

Usikkerheden ved beregning af stoftransport i afløbssystemer under regn, "first flush", samt stofseparation i bassiner og overløbsbygværker

Larsen, Torben

Publication date:
1992

Document Version
Accepteret manuscript, peer-review version

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Larsen, T. (1992). *Usikkerheden ved beregning af stoftransport i afløbssystemer under regn, "first flush", samt stofseparation i bassiner og overløbsbygværker*. (s. 1-7).

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

22.09.1992

Diskussion af
**Usikkerheden ved beregning af stoftransport i afløbssystemer under regn,
"first flush", samt stofseparation i bassiner og overløbsbygværker**

Introduktion

Herværende diskussionsindlæg er udarbejdet med inspiration fra møder, rejser og diskussioner i vinteren 1991/92 inden for ovennævnte emner. Der arbejdes i Europa bl.a. i England, Holland, Belgien og Frankrig inden for området med et relativt stort aktivitetsniveau og mange nyttige resultater vil efterhånden være til rådighed. Et andet udgangspunkt har også været den efter min opfattelse meget lidt frugtbare debat, der har foregået i England om udviklingen af den såkaldte Mosquito-model for stoftransport i afløbssystemer. En debat jeg har fået en vis indsigt i fra personlige kontakter til begge sider af stridens lejre.

Der vil ikke her blive præsenteret nye resultater, men kun mere eller mindre velovervejede argumenter. Hensigten er at diskutere de statistiske og tidsforløbsmæssige forhold for stofkomponenterne i afløbsvandet under regn ud fra en mere probabilistisk synsvinkel end der tidligere har været anvendt her i landet. Ved probabilistiske metoder forstår jeg her metoder som tager hensyn til såvel deterministiske som stokastiske sammenhænge.

Det er således min opfattelse, at vi ikke fuldt ud har taget konsekvensen af den viden om systemernes usikkerhed, som efterhånden er opsamlet. Det er derfor tilsigtet, når der i det følgende ikke skelnes mellem de forskellige stofkomponenter i afløbsvandet, fordi disse i denne sammenhæng har en række lighedspunkter, som gør en skelnen mindre væsentlig. Men for at ingen skal være i tvivl, drejer det sig naturligvis bl.a. om suspenderet stof, organisk stof, næringssaltene samt indikatorer for sygdomsfremkaldende mikroorganismer.

Baggrund

De hydrologiske og hydrauliske forhold omkring afløbssystemer er efterhånden velafklarede. Vi kan idag ved anvendelse af edb-modeller kombineret med målinger af nedbør bestemme vandføringen i afløbssystemer under regn med en nøjagtighed på den enkelte regnhændelse på 20 til 30 %. Vi kan derfor også med nogenlunde samme nøjagtighed forudsige de vandmængder, der aflastes til recipienterne fra overløbsbygværkerne. Den største usikkerhed på disse beregninger er knyttet til to punkter. For det første har det vist sig, at tilstedeværelsen af sedimenter, primært sand, i bunden af afløbsledningerne har en betydelig indflydelse på modstanden i ledningerne, idet disse aflejringer forøger den hydrauliske ruhed. For det andet er bestemmelsen af afstrømningen fra de delvist befæstede og ubefæstede arealer stadig usikker, sålænge den nuværende praksis fortsættes, hvor kun de simpleste overfladehydrologiske beskrivelser benyttes.

Når det gælder stofafstrømningen er usikkerheden væsentligt større. Med den nuværende praksis kan vi meget vel kan skyde en faktor på mere end 10 forkert til begge sider på den enkelte hændelse. Dette er egentligt ikke overraskende, når man betænker, at beregningen af regnafstrømningen jo netop baserer sig på måling af regnen, hvorimod vi kun har et meget

begrænset kendskab til de stofmængder der tilføres afløbssystemet. Når det gælder de akkumulerede årlige værdier, er usikkerheden mindre, men dette er imidlertid mindre interessant, da de seneste års undersøgelser har vist, at det især er enkelthændelserne og de dertil hørende akutte recipienteffekter, som er mest kritiske. F.eks. er det vist almindeligt anerkendt, at næringssaltproblematikken i forbindelse med overløbsbygværker sjældent er særlig vigtig.

