

RAPPORT LNR 3529-96

**Befaring og undersøkelse
av Lønningtjern med
tilløp/avløp ved Bergen
lufthavn, Flesland**

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt 55
5008 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Befaring og undersøkelse av Lønningtjern med tilløp/avløp ved Bergen lufthavn, Flesland	Løpenr. (for bestilling) 3529-96	Dato 4.9. 1996
	Prosjektnr. Undernr. O-96181	Sider Pris 19
Forfatter(e) Hans Holtan	Fagområde Miljøgifter i ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Luftfartsverket, Region Hordaland og Sogn & Fjordane	Oppdragsreferanse
---	--------------------------

Sammendrag

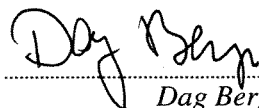
Som følge av uhell under anleggsvirksomhet, ble Lønningtjern ved Bergen lufthavn, Flesland, over lengre tid i 1995 tilført store mengder sanitært avløpsvann og avisningsvæske (glykol). Dette resulterte i anaerobe tilstander i vannforekomsten og dannelse av meget illeluktende gasser som var/er av stor sjenanse for de fastboende i området. Det er først og fremst tilførselen av glykol, et organisk stoff som brytes lett ned under stort forbruk av oksygen, som skaper problemer. I rapporten er det foreslått tiltak med tanke på å restaurere vannforekomsten og å hindre fortsatt tilførsler av forurensninger.

Fire norske emneord 1. Forurensning 2. Kloakkvann 3. Glykol 4. Flyplass	Fire engelske emneord 1. Pollution 2. Sewage 3. Glycol 4. Airport
--	--



Hans Holtan
Prosjektleder

ISBN 82-577-3075-0



Dag Berge
Forskningssjef

O-96181

Befaring og undersøkelse

av

Lønningtjern med tilløp/avvløp

ved

Bergen lufthavn, Flesland

Forord

På oppdrag av Luftfartsverket, region Hordaland/Sogn & Fjordane har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) utført et oppdrag i forbindelse med forurensningsproblemer i Lønningstjern ved Bergen lufthavn, Flesland.

I forbindelse med oppdraget foretok forskningssjef Dag Berge og seniorforsker Hans Holtan en befaring av området den 25. juni 1996. Under befaringen deltok det også representanter fra Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavdelingen, Bergen kommune og Luftfartsverket, region Hordaland / Sogn & Fjordane.

Vannprøvene som ble tatt under befaringen er analysert ved NIVAs akrediterte laboratorium.

Rapporten er utarbeidet av seniorforsker Hans Holtan med assistanse av forskningssjef Dag Berge.

Vi takker avd.ing. Anne Solheim, Teknisk utbygging, Bergen kommune og overingeniør Thorvald Kristoffersen, Luftfartsverket, region Hordaland / Sogn og Fjordane for tilsendt kart og datagrunnlag for beregning av forurensningstilførsler.

Oslo, 24. september 1996



Hans Holtan

Innhold

Sammendrag, konklusjon og tilrådninger	5
1. Innledning	8
2. Beskrivelse av resipienten	8
3. Vannkvaliteten i Lønningtjern og Lønningbekk	10
4. Forurensningskilder	12
4.1 Kloakk fra sivil del av lufthavnen	12
4.2 Militære anlegg/aktiviteter	13
4.3 Sivile hus uten tilknytning til kommunalt kloakksystem	13
4.4 Glykolholdig overvann fra lufthavnen	13
4.5 Forurensset overvann, baneavisning	15
4.6 Avrenning fra jordbruksarealer	16
5. Tilførsler til Lønningtjern høsten 1995	16
6. Tilrådninger - tiltak	18
6.1 Strakstiltak eller tiltak på kort sikt	18
6.2 Tiltak på lengere sikt ved Bergen lufthavn	18
6.2.1 Avisning av fly	19
6.2.2 Avisning av baner	19
6.2.3 Sanitært avløpsvann	20
6.3 Overvåking/kontroll	20
7. Referanser	20

Sammendrag, konklusjon og tilrådninger

Problem og forurensningstilstand

Lønningstjern med tilløps- og avløpsbekk er lokalisert tett ved Bergen lufthavn, Flesland, og ligger utsatt til for tilførsler av kommunalt avløpsvann, avisningsmidler fra fly og baner, jordbruksavrenning m.m. Vannforekomsten er liten og er derfor i utgangspunktet lite egnet som resipient for avløpsvann.

I den senere tid og særlig siden høste 1995, har det oppstått alvorlige forurensningsproblemer i tjernet. Forurensningsproblemene er knyttet til stor tilførsel av lett nedbrytbart organisk stoff. Dette har ført til oksygenfrie tilstander i resipienten og dannelse av hydrogensulfid og merkaptaner som har ført til store luktplager for de bosatte i området.

Forurensningstilstanden i Lønningstjern skyldes i hovedsak brudd på en kommunal kloakkledning som har ført til tilførsel av glykolholdig overvann samt kloakk fra Bergnen lufthavn, Flesland over en periode på inntil 6 måneder i 1995. I h.h.t. lokale opplysninger var imidlertid forurensningssituasjonen i Lønningstjern også dårlig før dette tidspunkt. Av andre kilder som medvirker til forurensningstilstanden i Lønningstjern må nevnes:

- Infiltrasjon i grunnen av overløp fra Forsvarets 2 septiktanker på militær del av lufthavnen.
- Infiltrasjon i grunnen av overløp fra septiktanker tilhørende 3-4 bolighus i nedbørsfeltet til Lønningstjern.
- Gjødelsavrenning fra omkringliggende jordbruksarealer.
- Avrenning av ureaholdig overvann fra deler av rulle- og taksebaner på lufthavnen via grunnen til Lønningstjern.

Før det ble etablert egen flyavisingsplattform på lufthavnen med oppsamling av brukt flyavisingsvæske, ble avisingen foretatt på lufthavnens flyoppstillingsplasser. Glykolholdig overvann drenerte delvis via overvannsledning til Lønningstjern, delvis vestover til grøntområder ved taksebane og delvis via overvannsledning til Skjenavann. F.o.m. vintersesongen 1995/96 foregår all avising på avisingsplattformen med utslipp til kommunal spillvannsledning.

Avisningsvæsken som brukes på fly - propylenglykol - inneholder ikke plantenæringsstoffer, men væsken er lett nedbrytbar under stort forbruk av oksygen. Væsken er tilsatt visse stoffer for å hindre korrosjon. Disse stoffer er svært giftige for planter og dyr. Ved anaerob (oksygenfri) nedbrytning av propylenglykol, dannes hydrogensulfid (H_2S) og merkaptaner som lukter som løk og er meget giftige. Periodevis sjenerende lukt i de to - tre siste år tyder på stor tilførsel av avisningsvæske til vannet.

