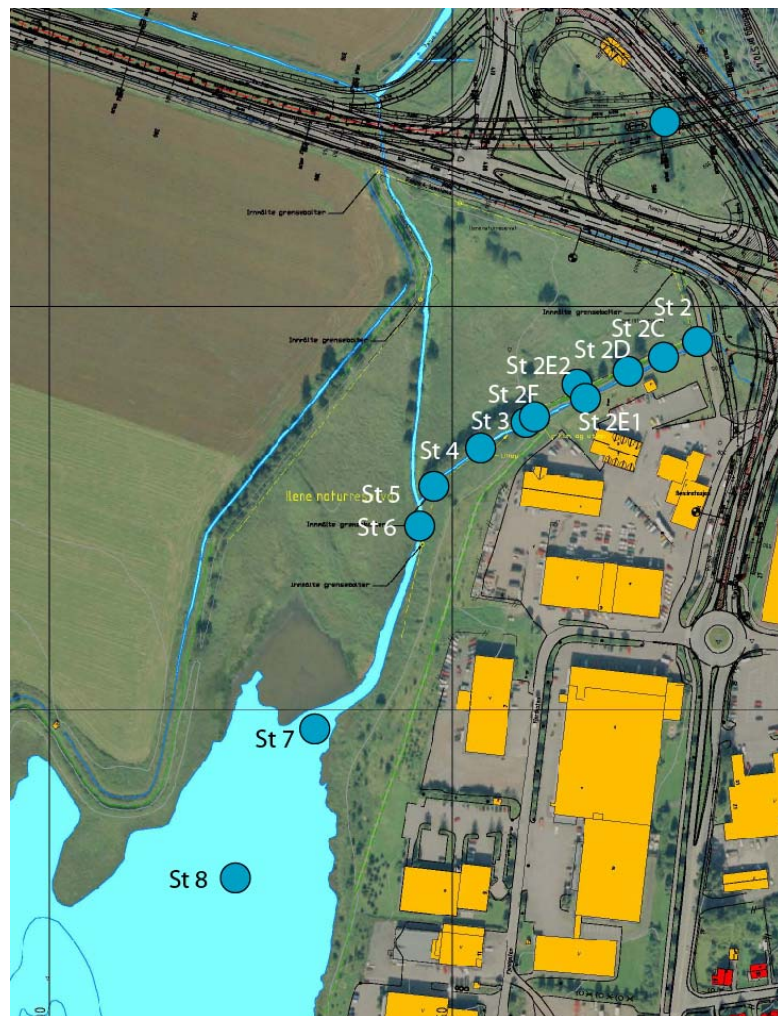


## Utslipp av tunnelvann til Kortenbekken.

Virksomheter på sediment og biologi i Kortenbekken, Homannsbekken og Ilene naturreservat



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Midt-Norge**

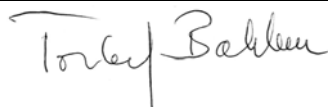
Postboks 1264 Pirsenteret  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 73 87 10 34 / 44  
Telefax (47) 73 87 10 10

<b>Tittel</b> Utslipp av tunnelvann til Kortebekken. Virkninger på sediment og biologi i Kortebekken, Homansbekken og Ilene naturreservat	<b>Løpenr. (for bestilling)</b> 4948-2005	<b>Dato</b> 28.02.2005
	<b>Prosjektnr. Undernr.</b> 24256	<b>Sider Pris</b> 22
<b>Forfatter(e)</b> Torleif Bækken og Torulf Tjomsland	<b>Fagområde</b> Integreert vannforvaltning	<b>Distribusjon</b> fri
	<b>Geografisk område</b> Vestfold	<b>Trykket</b> NIVA

<b>Oppdragsgiver(e)</b> Statens vegvesen, Tønsberg. Kjelle prosjektkontor	<b>Oppdragsreferanse</b>
--	--------------------------

Sammendrag Tunnelvann fra tunnelanlegget ved Kjelle i Tønsberg, ble i desember 2004 pumpet til et overvannssystem som førte til Kortebekken. Bekken går videre til Homansbekken og ut i Ilene naturreservat. Det ble utført kjemiske analyser av forurensningene, kartlagt forurensningsgrad og utbredelse av sedimentert tunnelslam, og vurdert biologiske konsekvensene for naturreservatet. pH-verdiene var meget høye (11,8 - 12,5) i sediment fra tunnelslam. De fleste tungmetallene hadde konsentrasjoner tilsvarende ubetydelig eller moderat forurenset sediment i henhold til SFTs kriterier, mens det var moderat forurenset av sum PAH 16 og markert forurenset av PAH-forbindelsen B(a)P. Det var forholdsvis høye konsentrasjoner av olje (C14-C40) både i sedimentert tunnelslam og i det opprinnelige sedimentet i Kortebekken. Enkelte prøver fra det opprinnelige sedimentet var markert eller sterkt forurenset av kobber (Cu), krom (Cr), bly (Pb), sink (Zn), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg), men det var ellers moderat eller ubetydelig forurenset av metaller. Konsentrasjonen av PAH tilsvarte markert eller sterkt forurenset sediment, mens PAH-forbindelsen benzo(a)pyren (B(a)P) hadde konsentrasjoner tilsvarende markert, sterkt eller meget sterkt forurenset sediment. PCB og DDE+DDD ble påvist i enkeltprøver fra det opprinnelige sedimentet med konsentrasjoner tilsvarende moderat, markert eller sterkt forurenset. Det var lave konsentrasjoner av forurensninger i sedimentet i Ilene naturreservat. Spredning av ammonium og pH ble modell-beregnet. Modellen antyder at det under utslippet har vært giftige konsentrasjoner av ammoniakk i Kortebekken og de nedre delene av Homansbekken. Ute i Ilene var området begrenset til 20 - 50 meter i en vifteform ut fra Homansbakkens utløp. Faren for økt akkumulering av miljøfarlige forbindelser grunnet dette utslippet er liten. Samlet sett har den biologiske effekten av tunnelutslippet i bekkene og Ilene naturreservat derfor vært relativt liten, og begrenset til gifteffekter på faunaen i nedre del av Homansbekken og det nærmeste gruntområdet ved utløpet. Dersom forurensningen opphører, vil det være tilnærmet naturlige biologiske forhold innen et år eller to, avhengig av hva slags fauna som gikk tapt.

<b>Fire norske emneord</b> 1. Tunnelvann 2. Forurensninger 3. Sediment 4. Biologi	<b>Fire engelske emneord</b> 1. Tunnel water 2. Pollutants 3. Sediment 4. Biology
---	---



Torleif Bækken  
Prosjektleder



Stig A. Borgvang  
Forskningsleder



Øyvind Sørensen  
Prosjektdirektør

## **Utslipp av tunnelvann til Kortenbekken**

Virkninger på sediment og biologi i Kortenbekken,  
Homannsbekken og Ilene naturreservat

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>7</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
3.1 Vannprøve fra pumpegrop	9
3.2 Sedimenter	9
3.2.1 Beskrivelse	9
3.2.2 Forurensninger	11
3.3 Spredning	17
3.3.1 Sedimenter	17
3.3.2 Ammonium og pH	18
3.4 Biologiske virkninger	21
3.4.1 Giftvirkning	21
3.4.2 Akkumulerbare forbindelser	21
3.4.3 Rekolonisering av fauna	22
<b>4. Referanser</b>	<b>22</b>