Det essentielle spørgsmål ved dimensionering af overløbsbygværker og forsinkelsesbassiner bliver derfor, hvordan vi konkret håndterer denne usikkerhed på stoftransporten i beregningerne. Det er ikke hensigten med dette indlæg at fokusere på vor mangelfulde viden på området, som bestemt ikke dårligere, end hvad gælder vore nabolande, men tværtimod at skitsere, hvorledes vi på kort sigt nødvendigvis bør lade usikkerheden direkte og konkret indgå i beregningerne ved at anvende den såkaldte probabilistiske metode.

Diskussion af nuværende praksis samt mulighederne for forbedring på kort sigt

Den nuværende danske praksis bygger på antagelsen om, at overløbsvandet har en fast karakteristisk koncentration af den aktuelle forureningskomponent. Som denne karakteristiske koncentration benyttes normalt en medianværdi af den såkaldte hændelsesmiddelkoncentration. Medianværdien er et statistisk begreb, som betyder den værdi, der netop overskrides ved 50 % af hændelserne. Hændelsesmiddelkoncentrationen er defineret som den koncentration, som findes, når man dividerer regnhændelsens samlede afstrømmede stofmængde med den tilhørende vandmængde. I Danmark tager vi primært udgangspunkt i de målinger, der blev foretaget i forbindelse med det velkendte og omfattende Mølleå-projekt, som på dette punkt bl.a. ses resuméret af PH-consult, 1989.

Et vigtigt resultat fra disse undersøgelser er, at variationerne er særdeles store. Det gælder også hændelsesmiddelkoncentrationen, som i sig selv varierer mindre end den aktuelle måling, fordi den jo netop er en middelværdi. Mere præcist formuleret synes det fastslået, at den statistiske variation af hændelsesmiddelkoncentrationen følger en logaritmisk normalfordeling. I overensstemmelse hermed indeholder observationsmaterialet koncentrationsværdier, der varierer med mere end en faktor 100. En logaritmisk normalfordeling er karakteriseret af et gennemsnit og en standardafvigelse til de observerede koncentrationers logaritme. Medianværdien er iøvrigt antilogaritmen til dette gennemsnit.

I mange andre sammenhænge er vi vant til at betragte gennemsnittet som den vigtigste karakteristiske størrelse. Men når vi interesserer os for de store og kritiske værdier i fordelingen, gælder det - sagt lidt populært, at standardafvigelsen faktisk er mindst lige så vigtig. I de danske måledata, PH-consult, 1989, får man mulighed for at vurdere, hvorledes variationerne fra opland til opland kan forventes at være. Ser vi f.eks. på fællessystemer, hvor koncentration af COD under regn ligger med en medianværdi på 100 - 150 mg/l ligger standardafvigelsen på den naturlige logaritme til koncentrationen på ca 0.6 til 0.9, alt efter hvilket opland der betragtes. Ser vi nu f.eks. på den koncentration, der netop overskrides i 5 % af tilfældene og holder fast på en mediankoncentration på 100 mg/l, kan vi beregne værdier på ca. 300 mg/l og 700 mg/l, svarende til at standardafvigelsen er henholdsvis 0.6 eller 0.9. Kendskab til både gennemsnit og standardafvigelse er derfor nødvendig i praksis.

Stofmængden i den enkelte hændelse findes som bekendt ved at multiplicere vandmængde med stofkoncentration. Da både regnmængde og stofkoncentration er stokastiske størrelser, er det vigtigt at vide, om disse er indbyrdes afhængige eller uafhængige i statistisk forstand. Det skal iøvrigt indskydes, at den statistiske fordeling af hændelsernes vandmængde også stort set

er logartimisk normalfordelte. Hvis man nu antager, at både vandmængde og koncentration er logaritmisk normalfordelt og samtidigt er uafhængige af hinanden, betyder det i praksis, at den aktuelle stofmængde i den enkelte hændelse også stort set er uafhængig af vandmængden. Dette er bl.a. vist af M.S. Sørensens erhvervsforskerprojekt, 1991. Konsekvensen af denne antagelse er altså, at de store stofmængder i afløbssystemet kommer stort set uafhængigt af nedbørsmængden.

Om denne indbyrdes afhængighed eller uafhængighed er til stede i måleresultaterne, kan tilsyneladende ses fra flere synsvinkler. I PH-consult, 1989, konkluderes, at der ikke kan angives en sammenhæng mellem de målte koncentrationer og hændelsernes vandmængder, idet en tilsyneladende afhængighed er vurderet til ikke at være signifikant. På den anden side anbefales det i samme skrift, at man beregningsmæssigt antager, at den karakteristiske koncentration vokser med gentagelseshyppigheden, men at denne opvoksen er mindre end svarende til at regnmængde og stofkoncentration er indbyrdes uafhængige.