Bruddet på kloakkledningen medførte tilførsel av store mengder kloakk og glykol til Lønningstjern. Dette førte til at oksygenet i Lønningstjern raskt ble brukt opp og det oppsto anaerobe forhold. Dette førte til dannelse av hydrogensulfid og merkaptaner og således store luktproblemer for de bosatte i området. Dette var også tilstanden under en befaring til området den 25. juni 1996. Analyseresultatene fra prøver som ble tatt viser at vannets innhold i tjernet såvel som i bekken oppstrøms som nedstrøms dette, hadde et meget høyt innhold av organisk stoff og glykol. Vannets innhold av plantenæringsstoffer og tarmbakterier var mer moderat. De høye verdier av organisk stoff og glykol oppstrøms tjernet, tyder på at grunnen/grunnvannet fortsatt inneholdt store mengder avisningsvæske.

Tilrådninger/forslag til tiltak

Strakstiltak:

- Fremskaffe oversikt over forurensningstilførsler lokalisert til kilder.
- Lufting av Lønningtjern. Dette må gjøres på en slik måte at hydrogensulfid og andre giftige gasser ikke skaper sjenerende lukt og luftforurensninger. Da tilførselen av organisk stoff fortsatt er stor, antas det at lufteprosessen må foregå i lang tid fremover. Bruk av kjemisk oksydasjonsmiddel, f.eks. kalsiumnitrat kombinert med innblåsing av luft via perforerte ledninger langs bunnen av tjernet, bør vurderes.

*Tiltak på lengre sikt:**Avisning av fly:*

Det er nå etablert en egen plattform på lufthavnen hvor flyene skal stå når de avises. Overvann inneholdende flyavvisingsvæske (glykol) skal samles opp i egen overvannsrenner og tilføres kommunalt nett. Selv om man nå har sørget for å reparere kloakkledningen, kan driftsforhold ved lufthavnen likevel gjøre at Lønningstjern blir tilført glykolholdig overvann. For å hindre dette må Luftfartsverket sørge for at:

- Hele avisningssystemet inklusive snødeponiet (overflatedekker, ledninger, tanker etc.) til enhver tid er tett for å unngå lekkasjer av oppsamlet glykol.
- Deponiet for glykolholdig snø er tilstrekkelig stort til å ta hånd om all glykolholdig snø fra lufthavnen.
- Overvannsrennene er forsynt med rister med store nok spalteåpninger som ikke lett tettes igjen av snø og is.
- Sugebil anvendes hyppig for å suge opp glykol og også for å hindre tetting av rister.

Dersom det til tross for disse tiltakene, ikke lykkes Luftfartsverket å hindre tilsig av glykolholdig overvann fra avisningsområdet til Lønningstjern i et slikt omfang at dette fører til resipientproblemer i Lønningstjern, bør det vurderes å finne en ny lokalisering av avisingsplattformen samt snødeponi utenfor nedbørsfeltet til tjernet. Det skal imidlertid bemerkes at p.g.a. avisingsvæskens viskositet vil man aldri være i stand til å samle opp all brukt avisingsvæske. Noe av væsken vil derfor følge med flyene og først falle av på takse- og rullebanen.

Avisning av baner:

I den grad miljøvernmyndighetene måtte tillate det, bør urea fortsatt kunne anvendes for avisning av baner. Dersom det er praktisk gjennomførbart og ikke en for stor kostnadmessig belastning for Luftfartsverket, kan det være en fordel å etablere en grøft langs rullebanen og infiltrere ureaholdig overvann ut i grunnen mot Lønningshavn.

Sanitært avløpsvann:

- Alt kommunalt avløpsvann fra flyplassen må som før tilføres det kommunale avløpssystem.
- Sanitært som annet avløpsvann fra militære bygninger og aktiviteter bør tilføres det kommunale avløpssystem. Det samme gjelder sivile eiendommer i nedbørsfeltet.

Avrenning fra dyrket mark:

Gjødsling av jordarealer som drenerer ned mot Lønningstjern bør begrenses.

1. Innledning

I den senere tid og særlig siden høsten 1995 har det oppstått alvorlige forurensningsproblemer i vannsystemet, dvs. Lønningtjern med avløp, syd for Bergen lufthavn, Flesland. Dette har bl. a. resultert i klager fra folk som bor langs vannløpet. Klagen gjelder først og fremst uholdbare luktproblemer.

Med bakgrunn i dette har Luftfartsverket (region Hordland/Sogn & Fjordane) gitt Norsk institutt for vannforskning i oppdrag å

- beskrive forurensningssituasjonen i tjernet og dens avløpsbekk
- lokalisere forurensningskilder, dvs. tilførsler fra lufthavna, jordbruk, bebyggelse, militære anlegg og eventuell industri
- vurdere driftsforhold på lufthavna, som kan ha bidratt til forurensningssituasjonen (lokalisering av snødeponiet etc.)
- finne årsaken til forurensningssituasjonen og den forverringen som har funnet sted
- foreslå tiltak som kan bedre forurensningssituasjonen, samt strakstiltak for å bli kvitt
- luktproblemene

I denne sammenheng foretok NIVA den 25. juni 1996 en befaring til vannsystemet med deltakelse av representanter fra Luftfartsverket, Bergen kommune, fylkesmannen fra Hordaland. Under befaringen ble det tatt vannprøver fra flere steder i bekkens samt på flere dyp i Lønningtjern. Prøvene ble tatt med til NIVA's laboratorium for analyse. Under befaringen var det langs hele vassdraget en sterk ubehagelig lukt av kloakkvann og nedbrytningsprodukter av avisningsvæske (løklukt).

2. Beskrivelse av resipienten

Lønningtjern med tilløp og avløp er lokalisert syd og øst for Bergen lufthavn (fig 1). Avløpsbekken fra tjernet munner ut i Lønninghavn som er et friluftsområde og som er blitt benyttet som badeplass, småbåthavn etc. Tjernet ligger i et dalsøkk omgitt av myr, skog og kratt og er derfor skjermet for vindpåvirkning. Øyer av flytetorv flyter omkring. Tjernet har en overflate på ca. 0.03 km^2 , største (målte) dybde på 8 m og et nedbørfelt på 0.36 km^2 . Bekkens nedbørfelt ved utløp er på ca. 0.75 km^2 . Med en spesifikk avrenning på 55 l/s.km^2 (NVE 1987), blir den midlere vannføring ved tjernets utløp 20 l/s og ved bekkens utløp i Lønninghavn vel 40 l/s. Under eller etter tørrværsperioder er vannføringen selvfølgelig langt lavere. Tjernets volum er beregnet til ca. 60.000 m^3 , og vannets teoretiske oppholdstid i tjernet er vel 1 mnd.

En bekk med så liten vannføring er meget sårbar med hensyn til forurensninger og i utgangspunktet egner den seg overhodet ikke som resipient for avløpsvann uansett type (kloakkvann, avisningsmidler, industrielt avløp og avrenning fra jordbruk).