## Sammendrag

1. Tunnelvann fra tunnelanlegget ved Kjelle i Tønsberg, ble i desember 2004 pumpet til et overvannssystem som førte til Kortebekken. Bekken går videre til Homannsbekken og ut i Ilene naturreservat. Statens vegvesen ble av Fylkesmannens Miljøvern avdeling i Vestfold pålagt å gjøre kjemiske analyser av forurensningene, kartlegge forurensningsgrad og utbredelse av sedimentert tunnel slam, og å vurdere de biologiske konsekvensene for naturreservatet. Tiltak for å fjerne forurenset sediment i Kortebekken og en kort strekning av Homannsbekken ble gjennomført med meget godt resultat.
2. Vannprøven tatt fra området utenfor tunnelen var preget av avrenning fra udetonert sprengstoff og avrenning fra uherdet betong, demonstrert ved høye konsentrasjoner av ammonium ( $\text{NH}_4\text{-N}$ : 2,9 mg/L), samt meget høy pH (10,7). Det innebærer at nærmere 90 % av ammoniumkonsentrasjonen vil være i form av ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ).
3. Sedimentet i bekken besto av mellom 10 og 70 cm tykt slamlag fra utslippet av tunnelvann over gammelt, delvis meget forurenset, sediment av varierende tykkelse. Sedimentet fra utslippet besto av grått sementholdig slam og rødlig slam av borestøv.
4. pH-verdiene var meget høye (11,8 - 12,5) i alle sedimentlagene som hadde opprinnelse i utslippet. Det gamle sedimentet i bekkeløpet hadde pH verdier mellom 7,1 og 9,6. De fleste tungmetallene hadde konsentrasjoner tilsvarende ubetydelig eller moderat forurenset sediment i henhold til SFTs kriterier. Noen prøver fra det opprinnelige sedimentet var markert eller sterkt forurenset av kobber (Cu), krom (Cr) og kvikksølv (Hg). Det var lave konsentrasjoner av tungmetaller i Ilene naturreservat.
5. Det var forholdsvis høye konsentrasjoner av olje (C14-C40) i sedimentet fra utslippet med verdier mellom 850 mg/kg og 12 000 mg/kg. Det opprinnelige sedimentet hadde konsentrasjoner mellom ca 100 mg/kg og 8200 mg/kg. Ved utløpet av Homannsbekken og ute i Ilene var konsentrasjonene av olje forholdsvis lave.
6. Det tilførte sedimentet i Kortebekken var moderat forurenset av sum PAH 16 og markert forurenset av PAH-forbindelsen benzo(a)pyren (B(a)P). Det opprinnelige sedimentet i Kortebekken var markert eller sterkt forurenset av PAH og markert, sterkt eller meget sterkt forurenset av B(a)P. Sedimentprøvene fra Homannsbekken og Ilene var moderat eller ubetydelig forurenset av PAH 16 og B(a)P.
7. PCB ble bare påvist i det opprinnelige sedimentet i Kortebekken og på St 7 i utløpet av Homannsbekken. I Kortebekken var sedimentet moderat, markert eller sterkt forurenset. Ved utløpet av Homannsbekken var sedimentet moderat forurenset av PCB. HCB ble funnet i forholdsvis lave konsentrasjoner. Enkelte prøver fra det opprinnelige sedimentet var markert eller sterkt forurenset av DDT (DDE+DDD). BTEX - forbindelser ble bare funnet i forholdsvis lave konsentrasjoner i det opprinnelige sedimentet.
8. Utbredelsen av sediment med opprinnelse i utslippet fra tunnelvann synes i hovedsak å begrense seg til hele Kortebekken og til Homannsbekken fra utløpet av Kortebekken og ca 10-15 m nedstrøms. Det kan ikke utelukkes at små partikler fra utslippet kan ha spredt seg videre. De lave konsentrasjonene av forurensninger påvist i sedimentet ved utløpet av Homannsbekken og i Ilene, kan imidlertid like gjerne forklares med spredning fra gamle forurensede sedimenter i Kortebekken eller andre kilder. Det sedimenterte slammet fra utslippet av tunnelvann var uegnet som levested for bunndyr. Det opprinnelige sedimentet var imidlertid også meget forurenset. Det er derfor lite sannsynlig at det eksisterte bunnfauna i noe omfang i denne bekken da utslippet av tunnelvann fant sted.

9. En beregning av spredningen av vannløslige forbindelser er utført ved modell-beregning. Modellberegningene er utført på ammonium og pH, som sammen danner giftig ammoniakk. Konsentrasjonskartene er ment å vise et verste tilfelle, dvs. maksimale konsentrasjoner ved ugunstige forhold. Utslipet når et maksimum innen et døgn. Vi har antatt at kun vannføringen i tilløpet bidrar til å drive strømmene i bukta. Dersom tidevannet, kyststrøm eller vannet fra elva ved Tønsberg påvirker strømmene inne i bukta, vil strømmene bli sterkere og konsentrasjonene lavere pga fortykning. Metaller og PAH vil i meget liten grad være i vannfase og spredningen av disse er antydnet ved konsentrasjoner i sedimentet.

10. Ved dette scenariet fortyknes tunnelvannet i møte med Homannsbekken til ca 0,45 mg/L ammonium. pH reduseres til ca 10,5. Andelen ammoniakk er fremdeles høy og ligger omkring 70-80 % ved temperatur 2 - 4 °C. Situasjonen ved utløpet av Homannsbekken vil da være at vannet har en ammoniakk-konsentrasjon på omkring 0,4 mg/L. Ut i den indre delen av Ilene sprer ammonium og pH seg utover og fortyknes. pH reduseres raskt til ca. 10 og ammonium tilsvarende. Deretter reduseres pH gradvis til 9 omkring 300 m ut i bukta. Fortynningen fortsetter utover og når en naturlig pH for sjøvann omkring 8 – 8,5 lengre ut i bukta.

11. Det er ikke biologiske prøver fra de forurensningsutsatte områdene. Vurderingene av biologiske virkninger og tap er basert på generelle vurderinger sett i forhold til giftige forbindelser og akkumulerbare miljøgifter. Ved en antatt generell toleransegrense for faunaen i området på 0,1 mg/L ammoniakk, vil det være ulevelige forhold etter utslippet i Kortenbekken og de nedre delene av Homannsbekken samt i det innerste området av Ilene. Ute i Ilene er området som antas vesentlig påvirket av giftige konsentrasjoner av ammoniakk forholdsvis begrenset; omkring 20 - 50 meter i en vifteform ut fra Homannsbekkens utløp. Giftvirkningen opphørte når utslippet ble stoppet.

12. I tunnelutslippet ble det registrert enkelte biologisk akkumulerbare forurensninger. Alvorlige klororganiske miljøgifter som PCB ble bare funnet i gamle sedimenter. B(a)P og andre karsinogene PAH-forbindelser er imidlertid forholdsvis lite løselige i vann. Sedimentprøvene indikerte liten/ingen spredning av disse forbindelsene ut i Ilene naturreservat. Av tungmetaller var det forholdsvis lave konsentrasjoner i sedimentet. Av akkumulerbare metaller er kvikksølv den klart alvorligste miljøgiften. Den ble funnet i forhøyede konsentrasjoner i det gamle sedimentet i Kortenbekken.

13. Faren for økt akkumulering av miljøfarlige forbindelser grunnet dette utslippet er liten. Vi regner med at det alt vesentlige av forbindelsene blir fjernet i forbindelse med fjerning av sedimentet, og at lite har kommet ut i Ilene. Fordi det gamle sedimentet inneholdt forhøyede konsentrasjoner av flere av alvorlige akkumulerbare miljøgifter (PCB, DDT, B(a)P, Hg), har det vært viktig å fjerne dette som forurensningskilde til naturreservatet.

14. Samlet sett har den biologiske effekten av tunnelutslippet i bekkene og Ilene naturreservat derfor vært relativt liten, og begrenset til gifteffekter i nedre del av Homannsbekken og det nærmeste gruntområdet ved utløpet.

15. For å få reetablert normal fauna i Kortenbekken har det vært nødvendig å fjerne nytt og gammelt sediment. Reetableringen av naturlig fauna til de helt eller delvis ødelagte områdene vil gå raskt. Den starter umiddelbart etter at det er oppnådd levelige forhold og skyter fart utover våren og sommeren. Det vil trolig være tilnærmet naturlige forhold innen et år eller to, avhengig av hva slags fauna som gikk tapt. Det avhenger imidlertid av at vesentlige forurensningstilførsler fra anlegg og overvannsnett til Kortenbekken opphører.

# 1. Innledning

I desember 2004 var det et utslipp av tunnelvann fra tunnelanlegget ved Kjelle til Kortebekken. Kortebekken fører videre til Homannsbekken og ut i Ilene naturreservat. Statens vegvesen ble pålagt av Fylkesmannens Miljøvernavdeling i Vestfold å gjøre kjemiske analyser av forurensninger i avløpsvannet og i det sedimenterte slammet i bekken. Etter å ha kartlagt forurensningsgrad og utbredelse av sedimentert tunnelslam, ble det utarbeidet tiltaksplaner og satt i gang arbeid med å fjerne forurenset sediment fra utslippet av tunnelvann, samt opprinnelig forurenset sediment. Under arbeidet med tiltaket viste det seg at mengden gammelt forurenset sediment var større enn tidligere antatt. Ytterligere prøver ble tatt fra dette sedimentet og resultatene er rapportert i den foreliggende rapporten. Tiltaket for opprensning er pr. i dag gjennomført med meget godt resultat.

Den foreliggende rapporten sammenfatter resultater fra tidligere notater laget i forbindelse med de kjemiske analysene av sedimentprøvene, samt utbredelse av forurenset sediment til Homannsbekken og Ilene. Rapporten inkluderer også supplerende analyseresultater av gamle sedimenter oppstrøms gangbroen avdekket under opprenskningsarbeidet.

