

Tunnelvaskevann – En kilde til vannforurensning

Av Sondre Meland

Sondre Meland er ferskvannsbiolog/økotoksikolog (PhD) og sjefingeniør i Statens vegvesen Vegdirektoratet.

Denne artikkelen er basert på et notat utarbeidet i forbindelse med Statens vegvesen sitt avsluttede FoU-program “Moderne vegtunneler”, og i forbindelse med et nylig oppstartet FoU-program innen veg og vannforurensning (NORWAT).

Summary

Tunnel wash water – a source to aquatic pollution. Significant volumes of contaminated wash water are discharged during cleaning of road tunnels. Tunnel wash water together with road runoff is an important source of spreading contaminants into the aquatic environment. The present paper gives a brief description of the current knowledge regarding contaminated tunnel wash water, and in addition, some reflections which should be considered during planning of new tunnels.

Some important matters from the paper are presented in brief:

1. In Norway there are more than 1000 tunnels having a combined length close to 800 km, and significant volumes of contaminated wash water are discharged during cleaning of these tunnels.
2. The wash water contains a cocktail of various contaminants originating from both the vehicles and the tunnel construction including the road surface and other technical infrastructure.
3. Sedimentation basins are included as a measure in several new tunnels. However, this is only a small part of the total number of tunnels.
4. An environmental risk assessment should be performed during planning of new tunnels. As a minimum, sedimentation basins should be included as a measure against particle associated contaminants.
5. In order to remove dissolved contaminants, additionally measures such as filters should be considered applied in tunnels having the highest traffic densities and in areas with susceptible recipients.

Sammendrag

I forbindelse med renhold av vegtunneler slippes det ut betydelig mengder med forurenset vaskevann. Tunnelvaskevann sammen med avrenning av overflatevann fra veg i dagen er en viktig kilde til spredning av forurensninger til det akvatiske miljøet. Denne artikkelen gir en kort kunnskapsstatus rundt temaet forurenset tunnelvaskevann og hvilke betraktninger man bør gjøre ved planlegging og bygging av nye tunneler. En kort oppsummering av de viktigste momentene i artikkelen er gitt nedenfor:

1. I Norge er det mer enn 1000 tunneler, med en samlet lengde på over 800 km. Renhold av disse bidrar til utslipp av betydelige mengder forurenset vaskevann.
2. Vaskevannet inneholder en cocktail av miljøgifter som stammer fra utslipp relatert til både kjøretøyene og tunnelkonstruksjonen inkludert vegbane og annet teknisk utstyr.
3. Rensetiltak i form av sedimentasjonsbassenger er etablert i en del nyere tunneler, men utgjør allikevel kun et fåtall av alle tunneler.
4. Ved planlegging av nye tunneler så skal det gjennomføres en vurdering hvorvidt vaskevann skal renses. Rensetiltak må som minimum inkludere sedimentasjonsbassenger for fjerning av partikkelbundne forurensninger.
5. Ytterligere rensertiltak, f.eks. i form av filterløsninger, for å redusere løste forbindelser bør vurderes i de mest trafikkerte tunnelene og ved sårbare resipienter.

Innledning

Vannressursene i Norge er lite påvirket sammenlignet med mange andre land. Enkelte steder er imidlertid inngrep og forurensning en konkret trussel for vann og vassdrag, også i Norge. I 2007 ble EUs Vannrammedirektiv implementert i Norsk lov (Vannforskriften). Målet er å samordne alle berørte myndigheter og å oppnå god økologisk og kjemisk vannkvalitet innen 2021. Forurenset avrenningsvann fra veg inkludert tunnelvaskevann er i denne sammenhengen et viktig problemområde, og Statens vegvesen bidrar inn i dette arbeidet som følge av vårt sektoransvar og for å overholde vannforskriften.

Det er i dag mer enn 1000 tunneler i Norge med en samlet lengde på om lag 800 km. Begrunnet i miljøhensyn og arealutnyttelse bygges stadig nye tunneler i sentrale og sterkt trafikkerte områder, og antallet vil trolig øke i tiden fremover. Tunnelene har regelmessig renhold i form av feiing og vasking med vann (Figur 1). Dette medfører ofte utslipp av til dels svært forurenset vaskevann til nærmeste resipient. Forsøk med tunnelvaskevann har vist at en rekke forurensningsstoffer i vaskevannet er biotilgjengelige og kan påvirke vannlevende organismer, som f.eks. fisk negativt (Bryn Damsgård, 2007; Meland et al., 2010b; Meland et al., 2011).

