:2
2 ÖVERSIKT ÖVER ÅTGÄRDSEXEMPEL FRÅN RENINGSVERK	2:4

1 ÖVERSIKT ÖVER ÅTGÄRDSEXEMPEL FRÅN LEDNINGSNÄT

Område	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Nettokostn per red kg syretäring (G/I)	Utförd	Utvärderad	Se sida:
Åtgärd	Invest	Årskostn invest	kr/m ³ (B/D)	Minskat flöde till RV m ³ /år	Marginal kostnad kr/m ³	Årlig be- sparring driften kkr/år	Nettokostn (B-F) kkr/år	Nettokostn (B-F)/D kr/m ³	Totalt red. syretäring (BOD+P) kg O ₂ /år	kr/kg O ₂	J/N	J/N	
Göteborg:													
Askim	2500	125	0,50	250000	0,05	13	113	0,45	10500	10,80	J	J	3:6
N:a Hamng	Punktläckning	20	0,01	95000	0,05	5	-4	-0,04	4000	-1,00	J	J	3:9
Torslanda	Fogtätning	ej angivet									J	J	3:10
Myrekärr	Koppla bort 24 tak, fogtätning spill, punkttrep	1500		ingen effekt av fogtättn				oändlig	ingen	oändlig	J	J	3:17
Billdal	Tätning brunnar	ej angivet									N	N	3:20
Tandkulle	Infodring 1,3 km spill, 68 serviser, tättn 25 brunnar	3400	170	43000	0,05	2	168	3,90	1800	93,00	J	N	3:23
Rösered	Renoverad vattenledn	2200	111	50000	0,55	28	83	1,66	2100	39,50	J	N	3:25
Konstpedidemin	Separering av kombinerat nät	325	16	14 000	0,05	1	15	1,09	588	25,50	J		3:26
Karlskrona:													
Hasslö, Garpen	Installation GV-pump	85	8	12000	0,90	11	-3	-0,25	560	-5,36	J	N	3:39
Hasslö, Horn	Områdesdränering. omläggningar,	1000	51	22000	0,90	20	31	1,40	990	31,00	J	N	3:40
Hasslö, Hallama	Avskärande dräneringsstråk	375	34	30000	0,90	27	7	0,25	1350	5,20	J	J	3:44
Hasslö, Horn	450 m fogtätning		oändlig	ingen effekt		ingen		oändlig	ingen	oändlig	J	J	3:41
Mora:													
Våmhus	Tättn punkt inläckage + relining 1,1 km vattenledning	1500	76	36 500	0,25	70	6	0,17	1470	4,10	J	J	3:47
Kumbelnäs	Tättn 16 punktläckage	400	20	16 000	0,25	9	11	0,69	620	18,00	N	N	3:48
Kumbelnäs	Alt lösn LPS för spill, drän i g:a spill	4000	252	73 000	0,25	18	234	3,21	2900	80,00	N	N	3:49

Område	Åtgärd	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Nettokostn per red kg syretäring (G/I)	Utförd	Utvärderad	Se sida:
		Invest kkr	Årskostn invest kkr/år	Invest kostn (B/D) kr/m ³	Minskat flöde till RV m ³ /år	Marginal kostnad kr/m ³	Årlig be- sparring driften kkr/år	Nettokostn (B-F) kkr/år	Nettokostn (B-F)/D kr/m ³	Totalt red. syretäring (BOD+P) kg O ₂ /år	kr/kg O ₂	J/N	J/N	
Simrishamn:														
Hammenhög	2 km renovering + drän åtgärder	3000	153	1,70	90 000	0,73	68	85	0,94	2300	37,00	N	N	3:60
Gårsnäs	1,7 km renovering + ändr dränfunktion	2500	128	0,71	180 000	0,77	139	-11	-0,06	4700	-2,35	N	N	3:61
Borby	2 km renovering + ändr dränfunktion	3100	158	0,85	185 000	0,77	142	16	0,09	4800	3,30	N	N	3:62
Skillinge	1 km renovering + ändrad dränfunktion	1600	81	2,70	30 000	0,68	20	61	2,03	780	78,00	N	N	3:63
Vitaby	1,3 km renovering + 0,8 km oml + drän pump	2300	117	0,47	250 000	0,20	50	67	0,27	6500	10,30	J	J	3:64
Stockholm:														
Kungsholms hamnplan	Proppning g:a utloppsledning	50	3	0,00	6 000 000	0,14	840	-837	-0,14	91000	-9,20	J	J	3:66
Tunnelsystem Bromma	Tätning punkti-läckage	50000	3	0,10	30 000	0,14	4	-1	-0,03	456	-2,20	N	N	3:67
Tunnelsystem Bromma	Tätning hela tunnelsystemet	250 000	12750	5,54	2 300 000	0,14	322	12428	5,40	35000	355	N	N	3:67
Källvikens pst	Infodring m strumpa	750	38	0,81	47000	0,14	7	25	0,53	710	35,00	N	N	3:68
Sundby pst	Inofodring m strumpa	2000	102	0,81	125000	0,14	18	84	0,67	1900	44,00	N	N	3:68
	Separering av komb. nät	2000000	102000	51,00	2000000	0,14	280	101720	50,86	30000	3400	N	N	3:69
Sundsvall:														
Ankarsvik	Avsk. dränering	500	26	0,87	30 000	0,60	18	8	0,27	778	10,30	N	N	3:72

2 ÖVERSIKT ÖVER ÅTGÄRDSEXEMPEL FRÅN RENINGSVERK

RENINGSVERK		ÅTGÄRD		Reduktion kg/år			Kostnad kkr		Specifik kostnad kr/kg			
		BOD	Fosfor	Kväve	Syretäring	Investering	Arskostnad	BOD	Fosfor	Kväve	Syretäring	
Åtgärder mot begränsande sektioner												
Söremåla	förbättrad utjämning	4 000	100	400	21 200	75	3,3	0,8	33	8	0,20	
Söremåla	utökad utjämning	4 000	100	400	21 200	120	3,4	0,8	34	8	0,20	
Hasslö	ny flockning		20		2 000	100	3,1		155		1,55	
Hasslö	ny kemikalie + flockning		30		3 000	175	3,2		273		1,10	
Hasslö	åtgärda hydraulik		10		1 000	50	1,2		120		1,20	
Bromma	ny kemikalie			110 000	2 000 000		2 000			18	1,00	
Bromma	tvåpunktsfällning								40		0,40	
Bromma	extern kolkälla									30	1,70	
Ombyggnad, ändring av processutformning												
Simrishamn	ombyggnad reningsverk			21 200	381 600	16 000	2 783			131	7,30	
Hasslö	ombyggnad pumpst.+fällning	500	50		5 500	1 100	99				18,00	
Utbyggnad, komplettering av reningsverk												
Fillanverket	utbyggnad	35 000	5 000		535 000	54 000	6 250				11,70	
Simrishamn	utbyggnad av våtmark			8 800	158 400	9 000	1 346			153	8,50	
Bromma	utbyggnad av filter		20 000		2 000 000	114 000	11 300		560		5,65	
Bromma	utbyggnad av bassångvolymmer			270 000	4 860 000	100 000	9 500			35	1,95	
Våmhus	ny utloppsledning	337	24		2737	900	45,9	140	1912		20,00	

Bilaga 3:

Åtgärdsexempel

Inledning till Bilaga 3

Detta VA-FORSK-projekt baseras på erfarenheter från ett stort antal utredningar och åtgärder i ledningsnät och reningsverk från projektets avlopssystem. Dessa arbeten har dokumenterats separat av respektive va-organisation. I denna bilaga redovisas utdrag från dessa internrapporter. Redovisningarna från Göteborg, Simrishamn, Stockholm och Sundsvall omfattar endast exempel från ledningsnät. I redovisningarna från Mora och Karlskrona finns även exempel från reningsverk. I övrigt hänvisas till ovan nämnda internrapporter. Författarna/kontaktpersonerna till respektive avsnitt framgår nedan.

