



O-93095

Avløpsløsninger hovedflyplass Gardermoen

1. DELRAPPORT

Vurdering av prosessløsninger
for rensing av avløp fra ny hovedflyplass
i kombinasjon med kommunalt avløp

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Underrn:
O-93095	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2990	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8	Televeien 1 4890 Grimstad	Rute 866 2312 Ottestad	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
AVLØPSLØSNINGER HOVEDFLYPLASS GARDERMOEN	Okt. 1993	NIVA 1994
1. Delrapport: Vurdering av prosessløsninger for rensing av avløp fra hovedflyplassen i kombinasjon med kommunalt avløpsvann i regionen.	Faggruppe:	Miljøteknologi
Forfatter(e):	Geografisk område:	Akershus
Kristin Mørkved	Antall sider:	Opplag:
	21	8

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref.:
Styringsgruppa for VAR	Kontraktsnr. D012-02

Ekstrakt:
Teoretisk mulige prosessløsninger for et fellesanlegg som skal håndtere kommunalt avløpsvann i kombinasjon med hele eller deler av avløpet fra ny hovedflyplass er gjennomgått.
To alternativ peker seg ut som mest realistisk:
- Uten rensing på flyplassen, med glykolgjenvinning; fordenitrifikasjon i aktivslam.
- Med rensing på flyplassen, med redusert glykolgjenvinning; etterdenitrifikasjon i biofilm.

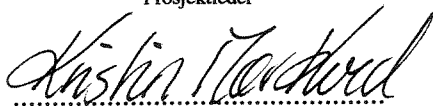
4 emneord, norske

1. Flyplass
2. Biologisk rensing
3. Nitrogenfjerning
4. Karbonkilde

4 emneord, engelske

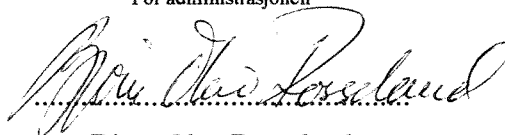
1. Airport
2. Biological treatment
3. Nitrogen removal
4. Carbon source

Prosjektleder



Kristin Mørkved

For administrasjonen



Bjørn Olav Rosseland

ISBN-82-577-2382-7

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag og konklusjoner.....	3
1. GRUNNLEGGENDE TERMINOLOGI.....	5
2. FORUTSETNINGER.....	7
2.1. Rensekrav.....	7
2.2. Særtrekk ved avløpsstrømmene.....	8
2.3. Utjevning på flyplassen.....	8
3. MULIGE ANLEGGSKONFIGURASJONER.....	9
3.1. Uten rensing på flyplassen.....	10
3.2. Med rensing på flyplassen.....	11
4. FORDENITRIFIKASJON UTEN RENSING PÅ FLYPLASSEN.....	12
5. ETTERDENITRIFIKASJON MED RENSING PÅ FLYPLASSEN.....	14
6. REFERANSER.....	17
VEDLEGG.....	18
Vedlegg 1: C/N-forhold uten flyplassintern rensing	
Vedlegg 2: C/N-balanse ved bruk av konsentrert glykol som C-kilde	
Vedlegg 3: C/N-forhold med flyplassintern rensing	

Forord

I forbindelse med utbygging av ny hovedflyplass på Gardermoen har kommunene Ullensaker og Nannestad, Forsvaret samt Oslo Hovedflyplass A.S. (OHAS) opprettet en styringsgruppe for VAR (Vann, Avløp og Renovasjon).

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har på oppdrag fra Styringsgruppen vurdert aktuelle prosessløsninger for rensing av avløpsvannet fra ny hovedflyplass i kombinasjon med behandling av kommunalt avløpsvann i regionen.

Oppdraget har bestått i klarlegging og diskusjon av aktuelle prosessalternativ og samarbeid med Avløpssambandet Nordre Øyeren (ANØ) for tilpassing til deres arbeid med utredning av regionale avløpsløsninger. Resultatene er presentert i denne rapporten og er i tillegg innarbeidet i ANØs rapport Hovedflyplass Gardermoen, ANØ-rapport nr. 53/93. (ANØ, 1993).

Oppdraget har vært utført i nær tilknytning til et annet oppdrag for OHAS for å fastsette dimensjoneringsunderlag for ulike avløpsstrømmer fra flyplassen, samt vurdering av strategier for forbehandling av disse.

Oppdragsgivers representant har vært Johan Steffensen, OHAS. NIVAs prosjektgruppe har bestått av følgende medarbeidere:

- Kristin Mørkved (prosjektleder)
- Kjersti Dagestad
- Gunnar Fr. Aasgaard

NIVA ønsker å takke både oppdragsgiver og ANØ for et godt samarbeid.

Oktober 1993
Kristin Mørkved
Norsk institutt for vannforskning

Sammendrag og konklusjoner

Teoretisk mulige prosessløsninger for et fellesanlegg som skal håndtere kommunalt avløpsvann i kombinasjon med hele eller deler av avløpet fra ny hovedflyplass er gjennomgått.

Det er forutsatt at fellesanlegget skal omfatte nitrogenfjerning og møte følgende renskrav:

- Fosfor (P) : 95 %
- Nitrogen (N) : 70 %
- Organisk stoff (C) : 95 %

Når renskravene er gitt, vil både forhold på flyplassen og på fellesanlegget påvirke valget av endelig prosesskonfigurasjon. Følgende alternative forutsetninger og prosessløsninger er vurdert:

- Med/uten rensing på flyplassen
- Med/uten glykolgjenvinning
- For-/etterdenitrifikasjon
- Aktivslam/biofilm prosesser

To alternativ peker seg ut som mest realistisk:

- Uten flyplassintern rensing/med glykolgjenvinning: **Fordenitrifikasjon** i aktivslam.
- Med flyplassintern rensing/med redusert glykolgjenvinning: **Etterdenitrifikasjon** i biofilm.

Fordenitrifikasjon uten rensing på flyplassen

Fordenitrifikasjon er basert på utnyttelse av det organiske stoffet i innkommende vann som karbonkilde for denitrifikasjon. Tilførsel av urensset overvann (med glykol) vil vinterstid øke karbon/nitrogen (C/N)-forholdet i totalavløpet og bedre betingelsene for nitrogenfjerning. Om sommeren bortfaller denne effekten, men da er til gjengjeld avløpstemperaturen høyere. Dette vil føre til høyere effektivitet i den biologiske omsetningen. Fordenitrifikasjonsprosessen kan tilpasses disse svingningene ved å øke anoksisk (ikke luftet) sone på bekostning av aerob (luftet) sone om sommeren og motsatt om vinteren.