Denne artikkelen gir en kort kunnskapsstatus rundt temaet forurenset tunnelvaskevann og hvilke betraktninger man bør gjøre i forhold til dette ved planlegging og bygging av nye tunneler.



Figur 1. Rengjøring av Nøstvettunnelen (E6, Akershus) i 2011 (Foto: Kjersti Wike Kronvall).

Rengjøringsprosedyrer

Rengjøringshyppigheten varierer betydelig mellom ulike tunneler hovedsakelig som følge av ulik trafikkmengde. Høytrafikkerte tunneler med årsdøgntrafikk (ÅDT) over 20 000 kjøretøy pr tunnellop vaskes 6-12 ganger pr år, mens lavtrafikkerte tunneler med ÅDT mindre enn 1 500 kjøretøy pr tunnellop vaskes sjeldnere enn én gang pr år (Statens vegvesen, 2003).

Selve vaskeprosedyren er relativt lik. Skitt og større partikler fjernes med suge-/feiebil før selve vaskingen med vann (og eventuelt såpe) starter. Rengjøringen avsluttes med at suge- feiebilens suger opp skitt og udrenert overskuddsvann fra vegbanen. I tillegg skilles det mellom *helvask* og *halvvask*. Helvask, som normalt skjer 1-2 ganger pr år, inkluderer vask av alle flater samt teknisk

utstyr, mens halvvask inkluderer kun vask av vegger, skilt og lysrekker og skylning av vegbane. I tillegg tømmes sandfang for partikler ved behov. Forurensningsgraden avgjør hvorvidt massene deponeres eller ikke.

Vannforbruket under selve rengjøringen varierer mellom de ulike entreprenørene bl.a. i forhold til valg av vaskeutstyr og fremdriftshastighet (Statens vegvesen, 1997). For eksempel vil vasking med bruk av lavtrykksdyser (< 15 bar) føre til et betydelig større vannforbruk sammenlignet med vannforbruket ved bruk av høytrykksdyser (75 – 150 bar). I en tunnelvaskestudie av 13 tunneler fra 1997 ble det f.eks. dokumentert en forskjell på 356 %, målt som L/m², mellom laveste (høytrykksdyse) og høyeste (lavtrykksdyse) vannforbruk (Statens vegvesen, 1997).

Nyere tall fra tunneler i Oslo-området (Roseth og Meland, 2006) viser at vannforbruket vil være ca. 100 L/m ved helvask av en toløps og firefelts tunnel (to felt i hvert tunnellop), mens vannforbruket vil være ca. 140 L/m ved helvask av en toløps og seksfelts tunnel (tre felt i hvert tunnellop). Mellom 70-90 % av vannet ledes ut av tunnelen via overvann- og drengssystemet, mens øvrig vann absorberes i vegg- og takoverflatene, fordampes eller blir sugd opp av feie-/sugebilen. Basert på dette erfaringsgrunnlaget vil total vannmengde ved helvask av en 1 km lang toløps og firefelts tunnel være ca. 100 000 L.

Det er noe ulik praksis i forhold til om det benyttes såpe eller ikke ved tunnelvask. Der hvor såpe benyttes så vil forbruket være i størrelsesorden 0,2-0,5 % av det totale vannforbruket, dvs. ca. 500 L (0,5 m³) såpe i en 1 km lang toløps og firefelts tunnel. Det finnes flere ulike såpeprodukter på markedet, men felles er at alle skal være godkjent i henhold til *produktforskriften*. Dette innebærer at såpeproduktene skal kun inneholde miljøvennlige og fullstendig nedbrytbare såpestoffer, dvs. 60 % av de organiske stoffene i såpen skal brytes ned til karbondioksid og vann innen 28 dager ved bruk av standard nedbrytningstester (Roseth og Søvik, 2005). Imidlertid har f.eks. Hedlund Corneliussen et al. (2007) vist at såpene kan være akutt toksiske for bakterier ved konsentrasjoner brukt i en normal tunnelvaskesituasjon.