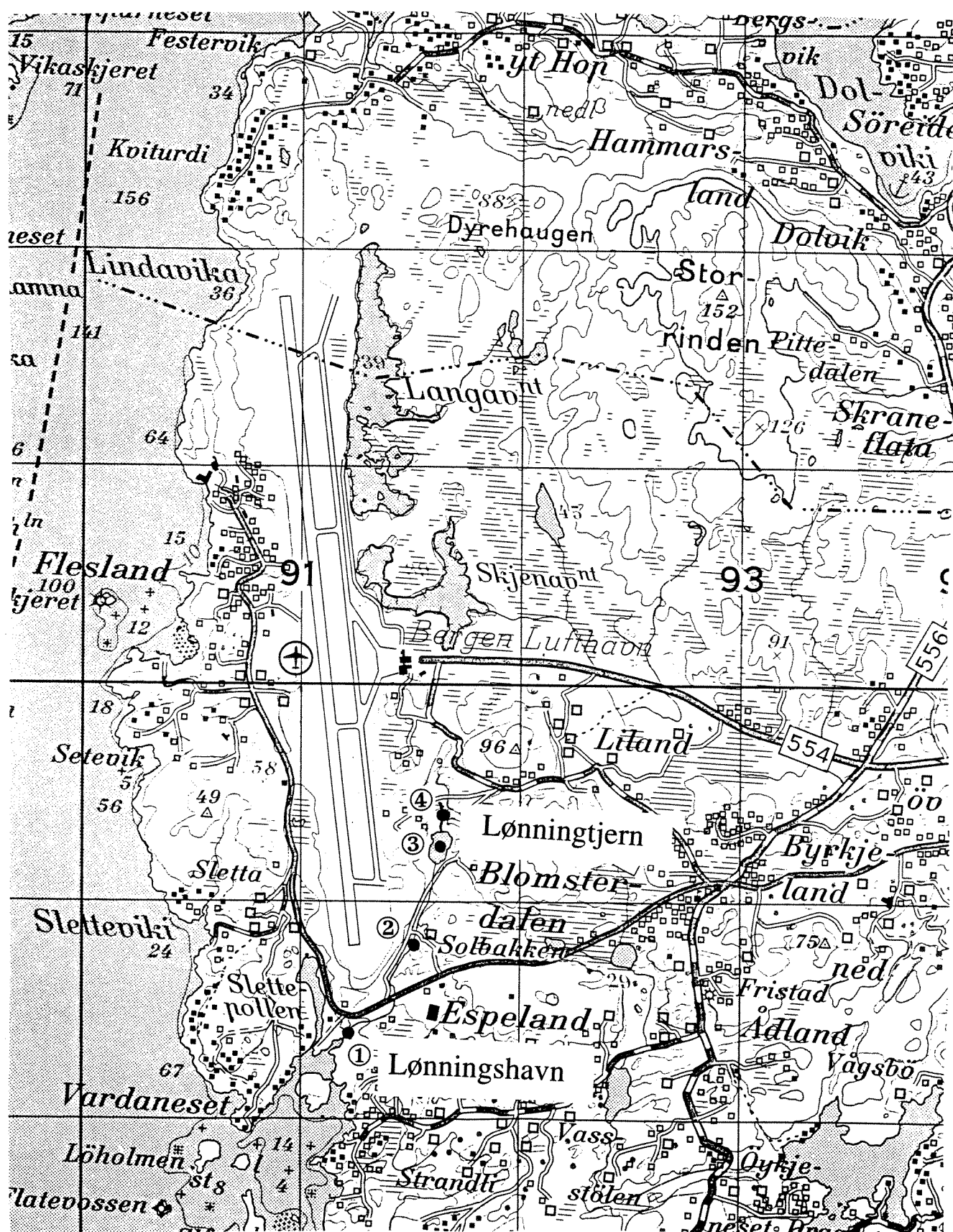


Fig. 1. Situasjonsskart. Målestokk: 1 rute = 1x1 km.

3. Vannkvaliteten i Lønningtjern og Lønningbekk

På oppdrag av Luftfartsverket foretok NIVA den 12. august 1991 en befaring til vannforekomstene ved Bergen lufthavn. Befaringen var et ledd i å vurdere behovet for å etablere en egen avisingsplattform på lufthavnen. Det ble bl.a. samlet inn prøver fra Lønningtjern med bekkeavløp. De viktigste kjemiske analyseresultater fra tjernet går frem av tabell 1.

Tabell 1. Kjemiske analyseresultater fra Lønningtjern 12 august 1991

Dyp meter	Temp °C	Oksygen mg O ₂ /l	pH	Kond mS/m	Tot. P µg P/l	Tot N µg N/l	TOC mg C/l
0	16	7.7	7.1	15.9	24	921	5.5
3	15	4.9					
5	10	1.5	6.8	16.7	48	1060	5.3
7	7	0.8	6.8	16.7	48	1080	5.4

Tabellen viser at vannet også den gang hadde et høyt innhold av fosfor, nitrogen og organisk stoff. Oksygeninnholdet avtok kraftig mot dypet - noe som for så vidt ikke er uvanlig på sensommeren i små vann som ligger skjermet for vindpåvirkning. Dette skyldes nedbrytning av organisk stoff som tilføres fra nedbørfeltet (naturlig humus og organiske forurensninger) og produseres i vannforekomsten i form av alger. Avløpsbekken var den gang sterkt begrodd av moser som til dels var overtrukket av fastsittende alger. Bekkesystemet ble karakterisert som markert forurenset.

Den 12. januar 1996 tok Luftfartsverket prøver i Lønningtjern, som ble sendt til Chemlab/Services A/S for bestemmelse av glykol. Det ble da påvist en glykolkonsentrasjon på 2.54 mg/l. Vannets innhold av glykol i nordenden av tjernet (ved bekkeinnløp) var 2.57 mg/l og noe lengere oppe i overflateavløpet fra flyplassen 1.2 mg/l (Thorvald Kristoffersen, pers med.). Det er ikke spesifisert hvilken type glykol som ble bestemt ved disse anledninger.

Under befaringen den 25. juni 1996 var forurensningsbildet et helt annet enn i 1991. Tjernet hadde et grått utseende og hele bekken nedstrøms (ca. 1.2 km) var sterkt begrodd av heterotrofe bakterier og sopp eller anaerobe nedbrytningsorganismer som minner om lammehaler. Langs hele bekken var det en kraftig lukt av kloakkvann, hydrogensulfider og merkaptaner (løklukt) som dannes ved anaerob nedbrytning av lett nedbrytbart organisk stoff bl. a. avsningsvæske.

Det ble tatt prøver fra flere steder i bekken og fra flere dyp i tjernet:

- St. 1. Ved bekkens utløp i Lønninghavn. Det var sterk lukt av kloakk og løk. Bunnen var begrodd med heterotrofe bakterier (lammehaler).
- St. 2. Ved veien til Solbakken gård. Sterk kloakkluft og vekst av heterotrofe bakterier.
- St. 3. Midt på Lønningtjern. Temperatur og oksygen ble målt for hver meter fra overflaten, 0 meter, til 7 meters dyp. Tjernet var 8 meter dypt. Det ble tatt kjemiske prøver fra 1, 3 og 6.5 meter - glykolprøver fra 1 og 6.5 meter. Det luktet kloakk og tjernet hadde et kloakkgrått utseende. Siktedypet var ca. 0.3 meter.