For å ha en sikkerhet mot mangel på karbon bør det legges opp til et fleksibelt system hvor det er mulig å slippe deler av den konsentrerte glykolen til nettet i stedet for til gjenvinning.

Sammensetningen av det kommunale avløpsvannet er beregnet utifra spesifikke tall (norske erfaringstall for forurensningsproduksjon pr. personekvivalent (pe). Det vil være avgjørende for sommerdriften av et fordenitrifikasjonsanlegg at det reelle avløpsvannet ikke viser seg å ha et vesentlig lavere C/N-forhold. Dette bør undersøkes ved gjennomgang av måledata for det kommunale avløpsvannet i regionen. En aktivslamkonfigurasjon antas å være mest realistisk ved fordenitrifikasjon. Fosfor kan fjernes ved simultanfelling og eventuelt etterpolering i filter.

Etterdenitrifikasjon med rensing på flyplassen

Etterdenitrifikasjonsprosessen er basert på styrt dosering av en konsentrert karbonkilde direkte til denitrifikasjonstrinnet. Ved etterdenitrifikasjon bør innkommende organisk belastning være så lav som mulig for å gi gode betingelser for nitrifikasjon. Det forurensede overvannet bør derfor renses på flyplassen for å begrense den organiske belastningen på fellesanlegget.

En sentral forutsetning for å velge etterdenitrifikasjon er at den konsentrerte glykolen kan utnyttes som karbonkilde. Det er beregnet at karboninnholdet i den konsentrerte glykolen vil overstige behovet for karbonkilde og et gjenvinningsanlegg med redusert kapasitet vil derfor kunne være optimalt. Det tynne overvannet vil behandles i flyplassens eget renseanlegg.

Det er ikke klart om det vil være praktisk og økonomisk lønnsomt å lagre tilstrekkelig glykol for helårs bruk. Dette vil avhenge av eventuelle endringer i glykolens egenskaper ved lagring over tid, samt av en kostnadsvurdering hvor følgende momenter må inngå:

- Samlede årskostnader for glykolgjenvinning
- Kostnader for lagring og transport av glykol
- Kostnader for alternativ karbonkilde

Dersom helårsbruk av glykol ikke er mulig, må drift i sommersesongen baseres på en annen kommersielt tilgjengelig karbonkilde, f.eks. metanol. Det må da påregnes redusert renseseffekt pga. nødvendig tilpasning i overgangsperiodene vår og høst.

Ved etterdenitrifikasjon antas det å være mest hensiktsmessig å bygge et biofilmanlegg. Fosfor kan fjernes ved felling før det biologiske rensetrinnet (forfelling).

1. GRUNNLEGGENDE TERMINOLOGI

Som et underlag for diskusjonen i de følgende kapitler gir vi først en kort oversikt over noen sentrale rensetekniske begrep.

Biologisk rensing; aktivslam og biofilm

Biologisk rensing er basert på mikrobielle prosesser, dvs. prosesser hvor mikroorganismer (f.eks. bakterier) omdanner forurensningskomponenter (f.eks. organisk stoff, nitrogen). Ved å styre omgivelsesbetingelsene i rensenanlegget forsøker man å legge forholdene til rette for vekst av de ønskede organismene.

Det finnes mange ulike prosessløsninger for biologisk rensing av avløpsvann. Avhengig av hvordan mikroorganismene vokser i anlegget kan vi skille mellom de to hovedgruppene aktivslam- og biofilmprosesser.

I *aktivslamprosessen* lever organismene fritt suspendert i vannet. Levende og døde organismer danner sammen med annet partikulært materiale et slam som holdes svevende ved luftinnblåsning og/eller omrøring. Vann og slam skilles i et separasjonstrinn, f.eks. ved at slam synker til bunns (sedimentering). En viss slammengde returneres til luftet/omrørt trinn (biologisk reaktor) for å sørge for tilstrekkelig konsentrasjon av organismer der. Det resterende slammet (overskuddsslam) ledes til slambehandling og med etterfølgende disponering, f.eks. deponering.

I *biofilmanlegg* holdes mikroorganismene fast i den biologiske reaktoren ved at de vokser på en fast overflate plassert i reaktoren. Denne overflaten (mediet) kan ha en rekke utforminger, f.eks. faste plater, stilleliggende eller svevende legemer. Retur av slam til hovedtrinnet er ikke nødvendig og behovet for separasjonstrinn reduseres. Gjentetting og kortslutningsstrømmer kan imidlertid være et alvorlig problem i biofilmprosesser. Optimal vannfordeling og strømningsmønster, samt tiltak som jevnlig spyling er derfor viktig i enkelte typer biofilmanlegg.

Generelt kan man si at biofilmanlegg krever mindre areal og volum enn aktivslamanlegg, men at driften kan være noe mer komplisert.

Biologisk nitrogenfjerning; fordenitrifikasjon og etterdenitrifikasjon

Biologisk nitrogenfjerning består av de to hovedprosessene nitrifikasjon og denitrifikasjon og kan foregå i både aktivslam- og biofilmanlegg. Nitrogen i vanlig avløpsvann forekommer hovedsakelig som ammonium (NH_4) og ulike former for organisk bundet nitrogen. Ved tilgang på oksygen (luft) antar vi at den dominerende andelen av det organiske nitrogenet blir omdannet til ammonium.

Nitrifikasjon er en bakteriell omdanning av ammonium til nitritt (NO_2) og videre til nitrat (NO_3). De to trinnene besørges av hhv. bakteriegruppene *Nitrosomonas* og *Nitrobacter*, som begge krever tilgang på oksygen. Disse bakteriene har lav veksthastighet i forhold til andre vanlig forekommende bakterier i avløpsvann. Lav organisk belastning (lite organisk stoff) er derfor en annen sentral betingelse for nitrifikasjon.

Denitrifikasjon er en bakteriell omdanning av nitrat til fritt, gassformig nitrogen (N_2). Denitrifikasjon krever ikke så spesifikke bakterier som nitrifikasjonsprosessen og kan besørges av flere bakteriegrupper som er vanlige i avløpsvann. Også kravet til omgivelsene skiller seg fra nitrifikasjon ved at denitrifikasjonsprosessen krever oksygenfrie forhold og tilgang på karbon (organisk stoff).

Vi sier at nitrifikasjon er en aerob prosess, dvs. krever oksygen, mens denitrifikasjonen er anoksisk, dvs. krever oksygenfrie forhold (med tilgang på nitrat eller nitritt).

Nitrogenfjerning krever at avløpsvannet gjennomgår nitrifikasjon og deretter denitrifikasjon. Ved å resirkulere vannstrømmer internt i renseanlegget kan imidlertid rekkefølgen av de to prosessene varieres og vi skiller mellom for- og etterdenitrifikasjon.