Då dessa internrapporter har framställts till stor del fristående har det ej gått att undvika en viss spridning i både disposition, layout och definitioner. I samband med denna rapports framställning har även korrigeringar gjorts av beräkningarna för begreppet syretäring. I alla sammanställningar i denna rapport har underlaget hämtats från Bilaga 3 eller internrapporterna och samma beräkningsförutsättningar har använts. Syretäringen har i sammanställningarna enbart baserats på BOD och fosfor. I vissa exempel i Bilaga 3 har syretäringen även baserats på kväve. Därav kan syretäringen skilja stort mellan bilaga 3 och rapportens övriga delar.

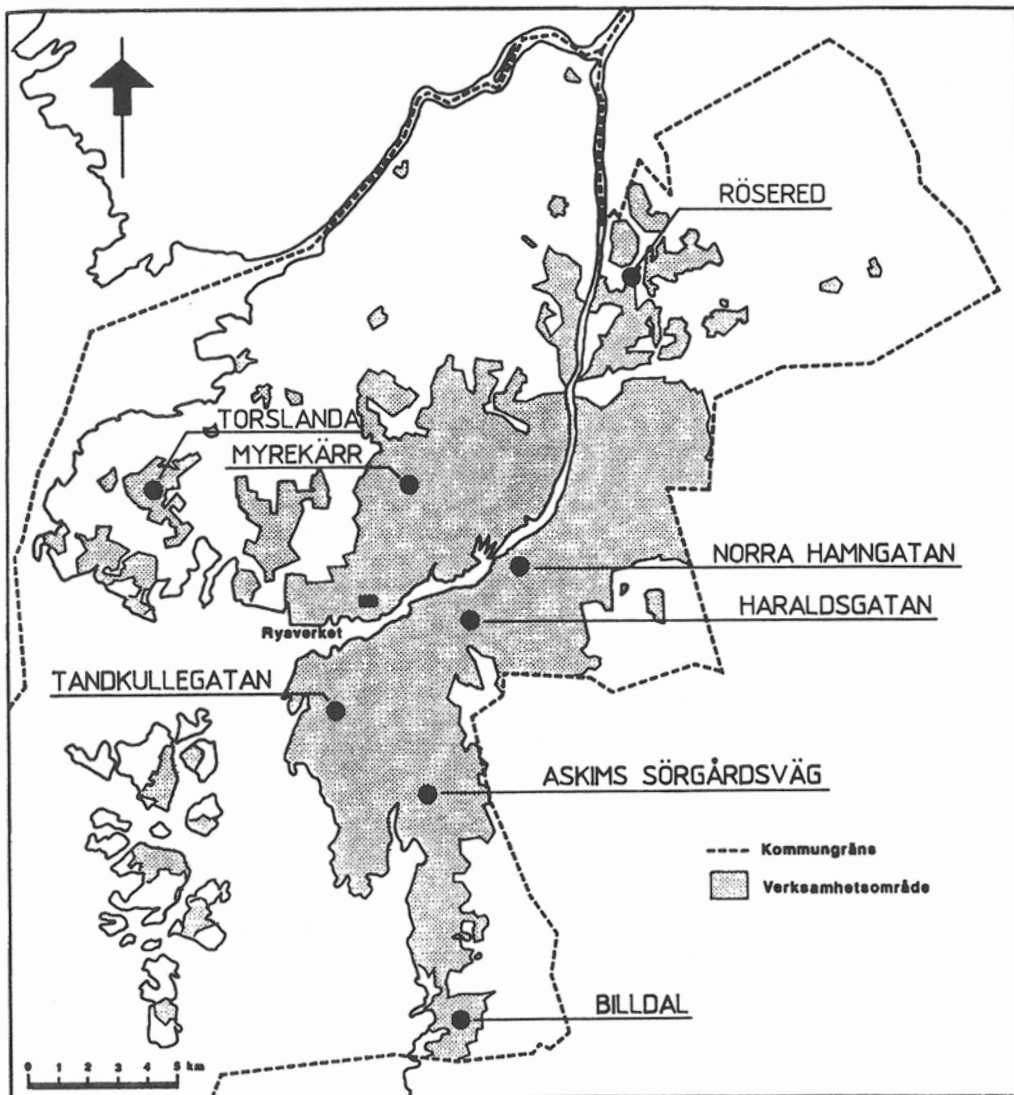
INNEHÅLL	Sid
Göteborg (ledningsnät)	3:3
<i>Göteborgs va-verk: Bernt Persson, Claes Wångsell</i>	
Karlskrona (ledningsnät och reningsverk)	3:29
<i>Karlskrona kommun: Kenneth Johansson, Mats Strand</i>	
Mora (ledningsnät och reningsverk)	3:45
<i>Moravatten: Yngve Backlund</i>	
Simrishamn (ledningsnät)	3:53
<i>Simrishamns kommun: Jan Paradis</i>	
Stockholm (ledningsnät)	3:65
<i>Stockholm Vatten: Lennart Berglund, Knut Bennerstedt</i>	
Sundsvall (ledningsnät)	3:71
<i>Sundsvall Vatten: Ulf Ödberg, Stig Ångman</i>	

Exempel från Göteborg

Göteborgs va-verk: Bernt Persson, Claes Wångsell

	Sid
Inläckage i lågt liggande spillvattenledning, Askim	3:5
Punktinläckage i kombinerad avloppsledning, Norra Hamngatan	3:8
Fogtätning av spillvattenledningar, Torslanda	3:10
Fogtätning av spillvattenledningar, Myrekärr	3:12
Tätning av nedstigningsbrunnar, Billdal	3:19
Strumpinfodring av spillvattenledningar, Tandkullegatan	3:21
Brandposter på rinn, Rösered	3:25
Separering av kombinerat avloppsnät, Konstepidemin	3:26

UNDERSÖKNINGSOMRÅDEN I GÖTEBORG



ASKIMS SÖRGÅRDSVÄG - GÖTEBORG

Inläckage i lågt liggande spillvattenledning

1 Orientering

Spillvattenledning $\varnothing$ 400 som avvattnar

- 1) Ett övre område - via Hagkrokvägens pumpstation - 29 ha, 450 pe.
- 2) Ett självfallsområde 21 ha, 450 pe.

Pumpområdet ansluter till självfallsledningen AS 400, som ligger i ledningsgrav gemensam med dagvattenledning, ansluten till Stora ån.