- St. 4. Tilløpsbekk til tjernet et stykke nedenfor samløp bekken og åpen grøft fra det militære område. Vannet kom frem i dagen mellom noen steiner og lukket kloakk. Bekken fra det militære området var tørr.

Vannføringen var liten, men av samme størrelsesorden oppstrøms og nedstrøms tjernet. Fysisk-kjemiske analyseresultater er vist i tabell 2.

Tabell 2. Lønningtjern med avløp og tilløp. Analyseresultater 25. juni 1996, for stasjonsplassering se fig. 1

St.	Dyp m	Temp °C	Oksyg. mg O ₂ /l	Tot. P µg P/l	PO ₄ µg P/l	Tot. N µg N/l	TOC mg C/l	BOD ₇ mg O/l	Glykol mg/l	TBK/ 100 ml
1	bekk			80	40	1400	35.1	>40	5321	ca. 100
2	bekk			154	40	1700	37	>40		<100
3	0	17	0							
3	1	14	0	61	10	1200	50.4	>40	221.5	<100
3	2	9	0							
3	3	7.2	0	50	40	1800	76.1	>80		<100
3	4	6	0							
3	5	5	0							
3	6	4.9	0					>80	272.2	<100
	6.5			100	100	1800	16.2			
3	7	4.2	0							
4	bekk			40	40	1000	42.8	>40	312.4	<100

Temperaturfordelingen ned gjennom vannmassene i tjernet var som normalt i denne type vannforekomster sommerstid med avtakende temperatur fra overflaten til bunn. Sprangsjiktet mellom varmere vann i overflaten og kaldere i dypet lå i 2 -3 meters dyp, og viser at vannet i liten grad sirkulerer eller omblendes. Sprangsjiktet virker som sperre for tilførsel av luft eller oksygen til vannmassene i dypet.

Vannet i tjernet var fullstendig fritt for oksygen selv i overflatelagene hvor det hele tiden foregår en intens utveksling av gasser, deriblant oksygen, mellom vann og luft. Dette må skyldes høye konsentrasjoner av lett nedbrytbare organiske stoffer. Alle prøver luktet av hydrogensulfid (H₂S) og merkaptaner (løklukt som dannes ved nedbrytning av bl. a. propylenglykol). Vannets oksygeninnhold i bekken ble ikke målt, men kraftig lukt av H₂S og løk tyder på at vannet også her var fritt for oksygen.

Det biologiske oksygenforbruk, BOD₇-verdien, var meget høy både i bekken og i tjernet, men høyest i tjernets dyplag. Til sammenligning kan nevnes at i råkloakk varierer BOD₇-verdiene mellom 100 og 200 mg O/l. TOC-verdiene (totalt organisk karbon) var også meget høye, dvs. opp til over 10 ganger høyere enn det som ble målt i 1991 (tabell 1). TOC-verdiene varierte noe og var noe lavere nedstrøms tjernet enn i selve tjernet. Tilløpsbekken hadde omtrent samme konsentrasjon som vannet i tjernets overflatelag. Tilførselene av organisk stoff var således fortsatt meget stor.

Vannets innhold av glykol var meget høyt på alle stasjoner, men spesielt høyt ved bekkens utløp i Lønninghavn. Det ble påvist både propylenglykol og etylenglykol. Påvisning av etylenglykol har sannsynligvis sammenheng med at ved fermentering eller nedbrytning av propylenglykol, dannes propanol, isopropanol, aldehyder og ketoner som mellomprodukter, og disse kan ved den anvendte analysemetode bli registrert som såvel propylen- som etylenglykol. De høye glykolverdiene har derfor uten tvil sammenheng med stor tilførsel av den monopropylenbasert avsningsvæske som brukes ved

Bergen lufthavn. De høye glykolverdier i bekken oppstrøms tjernet viser at tilførslene av glykol eller dens omdannelsesprodukter fortsatt var meget høyt.

Konsentrasjonene av næringssaltene fosfor og nitrogen var også høye i tjernet og i bekken nedstrøms. Med den anvendte metode ble det ikke påvist fosfor i bekken oppstrøms tjernet. Dette kan tyde på at under de kraftige reduktive forhold (oksygenfrie tilstander), ble fosforet i vesentlig grad løst ut fra tjernets sedimenter, men tilførsler av kloakkvann og avrenning fra jordbruksarealer spiller selvfølgelig en viss rolle. Tilførsel av kloakk og urea gjenspeiler seg i høye nitrogenkonsentrasjoner.

Det var ingen biologisk aktivitet bortsett fra heterotrof vekst dvs, bakterier og sopp. Dette gjelder også avløpsbekken som var sterkt begrodd med anaerobe kloakksopp/bakterier/organismer som ser ut som lammehaler. Begroingen var dominert av en septert vannsopp, med hyfer som var ca 14 µm i tverrsnitt og en noe tynnere art som sannsynligvis var *Geotrichum candidum*. Det var dessuten betydelig utbredelse av *Beggiatoa* sp. (Gliding bacteria) som trives i grenseområder mellom, anaerobt og aerobt miljø. Forøvrig var det stor forekomst av stavformede bakterier ansamlet i fnokkestrukturer av forskjellige størrelser, frittlevende bakterier forekom også i betydelige mengder. Det var betydelig utbredelse av beiteorganismer, dominert av forskjellige typer ciliater, noen opptil 3 mm lange (*Paramecium* format). Det ble også observert store mengder av en liten flagellat. Det heterotrofe organismelivet kan karakteriseres som en slimet blanding av filamentøse mikroorganismer som sopp, bakterier og protozoer. Normale autotrofe organismer som alger og moser var overhodet ikke til stede.

Vannets innhold av tarmbakterier (TBK) eller termotolerante koliforme bakterier, var lavt (<100/100 ml). Dette kan skyldes at denne type bakterier ikke kan formere seg uten i tarmen på mennesker og varmblodige dyr, og de vil derfor dø ut etter noen få dager. Dessuten antas det at dødsraten er spesielt stor i dette anaerobe miljøet.

Konklusjon:

På bakgrunn av de foreliggende kjemiske analyseresultater, er stor tilførsel av avisningsvæske den vesentligste årsak til forurensningstilstanden i Lønningtjern, selv om tilførsel av sanitært avløpsvann også har spilt en viss rolle. Hovedproblemet med forurensningssituasjonen i vannforekomsten er alt for stor tilførsel av lett nedbrytbart organisk materiale. Dessuten krever gifteffekter av flyavisingsvæskens nedbrytningsprodukter og tilsetningstoffer i tilknytning til de biologiske forholdene i vassdraget stor oppmerksomhet. Den høye konsentrasjon av organisk stoff i tilløpsbekken (st. 4) den 25. juni 1996, viser at tilførslene var meget store lenge etter at avisingssesongen var over.

4. Forurensningskilder

4.1 Kloakk fra sivil del av lufthavnen

Alt det sanitære avløpsvannet fra sivil del av lufthavnen ledes til det kommunale avløpssystem (Dagestad og Holtan 1994).