Eventuelle biologiske virkninger i resipientene er tidligere bare grovt vurdert for området nærmest utslippet uten kjennskap til den reelle biologiske før-tilstanden. Virkninger for plante og dyreliv i Kortebekken, Homannsbekken, samt naturreservatet er ytterligere vurdert i denne rapporten. Det er fremdeles en teoretisk vurdering, da det ikke foreligger biologiske data før utslippet. Vurderingen er basert på følgende:

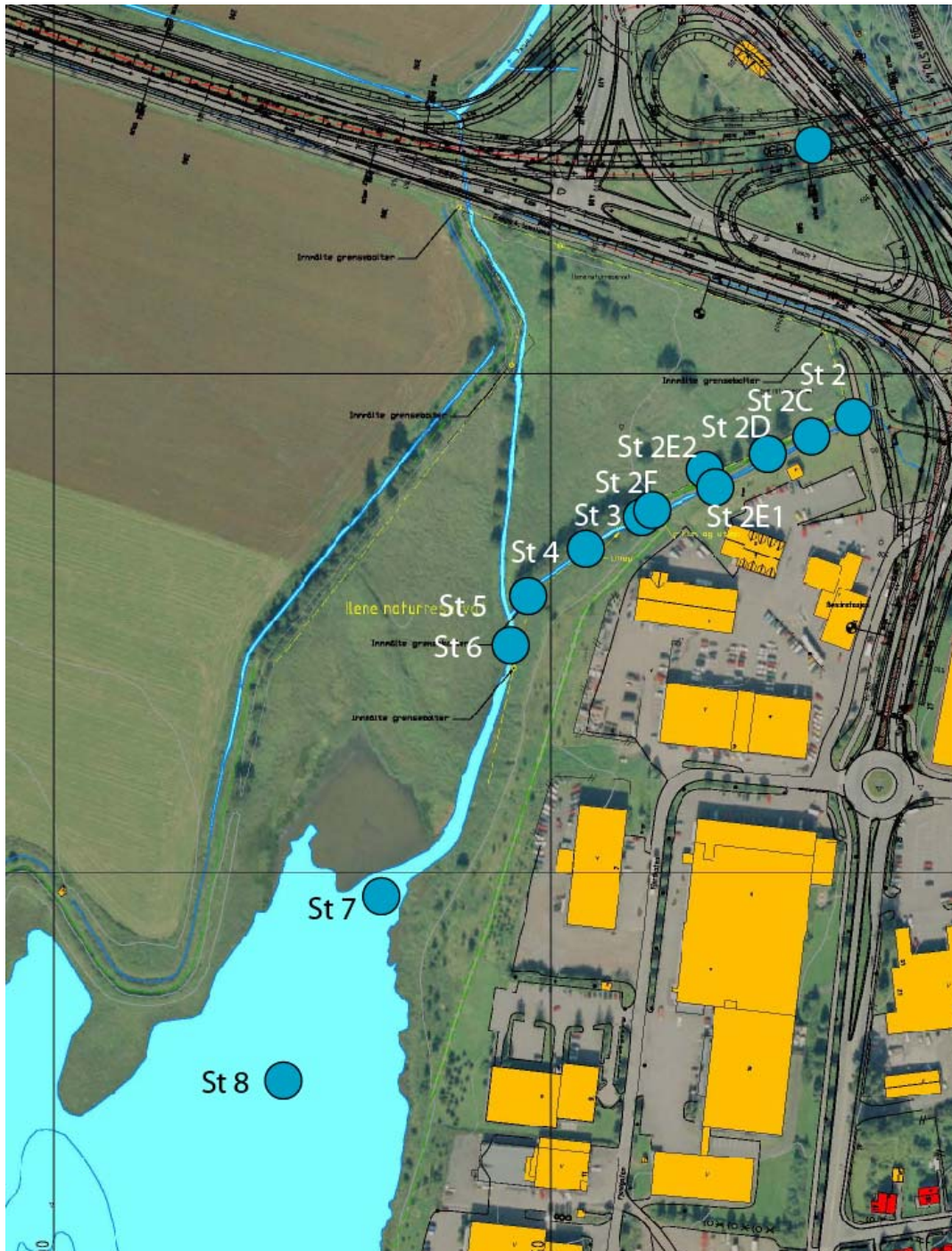
1. Modellberegninger kan gi ulike scenarier for hvordan spredning og fortykning av ammonium og pH kan ha foregått etter utslippet. Spredningsforløpet er beregnet ved en matematisk strømningsmodell. De biologiske effektene er skjønnsmessig vurdert.
2. Spredning av biologisk akkumulerbare forurensninger. Vurderes fra sedimenterte forurensninger.
3. Spredningen av forurensede sedimenter.

## 2. Materiale og metoder

Vannprøve fra pumpegrop utenfor tunnelen ble hentet 7. januar 2005. Det ble analysert på parametere relevante for tunnelvann: partikler, pH, ammonium, tungmetaller, PAH og olje. Samtidig ble det tatt sedimentprøver i Kortebekken fra området oppstrøms gangbroen (Notat: NIVA og Multiconsult 13.1.2005). Sedimentprøver ble senere tatt også i den nedre delen av Kortebekken, nedre del av Homannsbekken og ute i Ilene naturreservat (Notat: NIVA 2.2.2005) (**Figur 1**). Under arbeidet med opprensningen av den øvre delen av bekken ble det avdekket oljeholdige gamle sedimenter under det nylig sedimenterte slammet fra tunnelvannet. Det ble tatt prøver også fra dette sedimentet. Sedimentprøvene ble analysert på pH, tungmetaller (inkludert kvikksølv), olje, PAH, PCB og et utvalg andre klororganiske forbindelser. Alle prøver ble tatt med standard utstyr etter standard prosedyrer. Prøvene ble delvis analysert av NIVAs kjemilaboratorium og delvis av Analytica AB. Sedimenter fra første prøvetaking og organiske miljøgifter fra siste prøvetaking ble analysert av Analytica. De øvrige prøvene ble analysert av NIVA.



Det foreligger ikke før/etter-undersøkelser av plante og dyrelivet i resipientene. Biologiske effekter er derfor basert på en modellberegning av spredning og konsentrasjoner av ammonium og pH i resipientene, samt på registrering av akkumulerbare forbindelser.



**Figur 1.** Prøvetakingsstasjoner for sedimentprøver.



## 3. Resultater

### 3.1 Vannprøve fra pumpegrop

Vannprøven ble tatt fra St 1, området utenfor tunnelen. Den var preget av avrenning fra udetonert sprengstoff og avrenning fra uherdet betong. Dette var tydelig demonstrert ved høye konsentrasjoner av ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), henholdsvis 2,9 og 6,3 mgN/L, samt meget høy pH på 10,7 (**Tabell 1**). Det innebærer at nærmere 90 % av ammoniumkonsentrasjonen vil være i form av ammoniakk. Vannprøven hadde meget høyt partikkelinnhold (turb). Konsentrasjonene av metaller var også relativt høye. Vi kjenner imidlertid ikke fordelingen mellom biologisk tilgjengelige fraksjoner og partikkelbundne fraksjoner. Trolig er det meste partikkelbundet og relativt lite tilgjengelig for biota. Konsentrasjonen av total PAH, samt den karsinogene delen (KPAH) og PAH forbindelsen B(a)P, var også forholdsvis høy i vann fra pumpegropa, det samme var konsentrasjonen av olje.

**Tabell 1.** Konsentrasjoner av forurensninger funnet i vann fra pumpegropa utenfor tunnelåpningen, St 1, den 7. januar 2005.

	pH	TURB FNU	$\text{NH}_4$ mg/l N	$\text{NO}_3$ mg/l N	PAH ng/l	KPAH ng/l	B(a)P ng/l	Olje µg/l		
St 1 Tunnelutløp	10,72	1775	2,9	6,28	2960	779	170	2200		
	As Mg/l	Cd mg/l	Cr mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Sn mg/l	Zn mg/l
St 1 Tunnelutløp	<0,025	<0,0015	0,018	0,036	15,5	1,13	0,009	<0,015	<0,015	0,24

### 3.2 Sedimenter

#### 3.2.1 Beskrivelse

Det var sedimentert slam fra tunnelvirksomheten i bekken. Sedimentet ved St 2 (utløp rør) besto vekselvis av rødlige lag med steinstøv og mer sementlignende lag (tynnere lag). Sedimenttykkelsen ved denne stasjonen var ca. 70 – 80 cm.

Mellom St 2 og St 3 ble det tatt prøver spesielt med tanke på forurensninger i det gamle sedimentet i bekken:

St 2C: 2 cm tykt sand/grusholdig lag på toppen, 22 cm svart lag av leire, delvis organisk.

St 2D: 5 cm på topp sandig og svart, 20-25 cm leire, svart.

St 2E2: 10 cm svart organisk lag.

St 2E1: 10 cm svart, organisk lag på toppen, nedenfor 25 cm sandig svart lag.

St 2F: 30 cm svart leirelag.