Ved *etterdenitrifikasjon* forløper nitrifikasjon og denitrifikasjon i serie ved at ammonium først omdannes til nitritt og nitrat (nitrifikasjon) og deretter til fritt nitrogen (denitrifikasjon). Nitrifikasjonstrinnet krever til lavt innhold av lett nedbrytbart organisk stoff vil imidlertid medføre at denitrifikasjonen vil være begrenset/hemmet av mangel på karbon. Denitrifikasjonstrinnet krever derfor direkte tilførsel av en eksternt karbonkilde som kan utgjøre en betydelig driftskostnad (f.eks. kjøp av kjemikalie eller hydrolyse av slam).

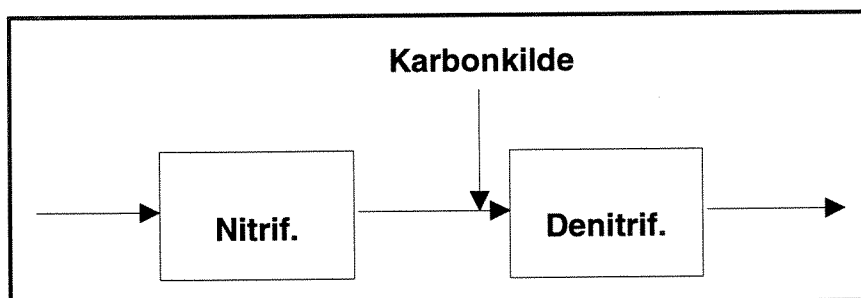


Fig. 1 Skjematisk fremstilling av etterdenitrifikasjon

Tilførsel av en ytre karbonkilde kan unngås ved å velge *fordenitrifikasjons*alternativet. Ved å plassere denitrifikasjonstrinnet før nitrifikasjonstrinnet kan det organiske stoffet i det innkommende råvannet utnyttes som karbonkilde. Imidlertid må jo nitratet som skal denitrifiseres først dannes ved nitrifikasjon. Dette løses ved å resirkulere vann fra nitrifikasjonstrinnet og fram til denitrifikasjonstrinnet og derved bringe nitrat fra nitrifikasjonen i kontakt med organisk stoff i råvannet.

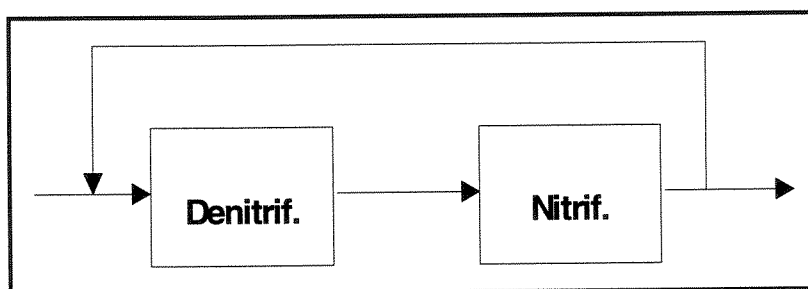


Fig. 2 Skjematisk fremstilling av fordenitrifikasjon

Første forutsetning for fordenitrifikasjon er at karbon/nitrogen (C/N)-forholdet i innkommende vann er tilstrekkelig. Man er prisgitt den innkommende mengde karbon (organisk stoff i råvannet) og at man ikke har en styrt dosering som i etterdenitrifikasjonen. På grunn av denne manglende styringsmuligheten må fordenitrifikasjonsalternativet bygges med noe større sikkerhet, dvs. større bassengvolum. Resirkuleringen vil betinge flytting av betydelige vannmengder (flere ganger innkommende mengde), men fordi det er snakk om minimal løftehøyde er merkostnaden begrenset.

Valget mellom for- og etterdenitrifikasjon vil måtte vurderes for det enkelte renseanlegg avhengig av bl.a avløpsvannets karakteristikk, tilgang og pris på ekstern karbonkilde samt tilgjengelig byggeareal.

Andre avløpstekniske ord og uttrykk

En del mer prosjektspesifikke avløpstekniske begrep skal også defineres innledningsvis.

Med *fellesanlegg* forstår vi her et felles renseanlegg som skal behandle både det kommunale avløpsvannet i regionen og flyplassavløpet. Med *intern rensing* på flyplassen forstår vi en separat rensing av hele eller deler av flyplassavløpet før det ledes til et fellesanlegg. Denne flyplassinterne rensingen er i enkelte tidligere dokument omtalt som forbehandling. Med *forbehandling* forstår vi enklere/mindre omfattende rensetiltak. Vidtgående rensing som 90 % reduksjon av organisk stoff i biologisk prosess dekkes etter vår mening ikke av dette begrepet. Enkelte av de industrielle stømmene på flyplassen vil imidlertid ledes via egne forbehandlingstrinn, f.eks. oljeavskiller, fettavskiller eller filter, før det slippes til avløpsnett.

Med (glykol) *gjenvinningsanlegg* forstår vi en prosess av tilsvarende type som den som finnes på Fornebu idag. Denne består i separat oppsamling og behandling av det mest konsentrerte forurensede overvannet for å skille ut flyavisingskjemikaliet for gjenbruk.

2. FORUTSETNINGER

En rekke forutsetninger vil påvirke valg av konfigurasjon og prosessalternativ for et fellesanlegg. Vi kan dele disse forutsetningene i tre hovedkategorier:

- * Rensekrav : Generelle renskrav for organisk stoff (C) og fosfor (P)
: Eventuelt krav om fjerning av nitrogen (N)
- * Flyplassforhold : Særtrekk ved flyplass avløpet
Utjevning på flyplassen
Med/uten rensing på flyplassen
Med/uten glykolgjenvinning
- * Anleggsforhold : For- kontra etterdenitrifikasjon
Aktivslam- kontra biofilmprosess

2.1. Rensekrav

I det tidligere utredningsarbeidet (*Luftfartsverket, 1991*) er det forutsatt en delt renseløsning for avløpsvannet fra ny flyplass på Gardermoen. En delt løsning omfatter intern rensing av forurenset overvann på flyplassen før utslipp til kommunalt anlegg. Rensekravet for flyplassanlegget var definert til 90 % reduksjon av organisk stoff. Resterende avløpsvann fra flyplassen skulle slippes til kommunalt anlegg (etter eventuell forbehandling i rist, oljeavskiller el.lign.). Det kommunale anlegget skulle fjerne 95 % fosfor og 15 % nitrogen.