Kjemisk karakterisering

Med unntak av såpestoffer er det kjemiske innholdet i vaskevannet svært sammen-

fallende med hva som finnes i avrenningsvann fra veg i dagen, og kan karakteriseres som en cocktail av flere miljøgifter samt en betydelig mengde partikler (Meland, 2010). Kildekarakterisering av vaskevann fra Nordbytunnelen viste at forurensningene i vaskevannet kan tilskrives både slitasje og avgasser fra kjøretøyene, samt slitasje av selve vegbanen og eventuelt selve tunnelkonstruksjonen (f.eks. betongelementer) (Meland et al., 2010a).

I Tabell 1 er konsentrasjoner av ulike stoffer målt i urensset og rensset vaskevann fra Nordbytunnelen (E6, Akershus) sammenstilt med sjablongverdier utarbeidet av Lindholm (2004). I tillegg er Klifs tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset, Andersen et al., 1997) for tungmetaller i ferskvann vist som en pekepinn på forureningsgraden i vaskevannet. På generelt grunnlag så er forureningskonsentrasjonene høyere i avrenningsvann fra tunnelvask sammenlignet med "normal" vegavrenning, selv ved relativ lik trafikkmengde. Dette kan tilskrives at forurensningene i tunnelene bygger seg opp over lengre tid mellom hver vask (> måned), i motsetning til avrenning fra veg i dagen som er langt mer påvirket av meteorologiske faktorer som nedbør og vind. Avrenning fra veg i dagen blir dermed ikke i like stor grad oppkonsentrert mellom hver nedbørs- og avrenningsepisode.

Litteratur innen temaet veg og vannforurensning har tradisjonelt vært fokusert på noen få metaller og PAH'er, men nyere litteratur viser at vegtrafikk også bidrar med utslipp av en rekke andre

stoffer, som f.eks. bromerte organiske forbindelser, tinnorganiske forbindelser og alkylfenoler (Meland, 2012). Et annet eksempel er funn av organofosfater i snø fra vegkanter i Sverige, og hvor man antar kilden er trafikk (Marklund et al., 2005). Disse stoffene inngår som bl.a. tilsetningsstoffer i oljer, flammehemmere og plastmyknere i mange forskjellige produkter som f.eks. bilinteriør. Trafikk som kilde for spredning av organofosfater er bekreftet gjennom undersøkelser av tunnelvaskevann (Meland and Roseth, 2011). Denne stoffgruppen er karakteri-

sert som “emerging pollutant” på grunn av høyt produksjonsvolum og lite kunnskap i forhold til deres skjebne i miljøet inkludert spredning og giftighet (Remtasma et al., 2008). Gjennomføring av screeningundersøkelser for å kartlegge tilstedeværelse og konsentrasjonsnivå av nye «vegrelaterte» miljøgifter er viktig. Undersøkelser av tunnelvaskevann er således gunstig fordi man i stor grad kan utelukke andre antropogene kilder, som f.eks. langtransporterte forurensninger, enn veg og trafikk.

Utslippskilde	Forurensningskomponent (enhet: µg/L)							
	Bly	Kadmium	Krom	Kobber	Nikkel	Sink	PAH	BaP ¹
Sentrumsområder	20	0,5	5	30	10	140	0,6	0,1
Bolig-/villaområde	4	0,2	4	10	6	30	0,2	0,1
Bolig-/rekkehusområde	5	0,2	5	15	7	40	0,25	0,1
Bolig-/blokkbebyggelse	7	0,25	6	20	9	45	0,6	0,1
Næringsområder	20	0,5	5	30	10	140	0,6	0,1
Veg, ÅDT 5000	14	0,3	1	38	1	62	0,3	0,01
Veg, ÅDT 30 000	31	0,4	5	72	4	197	1,5	0,04
Nordbytunnelen, ÅDT 25 000, urenset	29	0,5	64	238	58	1281	2,8	0,2
Nordbytunnelen, ÅDT 25 000, renset	10	0,2	7	56	13	909	0,9	0,02
Klifis tilstandsklasse V	> 5	> 0,4	> 50	> 6	> 10	> 100	-	-

¹⁾ BaP = benzo(a)pyren.

Tabell 1. Konsentrasjoner av vegrelaterte forurensningsstoffer i urenset og renset tunnelvaskevann (før og etter sedimentasjonsbasseng) sammenstilt mot sjablongverdier for overflatevann fra ulike tette flater inkludert vanlig vegavrenning. Sjablongverdiene er utarbeidet av Lindholm (2004), mens målingene av tunnelvaskevann er hentet fra to separate undersøkelser (Meland et al., 2010a; Meland et al., 2010b). I tillegg er Klifis tilstandsklasse V «meget sterkt forurenset» for tungmetaller i ferskvann oppgitt (Andersen et al., 1997).