Ved St 3 (nedstrøms gangbro) var tykkelsen på det deponerte slamlaget 10-12 cm, bestående av rødlig steinstøv og grålig sementholdig lag.

Sedimentet ved St 4, 30 m nedstrøms gangbroen i Kortenbekken, bestod av rødlig lag med steinstøv innblandet noe grålig sementstøv. Laget var omkring 10-15 cm tykt (Figur 2A). Det ble ikke observert klar lagdeling mellom steinstøv og sementstøv i denne prøven. Under dette laget var et svart lag omkring 10-12 cm tykt. Dette hadde en oljeaktig konsistens og klar lukt av olje.

Sedimentet ved St 5, 2 m før utløp i Homannsbekken, hadde omkring 2 cm tykt lag med sementstøv over omkring 10 cm lag med rødlig steinstøv. Under disse lagene var det bare en tynt lag opprinnelig løst sediment over hard leirebunn.

Sedimentet ved St 6, omkring 5-10 m nedstrøms samløp med Kortenbekken, hadde omkring 9 cm tykt sementlag på toppen og omkring 18 cm tykt lag med rødlig steinstøv, innblandet noe sementstøv, under (Figur 2 B). Under dette laget var et forholdsvis tett gråsvart seigt leirelag.

Sedimentet ved St 7, utløpet av Homannsbekken, besto av grå leire. Det ble bare tatt prøve fra overflatesedimentet (ca. 2 cm).

Sedimentet ved St 8, ute i Ilene, besto av grå leire. Det ble bare tatt prøve fra overflatesedimentet (ca. 2 cm).



A)



B)

**Figur 2.** Sedimentprøver fra St 4 (A) og St 6 (B) 21.1.2005.



**Figur 3.** Nytt (rødt) og gammelt sediment fra Kortenbekken framkommet under arbeidet med opprensningen oppstrøms gangbroen.

### 3.2.2 Forurensninger

#### pH og tungmetaller

pH-verdiene var meget høye (mellom 11,8 og 12,5) i alle sedimentlagene som hadde sin opprinnelse i utslippet fra tunnelarbeidet (**Tabell 2**). De opprinnelige lagene i bekkeløpet hadde pH verdier mellom 7,1 og 9,6. De høyeste verdiene her skyldes trolig lekkasje inn fra de ovenforliggende, sterkt basiske lagene.

Konsentrasjonene av tungmetaller var for de fleste metallene forholdsvis lave (**Tabell 2**). Sedimentene ble i henhold til SFTs kvalitetskriterier karakterisert som ubetydelig- eller moderat forurenset (henholdsvis klasse I og II). Det ble imidlertid registrert flere prøver som var markert forurenset av krom (Cr) (klasse III, svenske kriterier, da norske ikke finnes). Først og fremst var dette prøver fra det opprinnelige sedimentet, men også noen prøver fra det nyanlagte sedimentet. Prøve St 4B fra det opprinnelige sedimentet (ca 30 m nedstrøms gangbroen) var markert forurenset også av kadmium (Cd) og kobber (Cu). Også for de andre metallene var konsentrasjonene i denne prøven gjennomgående høyere enn i de andre. Prøver fra det opprinnelige sedimentet ved St 2 B og ved St 4B var markert forurenset av kvikksølv (Hg). Konsentrasjonene av tungmetaller ved St 8 ute i Ilene var lave.

Den nye prøveserien (St 2C-St 2F) fra det gamle sedimentet oppstrøms broen stadfestet at det her er til dels høye konsentrasjoner av krom, kobber og kvikksølv. Sedimentet var sterkt forurenset med hensyn på kobber ved ett tilfelle. For kvikksølv var sedimentet sterkt forurenset i to prøver, mens de fleste andre var markert forurenset (**Tabell 2**).

#### Olje

Det var forholdsvis høye konsentrasjoner av olje (C14-C40) både i sedimenter med hovedbestanddel av grått sementstøv og rødt borestøv (**Tabell 3**). Konsentrasjonene varierte fra 850 mg/kg i det øverste laget ved St 2A i Kortenbekken til 12 000 mg/kg i laget med borestøv fra St 6B i Homannsbekken. I de fleste prøvene fra det opprinnelige sedimentet var innholdet av olje forholdsvis lavt. Unntak fra dette var prøven fra St 4B, 30 m nedstrøms gangbroen over Kortenbekken. Denne prøven hadde høy konsentrasjon av olje (8 200 mg/kg). I dette sedimentet kunne olje i fri fase også påvises visuelt og ved lukt. For de andre prøvene med høyt oljeinnhold ble det ikke visuelt registrert olje i fri fase. Ved utløpet av Homannsbekken og ute i Ilene var konsentrasjonene forholdsvis lave.

Den nye prøveserien (St 2C-St 2F) fra det gamle sedimentet oppstrøms broen viste varierende konsentrasjoner av olje. Der sedimentet ble analysert i overflatesjiktet og i et dypere sjikt var det stort sett samsvar mellom konsentrasjonene; lave verdier i overflaten hadde lave verdier lengre nedover i kjernen (**Tabell 3**).

**Figur 4** viser fordelingen av olje i de nye og gamle sedimentene og hvordan forurensningen avtar i utløpet av Homannsbekken og Ilene.

#### PAH

Konsentrasjonene av sum PAH 16 forbindelser (EPA standard) var noe forhøyet i det nylig tilførte sedimentet sett i forhold til naturlig bakgrunn. Konsentrasjonene var likevel forholdsvis lave (**Tabell 3**). I henhold til SFTs kvalitetskriterier for fjorder og kystfarvann var disse sedimentene moderat forurenset av sum PAH 16 (forurensningsklasse II). De opprinnelige sedimentene i Kortenbekken hadde vesentlig høyere konsentrasjoner av sum PAH 16. Disse sedimentene ble karakterisert som markert (forurensningsklasse III) eller sterkt forurenset (forurensningsklasse IV) av sum PAH 16. Andelen karsinogent PAH (KPAH) utgjorde omkring 1/3 av totalen for de fleste prøvene. PAH-forbindelsen benzo(a)pyren (B(a)P) anvendes som indikator for PAH forurensninger. B(a)P er en karsinogen forbindelse, og det er egne kriterier for denne. Det nylig anlagte sedimentet i Kortenbekken var markert forurenset av B(a)P, mens de opprinnelige sedimentene var sterkt eller meget sterkt

forurenset (forurensningsklasse V). Sedimentprøvene fra Homannsbekken og Ilene var moderat eller ubetydelig forurenset av PAH 16 og B(a)P.

Den nye prøveserien (St 2C-St 2F) fra det opprinnelige sedimentet oppstrøms broen viste varierende konsentrasjoner av PAH (**Tabell 3**). Konsentrasjonene var sammenlignbare med de som tidligere var registrert. Forurensningsgrader var for de fleste prøvene moderat, men for enkelte prøver ble det registrert markert og sterk forurensning mht PAH. Tilsvarende var bildet for PAH forbindelsen B(a)P. For denne forbindelsen var imidlertid de fleste prøvene markert forurenset.

**Figur 4** viser fordelingen av PAH og B(a)P i de nye og gamle sedimentene og hvordan forurensningen avtar i Homannsbekken og Ilene.

#### **Klororganiske og BTEX**

Av klororganiske forbindelser ble PCB funnet i noe forhøyede konsentrasjoner i de opprinnelige sedimentene på St 4B i Kortebekken og på St 7 i utløpet av Homannsbekken (**Tabell 4**). HCB (heksaklorbensen) ble funnet i prøve på St 4A og St 4B. Andre klororganiske forbindelser ble bare funnet i prøven ved St 4B. Her ble det funnet noe forhøyede konsentrasjoner av 5 og 6 klorerte bensener (QCB og HCB) tilsvarende forurensningsklasse II (moderat). Nedbrytningsproduktene DDE og DDD av plantevernmidlet DDT hadde konsentrasjoner som i sum tilsvarte markert forurenset sediment.

BTEX forbindelsene ble bare funnet i prøven fra St 4B. BTEX består av forbindelser der bensen er hovedbestanddelen. De finnes bl.a. i bensin og løsemidler.

Den nye prøveserien (St 2C-St 2F) fra det opprinnelige sedimentet oppstrøms broen viste forholdsvis høye konsentrasjoner av PCB. De fleste prøvene var markert forurenset, men en prøve var sterk forurenset. Den forholdsvis høye deteksjonsgrensen medfører at konsentrasjoner tilsvarende moderat eller ubetydelig forurenset ikke registreres. Nedbrytningsproduktene DDE og DDD av plantevernmidlet DDT hadde konsentrasjoner som i sum tilsvarte markert og sterkt forurenset sediment. BTEX forbindelser ble også sporadisk registrert. Høyest verdier ble funnet for xylen og etylbenzen i dype sedimentlag.