I dag er det sannsynlig at kravet til nitrogenfjerning på det kommunale anlegget vil bli skjerpet. Det opprinnelige nitrogenkravet (15 %) tilsvarer kun den reduksjon av partikulært bundet nitrogen som normalt kan oppnås ved felling (fosforfjerning). Det skjerpede nitrogenkravet kan forventes å ligge på ca. 70 % reduksjon. Det mest realistiske alternativet vil da være biologisk nitrogenfjerning, dvs. nitrifikasjon og denitrifikasjon.

Hovedplanens forutsetninger om to rensetrinn hver med 90 % reduksjon av organisk stoff, gir et samlet rensekrav for overvannet på 99 %. Dersom all rensing skal samles i et fellesanlegg må derfor det totale rensekravet for organisk stoff heves over de nevnte 90 % for å ta hensyn til det høye kravet for overvann. Med den mengde- og belastningsfordeling som idag synes realistisk for de ulike strømmene til et fellesanlegg, kan vi antyde at det samlede kravet for organisk stoff vil ligge i området 93 - 95 % reduksjon.

Renseeffekten m.h.t. organisk stoff vil naturlig ligge i dette området ved biologisk nitrogenfjerning. I realiteten er det derfor ønske om nitrogenfjerning som medfører krav til skjerpet renseeffekt for karbon og ikke en eventuell samling av all rensing på et fellesanlegg.

I den videre diskusjonen har vi forutsatt at rensekravene for fellesanlegget blir 70, 95 og 95 % for hhv. nitrogen, fosfor og organisk stoff.

2.2. Særtrekk ved avløpsstrømmene

Vi skiller i dette prosjektet mellom kommunalt avløpsvann og avløpsvann fra flyplassen. Kommunalt avløp defineres som det avløpsvann som slippes til kommunalt ledningsnett, det vil hovedsakelig si avløpsvann fra husholdninger, forretninger, kontorer, institusjoner, lettere industri osv. Avløpet fra flyplassen har vi valgt å dele i tre hovedstrømmer; sanitært avløpsvann, industrielt avløpsvann og overvann forurenset av avisingskjemikalier.

- * Flyplassens sanitære avløp er avløpsvann som i sammensetning kan sammenlignes med kommunalt avløpsvann.
- * Industrielt avløpsvann er mer énsidig og kan være kjennetegnet av mer spesifikke komponenter som f.eks. olje og tungmetaller. Dette avløpet stammer fra spesielle aktiviteter på flyplassen som verksteder, storkjøkken, brannøvelser osv.
- * Forurenset overvann er avløp fra områder forurenset med fly- og baneavisingskjemikalier, dvs. hhv. glykol og acetat.

Forurenset overvann har derfor en helt spesiell karakteristikk i forhold til annet avløpsvann. Innholdet av organisk stoff vil være høyt og relativt énsidig, mens næringssaltinnholdet (nitrogen og fosfor) vil være minimalt. Teoretisk er glykolen og acetatet i overvannet relativt lett nedbrytbart, men det er viktig at konsentrasjonen ikke blir så høy at det gir giftvirkning på biologiske prosesser. Særtrekkene ved forurenset overvann tilsier at denne avløpsstrømmen vil spille en nøkkelrolle i forbindelse med nitrogenfjerning.

2.3. Utjevning på flyplassen

Forurenset overvann fra flyplassen vil kun produseres i avisingsesongen (vintermånedene). Avisingen vil være styrt av klimatiske forhold som temperatur og nedbør og overvannsmengden vil selvsagt være svært nedbørsavhengig. Dette betyr at det vil være store variasjoner i både mengde og konsentrasjon av forurenset overvann.

Både hydrauliske og forurensningsmessige belastninger må derfor utjevnes før utslipp til renseanlegg er aktuelt. Pr. idag har vi kun foreløpige anslag for overvannsmengdene og det er derfor ikke mulig å definere hvilke utjevningsvolum som er nødvendige. Dette må klarlegges nærmere når modellberegninger av overflateavrenningen foreligger.

I den videre diskusjonen har vi derfor forutsatt at god hydraulisk utjevning vil bli inkludert. Dermed vil også forurensningsbelastningen fra forurenset overvann utjevnes, selv om utjevningsgraden ikke er klarlagt. Ved vurdering av belastningssituasjonen på fellesanlegget har vi derfor valgt å betrakte både årsgjennomsnitt og egne snitt for sommer- og vintersesongen (hvh. uten og med bidrag fra avising).

Bygging av utjevningsvolum antas å redusere kostnadsdifferansen mellom alternativene med/uten renseanlegg på flyplassen. Vi antar at et flyplassanlegg ikke vil trenge et eget separasjonstrinn, men at produsert slam kan slippes med avløpet for separasjon på det kommunale anlegget. Et eventuelt flyplassanlegg vil derfor kun bestå av en luftetank. Selv om nødvendig utjevningsvolum ikke kan tallfestes på dette stadiet, er det sannsynlig at nødvendige volum blir relativt betydelig. Differansen mellom utjevning og rensing på flyplassen antas derfor å bestå i luftpustyr og forskjellen i bassengvolum.

3. MULIGE ANLEGGSKONFIGURASJONER

I dette kapitlet skal ulike løsninger for håndtering av kommunalt avløpsvann og flyplassavløp fra ny hovedflyplass på Gardermoen omtales. En rekke konfigurasjoner er i utgangspunktet mulige for separat behandling av hele eller deler av avløpet fra flyplassen eller sambehandling med kommunalt avløpsvann fra regionen.

Denne rapporten skal fokusere på mulige alternativ for fellesanlegget. Intern rensing på flyplassen vil kun bli omtalt som en forutsetning for de ulike løsningene på fellesanlegget. En nærmere omtale av aktuelle varianter for interne behandlingsløsninger for flyplassen vil bli gjort i egen rapport (kontraksnummer 1072, Oslo Hovedflyplass A.S.).

I kapittel 2 har vi beskrevet hvilke forutsetninger som vil være avgjørende for valg av anleggskonfigurasjon for et fellesanlegg for kommunalt avløpsvann og avløpsstrømmer fra flyplassen.

Vi skal nå betrakte de to hovedkonfigurasjonene med og uten rensing på flyplassen. Ved en delt renseløsning vil det forurensede overvannet gjennomgå biologisk rensing på flyplassen før overføring til et kommunalt renseanlegg. Utelates rensing på flyplassen skal den totale avløpsstrømmen sambehandles i et fellesanlegg. Vi skal kort omtale kriteriene for å innføre hhv. for- eller etterdenitrifikasjon for begge hovedalternativene.