2.8 millioner passasjerer frekventerte Bergen lufthavn i 1995 (T. Kristoffersen, pers. med.). I tillegg kommer alle besøkende i forbindelse med ankomst/avreise. Det er noe usikkert hva en passasjer representerer med hensyn til forurensningsproduksjon. Det finnes ingen offisiell oppgave over dette. I forbindelse med Gardermoenutbyggingen, regnes det med en koeffisient på 0.2 - 0.3 personekvivalent pr passasjer når catering, kafeer, besøkende osv. tas med. Hvis vi anvender en koeffisient på 0.3, vil 2.8 millioner passasjerer pr. år representere en daglig forurensningsproduksjon på ca. 2300 pe. I alt er

det ca. 650 personer fast ansatt ved flyplassen. I henhold til Holtan og Åstebøl (1991) representerer hver fast arbeidsplass 0.4 - 0.5 pe. Det fast ansatte personell representerer således ca. 325 pe. Den midlere daglige forurensningsproduksjon som skyldes passasjerer samt fast ansatt personell ved Bergen lufthavn, blir i henhold til dette (tabell 3):

Tabell 3. Sanitært avløpsvann ved Bergen lufthavn, midlere daglig produksjon

Kilde	Antall pe	Fosfor kg P/dag	Nitrogen kg N/dag	BOF kg O/dag	KOF kg O/dag	TOC kg C/dag
Reisende	2300	3.91	27.6	106	216	60
Ansatte	325	0.55	3.9	15	31	9
Sum	2625	4.46	31.5	12	247	69

Ca en tredel av forurensningene fra de fast ansatte tilføres det kommunale klakksystem i syd, resten tilknyttes det samme system høyere oppe (T. Kristoffersen pers. med.).

4.2 Militære anlegg/aktiviteter

Avløpet fra de militære kontorer og anlegg tilføres 2 septikktanker som tømmes en gang i året. Overløpet fra septikktankene infiltreres i grunnen og vil etter hvert tilføres Lønningtjern som overflateavrenning/markvann/grunnvann. Pr. i dag arbeider det 10 personer ved det militære anlegget.

4.3 Sivile hus uten tilknytning til kommunalt kloakksystem

Bergen kommune, Teknisk Utbygging, har foretatt en registrering av sivile hus i Lønningtjernets nedbørfelt, som ikke har tilknytning til kommunalt kloakksystem. Husene/eiendommene er angitt i tabell 4. Overløpet fra septikktankene infiltreres i grunnen og vil etter hvert tilføres Lønningtjern som overflateavrenning/markvann/grunnvann.

Tabell 4. Oversikt over eiendommer som ikke er tilknyttet offentlig kloakk.

G. nr.	B. nr.	Hustype	Slamavskiller (m ³)
110	4	Enebolig, uthus	
110	26	Annen hustype	1.5
110	30	Annen hustype	3.0
110	22	Annen hustype, garasje	3.0
110	16	Veksthus, redskapshus, garasje	
111	48	Fabrikk (tre og jern ind.) med kontor	2.0

Det er ikke gitt noen opplysninger om hvor mange pe avløpet fra disse eiendommene representerer. Vann og avløpsseksjonen i Bergen kommune vurderer det som lite sannsynlig at avløpet fra disse eiendommene har noen vesentlig betydning for Lønningtjernets nåværende forurensningssituasjon.

4.4 Glykolholdig overvann fra lufthavnen

Det brukes to typer glykolbaserte væsker for avising av fly på Bergen lufthavn. Hovedbestandelen i begge væsker er monopropylenglykol som har den kjemiske formelen $C_3H_6(OH)_2$. Type 1, som også kalles DF - deicer, brukes for å fjerne is og snø, og handelsvaren består av 80 % monopropylenglykol, ca. 1 % korrosjonsinhibitorer og resten vann. Type 2, som kalles ABC anti-icer, brukes for beskyttelse

mot rimdannelse og tilfrysing under markopphold. Handelsvaren består av 50 % monopropylenglykol, ca. 1 % korrosjonsinhibitorer og fortykkingsmidler og resten vann. I utgangspunktet inneholder ikke væskene næringssalter, men består av lett nedbrytbart organisk stoff, samt giftige tilsetningsstoffer, i hovedsak tensider.

Avisningsmidlene er lett løselige i vann og vil i liten grad fordampe. Ved konsentrasjoner større enn 4 % er væsken tyngere enn ferskvann. Væsken omsettes biologisk under et høyt forbruk av oksygen. Det biologiske oksygenforbruket etter 5 døgn (BOF₅) er ca. 1 gram oksygen pr. gram væske. For en total nedbrytning av en vektenhet propylenglykol trengs ca. 1,7 vektenheter oksygen.

Tilgangen på oksygen i forhold til tilført væskemengde er avgjørende for virkningen i resipienten. Er væsketilgangen stor i forhold til oksygentilgangen, oppstår oksygenfrie eller anaerobe tilstander og nedbrytningsprosessene føres videre av anaerobe bakterier. Sulfatreduserende bakterier er sentrale ved de anaerobe nedbrytningsprosesser. Ved tilstedeværelse av slike bakterier, fører de anaerobe nedbrytningsprosessene til dannelse av hydrogensulfid (H₂S), alkylsulfider og tioler eller merkaptaner som har en karakteristisk og høyst ubehagelig løklukt. Denne lukten vil røpe tilstedeværelsen av merkaptaner selv i meget lave konsentrasjoner. Sulfidforbindelsene er svært giftige og vil ha de alvorligste konsekvenser for vannmiljøet. Ved siden av en meget ubehagelig og uutholdelig lukt, vil de også kunne medføre helsemessige problemer for mennesker - kvalme, hodepine osv.

Tester som er foretatt ved NIVA, viser at tilsetningsstoffene er giftige for organismelivet i vann (planter såvel som dyr) selv ved meget lave konsentrasjoner.

Ved Bergen lufthavn foregikk avisningen tidligere på oppstillingsplassene og avisningsvæsken ble ført med overflateavrenningen dels til Lønningtjern, dels til Skjenavann og dels til grøntarealer. Siden 1994 er det blitt bygd en egen avisningsplattform syd for oppstillingsplassene dvs. i dreneringsområdet til Lønningtjern. Avisningsvæsken som renner av flyene, skal samles opp i dreneringskanalene rundt plattformen. Glykolholdig snø og slaps skal lagres i et deponi like syd for plattformen, og med avrenning mot dreneringskanalene. Fra dreneringskanalene føres væsken videre direkte til det kommunale avløpssystem så fremt konsentrasjonen av glykol er mindre enn 10 %. Ved høyere konsentrasjoner føres avløpet til fordrøyningstanker hvorfra det senere tilføres det kommunale avløpssystem. Væsken som følger med flyene etter avisning (som antas å være av størrelsesorden ca. 25 %), renner av på takse/rullebanen og følger med overflatevannet til baneakslene og muligens videre til ulike resipienter.

Forbruket av avisningsvæske (100 % monopropylenglykol) har i de senere år vært slik tabell 5 viser.