2 Flödes/nivåmätningar

Flödesmätningar har utförts genom att analysera pumparnas drifttider i pumpstationen samt genom flödes hastighet- och nivåmätning i en punkt A i nedströmsdelen av självfallsområdet. Drifttidsanalyser 1990 visar på ett läck- och dränflöde för pumpområdet på ca 0,05 l/s ha (medelmånadsvärde 1990-06-1990-07). Läck- och dränflödet i mätpunkt A (båda områdena) har under samma period (torrväder) registrerats till ca 0,5 l/s ha.

På en sträcka av ca 350 m omedelbart uppströms mätpunkt A ligger AS 400 parallellt med Stora ån och nivåmässigt under vattenytan i Stora ån. Spillvattenledningen ligger i samma rörgrav som dagvattenledningen, vilken är ansluten till ån. Inläckage från Stora ån direkt eller via dagvattennätet misstänktes därför.

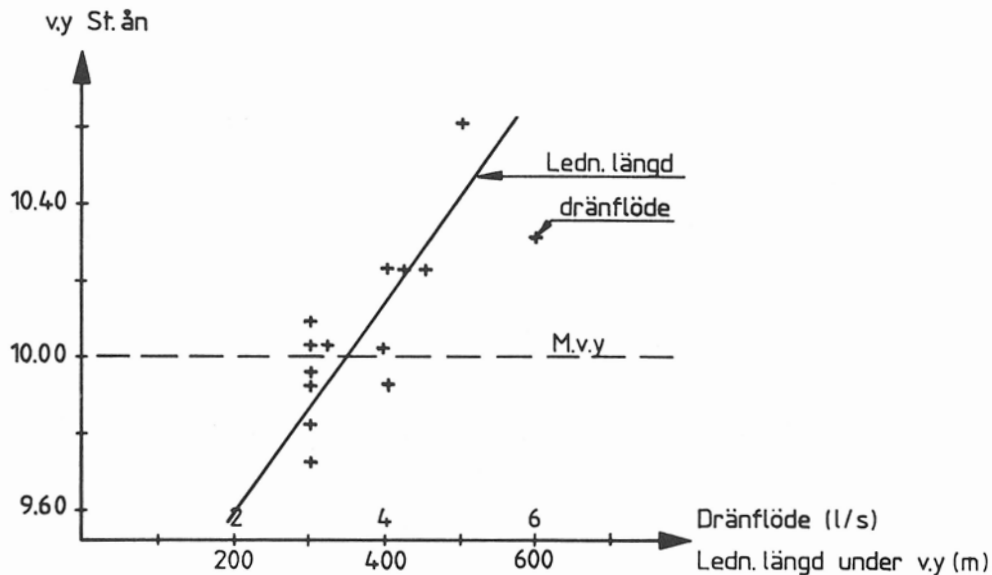
3 Åtgärder

Nivåmätning visade att AS 400 låg i svacka varför beslut fattades om nyläggning genom rörtryckning. TV-inspektion visade att i övre delarna kunde inläckaget genom skarvar eller sprickor bedömas vara litet, samtidigt som svackorna var små, varför omläggning gjordes upp till nivån ca +9,0 (ca 350 m). Till den omlagda ledningen finns inga serviser anslutna utan endast grenledningar.

4 Uppföljande mätningar

Efter omläggning har flödesmätning skett 1995-11-15--1996-02-28 i mätpunkt A genom nivåmätning och inmonterat skibord. Perioden har varit osedvanligt kall och nederbördsfattig. Vid de regntillfällen som förekommit syns en tydlig påverkan. Nattflödet ökade som mest från 4 till 12 l/s och största flöde dagtid från ca 10 till 23 l/s. Under övriga delen av mätperioden är nattflödet i början av perioden ca 4 l/s och sjunker ner till ca 3 l/s i slutet av den torra mätperioden. Om 3 l/s antages vara läck- och dränflöde motsvarar det 0,06 l/s och ha (båda områdena) vilket ungefär motsvarar uppmätta värden från pumpområdet och innebär en avsevärd minskning av inläckaget.

När havsytan stiger, och därmed vattenståndet i Stora ån, ser man en tydlig ökning av läck- och dränflödet. Under torrperioder kan ett samband mellan läck- och dränflöde och längd spillvattenledning belägen under Stora åns nivå, konstrueras utgående från mätningarna.



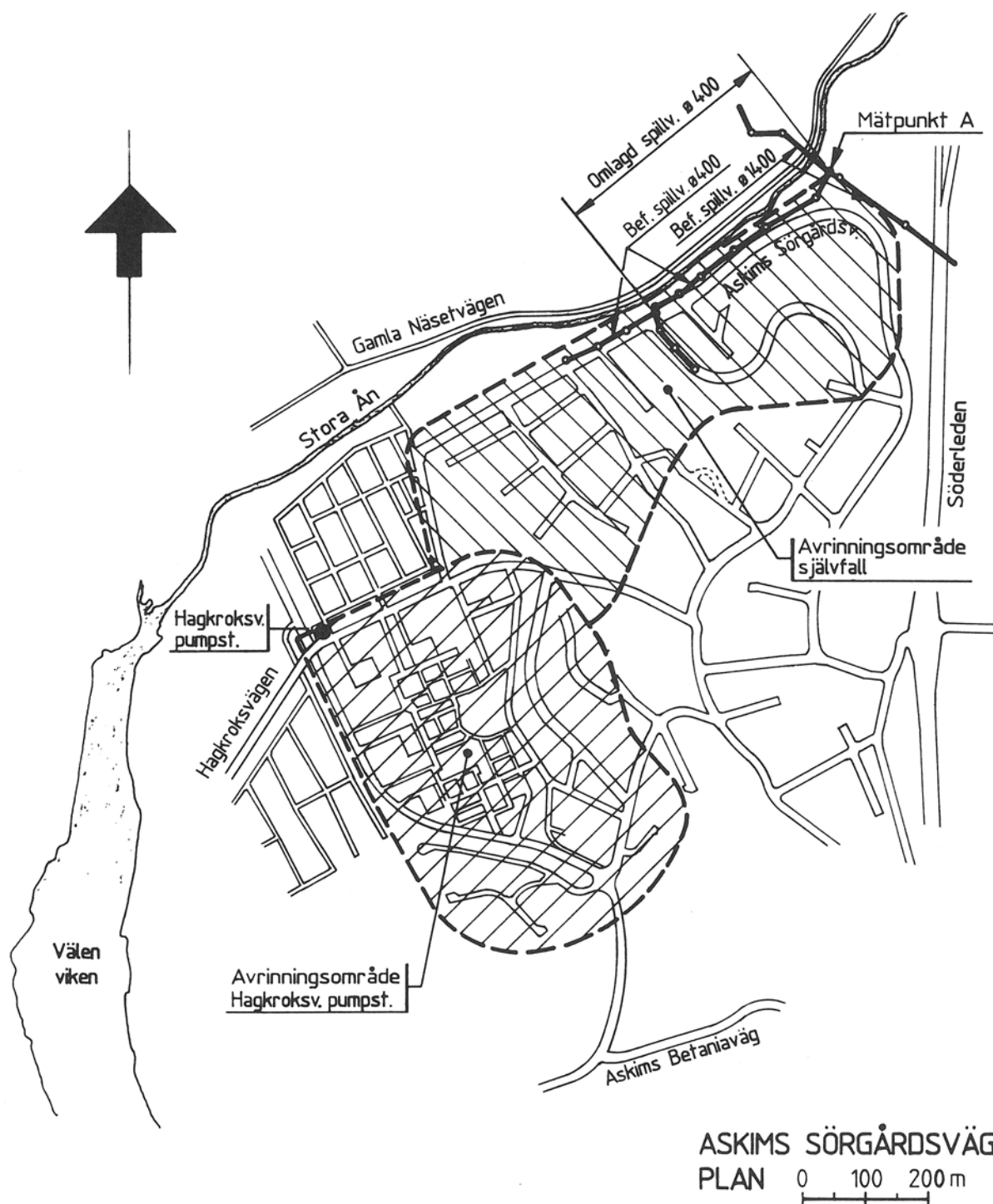
Ökningen av inläckaget är ca 1 l/s per 100 m ledning under havsnivån. Med samma inläckage på den ombyggda ledningssträckan skulle det totala inläckaget tidigare varit 7-8 l/s vid medelvattenstånd. Mätningarna tydde på ca 12 l/s vilket mycket väl kan ha varit fallet eftersom den del av ledningen som byggdes om var den lägst belägna och dessutom med mest sprickor.