3.1. Uten rensing på flyplassen

Dersom separat biologisk rensing av det forurensede overvannet på flyplassen utelates, kan vi forvente følgende konsekvenser for fellesanlegget:

*** Fellesanlegget vil få (sesongvis) økt belastning av organisk stoff.**

Det høye innholdet av organisk stoff i forurenset overvann vil føre til økt belastning på fellesanlegget. Selv om det forutsettes utjevning på flyplassen er det sannsynlig at belastningsøkningen blir markant høyere i vintersesongen. Dette skyldes at årsutjevning av hele overvannsmengden neppe er realistisk.

*** Fellesanlegget vil få (sesongvis) høyere C/N-forhold.**

På grunn av overvannets spesielle sammensetning vil ikke nitrogenbelastningen endres proporsjonalt med belastningen av organisk stoff. Dette medfører at forholdet mellom karbon (C) og nitrogen (N), det såkalte C/N-forholdet, i totalavløpet vil øke. Selv med hydraulisk utjevning antas økning av C/N-forholdet å bli særlig markant om vinteren (i avisings sesongen). Økt C/N-forhold vil gi bedre betingelser for fordenitrifikasjon, men være en ulempe for etterdenitrifikasjon (ref. kapittel 1).

*** Potensiale for innsparinger i anleggs- og driftskostnader.**

Bygging og drift av ett fellesanlegg fremfor to separate anlegg bør kunne gi rasjonaliseringsgevinster. Besparelsene i driftskostnadene er åpenbare, mens innsparinger i investeringskostnader vil reduseres noe fordi behovet for god hydraulisk utjevning av overvannet uansett vil kreve betydelige bassengvolum på flyplassen (ref. kapittel 2.3).

Konsekvensene av å utelate rensing av det forurensede overvannet på flyplassen er omtalt under for hhv. fordenitrifikasjon og etterdenitrifikasjon på fellesanlegget.

Fordenitrifikasjon

Fordenitrifikasjon er basert på utnyttelse av organisk stoff i det innkommende avløpsvannet som karbonkilde for denitrifikasjon. Den fremste forutsetningen for å velge denne løsningen er derfor tilstrekkelig høyt C/N-forhold på innløpet. Ved å utelate separat rensing på flyplassen vil som nevnt C/N-forholdet økes og betingelsene for fordenitrifikasjon bedres. Fordi denne effekten vil være sesongavhengig, må ikke betingelsene om sommeren (lavere C/N-forhold) utelukke denitrifikasjon.

Etterdenitrifikasjon

Etterdenitrifikasjon er basert på styrt dosering av en konsentrert karbonkilde direkte til denitrifikasjonstrinnet. Innkommende C/N-forhold bør være så lavt som mulig for å sikre lav organisk belastning for nitrifikasjonsprosessen.

Ved å utelate rensing av forurenset overvann på flyplassen vil derfor betingelsene for etterdenitrifikasjon forverres. Totalavløpets innhold av organisk stoff vil øke i vintersesongen og medføre økt volumbehov i nitrifikasjonstrinnet.

Det kan innvendes at det er samme karbonmengde som må fjernes før nitrifikasjon enten rensingen skjer på flyplassen eller i et fellesanlegg. Overvannet blir imidlertid sterkt fortynnet når det blandes med annet avløpsvann. Det kan derfor forventes et klart lavere volumbehov ved rensing på flyplassen, fordi man her kan behandle en mer konsentrert strøm.

3.2. Med rensing på flyplassen

Dersom det bygges et separat anlegg for biologisk rensing av forurenset overvann på flyplassen, kan vi forvente følgende konsekvenser for fellesanlegget:

*** Fellesanlegget vil få redusert belastning av organisk stoff.**

Et eventuelt internt anlegg på flyplassen kan forvente krav om 90 % reduksjon av organisk stoff. Den organiske belastningen på fellesanlegget reduseres og blir dessuten jevnere over året ved at den sesongavhengige effekten av avisingkskemikalier blir minimal.

*** Fellesanlegget vil få redusert belastning av nitrogen og fosfor.**

Et eventuelt renseanlegg på flyplassen vil primært være innrettet på behandling av organisk rikt, men næringsfattig forurenset overvann. For å få til en effektiv biologisk omsetning må mangelen på næringsstoff avhjelpest. Dette kan løses ved å også behandle de sanitære/industrielle avløpsstrømmene fra flyplassen i et eventuelt internt anlegg. En slik strategi er beskrevet i en tidligere utredning (Mørkved et al., 1992). Det samlede forureningsutslippet fra flyplassen vil dermed reduseres og gi mindre belastning på fellesanlegget.

*** Fellesanlegget vil få (sesongvis) redusert C/N-forhold.**

Rensing av overvannet vil redusere det store overskuddet av organisk stoff i flyplassavløpet og gi mindre bidrag til økt C/N-forhold i totalavløpet. Dette vil gi bedre betingelser for etterdenitrifikasjon, men være en ulempe for fordenitrifikasjon (ref. kapittel 1).

*** Økte anleggs- og driftskostnader.**

Bygging og drift av et separat biologisk anlegg på flyplassen vil medføre økte kostnader i forhold til bygging av ett fellesanlegg faller bort. Investeringsbehovet blir likevel mindre enn for to komplette anlegg fordi et flyplassanlegg neppe trenger eget separasjonstrinn og fordi utjevningshensyn krever et visst bassengvolum uansett (ref. kapittel 1).

Konsekvensene for fellesanlegget av egen rensing av det forurensete overvannet er omtalt unfer for hhv. fordenitrifikasjon og etterdenitrifikasjon.

Fordenitrifikasjon

Som nevnt baseres fordenitrifikasjon på at det er tilstrekkelig organisk stoff i forhold til nitrogen i råvannet. Flyplassintern rensing reduserer overskuddet av organisk stoff i overvannet og derved også potensialet for fordenitrifikasjon.

Beregninger viser at med intern rensing på flyplassen vil C/N-forholdet i totalavløpet ligge på samme nivå som i det rent kommunale avløpsvannet, uavhengig av sesong (ref. vedlegg 3). Nitrogenfjerning ved dette C/N-nivået er ikke utelukket, men sannsynligheten for periodevis karbonbegrensning er stor. For å sikre tilstrekkelig denitrifikasjon vil derfor fordenitrifikasjon kreve lange oppholdstider, dvs. store volumer.

Usikkerheten økes dessuten ytterligere ved at det reelle C/N-nivået i det kommunale avløpet ikke er kjent, fordi anslagene kun er basert på spesifikke verdier.

Utifra disse momenter synes det som om fordenitrifikasjon neppe er et realistisk alternativ dersom det forurensete overvannet gjennomgår intern rensing på flyplassen.