**Tabell 2.** pH og konsentrasjoner av tungmetaller i sediment i Kortenbekken (St 2-St5), Homannsbekken (St 6 og St 7) og Ilene (St 8) (fra 07.01 og 21.1.2005). For stasjonsplassering se kartfigur. Metallene er oppgitt på tørrvektbasis. Sedimentet er klassifisert etter typer: **R** = rødlig, i hovedsak boreslam; **S** = grått, sementholdig; **G** = gammelt sediment, sedimentlag under det nylig anlagte slamlaget fra utslippet. Fargene henviser til SFTs klassifisering av forurensninger i ferskvannsedimenter. For Cr er det anvendt svenske kriterier fordi norske ikke eksisterer. Celler uten farge angir enten at det ikke eksisterer kriterier eller at kriteriene ikke kan anvendes pga. unøyaktig tallgrunnlag.

		I - Ubetydelig		II - Moderat		III - Markert		IV - Sterkt		V - Meget sterkt	
Stasjon	Type	pH	As mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Sn mg/kg	Zn mg/kg
St 2 A	<b>R</b>	12,0	5,8	0,37	18	32	<0,30	10	22		204
St 2 B	<b>G</b>	7,1	8,2	0,46	27	44	0,79	24	66		153
St 2C 0-5 cm	<b>G</b>		11,0	4,1	22,6	247	1,14	33,4	131	5	433
16-22cm	<b>G</b>		14,0	3,1	32,8	1270	1,27	126	288	8	1040
St 2D 0-5 cm	<b>G</b>		6,0	0,6	18,4	138	1,61	22,8	86,4	<3	224
20-25 cm	<b>G</b>		7,1	0,89	20,0	156	2,23	27,4	88,9	3	288
St 2E1 0-5 cm	<b>G</b>		4,0	0,4	9,2	48	0,24	12,0	30,5	<2	138
20-25cm	<b>G</b>		6,0	1	17,0	135	0,74	22,6	97,3	<2	330
St 2E2	<b>G</b>		4,0	0,4	12,2	79	0,80	13,5	48,0	<2	190
St 2F	<b>G</b>		7,5	0,3	22,0	90	0,46	24,2	29,0	<3	136
St 3 A	<b>R/S</b>	12,2	6,6	0,26	27	55	<0,30	14	25		125
St 3 B	<b>G</b>	9,6	8,5	0,68	47	100	0,49	34	89		259
St 4A	<b>R</b>	12,1	11,3	0,5	22,9	51,6	0,32	14,1	22,0	<0,8	236
St 4B	<b>G</b>	9,7	10,4	2,7	37,0	315,0	0,81	38,2	186,4	2,0	746
St 5A	<b>S</b>	12,5	11,0	<0,06	16,2	36,6	0,04	10,6	14,7	<0,8	267
St 5B	<b>R</b>	11,9	10,6	0,5	38,6	90,5	0,01	15,9	27,0	<1	128
St 6A	<b>S</b>	12,3	7,3	0,5	32,1	78,1	0,02	13,9	24,8	<0,5	118
St 6B	<b>R</b>	11,8	12,6	<0,06	14,2	31,6	0,02	9,5	12,6	<0,8	279
St 6C	<b>G</b>	8,5	8,3	0,2	29,3	20,1	0,03	26,4	13,7	<1	90
St 7	<b>G</b>		6,1	0,4	22,9	26,9	0,27	19,9	18,4	<0,8	127
St 8	<b>G</b>	7,7	4,7	0,2	13,9	14,1	0,12	11,8	11,9	<0,8	78

**Tabell 3.** Konsentrasjoner av organiske miljøgifter og olje i sediment i Kortenbekken (St 2-St5), Homannsbekken (St 6 og St 7) og Ilene (St 8) (fra 7.1 og 21.1.2005). For stasjonsplassering se kartfigur. For andre forklaringer se **Tabell 2**.

		I – Ubetydelig		II - Moderat		III – Markert		IV - Sterkt		V – Meget sterkt	
		TTS	Sum PAH		Sum KPAH	KPAH	Sum NPD	Olje			
			%	16					B(a)P	C14-C40	
			µg/kg tv	µg/kg tv	µg/kg tv	%	µg/kg tv	mg/kg			
St 2 A	<b>R</b>		1010	91				854			
St 2 B	<b>G</b>		5550	370				177			
St 2C 0-5 cm	<b>G</b>		820	39	240	29		1000			
16-22cm	<b>G</b>		8200	200	1900	23		4970			
St 2D 0-5 cm	<b>G</b>		900	56	400	44		106			
20-25 cm	<b>G</b>		1500	77	580	39		124			
St 2E1 0-5 cm	<b>G</b>		1300	91	620	48		150			
20-25cm	<b>G</b>		2600	120	1100	42		365			
St 2E2	<b>G</b>		870	110	340	39		130			
St 2F	<b>G</b>		1400	48	380	27		1020			
St 3 A	<b>R/S</b>		1780	140				3488			
St 3 B	<b>G</b>		6080	510				429			
St 4 A	<b>R</b>	17,7	1823	140	620	34	220	2800			
St 4 B	<b>G</b>	34,6	6323	330	1894	30	870	8200			
St 5 A	<b>S</b>	21,8	1632	130	572	35	180	6100			
St 5 B	<b>R</b>	18,9	392,3	24	129	33	59	2800			
St 6 A	<b>S</b>	13,7	361,2	22	115	32	65	1600			
St 6 B	<b>R</b>	19,0	716,2	48	221	31	100	12000			
St 6 C	<b>G</b>	57,6	46,2	2,5	15,1	33	5,9	120			
St 7	<b>G</b>	44,6	390,2	28	151	39	30	500			
St 8	<b>G</b>	59,7	179,1	16	79,2	44	7,9	200			

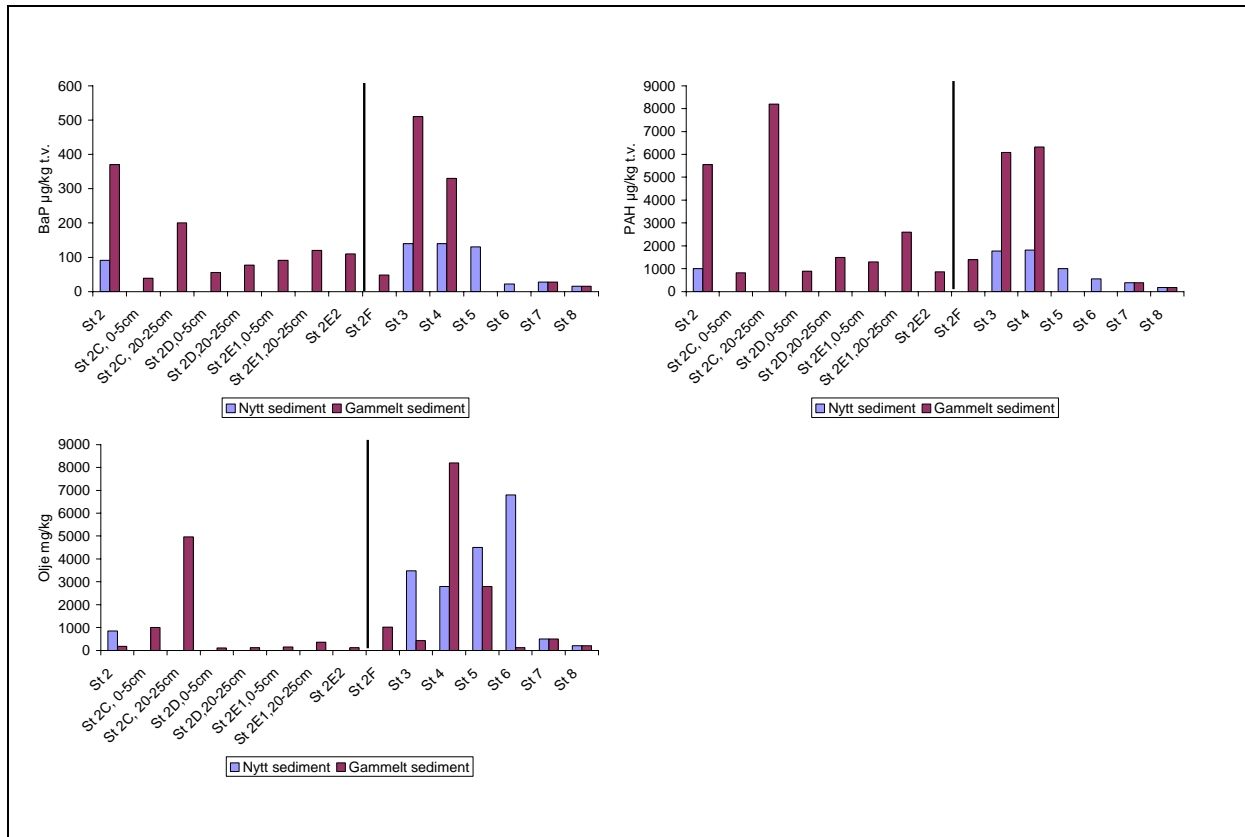
**Tabell 4.** Konsentrasjoner av PCB og andre utvalgte klororganiske forbindelser. Farger henviser til SFTs klassifiseringssystem for marine sedimenter. \*DDT er her satt som summen av nedbrytningsproduktene DDE og DDD. Andre forklaringer se **Tabell 2**.