Hvor havner forurensningene?

Ved rengjøring av tunneler vil forurensningene fordele seg hovedsakelig mellom 1) urensset vaskevann, 2) masser i sandfang og 3) masser fanget opp av sugefeiebil. Fordelingen varierer imidlertid betydelig mellom tunneler, og i tillegg mellom ulike stoffer (Tabell 2). Variasjonen kan bl.a. tilskrives faktorer som forurensningsstoffenes ulike kjemiske og fysiske egenskaper, tunnelens utforming samt materialvalg, ulike såpeprodukter

og sesongvariasjoner (piggdekk/sommerdekk).

Grunnet relativt høye konsentrasjoner av ulike forurensningskomponenter i massene fra sandfang og suge- og feiebil så vil det ofte være nødvendig å deponere disse massene ved godkjent mottak. Det samme vil gjelde for sediment fra sedimentasjonsbassenger i tunneler hvor det er installert.

Forurensningskomponent	Festningstunnelen ÅDT 80 000		Granfosstunnelen ÅDT 29 000		Nordbytunnelen ÅDT 25 000	
	km/år	% V - S - SF	km/år	% V - S - SF	km/år	% V - S - SF
Fosfor (kg)	45	41-21-38	9	16-14-70	17	40-12-49
Kobber (kg)	6	34-15-51	1	40-11-48	1	39-12-49
Sink (kg)	28	34-34-32	4	18-12-70	15	28-8-64
Bly (g)	1077	38-29-32	296	13-34-53	234	33-23-44
Kadmium (g)	14	60-14-25	5	55-13-32	6	39-25-36
Nikkel (g)	881	28-26-46	450	10-14-76	324	28-13-59
Krom (g)	1763	19-27-54	898	7-14-79	411	26-16-58
Tot. nitrogen (kg)	26	59-15-26	9,8	24-14-62	16	37-10-54
Tot. org. karbon (kg)	1455	15-28-57	346	10-20-71	753	14-25-62
Partikler (tonn)	57	16-42-41	17	12-17-72	15	22-17-61
Benzo(a)pyren (g)	10	56-11-33	2	38-12-50	2	9-13-78
Tot. 16 PAH (g)	221	47-19-34	67	50-8-42	67	31-16-53
Tot. olje (kg)	208	49-30-21	85	55-7-37	360 ¹	80-4-16

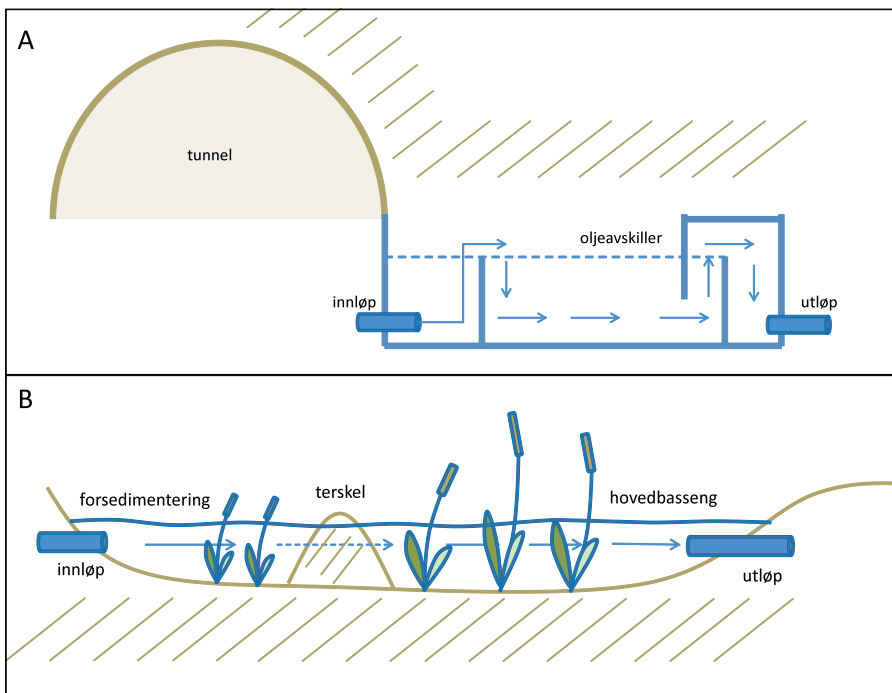
¹Tall som vurderes som ikke representative for normal forurensningsproduksjon.