Etterdenitrifikasjon

Flyplassintern rensing av overvannet vil redusere den organiske belastningen på fellesanlegget og derfor gi gunstigere betingelser for nitrifikasjonstrinnet i et etterdenitrifikasjonsanlegg.

Denitrifikasjonstrinnet vil være basert på tilførsel av eksternt karbon. Optimal drift krever tilgang på en kostnadseffektiv karbonkilde som kan utnyttes effektivt, samt riktig dosering av denne.

Forutsatt at de denitrifiserende bakteriene effektivt kan utnytte glykol som karbonkilde, representerer den konsentrerte glykolstrømmen, som ellers ville gått til gjenvinning, en interessant mulighet som rimelig karbonkilde.

Styring er et sentralt moment for å sikre effektiv denitrifikasjon, dvs. en så begrenset anoksisk sone som mulig. Ved fordenitrifikasjon er man prisgitt sammensetningen av innkommende vann. Ved etterdenitrifikasjon skal imidlertid C/N-forholdet balanseres ved god prosessstyring. Tilførselen av karbon bør styres i takt med svingninger i avløpsvannets nitrogeninnhold. For lav dosering vil gi utilstrekkelig nitrogenfjerning, mens overdosering vil gi uønskede restkonsentrasjoner av organisk stoff i utløpet.

4. FORDENITRIFIKASJON UTEN RENSING PÅ FLYPLASSEN

Gjennomgangen av mulige prosesskonfigurasjoner i kapittel 3 viste at fordenitrifikasjon var et realistisk alternativ dersom separat biologisk rensing på flyplassen utelates.

Glykolgjenvinning

Når rensing på flyplassen utelates må forurenset overvann samles opp og utjevnes hydraulisk før det ledes til fellesanlegget sammen med øvrig avløpsvann fra flyplassen. Det neste viktige spørsmålet som må avklares er om flyplassen skal drive gjenvinning av den konsentrerte glykolstrømmen.

Vi vet at den sentrale forutsetning for fordenitrifikasjon er tilstrekkelig C/N-forhold i innkommende avløpsvann. Vedlegg 1 gir overslag over karbon- og nitrogeninnhold i totalavløpet med gjenvinningsanlegg i drift. Fordi vi benytter gjennomsnittstall må det presiseres at overslagene kun må betraktes som indikasjoner.

Beregnet midlere C/N-forhold vinterstid antyder rimelig sikkerhet mot karbonbegrensning. Avisingsaktiviteten vil imidlertid ha store variasjoner innenfor kort tid og periodevis karbonbegrensning kan derfor ikke utelukkes. Vi skal derfor se på konsekvensene av å utelate gjenvinningsanlegget for glykol:

(Momentene har kun relevans for avisingsperioden, dvs. vintermånedene.)

- * Ytterligere tilførsel av organisk stoff (økt C/N-forhold) vil være gunstig i perioder hvor denitrifikasjonsprosessen er begrenset av karbon.
- * I perioder hvor karbontilgangen allerede er tilstrekkelig vil den konsentrerte glykolen gi en unødvendig belastning av organisk stoff i de videre rensetrinnene. Dette vil være uheldig for nitrifikasjonen og kan gi økt volumbehov og slamproduksjon.

- * Tilførsel av den konsentrerte strømmen vil øke risikoen for at glykolen kan bli toksisk, dvs. gi en giftvirkning på den biologiske prosessen. Grensen for en slik virkning er ikke kjent, men det antas at risikoen vil øke med den støtvide, konsentrerte glykolen.
- * Økt usikkerhet vedrørende glykolens oppførsel i ledningsnett. Det er sannsynlig at en viss glykolnedbrytning vil starte allerede i nettet, men det er usikkert i hvilken grad dette vil skje og om ulemper som f.eks. luktproblem kan forventes. En slik begynnende nedbrytning kan kanskje også endre glykolens egenskaper og derved egnethet for biologisk utnyttelse. Det er stor usikkerhet knyttet til disse faktorene og det kan tenkes at økt konsentrasjon kan bidra til økte problem. På den annen side kan økt konsentrasjon redusere nedbrytningshastigheten fordi en giftig konsentrasjon oppnås. Men dette vil i såfall medføre negative effekter for prosessen på anlegget. Lang transportstrekning (lange overføringsledninger) kan også forventes å forsterke eventuelle negative effekter.

Utifra en totalvurdering kan vi konkludere at det synes rimelig å legge forholdene til rette for oppsamling og gjenvinning av den mest konsentrerte glykolstrømmen. Samtidig bør man legge opp til et fleksibelt system hvor det også er mulig å slippe deler av den konsentrerte glykolen til nettet. Denne muligheten kan benyttes i perioder hvor denitrifikasjonen er begrenset av mangel på karbon f.eks. situasjoner med tynt kommunalt avløpsvann eller særlig lave temperaturer.

Gjenvinningsanlegget er basert på separat oppsamling av konsentrert glykolholdig avløpsvann og deretter en konsentrasjonsavhengig fordeling til avløpsnett eller behandlingsanlegg. Den fleksible fordelingsløsningen skissert over antas derfor kun å kreve mindre tilpasninger av likevel påkrevd fysisk utstyr.

Driftsforhold

Som vist i vedlegg 1 vil totalavløpet til et fellesanlegg være preget av sesongvariasjoner på grunn av klimaavhengig bruk av avisingskjemikalier. Utbygging med fordenitrifikasjon forutsetter derfor at sommerbetingelsene, dvs. høyere temperatur men lavere C/N-forhold, ikke umuliggjør tilstrekkelig nitrogenfjerning. I sommersesongen vil det kommunale avløpsvannet være dominerende og gjennomsnittlig C/N-forhold anslås til ca. 8 (ref. vedlegg 1). Dette ligger i grenseområdet for anbefalt verdi, men nitrogenfjerning uten ytre karbontilførsel er ikke teoretisk utelukket. Andel av det organiske stoffet som er biologisk tilgjengelig innenfor en rimelig oppholdstid vil imidlertid være avgjørende. Vi må dessuten huske at det nevnte forholdet er en teoretisk gjennomsnittsverdi og naturlige konsentrasjonsvariasjoner kan derfor periodevis gi karbonbegrensning.