		I - Ubetydelig	II - Moderat	III - Markert	IV - Sterkt	V - Meget sterkt					
			PCB µg/kg tv	QCB µg/kg tv	α-HCH µg/kg tv	γ- HCH µg/kg tv	HCB µg/kg tv	OCS µg/kg tv	DDE µg/kg tv	DDD µg/kg tv	DDT* µg/kg tv
St 2C	0-5 cm	<b>G</b>	62	<10	<10	<10	<10		11	14	25
	16-22cm	<b>G</b>	230	<10	<10	<10	<10		27	29	56
St 2D	0-5 cm	<b>G</b>	<25	<10	<10	<10	<10		<10	<10	
	20-25 cm	<b>G</b>	31	<10	<10	<10	<10		<10	16	16
St 2E1	0-5 cm	<b>G</b>	61	<10	<10	<10	<10		<10	<10	
	20-25cm	<b>G</b>	36	<10	<10	<10	<10		<10	<10	
St 2E2		<b>G</b>	<25	<10	<10	<10	<10		<10	<10	
St 2F		<b>G</b>	<25	<10	<10	<10	<10		<10	<10	
St 4 A		<b>R</b>	0	<0,2	<0,5	<0,5	0,67	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
St 4 B		<b>G</b>	23,22	0,97	<0,5	<0,5	1,10	<0,5	15	11	26
St 5 A		<b>S</b>	0	<0,2	<0,5	<0,5	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
St 5 B		<b>R</b>	0	<0,2	<0,5	<0,5	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
St 6 A		<b>S</b>	0	<0,2	<0,5	<0,5	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
St 6 B		<b>R</b>	0	<0,2	<0,5	<0,5	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
St 6 C		<b>G</b>	0	<0,2	<0,5	<0,5	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
St 7		<b>G</b>	15,6	<0,2	<0,5	<0,5	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
St 8		<b>G</b>	0	<0,2	<0,5	<0,5	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5



**Tabell 5.** Konsentrasjoner av BTEX forbindelser. Andre forklaringer se **Tabell 2**

		Benzen	Etyl benzen	Toluen	Xylen	124 trimetyl benzen	135 trimetyl benzen	Xylol
		mg/kg tv	mg/kg tv	mg/kg tv	mg/kg tv	mg/kg tv	mg/kg tv	mg/kg tv
St 2C	0-5 cm	<b>G</b>	<20	<20	<10	25		
	16-22cm	<b>G</b>	<20	81	<10	150		
St 2D	0-5 cm	<b>G</b>	<20	<20	<10	<20		
	20-25 cm	<b>G</b>	<20	<20	<10	<20		
St 2E1	0-5 cm	<b>G</b>	<20	<20	<10	<20		
	20-25cm	<b>G</b>	<20	<20	<10	39		
St 2E2		<b>G</b>	<20	<20	<10	<20		
St 2F		<b>G</b>	<20	<20	<10	35		
St 4 A		<b>R</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
St 4 B		<b>G</b>	<0,05	<0,05	<0,05	0,15	0,5	3,9
St 5 A		<b>S</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
St 5 B		<b>R</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
St 6 A		<b>S</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
St 6 B		<b>R</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
St 6 C		<b>G</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
St 7		<b>G</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
St 8		<b>G</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05



**Figur 4.** Fordelingen av B(a)P, PAH og olje i gammelt og nytt sediment fra øverst i Kortenbekken (St 2) til ut i Ilene (St 8). Linje ved St 2F angir plassering av gangbro. Ved St 7 og St 8 er det bare sett på overflatesedimentet. Gammelt og nytt er derfor angitt med samme verdi.

### 3.3 Spredning

#### 3.3.1 Sedimenter

I tillegg til de kjemiske analysene ble det visuelt gjort registreringer for å avdekke sediment som kunne komme fra utslippet. Utover prøvene som er omtalt ovenfor, ble det tatt prøver i den nærmeste delen av Homannsbekken oppstrøms samløpet med Kortenbekken. Bunnen viste seg delvis å være hard leirebunn eller planterike områder med mye delvis nedbrutte plantedeler. Det ble ikke registrert boreslam på dette området. På St 6 i Homannsbekken ble det registrert et tykt sedimentlag fra utslippet (**Figur 2**). Nedstrøms denne prøven ble det derfor gjort flere forsøk på å få opp flere prøver av samme type sediment. Bunnen viste seg imidlertid å være hard leire i bekkeløpet, og oppvirvling av vannmassene langs kantene viste ingen tegn på slam fra utslippet. I Homannsbekken kunne vi derfor ikke visuelt påvise sedimenter fra utslippet nedstrøms et ganske veldefinert område ved St 6. Området hadde en nedre utstrekning til ca 15 m nedstrøms samløpet med Kortenbekken.

Homannsbekken, fra omkring 30-40 m nedstrøms St 6 og til utløpsosen, var utilgjengelig pga. et sammenfrosset lag av grener og andre plantedeler, og ble derfor ikke undersøkt. Det ble ikke visuelt påvist slam fra utslippet ved utløpet av Homannsbekken eller ute i Ilene.

Det ble registrert noe forhøyede konsentrasjoner av olje og enkelte andre forurensninger ved utløpet av Homannsbekken og et stykke ut Ilene. Det kan ikke utelukkes at forurensninger fra utslippet kan ha bidradd til disse forurensningene, men den lave forurensningen kan like gjerne forklares med

spredning av forurensninger fra det gamle sedimentet i Kortenbekken eller fra andre ikke registrerte kilder. Et klart eksempel på det er PCB, som ble funnet i utløpet av Homannsbekken, men ellers bare ble registrert i det gamle sedimentet (St 4B).

Det kan altså ikke utelukkes at de minste slampartiklene kan ha spredd seg til utløpet av Homannsbekken og de nærmeste delene av Ilene, men de lave konsentrasjonene av forurensninger som ble registrert i sedimentet her kan like gjerne forklares med spredning av forurensninger fra det gamle sedimentet i Kortenbekken eller fra andre kilder.

### 3.3.2 Ammonium og pH

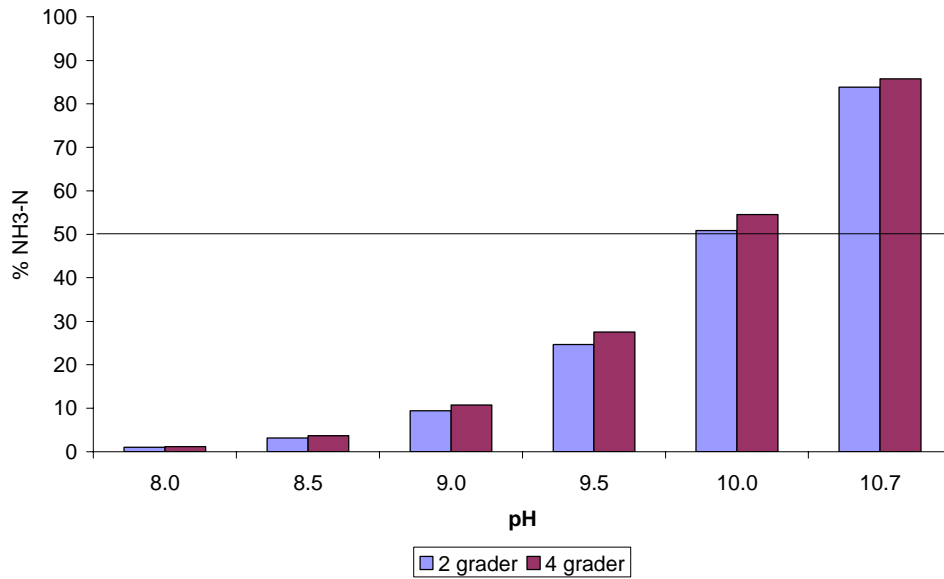
Spredning av vannløslige forbindelser er utført ved modellberegninger. Modellberegningene er utført på ammonium og pH, som sammen danner giftig ammoniakk. Ved modellberegningen gis det en sannsynlig startkonsentrasjon og det beregnes konsentrasjoner utover i reservatet ved ulike scenarier i forhold til strømningsforhold og innblandingsforhold mellom ferskvann og saltvann. Modellen må tolkes forsiktig, men gir likevel en antydning om spredningsforholdene og mulige konsentrasjoner. Ammonium i fra utslippet av tunnelvann kommer i hovedsak fra rester av udetonert sprengstoff, mens pH verdien er i hovedsak bestemt av avrenning fra uherdet betong. Ammonium danner sammen med høy pH giftig ammoniakk. I utslippperioden i begynnelsen av desember 2004 lå det is over Ilene. Det er derfor ikke lagt inn vindpåvirkning på strøm og turbulens i modellen.