5 Resultat

Resultatet av ombyggnaden kan, förutom att ledningen fått nytt proffilläge utan svackor, bedömas ha resulterat i en minskning av inläckaget med ca 8 l/s dvs ca 250.000 m³/år.

Total investeringskostnad 2,5 Mkr. Kalkylperiod 40 år, kalkylränta 4 % $\Rightarrow$ årskostnad 125 kkr. Detta motsvarar en kostnad på 0,5 kronor per m³ reducerad volym läck- och dränvatten.

En fortsatt renovering av ledningen vid högre nivåer, skulle ge avsevärt mindre effekt. Dels beror detta på ledningens bättre kondition, men främst på att omgivande vattennivå skulle stå över ledningen bara under en liten del av året.



NORRA HAMNGATAN - GÖTEBORG

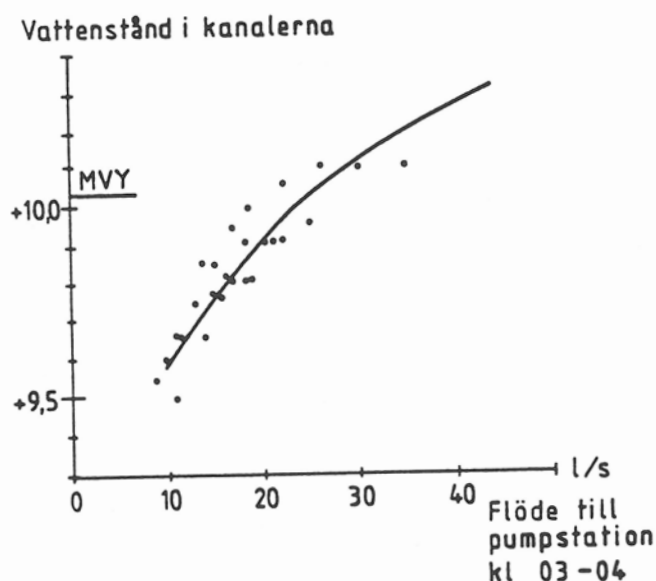
Punktinläckage i kombinerad avloppsledning

1 Orientering

Ledningen H750 (äggformad), lagd 1913 utgör en del av ett kombinerat avloppssystem som tidigare var anslutet till Brunnsparkens pumpstation. Pumpstationen är numera nedlagd och avloppsvattnet leds med självtryck under Hamnkanalen.

2 Flödes/nivåmätningar

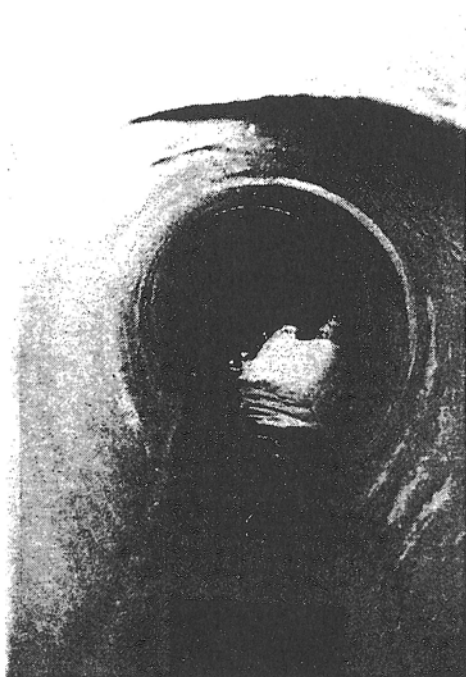
Marken utgörs av lera. Rörgraven ligger i direkt anslutning till Hamnkanalen. Enligt tidigare utförda flödesmätningar i pumpstationen kunde totala årliga inläckaget från kanalerna till ledningssystemet beräknas till ca 650.000 m³/år motsvarande medelflödet 20 l/s. Det inläckande flödet varierade med vattenståndet i kanalerna.



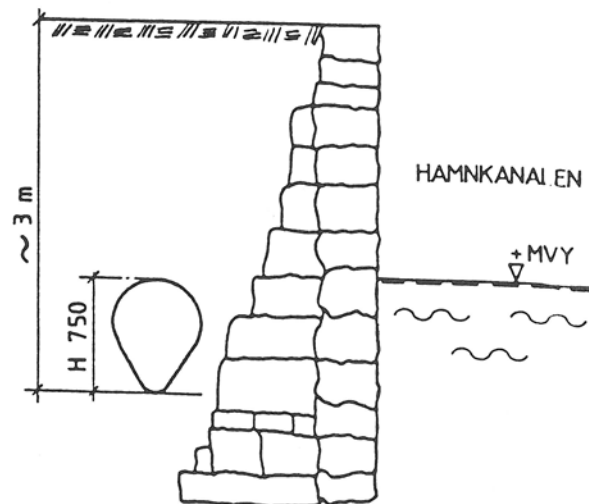
Figur 1 Flödesvariationen till Brunnsparkens pumpstation.
Timmedelvärden kl 03-04 under regnfri månad.

3 Åtgärder

Genom TV-undersökning och konduktivitetmätning kunde en läckagepunkt lokaliseras till Norra Hamngatan. Det inläckande vattnet är periodvis salt med hög konduktivitet. Flödet har uppskattats till i medeltal 3 l/s. Några större deformationer i rörfogen kunde inte iaktas. Ledningen har tätats inifrån med en cementbaserad expanderande massa med gott resultat.



Figur 2 Inläckage till kombinerad ledning H750, Norra Hamngatan.



Figur 3 Sektion genom kajen vid Norra Hamngatan.

4 Resultat

Eftersom ledningssystemet är kombinerat påverkar inläckaget ledningarnas kapacitet för avledning av spill- och dagvatten endast marginellt. Däremot blir totala årliga inläckande volymen här betydligt större när ledningen hela tiden ligger under vattenytan i kanalerna jämfört med otäta ledningar som endast tillfälligt ligger under grundvattenytan.