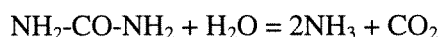
Tabell 5. Forbruk av monopropylenglykol ved Bergen lufthavn (omregnet til 100 %).

Sesong	Forbruk, liter
85-86	10.450
86-87	10.175
87-88	4.950
88-89	17.150
89-90	29.550
90-91	37.450
91-92	72.640
92/93	124.990
93-94	112.690
94-95	132.000
95-96	250.000

Som tabellen viser var forbruket i sesongen 1995/1996 7 - 8 ganger større enn i begynnelsen av 90-årene. Dette kan skyldes spesielle værforhold, men endringer i flyselskapenes avisningsrutiner antas å være den viktigste årsaken (T. Kristoffersen, pers. med.). Hvis det antas at avisningssesongen har en varighet på 150 dager, vil avisningen i middel representere 790 kg C/dag. Oksygenbehovet for fullstendig nedbrytning vil være 2830 kg/dag og den midlere BOF-verdien blir 1670 kg O/dag.

4.5 Forurensset overvann, baneavisning

Ved Bergen lufthavn blir det benyttet urea ved avisning av baner og plasser. Urea (urinstoff) har den kjemiske formel $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$. Stoffet som inneholder hele 47 vektprosent nitrogen, spaltes lett til ammoniakk og karbondioksid:



Ammoniakk vil til dels unngå til luften, men vil i størst utstrekning oksyderes til nitrater under forbruk av oksygen:



Det er tre egenskaper ved bruken av urea som kan føre til resipientproblemer:

- Tilgang på og forbruk av oksygen. Pr. vektenhet urea forbrukes over 2 vektenheter oksygen.
- Nitrogenforbindelser er gjødselstoffer og kan forårsake økt vekst av planter/alger både på land og i overflatevann (spesielt sjøvann).
- Oksydasjon av ammoniakk til nitrat er en forurensende prosess.

Forbruksmengde og omgivelsenes karakter er bestemmende for i hvilken grad disse egenskaper kan ha noen betydning for miljøet.

Forbruket av urea ved Bergen lufthavn i de senere år er vist i tabell 4.

Tabell 4. Forbruk av urea ved Bergen lufthavn

Sesong	Forbruk av urea, tonn
88 - 89	85
89 - 90	85
90 - 91	97
91 - 92	-
92 - 93	195
93 - 94	180
94 - 95	150
95 - 96	151

Som tabellen viser varierer forbruket av urea fra år til år avhengig av værforholdene. I de senere år har forbruket vært betydelig høyere enn tidligere. Det gjennomsnittlige forbruket er på ca 90 tonn, men kan også være det dobbelte. Under sesongen 1995/1996 ble det brukt 151 tonn urea, hvorav 85 % ble tilført rullebanen, 10 % takseveier/avkjøringer og 5 % oppstillingsplasser for fly (oppstillingsplass sør 2 %).

Overvannet fra rulle- og taksebanen går ut på skuldrene og følger naturlige dreneringsveier i terreng, eller siver ned i grunnen og følger markvannet/grunnvannet. Det meste av overvannet drenerer ned mot Raunefjorden, men noe kan også spres via grunnen til Lønningtjern, Skjenavann eller Langevann. Ved avising ledes trolig ca 85 % ut i terreng mot Raunefjorden, mens de resterende 15 % blir ledet helt eller delvis via terreng før det eventuelt når overnevnte ferskvannsresipienter. Urea i overvannet antas imidlertid bare i mindre grad tilføres resipientene direkte, men tilføres markvannet og omsettes helt eller delvis i jordsmonnet. Ved kraftige regnskyll, spesielt etter perioder med frossen mark, kan større mengder urea tilføres resipienten. Det samme gjelder den første snøsmeltingen, fordi kjemikalier kan være akkumulert i snødeponier og i grunnen. Det er usikkert hvor mye urea som er blitt tilført de deler av flyplassen som drenerer til Lønningtjerna under sesongen 1995/1996 - 3 til 6 tonn har vært nevnt. Denne ureamengde tilsvarer fra ca. 1.5 til 3 tonn total nitrogen. For fullstendig oksydasjon eller omsetning av slike mengder forbrukes over 6 til 12 tonn oksygen. Til sammenligning kan nevnes at ved omtrent full oksygenmetning inneholder Lønningtjern mindre enn ett tonn oksygen. Det må imidlertid antas at oksydasjonsprosessen foregår på banene, i baneskuldrene og i terrenget ned mot vannforekomsten. Det er derfor usannsynlig at det nåværende forbruk av urea på flyplassen er noen stor oksygenforbrukende faktor i Lønningtjern.

4.6 Avrenning fra jordbruksarealer

I nedbørfeltet til Lønningtjern ligger et lite gårdsbruk som i dag ikke er i drift, og jordene tilføres ikke gjødsel.

Grøntarealene på flyplassen blir derimot høstet. I alt tilføres disse arealer årlig 630 m³ naturgjødsel samt ca 20 tonn handelsgjødsel. Gjødselintensiteten er ca 38 kg handelsgjødsel og 1220 kg naturgjødsel pr. da (Dagestad og Holtan 1994). Følgelig er de gjødslede grøntarealer på hele flyplassen vel 500 da. Ca. 80 da har avrenning mot Lønningtjern. I henhold til Holtan og Åstebøl (1991) tilsvarer den årlige jordbruksavrenningen i Hordaland ca. 160 g fosfor og 2.6 kg nitrogen pr. da. De årlige tilførsler til Lønningtjern fra grøntarealene på flyplassen blir i følge dette ca. 12 kg fosfor og vel 200 kg nitrogen.

5. Tilførsler til Lønningtjern høsten 1995

Det sanitære avløpsvannet fra Bergen lufthavn er tilkoblet den kommunale hovedledning for avløpsvann. Kloakkvannet føres frem til et mekanisk kloakkrenseanlegg i nærheten av Lønninghavn, og derfra via en tunell til ca. 40 meters dyp i Raunafjorden (Dagestad og Holtan 1994). Avisning av fly foregikk frem til 1995 på flyenes oppstillingsplass. Avisningsvæsken sammen med annet forurenset overflatevann rant dels til Lønningtjern, dels til Skjenavann og til dels til grøntarealer. Som nevnt ble det i 1995 bygd en egen plattform for avisning av fly. I henhold til planene skal all avisningsvæske samles opp og sammen med det sanitære avløp fra flyplassen ledes frem til det kommunale kloakksystem, dels via fordrøyningstanker.

Under arbeidet med avisningsplattformen og tilknytningen til det kommunale kloakksystem, skjedde det et arbeidsuhell som av Bergen kommune er beskrevet på følgende måte (brev av 27. juni 1995 fra Bergen kommune til NIVA):

"Bergen kommune fikk melding om kloakkutslippet ved Lønningtjerna 3. oktober 1995. Da vann- og avløpsseksjonens driftsavdeling kom til stedet, var et område fra et borehull nedenfor flyplassen og

ned mot Lønnestjørna på ca. 40 - 50 m² og 1/2 meter høyt. forurensset med kloakk. Grunnen til dette var at kummelokket var sprengt i stykker og borehullet var fylt med sprengningsmasse.