Tabell 2. Beregnet årsproduksjon (total) av trafikkskapte forurensningskomponenter per km tunnel (begge løp) for Festnings- (6 felt, ÅDT 80 000), Granfoss- (4 felt, ÅDT 29 000) og Nordbytunnelen (4 felt, ÅDT 25 000). I tillegg viser tabellen prosentvis fordeling (%) av forurensningsproduksjonen på vaskevann (V), sandfangmasser (S) og masser tatt opp av suge- og feiebiler (SF). Tabellen er modifisert etter Roseth og Meland (2006).

Renseløsninger

Utslipp av forurenset tunnelvaskevann til sårbare resipienter kan medføre skader på vannlevende organismer. Til tross for dette så er det i de fleste tunnelene ingen form for rensing utover det som sedimenterer i sandfangene og i oljeutskillerne. Sistnevnte er viktig som tiltak for å hindre spredning av f.eks. olje ved tankbilvelt, men har liten effekt i forhold til å rense vaskevann. Erkjennelsen av at tunnelvaskevann kan medføre negative miljøeffekter har imidlertid ført til at renseløsninger i form av sedimentasjonsbassenger har blitt inkludert i flere

av tunnelene bygd etter år 2000. Dette gjelder spesielt de høytrafikkerte tunnelene i Oslofjordområdet. Sedimentasjonsbassengene er enten bygd inne i tunnelene eller som åpne løsninger utenfor (se prinsippsskisser Fig. 2). Sammenlignet med basseng inne i tunnelen vil bassenger utendørs i større grad involvere også biologiske prosesser da disse har en mer naturlig utforming med veitableerte organismer samt tilgang til sollys. Slike prosesser vil være av større betydning for rensing og nedbrytning av organiske forurensninger samt såpestoffer.



Figur 2. Prinsippsskisse av A) et lukket sedimentasjonsbasseng inne i tunnelen og B) et åpent basseng ute i dagen. Pilene angir vannstrømmen gjennom bassengene (Illustrasjon: Sondre Meland).

Tidligere undersøkelser har vist at andelen forurensninger bundet til partikler kan variere betydelig mellom de ulike stoffene som følge av dere ulike kjemiske og fysiske egenskaper (40 – 90 %) (Roseth og Amundsen, 2003; Meland et al., 2010b). På tross av denne variasjonen er dagens renseløsninger i all hovedsak basert på sedimentering av partikkelbundne forurensninger i sandfang og i sedimentasjonsbassenger. Rensegraden av de ulike stoffene vil derfor være avhengig av deres kjemiske og fysiske egenskaper, og rensing av forureningsstoffer løst i vannfasen (kolloider, lavmolekylære forbindelser, ioner) er begrenset (e.g. Meland et al., 2010a). Det er i dag ikke etablert noen permanente renseløsninger med hensikt å fjerne forureningsstoffer løst i vannfasen. Imidlertid har det blitt gjennomført mindre laboratorieforsøk som har vist at kommersielle tilgjengelige filterløsninger, f.eks. bearbeidet torv og aktivt kull, kan øke rensesgraden betydelig av både uorganiske og organiske forureningsstoffer (Paruch og Roseth, 2008b; Paruch og Roseth, 2008a). Fullskala uttesting av slike løsninger pågår fortiden i Statens vegvesen Region Øst og resultater og anbefalinger forventes våren 2012. I tillegg er det planlagt ytterligere forskningsaktivitet innen dette fagområdet i Statens vegvesen sitt nye FoU-program Nordic Road Water (NORWAT) som startet opp i 2012.

Dimensjonering

Mengde vaskevann er den faktoren som avgjør størrelsen på sedimentasjonsbas-

senget. Bassenget bør som minimum være dimensjonert for å ta i mot vannmengder tilsvarende en helvask ved bruk av lavtrykksdyser (100-140 L/m, opp mot 90 % av dette vil kunne havne i bassenget). I tillegg til størrelse, er bassengets utforming avgjørende for optimal sedimentasjon. Det anbefales langsående strømming i bassenget og at forholdet mellom lengde og bredde er rundt 3:1, alternativt 4:1 (Statens vegvesen, 2006). Det eksisterer lite data vedrørende rensesgrad for tunnelvaskevann, men basert på data for avrenning fra veg i dagen fra Skullerud sedimentasjonsbasseng (E6, Oslo) så vil f.eks. rensesgraden for bly, kadmium, kobber, sink, og PAH være i størrelsesorden 76%, 60%, 58%, 71% og 86% (Vollertsen et al., 2006).