Reducerad volym läck- och dränvatten till avloppsnätet 3 l/s = 95.000 m³ per år.

Kostnad för tätning av fog ca 20.000 kronor. Kalkylperiod 40 år, kalkylränta 4 % $\Rightarrow$ årskostnad 1.000 kronor. Detta motsvarar en kostnad på 0,01 kronor per m³ reducerad volym läck- och dränvatten.

TORSLANDA-GÖTEBORG

Fogtätning av spillvattenledningar

1 Orientering

Torslanda är ett område med huvudsakligen villa- och radhusbebyggelse, beläget på Hisingen i västra delen av Göteborg. Inom området finns också ett centrum, samt ett mindre industriområde.

Ledningssystemet är utbyggt under 1960-talet som duplikatsystem, med ledningar av betong. Fogmaterialet är huvudsakligen drevgarn och plastringar.

Den exploaterade ytan är ca 200 ha, med en ansluten befolkning på 5.700 pe.

2 Genomförda undersökningar

Tillrinningen till pumpstationen inom området konstaterades tidigt vara avsevärt större än spillvattenflödet. Särskilt stort misstänktes inläckaget vara till den huvudledning $\varnothing$ 400 respektive 500 mm, som leder ut från området, och är förlagd parallellt med ett stort dagvattendike. Mätningar av flödet genomfördes samtidigt i två punkter på ledningen, belägna på 900 m avstånd. Tillkommande avrinningsområde mellan mätpunkterna är litet, varför en direkt jämförelse av flödet i de två punkterna gav en god uppfattning av inläckagets storlek. I samband med regn visade sig inläckaget vara 30-60 l/s på sträckan, vilket motsvarar en 100 %-ig ökning av totala flödet, se bilaga.

3 Åtgärder

Filmning av aktuell sträcka visade att rören var i god kondition, varför fogtätning med polyuretanskum valdes som renoveringsmetod. Totalt provtrycktes 622 fogar med dimension 400 mm och 180 fogar med dimension 500 mm till trycket 3 mvp. De fogar som ej var täta foginjekterades, totalt 171 st $\varnothing$ 400 mm (27 %) respektive 113 st $\varnothing$ 500 mm (62 %). Arbetet utfördes 1979.

4 Uppföljande mätningar

Uppföljningsmätning av flödet i de två mätpunkterna enligt ovan gjordes direkt efter åtgärd. Tillkommande flöde på sträckan konstaterades vara mycket litet efter genomförd foginjektering.

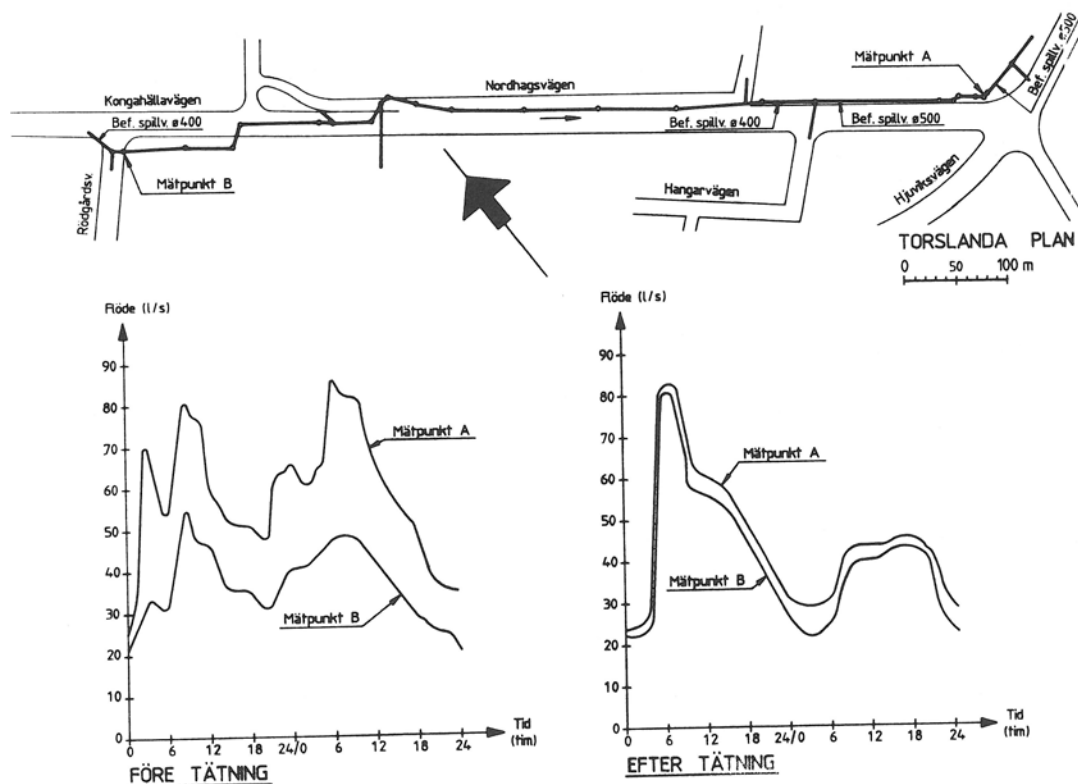
1991 utfördes en kontroll av skarvarnas täthet, vid 4 mvp:s tryck på två delsträckor. Kontroll utfördes både av skarvar som var täta vid injekteringstillfälle och sådana som tätades.

På 400 mm-ledningen kontrollerades samtliga fogar på en 80 m lång sträcka. Av dessa foginjekterades 6 st år 1979, och alla dessa var fortfarande täta vid kontrollen. Av de 73 fogar som var täta år 1979 och som alltså inte foginjekterades då, var vid kontrolltillfället 41 st otäta, och tätades.

På 500 mm-ledningen kontrollerades 15 fogar. Samtliga fogar hade foginjekterats år 1979. Vid kontrollen var 12 fortfarande täta medan en var otät, och två motstod ett vattentryck på 0,9 respektive 1,3 mvp.

5 Sammanfattning

Foginjektering i otäta fogar med polyuretanskum gav gott resultat direkt efter åtgärden. Tätade fogar var fortfarande täta efter 10 år. Däremot hade åtskilliga nya fogar blivit otäta, vilket gör att metoden är tveksam så länge inte alla fogar kan tätas. Liknande erfarenheter har erhållits från flera andra områden.