Konsentrasjonskartene er ment å vise et verste tilfelle, dvs. maksimale konsentrasjoner ved ugunstige forhold. Utslipet når et maksimum innen et døgn. Vi har antatt at kun vannføringen i tilløpet bidrar til å drive strømmene i bukta. Dersom tidevannet, kyststrøm eller vannet fra elva ved Tønsberg påvirker strømmene inne i bukta, vil strømmene bli sterkere og konsentrasjonene lavere.

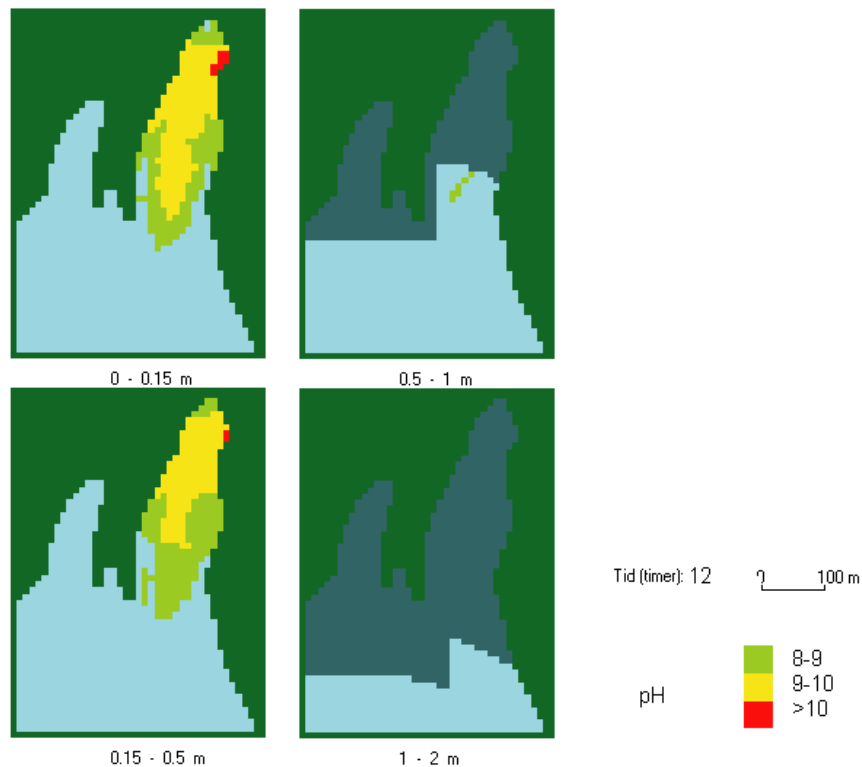
Vi har antatt at den øverste halvmeteren består av ferskvann. Vannet fra tilløpet og utslippet brer seg på grunn av tetthetsforskjeller hovedsakelig innen dette overflatelaget. Kun en meget liten del når dypere ned. Vannstanden innerst i bukta ble antatt å være 25 cm. Dersom det var spesielt lav vannstand ville utslippet blitt tilført bukta noen hundre meter lenger ut. Det er større sjanse for at utslippet da ville ha blitt spredt som følge av strømmer forårsaket av andre faktorer enn det lokale tilsiget innerst i bukta. Stoffet ville i så fall blitt raskere fortynnet og dermed fått lavere konsentrasjoner enn det simuleringene viser.

Konsentrasjonen av ammonium ut i Kortenbekken under utslippsepisoden er ukjent. Konsentrasjonene i tunnelvannet vil variere i forhold til sprengningsaktiviteten i tunnelen, og i forhold til typen fjell det sprenges i. Dårlig fjell medfører mer udetonerte sprengstoffrester og derved større avrenning. Konsentrasjonen målt i vannet fra pumpegropa den 7. januar lå omkring 3 mg/L. Vi har derfor anvendt denne konsentrasjon som utgangspunkt for spredningsmodellen. pH vil også variere i tunnelavrenningen. Den avhenger av hvor mye søl det blir av uherdet betong. Konsentrasjonen målt i pumpegropa den 7. januar 2005 var 10,7. Ved denne pH er omkring 90 % av ammonium i form av ammoniakk. Vi har anvendt denne pH verdien som utgangspunkt i spredningsmodellen. Samlet vannføring i Kortenbekken er satt til 4L/s. Vannføringen i Homannsbekken synes å være ganske stabil i perioder uten nedbør. Den er målt ved flere anledninger og er i beregningene satt til 30 L/s.

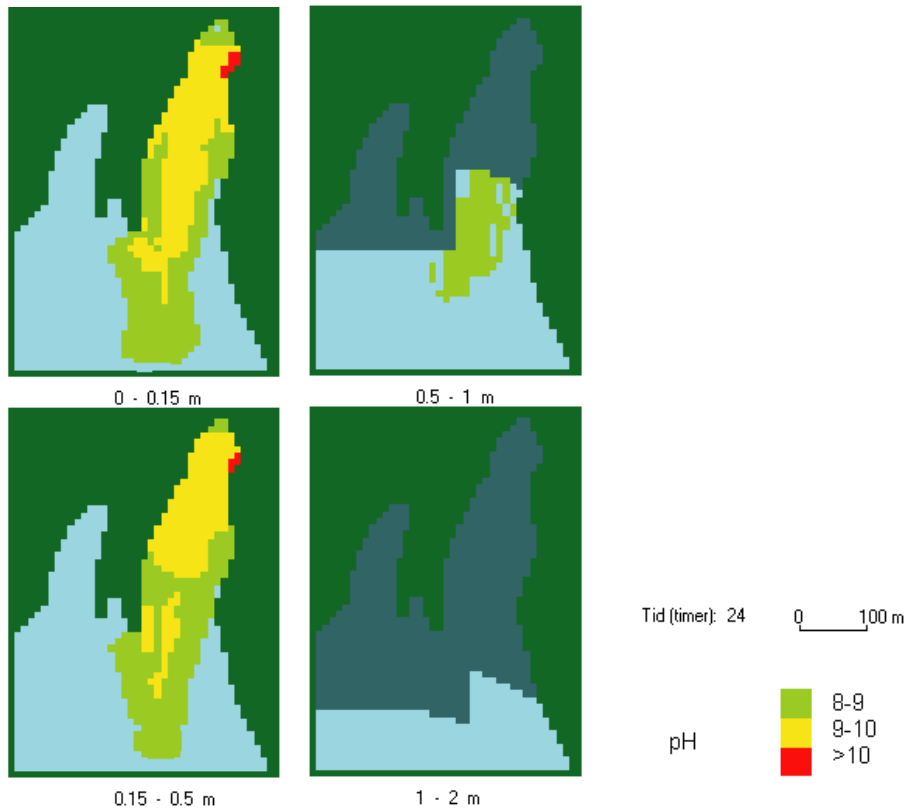
Ved dette scenariet fortynnes tunnelvannet i møte med Homannsbekken til en konsentrasjon på ca 0,45 mg/L av ammonium. pH reduseres da til ca. 10,5. Andelen ammoniakk er fremdeles høy og ligger omkring 70-80 % ved temperatur 2 - 4 °C (**Figur 5**). Situasjonen ved utløpet av Homannsbekken vil da være at vannet har en ammoniakk konsentrasjon på omkring 0,4 mg/L. Ut i den indre delen av Ilene sprer ammonium og pH seg utover og fortynnes. pH reduseres raskt til 10 og ammonium tilsvarende. Deretter reduseres pH gradvis til 9 i omkring 300 m ut i bukta. Fortynningen fortsetter utover og når en naturlig pH omkring 8 – 8,5 lengre ut i bukta.