Etter avtale med Henrik Klohs ved Luftfartsverket, startet driftsavdelingen arbeidet med oppryddingen samme dag. Dykkere måtte tilkalles for å fjerne sprengningsmasse og stein fra borehullet i den kilformede kummen. Driftsavdelingen hadde også to slamsugere på stedet og fikk ryddet opp i området ned mot tjernet. En måtte også bore opp igjen borehullet da dette hadde tettet seg med stein fra sprengningsarbeidet.

Representanter fra Luftfartsverket ble tilkalt og sammen med driftsavdelingen fant en at steinen/sprengningsmassene stammet fra sprengningsarbeider og annet anleggsarbeid en entreprenør for Luftfartsverket startet ca. 6 mnd tidligere. Det er usikkert når lekkasjen oppsto, men den kan ha vart i 6 måneder. "(sitat slutt).

Arbeidshelhetet førte til at alt sanitært avløpsvann og avisningsvæske fra flyplassen rant direkte ned i Lønningtjern. Hvis alt sanitært avløpsvann fra flyplassen gikk i overløp over en periode på 6 måneder, representerer dette en forurensningsmengde på ca. 800 kg fosfor, 5670 kg nitrogen, 21500 kg BOF, 4450 kg KOF og 12420 kg C (TOC). Det er usikkert hvor mye som ble fjernet ved oppryddingstiltakene, men uansett er det åpenbart at det lille Lønningtjern ikke kan ta hånd om en forurensningsmasse av denne størrelsesorden. De store tilførsler av organisk materiale førte sannsynligvis raskt vannforekomsten inn i en sterk saprob (anaerob) tilstand.

I tillegg til det sanitære avløpsvannet kommer selvfølgelig tilførselen av avisningsvæske som også ledes inn på det kommunale ledningsnettet. Det er meget usikkert hvor store mengder det kan dreie seg om idet overløpet tydeligvis i størst utstrekning gjorde seg gjeldende om sommeren og tidlig høst. Hvis det antas at avisningsvæske for i middel en måneds avisning gikk i overløp, representerer dette ca. 23700 kg karbon (TOC), 85000 kg O som KOF og ca 50000 kg O som BOF.

Hele vintersesongen 1995/1996 har det vært visse driftsproblemer ved avisning av flyene, også etter at lekkasjen på kloakkledningen var rapportert i orden (T. Kristoffersen pers, med.). Spalteåpningene i ristene over dreneringskanalene rundt avisningsplattformen gikk tett og snødeponiet var for lite. Det antas derfor at en del avisningsvæske rant ned til Lønningtjern som overflateavrenning. Det er imidlertid umulig å kvantifisere denne forurensningsmengde.

Under befaringen den 25. juni 1996, ble det observert et "oppkomme" eller tilsig av forurensset vann (st. 4) et stykke nede i bekken som renner nedover myrområdet mellom fordrøyningstankene og ned mot Lønningtjern, Det er foreløpig usikkert om dette tilsiget skriver seg fra lekkasje eller forurensset grunnvann. Analyseresultatene tyder på at disse tilførslene er sterkt belastet med avisningsvæske under nedbrytning.

I tillegg til tilførslene av de store mengder sanitært avløpsvann og avisningsvæske i den periode avløpsledningen var tett, kommer den "vanlige" tilførsel av urea, gjødselsig fra grøntarealene og avrenning fra de militære anlegg. Lønningtjern fungerte i denne periode som en septiktank eller kloakkbasseng uten lufting. Tilførsler av så store mengder lett nedbrytbart organisk materiale i forhold til tilgjengelig oksygen, fører raskt til anaerobe eller oksygenfrie tilstander. Alle autotrofe organismer som alger, dyreplankton bunndyr osv. blir utryddet og kun heterotrofe organismer som anaerobe bakterier og sopp overtar. Nedbrytningsprodukter bl. a. hydrogensulfider og merkaptaner er meget giftige. Dessuten skaper de meget ubehagelig lukt, og kan også få helsemessige konsekvenser som kvalme, hodepine o. l. Fra et flyplassområde kan det også tilføres giftige kjemikalier som f. eks, korrosjonsinhibitorer, som er tilsatt avisningsvæskene. Dette vil selvfølgelig forsterke de miljømessige og helsemessige konsekvenser som er nevnt ovenfor.

De beskrevne tilstander gjelder i første rekke tjernet, men også i høyeste grad avløpsbekken. Den sterkt ubehagelige lukten rammer i første rekke de fastboende i området. Vi kjenner ikke til hvor

terskelen går med hensyn til helseskade av denne type luftforurensninger. Vi antar at terskelnivået er nådd når det gjelder de estetiske og trivselsmessige forhold.

Når bekken renner ut i sjøen ved Lønninghavn, blir forurensningene raskt fortynnet og tilført oksygen. Giftstoffene vil imidlertid også gjøre seg gjeldende der, ihvertfall i nærområdene. Vi antar at det ikke vil være tilrådelig å bade i nærheten av bekkeutløpet slik tilstanden er i dag p. g. a. tilstedeværelse av ulike typer giftstoffer (ikke bakterier). Dette må helsemyndighetene ta stilling til. I alle fall vil vannet rent estetisk være lite tiltrekkende. Dessuten nedsetter den meget ubehagelige lukten friluftsområdets rekreasjonsverdi.

6. Tilrådninger - tiltak

I utgangspunktet er Lønningtjern med avrenningsbekk en liten vannforekomst som meget raskt vil reagere på tilførsler av forurensninger. Vannforekomsten er derfor ikke egnet som resipient for hverken kloakk, avisningsvæske eller andre forurensninger. Avløpsbekken munner ut i Lønninghavn som er et friluftsområde, og som bl. a. benyttes som badeplass og rekreasjon. Solbakken gård som ligger kloss opp til bekken, har i lengere tid vært sjenert av uutholdelig lukt, og man kan ikke se bort fra at denne luftforurensning kan ha uheldige helsemessige konsekvenser, noe som imidlertid ikke har vært vurdert. Slik tilstanden er i dag, er det nødvendig å iverksette tiltak som raskt kan forbedre den uholdbare situasjonen, spesielt luktproblemene og luftforurensningene. Dessuten må det iverksettes tiltak som minimaliserer tilførselen av forurensninger til vannforekomsten i fremtiden.