Fogtätning av spillvattenledningar

1 Orientering

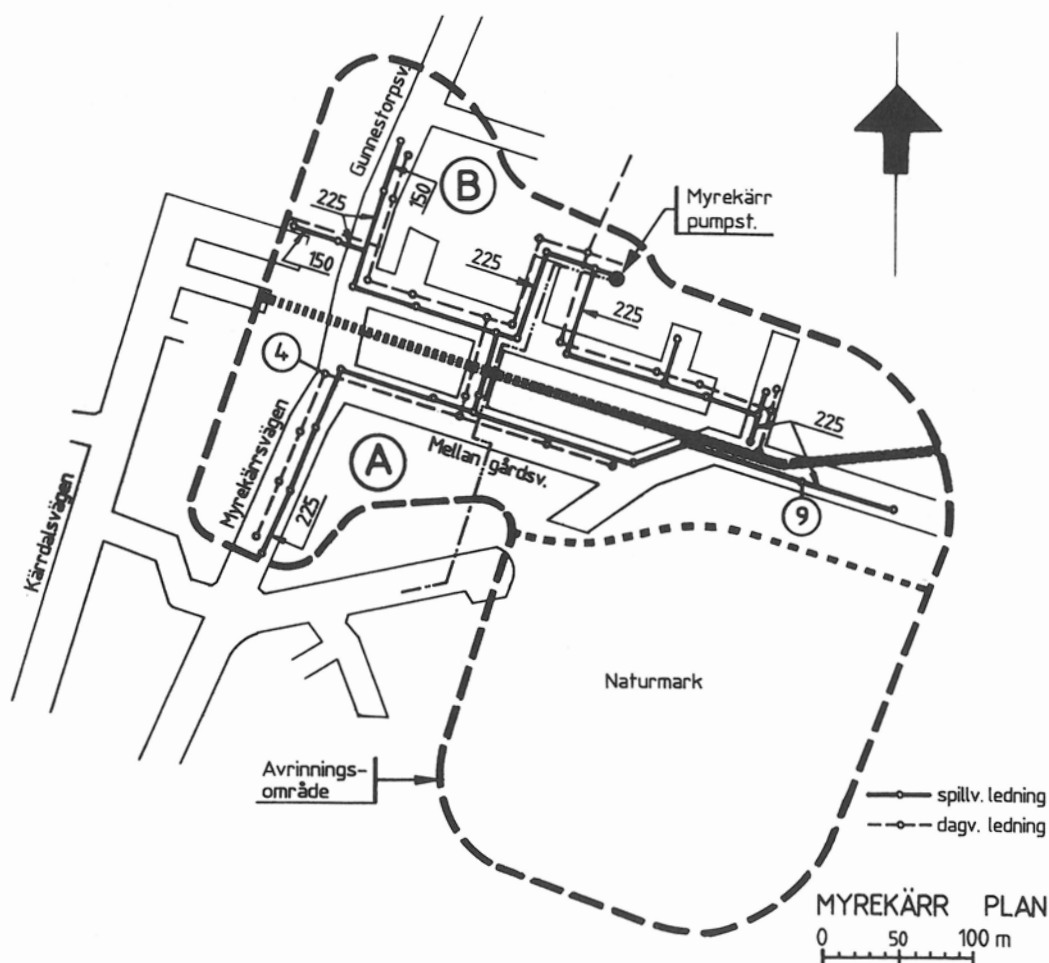
Myrekärr är ett småhusområde med ca 80 fastigheter som är beläget i stadsdelen Tuves södra del. Avloppssystemet i områdets södra del (delområde A) byggdes ut som separatsystem under slutet av 1940-talet medan norra delen (delområde B) byggdes ut som duplikatsystem under början av 1960-talet. Troligen kompletterades det tidigare separatsystemet med en dagvattenledning i samband med den senare utbyggnaden. Driften av avloppssystemet i Myrekärr togs över av Göteborgs va-verk 1967, i samband med att Tuve kommun inkorporerades i Göteborgs kommun.

Det aktuella området täcker en yta på ca 7 ha, varav ca 2 ha utgörs av hårdgjorda ytor. Dagvattensystemet avvattnar dessutom ca 6 ha naturmark.

Huvudledningsnätet för spillvatten består av ca 1 100 m $\varnothing$ 225 och 100 m $\varnothing$ 150 betongrör medan huvudledningarna för dagvatten består av ca 830 m $\varnothing$ 150, $\varnothing$ 225, $\varnothing$ 300, $\varnothing$ 400 och $\varnothing$ 500 betongrör.

Flertalet husgrundsdräneringar är sannolikt anslutna till spillvattennätet.

Myrekärr är ett väl avgränsat område med ett avrinningsområde som ansluter till en väl definierad punkt, Myrekärrs spillvattenpumpstation.



2 Avloppssystemets storlek och uppbyggnad

Avrinningsområde exklusive naturmark $A_{TOT1} = 7$ ha
 Avrinningsområde inklusive naturmark $A_{TOT2} = 13$ ha

Hårdgjord area $A_{H1} = 2$ ha
 Hårdgjord area ansluten till AS $A_{H2} = 0$ ha (tidigare 0,4 ha)

Meter spillvattenledning Duplikat: 900 m Separat: 200 m

Husgrundsdränering till AS: 50-75 %

Anslutna pe: 250 pe

Exploateringsgrad 1:	$\frac{A_{H1}}{A_{TOT1}} = 29 \%$	$\frac{A_{H1}}{A_{TOT2}} = 15 \%$
Exploateringsgrad 2:	$\frac{\text{inv}}{A_{TOT1}} = 35 \text{ pe/ha}$	$\frac{\text{inv}}{A_{TOT2}} = 19 \text{ pe/ha}$
Meter ledning per inv:	4,4 m	
Separeringsgrad:	100 %	

3 Problembeskrivning - undersökningar innan åtgärder

3.1 Kontroll servisanslutningar

Flera fastighetsägare i området har haft upprepade källaröversvämningar, framför allt i samband med häftiga sommarregn. Färgningskontroll av fastigheternas dagvattenanslutningar samt rännstensbrunnar under 1988-1990 visade på en stor andel hårdgjorda ytor med anslutning till spillvattennätet, vilket sannolikt orsakat källaröversvämningarna. Totalt var 24 fastigheter samt 3 av ca 30 rännstensbrunnar felanslutna, motsvarande en hårdgjord yta av ca 0,4 ha.

3.2 Flödesmätningar

A Drifftidsanalyser i pumpstationen.

En kontrollmätning av kapaciteten på Myrekärrens pumpstation gjordes i oktober 1990. Med pumparnas kapacitet och dess drifftider kända har den månatliga tillrinningen kunnat bestämmas, samt följande nyckeltal (må-nadsmedelvärden) beräknas:

- q_{ldr} i l/s km ledning
- q_{ldr} i l/s ha
- Läck- och dränfaktor q_{tot}/q_s , dvs totalt uppmätt eller registrerat flöde under perioden, dividerat med teoretiskt spillvattenflöde (175 l/p.d.).

Drifftidsmätningen visade att andelen läck- och dränvatten var mycket hög, med en maximal månadstillrinning (q_{tot}) under perioden 1989-08 -- 1990-08 motsvarande 5 gånger teoretiskt spillvattenflöde (q_s).

En jämförelse av korrelationen mellan nederbörd, uppmätt i en närliggande mätstation (Tolered) och pumpad volym har också gjorts.

B Flödes hastighet- och nivåmätning

Flödesmätning direkt uppströms pumpstationen för registrering av momentanflöden under 1991. Flödesmätningen visade på mycket snabba flödesökningar i ledningsnätet i samband med nederbörd.

3.3 TV-inspektion

Samtliga spillvattenledningar i området exklusive serviser filmades under 1990. Filmningarna pekade genomgående på otäta fogar och fogförskjutningar för hela spillvattennätet. I övrigt konstaterades att ledningsnätet inom delområde A (40-talsområdet) genomgående var i sämre kondition än i delområde B, med bl a sprickor, delvis krossade rör och otäta servisanslutningar.