Uanset at der således formentlig må konstateres at være en svag korrelation mellem vandmængde og stofmængde, svarende til at hændelsesmiddelkoncentrationens median aftager ved store vandmængder, kan der ikke være tvivl om, at rangordenen af stofmængden er markant anderledes end rangordenen af vandmængden.

De anvendte edb-modeller, herunder SAMBA-modellen, benyttes ofte til gennemregning af et afløbssystem på baggrund af et stort antal målte historiske regnhændelser. I SAMBA-proceduren gives der den ovenfor nævnte mulighed for at kompensere for, at stofmængderne ikke er fuldt uafhængige af nedbørsmængderne. Dette gøres ved at indsætte en voksende stofkoncentration med voksende gentagelsesperiode, men stofkoncentrationen regnes iøvrigt konstant for alle hændelser. Herved opnås, at den samlede stofmængde for hændelsen med den udvalgte gentagelsesperiode bliver i overensstemmelse med fordelingen af de observerede stofmængder. Men det er vigtigt at gøre sig klart, at antagelsen om, at stofkoncentrationen i den enkelte hændelse er konstant, er meget langt fra virkeligheden. Det betyder, at SAMBA-proceduren korrekt er i stand til at forudsige en samlet stofmængde for netop den gentagelsesperiode man på forhånd har udvalgt at fokusere på, men at værdierne for andre gentagelsesperioder ikke er rigtige.

Betydningen heraf er umiddelbart vanskelig at vurdere, men der er ikke tvivl om at dette forhold vil føre til urealistiske værdier, hvis resultaterne anvendes til beregning af forhold, hvor både vandmængden og stofmængden indgår samtidigt, f.eks. ved beregning af stoftilbageholdelse i bassiner og ved recipienteffekter.

Det foreslås derfor, at brugeren af edb-modellerne får mulighed for at kunne vælge at betragte stofkoncentrationen som en stokastisk variabel, som computeren for hver enkelt hændelse finder ud fra tilfældige tal, som har den korrekte statistiske fordeling. Endvidere bør ovennævnte svage, men ikke uvæsentlige, korrelation mellem vandmængde og stofkoncentration også kunne tages i regning. Herved bliver der taget hensyn til såvel det stokastiske som det deterministiske. For store gentagelsesperioder vil dette formentligt medføre, at beregningerne må gentages et antal gange, fordi udfaldene af beregningerne vil variere fra gang til gang. Men til gengæld vil man på denne måde kunne opnå viden om usikkerheden på resultatet.

Processer som må medtages i fremtidens modeller for stoftransporten

Indledningsvist er det vigtigt at gøre sig den principielle forskel mellem transport af opløst stof og transport af partikulært stof klart. Beskrivelsen af transport og fortynding af opløst stof er langt den simpleste og kan gøres med nogenlunde samme nøjagtighed som selve vandtransporten. Opløst stof opholder sig normalt kun nogle få timer i afløbssystemet og vanskelighederne med beskrivelsen heraf skyldes derfor primært, at udgangspunktet ikke er målinger, men at koncentrationer og vandføringer for tilførslerne normalt kun bliver estimeret ud fra erfaringsværdier.

Når det gælder det partikulære stof er der tale om et stort spektrum af kornstørrelser og faldhastigheder. Nyere undersøgelser, bl.a. Ashley, 1992 endnu ikke publ., viser, at der i afløbssystemet foregår både en bundtransport af de grovere partikler og en suspenderet transport af finere partikler. I denne suspenderede transport er der normalt ikke tale om fuld opblanding, men derimod tydelige koncentrationsforskelle med vanddybden. En undersøgelse i Aalborg, udført gennem et afgangprojekt, viste i overensstemmelse med Asley's erfaringer, at stofkoncentrationsmålinger kun kan foretages i ledninger med stort fald og hastighed for at sikre, at der ikke foregår en delvis separation på målestedet. En del af det datamateriale, som indtil nu er indsamlet, kan være fejlbehæftet af denne årsag. Fremtidens modeller må derfor nødvendigvis tage hensyn til, at det partikulære stof består af endog meget forskellige størrelsesfraktioner.