En fordenitrifikasjonsprosess kan tilpasses sesongsvingningene i C/N-forhold på innløpsvannet ved å variere volumfordelingen mellom anoksisk (ikke luftet) og aerob (luftet) sone. En slik tilpasning baseres på følgende karakteristiske trekk ved hhv. sommer og vintersesongen:

Sommer --> ingen avising --> lavere C/N-forhold --> behov for økt oppholdstid for denitrifikasjon --> **større anoksisk sone**

men samtidig

økt temperatur --> økt mikrobiell aktivitet --> redusert nitrifikasjonsvolum nødvendig --> **mindre aerob sone**

Vinter --> avising pågår --> høyere C/N-forhold --> bedret denitrifikasjon --> **mindre anoksisk sone**

men samtidig

lavere temperatur --> redusert mikrobiell aktivitet --> behov for økt nitrifikasjonsvolum -->
større aerob sone

Forenklet kan vi derfor tenke oss en driftsform hvor anoksisk sone økes på bekostning av aerob sone om sommeren og motsatt om vinteren. For å få til dette må anlegget bygges slik at det er mulig å veksle mellom lufting og omrøring i de aktuelle deler av bioreaktoren.

Økt avløpstemperatur sommerstid, muligheter for fleksibel volumfordeling og mulighet for nødbruk av lagret konsentrert glykol gir klare fordeler for fordenitrifikasjon. Det er likevel usikkerhet knyttet til at sammensetningen av det kommunale avløpsvannet er beregnet utifra spesifikke tall, dvs. antall personekvivalenter (pe) og spesifikk forurensingsproduksjon. Dersom reelle belastningstall for dette avløpsvannet senere viser et markant lavere C/N-forhold, må fordenitrifikasjonsalternativet vurderes på nytt.

Fosforfjerning

Kjemisk felling før det biologiske trinnet vil redusere C/N-forholdet og er ikke ønskelig for et fordenitrifikasjonsanlegg. Fosfor bør derfor sannsynligvis fjernes ved simultanfelling (felling i biotrinnet) og eventuelt ved polering i filtertrinn.

Aktivslam kontra biofilm

En fordenitrifikasjonsløsning er i prinsippet fullt mulig både med aktivslam- og biofilmprosesser. Tradisjonelt har aktivslam vært den mest dominerende anleggsutformingen for biologisk nitrogenfjerning, ikke minst ved drift med fordenitrifikasjon. På grunn av de markerte sesongvariasjonene i avløpskarakteristikken er det viktig å sikre god fleksibilitet mht. volumfordeling. Dette taler for en utbygging hvor enkel endring av soneinndeling er mulig, som f.eks. i aktivslam.

Lignende fleksibilitet med biofilm vil for de fleste prosesser kreve mange enkeltstående enheter i serie, noe som vil gi betydelig økte kostnader. Det pågår imidlertid en intens prosessutvikling på biofilmområdet. Biofilmkonfigurasjoner med aktivslamprosessens fordelaktige sonefleksibilitet finnes også. Det antas derfor at det endelige valget mellom aktivslam- og biofilmanlegg må baseres på et konkret kostnadsoverslag for det aktuelle anlegget.

5. ETTERDENITRIFIKASJON MED RENSING PÅ FLYPLASSEN

Gjennomgangen av mulige prosesskonfigurasjoner i kapittel 3 viste at etterdenitrifikasjon var et realistisk alternativ ved utbygging av et separat biologisk anlegg på flyplassen.

Rensing av forurenset overvann på flyplassen vil gi redusert organisk belastning i totalavløpet og derved gi bedre betingelser for nitrifikasjon.

Glykolgjenvinning

Etterdenitrifikasjon krever tilgang på en prosess- og kostnadmessig effektiv karbonkilde. En sentral forutsetning for å velge etterdenitrifikasjon er at konsentrert glykol kan fylle dette behovet.

Det vil da være naturlig at gjenvinningsanlegget for konsentrert glykol utelates eller eventuelt bygges med redusert kapasitet. Den konsentrerte strømmen må isteden samles opp og transporteres separat til fellesanlegget for dosering til denitrifikasjonstrinnet.

Ved utbygging med etterdenitrifikasjon er det nødvendig med høy oppsamlingsgrad for konsentrert glykol, både for å spare belastning på nitrifikasjonstrinnet og for å øke tilgjengelig mengde karbonkilde. Stor overvannsmengde umuliggjør imidlertid separat oppsamling og lagring av **alt** glykolholdig avløpsvann. En sannsynlig løsning vil derfor være å slippe den utjevne tynnfase til totalavløpet (som i fordenitrifikasjonsalternativet).

- * For at et slikt alternativ skal være aktuelt må endel prosessmessige og økonomiske betingelser være oppfylt:
- * Renseeffekt, prosesstyring og drift av anlegget må alle være like gode med glykol som med en annen karbonkilde.
- * Lagring eller transport av glykol må ikke forringe glykolens bruksverdi, f.eks. ved begynnende nedbrytning. Driftsproblem som f.eks. lukt må ikke oppstå ved lagring/transport.
- * Sikkerhetsrisikoen, f.eks. fare for søl/lekkasje, ved lagring og transport av konsentrert glykol må være akseptabel.
- * Kostnadene for lagring og transport av den konsentrerte strømmen må dessuten være mindre enn for kjøp av nødvendig mengde av annen kommersielt tilgjengelig karbonkilde, f.eks. metanol. Årskostnader for gjenvinningsanlegget vil omfatte investerings- og driftskostnader, samt inntekter fra salg av avisingskjemikalier. Disse samlede årskostnader må inngå i kostnadsvurderingen.

Som nevnt er riktig dosering av karbon i forhold til nitrogenmengde avgjørende for effektiv drift av etterdenitrifikasjonsprosessen. Foruten å være karbonkilde for denitrifikasjon vil organisk stoff også forbukes til reduksjon av oksygen (skape anoksiske forhold) og til slamproduksjon (cellevekst). Utifra erfaringstall har vi anslått karbonbehovet som er påkrevd for å oppnå tilstrekkelig reduksjon av totalavløpets nitrogeninnhold. Dette behovet er sammenlignet med tilgjengelig karbon i den konsentrerte glykolstrømmen (gjenvinningsstrømmen). Beregningen viser at karbontilgangen i glykolen klart overstiger behovet (ref. vedlegg 2). Selv med utjevning over hele året, dvs. lagring av glykol for bruk også om sommeren, vil det bli en glykolrest. (Årsutjevning forutsetter selvsagt at det både er praktisk mulig samt kostnadseffektivt å lagre slike volum.)

Dersom det overskytende karbonet (glykolresten) skal håndteres i renseanlegget, vil dette gi økt belastning og dermed ulemper som større volumbehov og slamproduksjon. Det synes derfor mest realistisk å bygge et gjenvinningsanlegg, men med mindre kapasitet. Den endelig avgjørelsen på dette kan først bli klar etter at en samlet kostnadsvurdering er foretatt. I denne må økte anleggs- og driftskostnader på fellesanlegget sammenholdes med samlede årskostnader for glykolgjenvinning, kostnader for lagring og transport av glykol samt kostnader for kjøp, lagring og transport av en alternativ karbonkilde.