Totalt bedömdes att ett tiotal rör behövde bytas ut. Några större sättningar eller svackor på ledningsnätet kunde inte konstateras.

4 Genomförda åtgärder

Följden av undersökningarna i Myrekärr blev ett åtgärds paket på tre huvuddelar.

- 1 Anmodan till fastighetsägare med felkopplade serviser att avbryta tillförseln av dagvatten till spillvattenförande ledning.
- 2 Fogtätning av hela spillvattennätet, exklusive serviser.
- 3 Punktreparationer av krosskador, större sprickor m m på spillvattennätet. Ca 10 schakter.

4.1 Felkopplade serviser

Samtliga 24 fastighetsägare har idag åtgärdat felanslutna dagvattensserviser. Flertalet har anslutits till dagvattennätet. I något fall har dagvattenfrågan lösts genom LOD. Fastigheternas husgrundsdränering ligger i de flesta fall kvar på spillvattennätet, eftersom dagvattennätet nivåmässigt ej medger anslutning.

4.2 Fogtätning

Fogtätningsarbetena i Myrekärr pågick mellan 1992-01-15 och 1992-02-27 och utfördes på entreprenad. Dessutom utfördes 1992-03 tätning och justering av samtliga nedstigningsbrunnar på spillvattennätet.

Fogarna provtrycktes med 8 mvp och otäta fogar injekterades med polyuretanskum.

Fogarna var oväntat dåliga och fyllnadsmassorna runt rören hade tydligen sköljts bort på sina ställen vilket innebar att betydligt större mängder fogtätningmaterial gick åt än vad som förväntats.

Enligt entreprenören är normal åtgång av fogtätningssmassa 0,1-0,2 liter per fog. Många fogar injekterades med flera liter i Myrekärr, som mest över 7 liter.

En nackdel med fogtätningssutrustningen var att fogar intill servisledningar ej var möjliga att täta eftersom fogmassa då pressades in även i servisledningen. Samma problem var det också vid inhuggna serviser där behoven av tätning var stora.

Totalt antal fogar	1 110 st
varav provtryckta	1 010 st
ej åtkomliga	100 st

Antal otäta och injekterade fogar	950 st
Antal täta fogar	60 st

4.3 Punktreparationer

Utfördes under perioden 1991-11 -- 1992-01.

4.4 Kostnader

Kostnaderna för fogtätningssentreprenaden inklusive projektering och kontroll uppgick till 0,7 Mkr.

Totalkostnaden för åtgärder på avloppsnätet i Myrekärr inklusive punktreparationer och nyläggning av 100 m dagvattenledning är så långt, ca 1,5 Mkr.

5 Uppföljning

5.1 Källaröversvämningar

Det viktigaste med åtgärderna i Myrekärr var att minimera riskerna för framtida översvämningar. Framförallt har detta åstadkommits genom att minska toppbelastningen på spillvattennätet med bortkopplandet av alla (kända) hårdgjorda ytor. Som en extra säkerhet för den mest drabbade fastigheten har också en bakvattenventil installerats.

Några nya översvämningar har ej rapporterats till va-verket sedan åtgärderna utfördes vintern 1991/92.

5.2 Hög bräddfrequens

Nödutloppsfrekvensen för pumpstationen har av allt att döma minskat. Eftersom inget larmsystem fanns innan åtgärderna kom till stånd ger inte uppföljning av larmsystemet så mycket. Däremot ser man vid besök på platsen att det inte längre finns synliga tecken på bräddning av spillvatten i bäcken där nödutloppsledningen mynnar. Detta beror dock säkerligen mest på omkoppling av tre tidigare felanslutna fastigheter vid pumpstationen som nu har åtgärdats.

Larm pumpstation år	Antal datum	timmar	regn mm/dygn
1993	0124	1	6
	0712	2	3,5
	0813	1	0,3
			15,4
			52,1
			3,0 (0812-23,2 mm)
1994	0905	1}	
	0915	2}	6,4
	1002	1	1,4

5.3 TV-inspektion

Samtliga spillvattenledningar filmades ånyo 1994-06. Vid en jämförelse med filmningen innan åtgärd kunde följande konstateras.

- Fogtätningssmassa hängde ned som ett "skägg" vid ett flertal fogar (i överkant. I underkant borteroderat). Några driftstörningar till följd av skäggen har emellertid inte konstaterats och bedöms inte heller uppkomma i framtiden.
- Spillvattenledningarna i delområde B bedömdes som synligen i god kondition. Fuktiga skarvar i någon större omfattning kunde inte konstateras.
- Ledningarna i delområde A var genomgående i dålig kondition, med totalt ett 20-tal större sprickor, krossador och kollapsade rör, framförallt på delsträckan 4-9. (Totalt längd ca 300 m). Eftersom filmen innan foginjekteringen inte sparats kunde endast protokollen jämföras. Den uppföljande TV-inspektionen visade att försök gjorts att täta rörsprickor (ingick ej i entreprenaden) och att detta åtminstone i vissa fall förvärrat skadan. Rören verkade i vissa fall ha tryckts ihop av fogmassan och kollapsat. En samlad slutbedömning och erfarenhet för såväl va-verket som entreprenören var att ledningarna i delområde A varit i för dålig kondition för fogtätning.

5.4 Provtryckning

Pga ledningarnas kondition inom delområde A, bedömdes provtryckning ej meningsfull.

Inom delområde B provtrycktes 1994-11, dvs ca 2,5 år efter fogtätning, totalt ca 350 fogar (motsvarande 350 meter spillvattenledningar). Provtryckning utfördes av entreprenören och med samma utrustning som provtryckningen innan åtgärd. Provningstryck 5 mvp. (Jämför 8 mvp innan fogtätning).

Totalt antal fogar	347 st
varav provtryckta	319 st
ej åtkomliga	28 st

Antal otäta och injekterade fogar	22 st
Antal täta fogar	297 st

Flertalet av de otäta fogarna 94 tätades 1992.

Sammanfattningsvis kan konstateras att för den här provade sträckan var nästan 95 % av de åtgärdade fogarna 1992 fortfarande täta 1994.

5.5 Flödesregistreringar

A Drifttidsanalyser i pumpstationen.

En uppföljning av pumparnas drifttider för åren 1992-1994 har gjorts och jämförts med perioden innan åtgärd 1989-08 -- 1990-08. Under 1993 genomfördes ett pumpbyte (P2) och en ny kapacitetsmätning planeras. I de följande utvärderingarna har den teoretiska pumpkapaciteten för pump P2 därför använts.

I nedanstående tabell framgår nyckeltal för läck- dränvatten för de studerade perioderna. Följande bör speciellt påpekas.

- Två brandposter står på rinn inom området (totalt flöde ca 0,5 l/s). Nyckeltal har redovisats såväl inklusive som exklusive detta flöde.
- Ca 6 ha naturmark avvattnas till dagvattennätet i området. Dagvattenledningarna löper parallellt med spillvattnedningarna. Naturmarken påverkar därmed läck- och dränflödet i spillvattenledningarna, vid otäta ledningsnät. q_{ldr} i l/s ha har därför redovisats såväl för hela avrinningsområdet 13 ha, som för avrinningsområdet för spillvatten 7 ha.