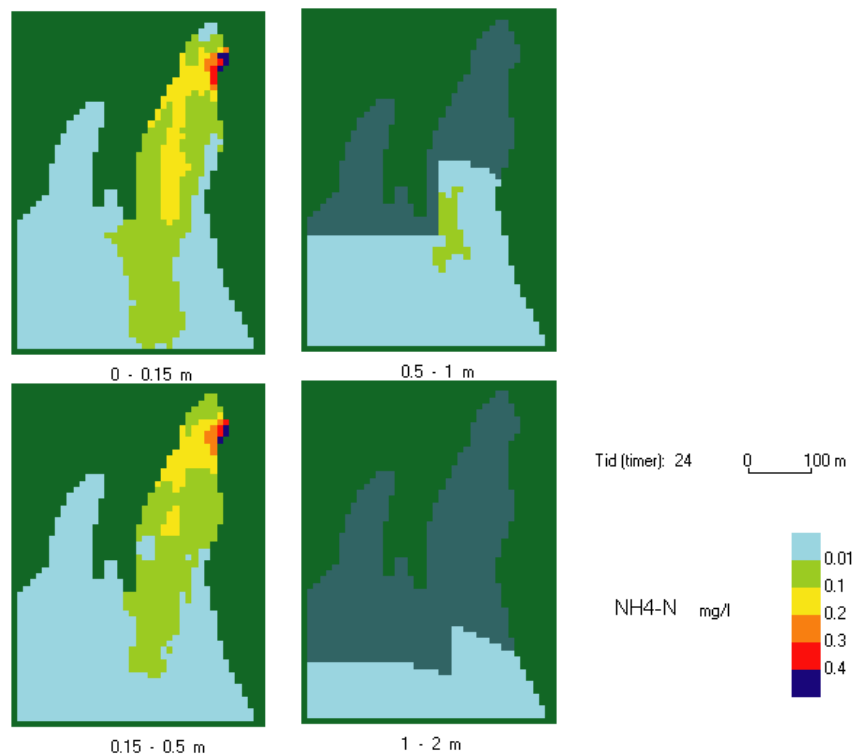
**Figur 5.** Andelen ammoniakk (NH<sub>3</sub>) av total ammonium (NH<sub>4</sub>+NH<sub>3</sub>) ved ulike pH verdier og lave temperaturer.



**Figur 6.** Modellberegning av pH utover i indre deler av Ilene fordelt på ulike dyp etter utslipp i 12 timer. Naturlig pH ligger i området 8 - 8,5



**Figur 7.** Modellberegning av pH utover i indre deler av Ilene fordelt på ulike dyp etter utslipp i 24 timer. Naturlig pH ligger i området 8 - 8,5.



**Figur 8.** Modellberegning av NH<sub>4</sub>-N utover i indre deler av Ilene fordelt på ulike dyp etter utslipp i 24 timer.

### 3.4 Biologiske virkninger

Det er ikke biologiske prøver fra de forurensningsutsatte områdene fra før utslippet. Vi kjenner derfor ikke til hva slags dyreliv som har eksistert i dette området. Vurderingene av biologiske virkninger og tap er basert på generelle vurderinger sett i forhold til giftige forbindelser og akkumulerbare miljøgifter.

#### 3.4.1 Giftvirkning

En del av den totale ammoniumkonsentrasjonen vil finnes som ammoniakk. Hvor stor del avhenger av pH og temperatur (**Figur 5**). Ammoniakk er giftig for vannlevende organismer. Toleransen varierer for ulike organismer og om det er en lang tids eksponering eller en akutt eksponering. For de fleste organismene kjenner vi ikke den reelle toleransen. Laksefisk (laks og ørret) er trolig av de minst tolerante fiskeartene. Ved en antatt generell toleransegrense for faunaen i området på 0,1 mg/L ammoniakk, vil det være ulevelige forhold etter utslippet i Kortenbekken og de nedre delene av Homannsbekken samt i det innerste området av Ilene. Dette tilsvarer de områdene som er farget rødt og oransje, samt de nærmeste delene av det gule området vist i figuren for ammonium (**Figur 8**). Selv om usikkerheten i beregningene er store og kunnskapen om ulike organismers toleranse er begrenset, må vi regne med at dette området har vært betydelig påvirket.

Det sedimenterte slammet fra utslippet av tunnelvann var uegnet som levested for bunndyr. Under opprensningen av sedimentet fra tunnelvannet viste det seg at det gamle sedimentet i Kortenbekken også var meget forurenset. Det var betydelige konsentrasjoner av olje og andre forurensninger (**Tabell 2, Tabell 3**). Det er derfor lite sannsynlig at det eksisterte bunnfauna i noe omfang i denne bekken da utslippet av tunnelvann fant sted. Det kan likevel ha vært innslag av fisk som f.eks. stingsild. Bekken har ikke vært gytebekk for sjø-ørret. Det er lite sannsynlig at utslippet av tunnelvann har medført noe vesentlig tap av vannlevende organismer i denne bekken.

Ute i Homannsbekken gir beregningene av ammoniakk-konsentrasjonen indikasjoner på ulevelige forhold nedenfor samløpet med Kortenbekken. Dette er et område der stingsild kan ha holdt til sammen med en del andre organismer som for eksempel fjærmygg, snegler, skjell og krepsdyr. Sannsynligvis har en stor del av denne faunaen forsvunnet på den mest utsatte strekningen. Denne delen av Homannsbekken er ikke gyteområde for sjø-ørret. Utslippet av tunnelvann skjedde etter oppgangen av sjø-ørret var over, og har ikke påvirket denne. Ute i Ilene er området som antas vesentlig påvirket av giftige konsentrasjoner av ammoniakk forholdsvis begrenset; omkring 20 - 50 meter i en vifteform ut fra Homannsbekkens utløp. Dette er meget grunne områder som trolig har noe av den samme faunaen som i nedre del av Homannsbekken.

Samlet sett har den direkte gifteffekten av tunnelutslippet på biologien i bekkene og Ilene naturreservat derfor hatt et begrenset omfang. Dette gjelder Kortenbekken, i den grad den tidligere hadde dyreliv, nedre del av Homannsbekken og de nærmeste områdene ved utløpet.

#### 3.4.2 Akkumulerbare forbindelser

I tunnelutslippet ble det registrert enkelte biologisk akkumulerbare forurensninger. Den eneste klororganiske forbindelsen ble registrert i tunnelslammet var HCB. Andre alvorlige klororganiske miljøgifter som PCB ble bare funnet i gamle sedimenter. Begge disse ble imidlertid funnet i forholdsvis lave konsentrasjoner. Det samme var tilfelle med sum PAH. PAH-forbindelsen B(a)P ble imidlertid registrert i relativt høye konsentrasjoner. Denne forbindelsen er sammen med enkelte andre PAH-forbindelser (KPAH) potensielt kreftfremkallende. Både de klororganiske, B(a)P og andre KPAH-forbindelser er imidlertid forholdsvis lite løselige i vann. I dette utslippet vil de derfor i overveiende grad være knyttet til organiske partikler og olje. Sedimentprøvene indikerte liten/ingen spredning av disse forbindelsene ut i Ilene naturreservat. Av tungmetaller var det forholdsvis lave konsentrasjoner i sedimentet. Metallene vil for en stor del være knyttet til partikler. Sedimentprøvene

indikerte også liten/ingen spredning av disse forbindelsene ut i Ilene naturreservat. Av akkumulerbare metaller er kvikksølv den klart alvorligste miljøgiften. Den ble funnet i forhøyede konsentrasjoner i det gamle sedimentet i Kortenbekken.

Faren for økt akkumulering av miljøfarlige forbindelser grunnet dette utslippet er liten. Vi regner med at det alt vesentlige av stoffene blir fjernet i forbindelse med fjerning av sedimentet, og at lite har kommet ut i Ilene. Fordi det opprinnelige sedimentet inneholdt forhøyede konsentrasjoner av flere av alvorlige akkumulerbare miljøgifter (PCB, DDT, B(a)P, Hg), har det vært viktig også å fjerne dette som forurensningskilde til naturreservatet.

Samlet sett har den biologiske effekten av tunnelutslippet i bekkene og Ilene naturreservat vært relativt liten, og begrenset til gifteeffekter i nedre del av Homannsbekken og det nærmeste gruntområdet ved utløpet.

### **3.4.3 Rekolonisering av fauna**

For å få tilbake organismer til Kortenbekken har det vært helt nødvendig å fjerne sedimentet dannet av slam fra tunnelvannet. Sedimentet var i seg selv uegnet for bunnlevende fauna. Det viste seg at det underliggende gamle sedimentet var enda mer forurenset av flere typer forurensninger. Det var derfor nødvendig også å fjerne disse dersom en har målsetning å fjerne en forurensningskilde til naturreservatet, og å reetablere en naturlig fauna i Kortenbekken. Reetableringen av naturlig fauna til de helt eller delvis ødelagte områdene vil gå raskt. Den starter umiddelbart etter at det er oppnådd levelige forhold og skyter fart utover våren og sommeren. Det vil trolig være tilnærmet naturlige forhold innen et år eller to, avhengig av hva slags fauna som gikk tapt. Det avhenger imidlertid av at forurensningstilførselen til Kortenbekken opphører.

## **4. Referanser**

NIVA og Multiconsult - Notat 13.1.2005  
NIVA - Notat 2.2.2005