Åpne sedimentasjonsbassenger utenfor tunnelene vil være påvirket av nedbør, og nedbør rett etter en vaskeepisode vil medføre at vaskevannet ikke får den ønskede oppholdstiden. For å ha mest mulig kontroll på vaskevannets oppholdstid så anbefales det derfor at vaskevannet renses i mer kontrollerte løsninger. Dette innebærer rensing i enten basseng inne i tunnelen eller utendørs lukkede løsninger, og hvor vaskevannets oppholdstid tilsvarende tiden mellom to vaskeepisoder. Utpumping av rensset vaskevann kan i tillegg gjøres f.eks. i form av kortere pulser over lengre tid slik at den akutte belastningen på resipienten reduseres. Rensset vaskevann kan slippes til bassenger for avrenningsvann fra veg i dagen der det er hensiktsmessig, og hvor man ønsker ytterligere rensing enn bare sedimentering. Dette kan f.eks. øke rens-

graden for en del organiske miljøgifter og såpestoffer som brytes ned ved hjelp av bl.a. biologiske prosesser.

Rent innlekkasjevann fra fjellet rundt tunnelene (rent drensvann) bør ikke ledes gjennom samme sedimentasjonsbasseng som forurenset vaskevann da det vil kunne forstyrre renseprosessene. Imidlertid kan rent drensvann med fordel slippes ut sammen med rensset tunnelvaskevann, dvs. i samløp etter rensstrinn. Rent drensvann vil da være med på å fortynne konsentrasjonene av de ulike forurensningskonsentrasjonene i vaskevannet og gi redusert risiko for akutte effekter i resipienten.

Anbefalinger ved planlegging av nye tunneler

Ved planlegging av nye tunneler så skal det, som en hovedregel, gjennomføres en vurdering hvorvidt vaskevann skal renses eller ikke før påslipp til resipient eller kommunalt renseanlegg. Påslipp av urensset (eller alternativt rensset) vaskevann til kommunalt ledningsnett kan være en løsning for å hindre spredning av trafikkrelaterte forurensninger med vaskevann til sårbare resipienter. Kommunen har imidlertid myndighet i henhold til forurensningsforskriftens kapittel 15A "Påslipp" til å bestemme hvorvidt vegvann kan slippes på kommunalt ledningsnett, og det er derfor viktig å avklare dette tidlig i planleggingen av nye tunneler. Det vil også være viktig å opprette dialog med Fylkesmannens miljøvernavdeling på et tidlig stadium i forhold til f.eks. utslippstillatelser.

Uavhengig av løsning så vil det være

behov for å beregne forurensningsproduksjonen samt utslippskonsentrasjoner før og etter rensing. Et slikt forurensningsbudsjett kan utarbeides med bakgrunn i tallene fra Tabell 2, og ved å anta lineær sammenheng mellom trafikkmengde og årlig forurensningsproduksjon (Tabell 3). Forventede utslippskonsentrasjoner beregnes da ut i fra årlig forurensningsproduksjon i vaskevann basert på tunnelens lengde, forventet fremtidig trafikkmengde og antatt årlig vannforbruk (hel- og halvvaske). Utslippskonsentrasjoner etter rensning kan beregnes ved bruk av erfaringstall (% rensegrad) fra f.eks. Skullerud sedimenteringsbasseng eller tilsvarende (Tabell 3). Tallene som framkommer må vurderes som grove anslag, men gir allikevel et godt grunnlag til f.eks. søknad om utslippstillatelser.

I tillegg til utarbeidelse av forurensningsbudsjett så bør man ved utslipp til resipient gjøre en vurdering av resipientens sårbarhet i forhold til forurensning. Resipientens sårbarhet vurderes opp i mot resipientens størrelse, generell vannkjemi (pH, ionestyrke og organisk materiale) samt opp mot eventuelle sårbare organismer inkludert deres mest sårbare livsstadier. Eksempel på en slik vurdering kan være at utslipp av tunnelvaskevann ikke skal skje i laksens gyteperiode (høst/tidlig vinter) eller under smoltifisering (vår), da det er kritiske og sårbare livsstadier. Et annet eksempel er å gjøre en vurdering av vannmengder og vaskehypighet. Økt vannmengde og hypighet vil føre til reduserte forurensningskonsentrasjoner i den enkelte vas-

keepisode, noe som reduserer faren for akutte skader på miljøet. Imidlertid vil det ha liten effekt på det totale forureningsbidraget gjennom året.