Någon märkbar effekt av fogtätningen har inte kunnat konstateras.

Drifttidsanalys årsmedelvärden	1989-08 -- 1990-08	1991	1992	1993	1994
Total nederbörd (mm/år)	867	748	964	851	362 t o m 07
q_{ldr} 7ha (l/sha)	0,18 (0,10)*	0,18 (0,11)	0,33 (0,26)	0,24 (0,17)	0,32 (0,25)
q_{ldr} 13 ha (l/sha)	0,09 (0,06)	0,10 (0,06)	0,18 (0,14)	0,13 (0,09)	0,17 (0,14)
q_{ldr} (l/s km ledn)	1,0 (0,6)	1,1 (0,6)	2,0 (1,5)	1,4 (1,0)	1,9 (1,5)
q_{rot} q_s	3 (2)	3 (2)	5 (4)	4 (3)	5 (4)

*) Siffror inom parantes anger det verkliga inläckaget, exklusive två brandposter på rinn. Flödet från dessa, ca 0,5 l/s har här räknats bort

Drifftidsanalys max månadsmedel- värde	1989-08 -- 1990-08	1991	1992	1993	1994
Total nederbörd (mm/mån)	146	142	82	199	135
q_{ldr} 7ha (l/sha)	0,35 (0,28)	0,36 (0,29)	0,54 (0,47)	0,63 (0,56)	0,63 (0,56)
q_{ldr} 13 ha (l/sha)	0,19 (0,15)	0,19 (0,16)	0,29 (0,25)	0,34 (0,30)	0,34 (0,30)
q_{ldr} (l/s km ledn)	2,0 (1,6)	2,1 (1,7)	3,2 (2,7)	3,7 (3,3)	3,7 (3,3)
q_{tot} q_s	5 (4)	5 (4)	8 (7)	9 (8)	9 (8)

B Flödes hastighet och nivå mätning

En uppföljande flödesmätning har gjorts under 1993 och jämförts med mätningen innan åtgärd.

Genom bortkoppling av de hårdgjorda ytorna, totalt 0,4 ha, skulle man kunna förvänta sig att de mest markerade flödestopparna försvinner. Detta är emellertid svårt att se i de uppföljande flödesmätningarna. Responsen i ledningsnätet på nederbörden är fortfarande relativt snabb. En bidragande orsak är sannolikt att fastigheternas husgrundsdränering är anslutna till spillvattennätet. Vidare bidrar punktinläckage via krosskador m m på delsträcka 4-9 inom delområde A. En ny flödesmätning bör göras efter det att denna delsträcka åtgärdats.

Vid en så grov nederbördsregistrering som dygnsvärde är det svårt att utläsa den direkta responsen. En kontinuerlig nederbördsregistrering tillsammans med flödesmätningen hade förmodligen visat tydligare hur snabb responsen för flödesökning var vid nederbördstillfället.

6 Planerade åtgärder

Spillvattenledningarna sträcka 4-9 i delområde A kommer att läggas om. Parallellt kommer åtgärder på vattennätet att genomföras för att förbättra vattenkvaliteten och minska järnhalten. Målsättningen är att de två brandposterna på rinn skall kunna stängas.

BILLDAL - GÖTEBORG

Tätning av nedstigningsbrunnar

1 Orientering

Billdal är ett område med gles villabebyggelse beläget i södra Göteborg i anslutning till havet. Avrinningsområdet är vidsträckt och avvattnar stora naturområden öster om själva bebyggelsen via Haga å som rinner centralt genom området. Det egentliga avrinningsområdet är ca 165 ha och ett mer bebyggelsenära dräneringsområde kan beräknas till ca 65 ha.

Området är flackt i väster i anslutning till havet och något mer kuperat i öster. Marken består främst av grovmo och lera med inslag av berg i dagen främst i öster.

Ledningsnätet byggdes ut i början av 1970-talet, främst som separatsystem. Dränvattenanslutning till spillvattennätet har inte varit tillåten, men eftersom dagvattenledningar saknas i stora delar av området kan felaktiga anslutningar inte uteslutas.

I området finns totalt fem pumpstationer och allt spillvatten avleds slutligen via Billdals pumpstation.

2 Avloppssystemets storlek och uppbyggnad

Avrinningsområdets storlek $A_{TOT1} = 65$ ha

Avrinningsområdets storlek inklusive naturmark $A_{TOT2} = 165$ ha

Hårdgjord area $A_{H1} = 10$ ha

Hårdgjord area ansluten till AS $A_{H2} = 0$ ha

Meter spillvattenledning Duplikat: 2.700 m, Separat: 7.900 m

Anslutna pe: 1.150 pe

Exploateringsgrad 1: $\frac{A_{H1}}{A_{TOT1}} = 15 \%$, $\frac{A_{H1}}{A_{TOT2}} = 6 \%$

Exploateringsgrad 2: $\frac{\text{inv}}{A_{TOT1}} = 17$ pe/ha, $\frac{\text{inv}}{A_{TOT2}} = 7$ pe/ha

Meter ledning per inv: $\frac{A_{TOT1}}{A_{TOT2}}$

Separeringsgrad: 9,2 m
100 %

3 Genomförda undersökningar

Kontrollmätning av kapaciteten i Billdals pumpstation och uppföljning av pumparnas drifttider. Med pumparnas kapacitet och dess drifttider kända har den månatliga tillrinningen kunnat bestämmas och följande nyckeltal beräknas.

Period	1987 - 1990	
	medel	max månads-medelvärde
q_{ldr} 65 ha (l/sha)	0,07	0,24
q_{ldr} 165 ha (l/sha)	0,027	0,095
q_{ldr} (l/s km ledn)	0,42	1,5
$\frac{q_{tot}}{q_s}$	2,7	6,8

Flödesmätning under ett dygn utan nederbörd och vid en tidpunkt med hög grundvattennivå för att bestämma ej nederbördsrelaterat läck- och dränflöde till spillvattennätet. Undersökningen utfördes 1994-03-15--16 genom registrering av momentanflöden i sammanlagt drygt 20 punkter på ledningsnätet.

Flödesbestämningen utfördes med hjälp av flödeshastighet - nivåmätare (Detflow-mätare) portala skibord, hink och stoppur samt okulär uppskattning av flöde.

Utgående från flödesmätningen gjordes en beräkning av läck- och dränflödet för respektive delsträcka. Ledningsnätet klassades i fyra grupper från ingen påverkan (flöde < 30 liter per dygn och meter ledning) till stor påverkan (flöde > 200 liter per dygn och meter ledning).

Totalt registrerat flöde under mätperioden ca 18 l/s (nattetid), vilket är något högre än maximalt måndasmedelvärde för läck- och dränflödet under den studerade perioden 1987-1990 (16 l/s).

Mätdygnet samt kompletterande TV-undersökningar visade att inläckande flöde till spillvattennätet i första hand härrör från punktinläckage via

- ca 20 otäta nedstigningsbrunnar. Motsvarande ca 40 % av totalt läck- och dränflöde
- Lokala krosskador.
- Ett fåtal spillvattenserviser.

4 Planerade åtgärder

Tätning av nedstigningsbrunnar, åtgärda krosskador, ett mindre antal serviser, samt en brandpost på rinn (ca 0,4 l/s).