De seneste års undersøgelser, bl.a. Verbanck, 1991, har vist, at en stor del og ofte den største del det partikulære stof, som findes i stoftransporten under regn, er stof som er resuspenderet fra tørvejrsløjrer. Der er således normalt, at koncentrationen af suspenderet stof vokser under regn. Noget tilsvarende ses iøvrigt også ved tørvejrsvandføringen, hvor koncentrationen af suspenderet stof er størst i de dagtimer, hvor vandføringen er størst.

Det helt centrale spørgsmål i forbindelse med beskrivelsen af den partikulære stoftransport er naturligvis, om den potentielle stofmængde, som kan udvaskes i den enkelte hændelse, har en afgrænset størrelse. Dette er der en del der tyder på, hvilket bl.a. giver sig udslag i, at man kan konstatere en tendens til aftagende stofkoncentration ved stigende afstrømningsvolumen, jævnfør iøvrigt bemærkningen herom fra tidligere. Herefter følger spørgsmålet om størrelsen af denne potentielle ophobning. Dette er et overordentligt kompliceret problem, fordi opbygningen af denne pulje er et samspil af sedimentation, resuspension, suspenderet transport og bundtransport samt kemiske og biologiske processer. Den efterhånden klassiske hypotese relaterer puljen til den forudliggende tørvejrperiodes varighed. Dette synes forsat at være et rimeligt udgangspunkt, men da det som nævnt vides, at tørvejrsvandføringens maksimale flow kan have betydelig indflydelse på resuspensionen og dermed på mængden af det aktuelt tilstedeværende partikulære stof, må dette forhold formentlig også inddrages i beskrivelsen.

Fremtidens modeltyper

På ovennævnte baggrund er det min opfattelse, at modelleringen af stofkoncentrationer under regn må tage udgangspunkt i en særskilt behandling af det partikulære stof og det opløste stof og når det gælder den partikulære transport, må man primært tage udgangspunkt i udvaskningen af aflejrede stoffer.

For modelleringen af stoftransporten vil der i de kommende år være behov for både simple black-box modeller af SAMBA-typen, som behandler et opland som blot én enhed, såvel som mere deterministiske modeller som MOUSE-rørnet, der beskriver forholdene i hver enkelt ledningsstrækning. Imidlertid ligger det i sagens natur, at usikkerheden ved anvendelse af sådanne modeller vil være langt større, end hvad vi kender til for strømningsmodellerne. En

korrekt og konsistent kobling af disse modeller til efterfølgende recipientmodeller vil ligeledes være essentiel og vil kun kunne opnås ved at betragte den samlede dimensioneringsprocedure som en helhed. Heri bør også indgå, i hvilket omfang der bør udføres feltmålinger for bestemmelse af modelkonstanter. Feltmålinger er i det hele taget et forsømt område her i landet.

Usikkerheden kunne der mest rationelt tages højde for ved indførelse af stokastiske elementer i de numeriske modeller. For at nævne et eksempel kunne man f.eks. opfatte ovennævnte stofaflejring i tørvejrperioden, som indeholdende en deterministisk funktion af den samlede stofafstrømning i tørvejrperioden plus et stokastisk bidrag, som indeholder den forventede sandsynlighedsfordeling for usikkerheden. Et eksempel på en sådan probabilistisk model med kombineret anvendelse af deterministisk og stokastisk viden, ses i mit indlæg om beregning af badevandskvalitet i kystområder, Larsen, 1991.

M. S. Sørensen, 1991, har i sit erhvervsforskerprojekt '*Stofseparation i overløbsbygværker*' givet det første danske bud på en numerisk model af black-box typen med udgangspunkt i hypotesen om, at stoffet primært stammer fra udvaskninger af tørvejrsløbsaflejringer. Det er her vist, at man kan opnå en reduktion af usikkerheden i forhold til SAMBA-proceduren og det må formodes, at man ad denne vej vil kunne finde en løsning der giver en bedre sammenhæng mellem vandmængde og stofmængde for de store og lidt sjældnere hændelser.

Med støtte fra Nordisk Industriforskerfond og i et samarbejde med Chalmers tekniske Højskole i Göteborg, det rådgivende ingeniørfirma VBB-VIAK i Stockholm, Dansk Hydraulisk Institut og Aalborg Universitetscenter pågår et forskningsprojekt om udvikling af et stof- og sedimenttransportmodul til MOUSE røret, Ole Mark, 1991. Målet er en model, der kan beskrive transport af opløst stof, suspenderet partikeltransport og bundtransport. Med en sådan model vil man også opnå en bedre hydraulisk beskrivelse, idet den varierende ruhed i rørene bestemmes løbende. Dernæst vil en sådan model være nyttig ved vurdering af vedligeholdelsen af afløbssystemer, idet beskrivelsen omfatter de aflejrede mængder. Mulighederne for gennemregning af systemerne med mange historiske regnhændelser er nu inden for rækkevidde, da programmet kan køre på workstations.