Driftshensyn

Konsentrert glykol vil kun være direkte tilgjengelig i avisingsperioden, og også da i varierende mengder. Det er derfor klart at bruk av glykol som karbonkilde betinger lagring og utjevning av denne strømmen. Det er imidlertid uklart om det vil være praktisk og økonomisk lønnsomt å lagre tilstrekkelig glykol for helårs bruk. Dette vil som nevnt over avhenge av f.eks.:

* Utgifter for helårslagring kontra kostnader for kjøp og håndtering av alternativ karbonkilde, f.eks. metanol, for bruk om sommeren

* Eventuelle kvalitetsendringer ved lagring over tid, samt driftsproblem som følge av slike endringer (f.eks. lukt).

Dersom slike hensyn tilsier at helårslagring ikke er realistisk, må man være forberedt på de driftsmessige ulempene ved sesongvis bytte av karbonkilde. Bakteriene vil være tilvendt glykol. Bruk av en annen karbonkilde, f.eks. metanol, vil derfor kreve en tilpasningsperiode med fare for redusert renseeffekt. En slik periode kan grovt anslås til 1-2 måneder og kan opptre både vår og høst (start/slutt av avisingssesong).

God prosesstyring er avgjørende for effektiv etterdenitrifikasjon. Avløpets nitrogenkonsentrasjon må styre tilførselen av karbon. For lav dosering vil gi utilstrekkelig nitrogenfjerning, mens overdosering vil gi uønskede restkonsentrasjoner av organisk stoff i utløpet. Behovet for oppfølging og styring er innlysende og vil kreve mer ressurser enn ved fordenitrifikasjon.

Fosforfjerning

Ved etterdenitrifikasjon er det ønskelig med lavest mulig organisk belastning inn til det biologiske trinnet. Det vil derfor være naturlig å legge fellingstrinnet før biotrinnet, dvs. såkalt forfelling. Kjemisk felling vil da både fjerne fosfor og bidra til å redusere innholdet av patikulært organisk stoff. Dersom et renseanlegg på flyplassen bygges uten separasjonstrinn, vil dessuten forfelling være viktig for å fjerne overskuddsslammet som vil følge totalavløpet.

Aktivslam kontra biofilm

Selv om både aktivslam- og biofilmutførelser teoretisk sett kan benyttes, er det sannsynlig at et etterdenitrifikasjonsanlegg vil baseres på en biofilmprosess. Hovedårsaken til dette er at utgiftene til karbondosering (kjøp og/eller transport/lagring/styring av C-kilde) må kompenseres ved å begrense bassengvolumet, dvs. bygge et kompakt anlegg.

6. REFERANSER

ANØ (1993): Hovedflyplass Gardermoen, Kost-/nyttevurdering for 3 alternativer for ekstern rensing av avløpsvann fra befolkning, flyplassvirksomhet og forswarets anlegg i Ullensaker, ANØ-rapport Nr. 53/93.

Luftfartsverket (1991): Gardermoen som hovedflyplass, Luftfartsverkets hovedrapport vedlegg - teknisk beskrivelse flyplass.

Mørkved, K., Laake M., Aasgaard, G. (1992): Biologisk rensing av avisingsvæske, O-92036, NIVA Løpenr. 2737, ISBN 82-577-2109-3

VEDLEGG

VEDLEGG 1 - C/N-forhold uten flyplassintern rensing

Forutsetninger:

Med gjenvinningsanlegg for glykol.

Kommunal belastning på 40000 pe beregnet utifra spesifikke tall.

	COD (Kg/dgn)	N (Kg/dgn)	C/N
Kommunalt avløp	3760	480	8
Sanitær/indust.	1165	107	11
Overvann			
års gj.snitt	2120	0	
sommer gj.snitt	0	0	
vinter gj.snitt	3634	0	
vinter maks. mnd	6129	0	
vinter min. mnd	2518	0	
Flyplass samlet			
års gj.snitt	3285	107	31
sommer gj.snitt	1165	107	11
vinter gj.snitt	4799	107	45
vinter maks. mnd	7294	107	68
vinter min. mnd	3683	107	34
Totalt avløp			
års gj.snitt	7045	587	12
sommer gj.snitt	4925	587	8
vinter gj.snitt	8559	587	15
vinter maks. mnd	11054	587	19
vinter min. mnd	7443	587	13

VEDLEGG 2 - C/N-balanse ved bruk av konsentrert glykol som C-kilde

Forutsetninger:

Ingen gjenvinning av glykol.

Nitrogen som krever C-kilde antatt utifra 80 % av total N-belastning,

resterende N antatt fjernet fysisk og ved assimilasjon, samt sannsynlig utslippsrest.

C behov antatt utifra C/Nekv. = 4,5.

Glykol antatt egnet (lett tilgjengelig) som C-kilde.

Perioder	N-belastning (kg/dgn)	N som krever C-kilde (kg/dgn)	C-behov (kg/dgn)	C i glykol (kg/dgn)	Differanse (kg/dgn)
Års gj.snitt	587	470	2113	3990	1877
Sommer gj.snitt	587	470	2113	0	-2113
Vinter gj.snitt	587	470	2113	6841	4728
Vinter maks. mnd	587	470	2113	16759	14646
Vinter min. mnd	587	470	2113	3192	1079

VEDLEGG 3 - C/N-forhold med flyplassintern rensing

Forutsetninger:

Med gjenvinningsanlegg for glykol.

Kommunal belastning på 40000 pe beregnet utifra spesifikke tall.

Flyplassinternt anlegg reduserer 90 % av organisk stoff i overvannet.

	COD (Kg/dgn)	N (Kg/dgn)	C/N
Kommunalt avløp	3760	480	8
Sanitær/indust.	1165	107	11
Overvann			
års gj.snitt	212	0	
sommer gj.snitt	0	0	
vinter gj.snitt	363	0	
vinter maks. mnd	613	0	
vinter min. mnd	252	0	
Flyplass samlet			
års gj.snitt	1377	107	13
sommer gj.snitt	1165	107	11
vinter gj.snitt	1528	107	14
vinter maks. mnd	1778	107	17
vinter min. mnd	1417	107	13
Totalt avløp			
års gj.snitt	5137	587	9
sommer gj.snitt	4925	587	8
vinter gj.snitt	5288	587	9
vinter maks. mnd	5538	587	9
vinter min. mnd	5177	587	9

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2382-7