6.1 Strakstiltak eller tiltak på kort sikt

- Kloakk og avløpsledninger må trykkprøves/TV-inspiseres for å avdekke eventuelle lekkasjer. Det samme gjelder ledningssystemet fra avisningsplattformen. Det forutsettes at fordrøyningstankene er tette.
- Årsaken til forurensningstilførselen til bekken oppstrøms Lønningtjern (st. 4) må lokaliseres og tilførslene elimineres. Det bør undersøkes om flere tilførsler av denne type forekommer oppstrøms tjernet
- Hovedproblemet i vannforekomsten slik det ble observert 25. juni 1996, var sterk overbelastning med lett nedbrytbart organisk stoff i forhold til tilgang på oksygen, dvs. saprobiproblem. For raskt å komme ut av denne situasjon, er det nødvendig å tilføre vannforekomsten oksygen eller luft. Det antas at dette best kan gjøres ved bruk av oksydasjonsmidler, dvs. kalsiumnitrat kombinert med innblåsing av luft via porøse ledninger langs bunnen. Hvis tilførslene av organisk stoff fortsetter, må lufteprosessen ikke være tidsbegrenset.
- For å redusere luktulempene for Solbakken gård, kan det være en løsning å legge utløpsbekken i rør. Dette må være den siste utvei hvis det ikke er mulig å stanse tilførsle, samt restaurere tjernet. Et slikt tiltak vil heller ikke avhjelpe forurensnings situasjonen ved Lønninghavn.

6.2 Tiltak på lengere sikt ved Bergen lufthavn

I Dagestad og Holtan (1994) ble de ulike forurensningskilder ved Bergen lufthavn gjennomgått og forurensningsbegrensende tiltak diskutert. Tilrådningene som ble gitt den gangen er fortsatt aktuelle.

6.2.1 Avisning av fly

Bygging av egen plattform for avising av fly ble diskutert i nevnte rapport. Plattformen er nå bygget, og er lokalisert til området syd for flyoppstillingsplassen dvs. i dreneringsområdet til Lønningtjern. Avisningsvæsken skal samles opp og føres til det kommunale avløpssystem så lenge konsentrasjonene av glykol er mindre enn 10 %. Ved høyere glykolkonsentrasjon enn 10 %, skal avrenningsvannet føres til fordrøyningstanker og senere hen føres til det kommunale avløpssystem etter fortynning.

P.g.a. avisningsplattformens beliggenhet, vil eventuelle lekkasjer, evt. overvann som ikke samles opp av oppsamlingsrennene o.l. lett medføre en rask tilførsel av avisningsvæske til Lønningtjern like nedenfor. Det er derfor meget vesentlig at avisningsplattform, fordrøyningstanker, snødeponi og overføringssystemer er bygd slik at lekkasjer ikke kan forekomme eller oppstå.

Lekkasjer eller utilsiktet tilsig av avisningsvæske til tjernet kan oppstå som følge av:

- at avisningsplattformens dekke (asfalten) ikke er tett. Dette er problemer som bl. a. ble diskutert ved bygging av avisningsplattformen ved Oslo lufthavn, Fornebu.
- plattformen må ha så stor dimensjon eller utstrekning at minimale mengder avisningsvæske blåses til områder utenfor plattformen selv ved avisning under kraftig vind
- dreneringskanalene rundt plattformen må ha store nok dimensjoner og være tette slik at væske ikke siver ut. Ristene over dreneringskanalene må ha så store spalteåpninger at væsken lett kan passere, dvs. ikke tettes av snøslaps og is.
- Snødeponiet må ha store nok dimensjoner og ha et tett underlag. Avrenningsvannet må kunne fanges opp i tette kanalsystemer.
- fordrøyningstanker med overføringsledninger må være tette.
- sugebil som effektivt kan suge opp glykolsøl, må alltid være i beredskap.
- oksygen- og forurensningstilstanden i Raunafjorden i kloakkutslippets nærområde bør undersøkes. Dette fordi det under siste avisningssesong ble brukt 7 - 8 ganger så stor væskemengde som tidligere, og resipientbehovet er tilsvarende større.

Dersom det ikke lykkes Luftfartsverket å hindre tilsig av glykolholdig overvann fra avisingsområdet til Lønningtjern i et slikt omfang at dette fører til resipientproblemer i Lønningtjern, bør det vurderes å finne en ny lokalisering av avisingsplattformen samt snødeponi utenfor nedbørsfeltet til tjernet. Det skal imidlertid bemerkes at p.g.a. avisingsvæskens viskositet vil man aldri være i stand til å samle opp all brukt avisingsvæske. Noe av væsken vil derfor følge med flyene og først falle av på takse- og rullebanen.

6.2.2 Avisning av baner

Ved Bergen lufthavn blir det brukt urea for å fjerne is og snø fra baner. Nedbryting og omdannelse av dette stoff til bl. a. nitrater er sterkt oksygenkrevende. Dette er prosesser som forløper meget raskt. Det antas at oksydasjonsprosessene i vesentlig grad finner sted på banen, på baneskuldrene og i terrenget før væsken når vannforekomsten. Urea er også et gjødselstoff og vil således først og fremst gjødsle de terrestriske omgivelsene ned mot vannforekomsten, men det antas at nitrogenet har mindre betydning for algeveksten i Lønningtjern. Det anbefales imidlertid at overflateavrenningen fra banene i størst mulig grad forsøkes drenert ut av tjernets nedbørfelt. Clearway I, som i dag brukes på flere

flyplasser her i landet, er også et oksygenkrevende produkt, og vil derfor i liten grad redusere oksygenforbruket i overflatevannet fra baner.

6.2.3 Sanitært avløpsvann

Kloakkvannet fra flyplassens administrasjonsbygning og flyterminaler overføres til det kommunale avløpssystem. Det forutsettes at overføringsledninger/overføringssystemer er tette.

Sanitært avløpsvann og eventuelle andre forurensninger fra de militære aktiviteter bør også overføres til det kommunale avløpssystem.

I følge Bergen kommune, Teknisk utbygging, finnes det noen eiendommer i Lønningtjerns nedbørfelt, som ikke er tilknyttet det offentlige kloakksystem. Selv om avløp fra disse eiendommer er vurdert å ha liten betydning for den nåværende forurensningssituasjonen i tjernet, ville det være fordelaktig at disse også ble tilknyttet offentlig kloakknnett.

6.2.4 Avrenning fra dyrket mark:

Gjødsling av jordarealer som drenerer ned mot Lønningtjern bør begrenses.

6.3 Overvåking/kontroll

Det bør gjennomføres et overvåknings/kontrollprogram som i tide kan avdekke eventuelle lekkasjer, overløp m.v., slik at disse i tide kan bli tatt hånd om.

7. Referanser

Dagestad, K. og H. Holtan, 1994. Tiltak mot vannforurensning, Bergen Lufthavn - Flesland, Ålesund Lufthavn - Vigra, Kristiansund Lufthavn - Kvernberget og Molde Lufthavn - Årø. NIVA-rapport O-94090. L. nr. 3157.

Stene-Johansen, S., H. Holtan, H. Damhaug og J. Trandem, 1991: Glykolavrenning ved lufthavnene. Vurdering av resipienter og behov for reparerende - forebyggende tiltak. Fase 1. NIVA-rapport O90219. L.nr. 2624.

Stene-Johansen, S. og H. Holtan, 1991: Glykolavrenning ved lufthavnene; Vurdering av resipienter og behov for reparerende-forbyggende tiltak; Fase 2. NIVA-rapport O-91047. L. nr. 2720.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3529-96

ISBN 82-577-3075-0