"First flush", tro eller overtro

Diskussionen af eksistensen af dette fænomen har til tider haft et nærmest religiøst præg. Lad mig derfor spille klart ud med, at jeg i princippet tror på first flush. Jeg tror på det i statistisk forstand og i sammenhæng med antagelsen om, at det stof, herunder især suspenderet stof, som er indeholdt i afløbsvandet i høj grad består af resuspenderet materiale. Når jeg mener, at first flush eksisterer i statistisk forstand, skal det forstås både i tid og sted således, at det forekommer mig begrundet, at man ved mere end 50 % af regnhændelserne i mere end 50 % af oplandene har en overvægt af mere forurenet vand i den første del af afstrømningsmængden end i den sidste. På den anden side føler jeg mig overbevist om, at tydelig first flush langt fra altid forekommer. Endvidere finder jeg det også sandsynliggjort at hændelsmiddelkoncentrationen i gennemsnit aftager med vandmængden i regnhændelsen, som allerede diskuteret ovenfor. Derfor mener jeg, at det vil være nyttigt at arbejde frem mod at få opstillet en bedre beskrivelse af stofafstrømningens tidforløb end den vi har idag, hvor koncentrationen forudsættes at være konstant.

Det er mit indtryk, at problemerne omkring first flush begrebet i høj grad er knyttet til de store variationer i de observerede koncentrationer og den tilsyneladende manglende reproducerbarhed heri. Der er i litteraturen inden for dette område et stort antal eksempler på gode såvel som diskutabile regressionsanalyser og statistiske tests. Disse er oftest udført med henblik på at

eftersigende eller at afvise rene deterministiske sammenhænge. Men når der i realiteten er tale om et stokastisk system, hvor det endog er de ekstreme hændelser, der er de vigtige, kan man ikke se bort fra selv relativt svage statistiske sammenhænge, hvis man vil være i overensstemmelse med observationsmaterialet.

Stoffjernelse i overløbsbygværker og bassiner

Erfaringerne fra M.S. Sørensens erhvervsforskerprojekt viste, at overløbsbygværker både kan forøge eller formindske koncentrationen af suspenderet stof. At koncentrationen kan vokse er måske overraskende, men skyldes at overløbsbygværker med en uhensigtsmæssig hydraulisk udformning, dvs. bygværker hvor strømhastighed og turbulens er større i bygværket end i tilløbet, kan resuspendere en del af bundtransporten, som derefter løber over overløbskanten under regn. Dette er normalt sammenfaldende med en mangelfuld kontrol af vandføringen og ses ofte i bygværker med lav overløbskant.

I veldimensionerede overløbsbygværker vil der normalt ske en vis stofseparation, hvor koncentrationen i den videreførte vandmængde er større end koncentrationen i overløbsvandet. Der foreligger fra en række udenlandske undersøgelser materiale, som kan benyttes til en kvantificering heraf. Dog synes litteraturen ikke tilstrækkeligt at lægge vægt på indflydelsen af den stofseparation, der kan være i tilløbsledningen til bygværket og som kan forbedre forholdene yderligere.

Desværre hersker der i en del af litteraturen en uklarhed om, hvorledes overløbsbygværker skal udformes geometrisk af hensyn til opnåelse af en god stofseparation. Udgangspunktet for udformningen af bygværkerne har ofte været hydrauliske modelforsøg i en skalamodel inklusiv forsøg med partikeltransporten. Når drejer sig om den hydrauliske virkemåde, skal man benytte den såkaldte Froude modellov for skalering fra model til prototype. Herved opnås ligedannede og rolige strømforhold for forskellige størrelser af bygværkerne, hvis alle mål er proportionale med vandføringen opløftet til potensen 0.4. Men Froudes modellov kan ikke benyttes, når det gælder den suspenderede partikulære transport og bundtransporten. I princippet skal man i stedet skalere efter forholdet mellem partiklernes faldhastighed og vandhastigheden i bygværket, hvis man ønsker en given procentvis fjernelse af det partikulære stof. Denne skalering svarer til potensen 0.5 i ovennævnte sammenhæng, hvilket gør en ikke ubetydelig forskel, da udgangspunktet ofte har været modelforsøg i skala 1:10 eller mindre. Såfremt man benytter en skalering efter Froudes modellov fås i fuld skala en dårligere stoffjernelse end den teoretiske bestemte i modelforsøgene.

Typiske strømhastigheder i afløbssystemet under regn ligger normalt over 0.7 m/sec og i mange tilfælde højere. Dette er en naturlig konsekvens af ønsket om selvrensning af ledningerne. I stejle ledninger vil bundtransporten ofte skifte og blive en suspenderet transport. I vandløbene, der jo strømmer i sine egne naturlige aflejringer, er forholdene derimod nærmest de modsatte, idet strømnigen normalt ligger tæt på det punkt, hvor sedimenttransporten lige netop starter i overensstemmelse med, at hastighederne ofte ligger omkring 0.3 - 0.4 m/sec. Der er derfor gode muligheder for, at man reelt simpelt og billigt kan fjerne de sedimentfraktioner, som kan forudsiges at sedimentere i vandløbet, ved anvendelse af et overløbsbygværk, der er dimensioneret hertil.

På den anden side må man gøre sig klart, at en sådan form for mekanisk rensning, hvad stofseparationen i overløbsbygværkerne kan sidestilles med, naturligvis ikke fjerner de mest finkornede fraktioner, som normalt vides at have et stort indhold af forurenende stoffer.

Iøvrigt er det mit synpunkt, at vi i Danmark generelt forsømmer, at vurdere sedimenttransportforholdene vandløb, når det gælder beregning af den recipientmæssige virkninger af overløbsbygværkerne, hvor den lejlighedsvist stærkt forøgede vandføring i sig selv kan have betydelig negativ indflydelse på vandløbets morfologiske og biologiske balance. Denne kan så yderligere forværres af en aflejring afløbssystemets tungere sedimenter evt kombineret med en resuspension af vandløbets finere sedimenter. Der er alene af disse grunde i mange situationer god argumentation for at etablere et forsinkelsesbasin efterfulgt af et overløbsbygværk med stofseparation. I visse tilfælde kan det også være hensigtsmæssigt at etablere et overløbsbygværk med stofseparation før bassinet for at undgå sandaflejringer heri.

Sammenfatning

Det har været hensigten med dette indlæg, både at gøre opmærksom på den usikkerhed der ligger i vurderingen i stoftransporten efter den nuværende praksis, men også samtidigt at gøre opmærksom på, at vi idag har informationer til at tage hensyn til visse årsagsammenhænge og således indskrænke usikkerheden ved den rene statistiske synsvinkel. Ved at kombinere vore nuværende edb-modeller med en sådan blandet statistisk og deterministisk angrebsvinkel kunne vi relativt let opnå forbedringer på kort sigt og samtidigt få et reelt billede af de usikkerheder, der er knyttet til beslutninger om overløbsbygværker og forsinkelsesbasiner.

En sådan probabilistisk tankegang kunne ligeledes med fordel drages ind i modelberegningerne for recipienteffekterne.

Referencer

- Ashley, R., Wotherspoon, D., Goodison, M., McGrogan, I. og Coghlan, B., The Deposition and Erosion of Sediments in Sewers, IAWPRC 16th Biennial Conference, Washington, May 1992.
- Larsen, T., 1991, Debate on Uncertainty in Estimating Bathing Water Quality, IAWPRC International Specialized Conference on Marine Disposal Systems, Lissabon, November 1991.
- Mark, O., 1991, Mouse St - A Sediment Transport Model for Sewers, International Workshop on Origin, Occurrence and Behaviour of Sediments in Sewer Systems, Université Libre de Bruxelles, Sept, 1991.
- PH-consult, 1989, Bearbejdning af danske måledata af regn og stoftransport, Rapport til Miljøstyrelsen, juli 1989.
- Sørensen, M. S., Larsen, T., Stofseparation i hvirvelseparator, Stads- og Havneingeniøren nr 2, 1992.
- Sørensen, M. S., Stofseparation i overløbsbygværker, Erhvervsforskerprojekt EF212, Nellemann - rådgivende ingeniører og planlæggere, Aalborg, juni 1991.
- Verbanck, M., Ashley R., Bachoc A., Summary of Conclusions, International Workshop on Origin, Occurrence and Behaviour of Sediments in Sewer Systems, Université Libre de Bruxelles, Sept, 1991.