Ved planlegging av sedimentasjonsbassenger er det viktig å etablere gode løsninger for drift og oppfølging av disse, enten de bygges inne i tunnelen eller er plassert utendørs. For eksempel så vil det

være viktig med gode rutiner i forbindelse med ulykker med tankbiler hvor det vil være behov for å hindre at farlige kjemikalier sendes ukontrollert til resipient eller renseanlegg. Gode løsninger innebærer også sikker adkomst for personell og utstyr som f.eks. sugebil for fjerning av forurenset sediment fra bassengene. I fremtiden vil kravet om doku-

Forureningskomponent	ÅDT 27 000 ¹ mengde stoff/km/år	ÅDT 80 000 mengde stoff/ km/år	%-andel forurensning i vaskevann ²	Antatt rensegrad ³ %
Fosfor (kg)	13	45	32	61
Kobber (kg)	1	6	38	58
Sink (kg)	10	28	27	71
Bly (g)	265	1077	28	76
Kadmium (g)	6	14	51	60
Nikkel (g)	387	881	22	70 ⁴
Krom (g)	655	1763	17	80 ⁴
Tot. nitrogen (kg)	13	26	40	29
Tot. org. karbon (kg)	550	1455	13	-
Partikler (tonn)	16	57	17	85
Benzo(a)pyren (g)	2	10	34	86 ⁴
Tot. 16 PAH (g)	67	221	43	86
Tot. olje (kg)	85	208	52	82

¹ Gjennomsnittstall fra Granfosstunnelen (ÅDT 29 000) og Nordbyttunnelen (ÅDT 25 000) er benyttet da ÅDT i disse to tunnelene er relativt lik.

² Gjennomsnittstall fra Festningstunnelen, Granfosstunnelen og Nordbyttunnelen.

³ Rensegrad basert på erfaringer fra Skullerud sedimentasjonsbasseng for avrenningsvann fra veg i dagen (Vollertsen et al., 2006).

⁴ Rensegrad basert på erfaringer fra Nøstvettunnelen E6 Akershus (upubliserte data fra Bioforsk 2012).

Tabell 3. Erfaringsstall til bruk ved utarbeidelse av forureningsbudsjett ved planlegging av nye tunneler. Det antas en lineær sammenheng mellom trafikkmengde (ÅDT) og årlig forureningsproduksjon (mengde stoff/km/år). Tallene er basert på målinger utført i Festningstunnelen, Granfosstunnelen og Nordbyttunnelen (Roseth og Meland, 2006) (Tabell 2).

mentasjon av hvilke forurensningsstoffer og hvilke konsentrasjoner som slippes ut i forbindelse med tunnelvask kunne øke. Sikker adkomst for driftspersonell uten at tunnelene behøver og stenges for trafikk vil lette dette arbeidet.

Selv om erfaringsgrunnlaget er lite så anbefales det at man gjør en vurdering om sedimenteringsbassenget bør suppleres med et filterbasert rensetrinn. Dette er særlig aktuelt for de mest trafikkerte tunnelene og ved sårbare resipienter. En slik filterløsning vil medføre en ytterligere rensing gjennom å fjerne forurensningsstoffer løst i vannfasen (dvs. ikke bundet til partikler). Dette er viktig da den løste fraksjonen av forurensningsstoffene er ansett for å være mer biotilgjengelig og toksisk sammenlignet med den partikulære fraksjonen.

Litteratur

Andersen JR, Bratli JL, Fjeld E, Faafeng B, Grande M, Hem L, et al. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Rapport 97:04. Statens forurensningstilsyn (nå Klif), 1997, pp. 31.

Bryn Damsgård M. Akkumulering av tungmetaller i bunnlevende invertebrater og frosk fra rensedbasseng langs E6. MSc-oppgave. Universitetet for Miljø og Biovitenskap, Ås, 2007, pp. 80.

Hedlund Corneliussen C, Meland S, Hanssen JF, Rosseland BO. Effekter av tunnelvaskemiddel (Remikraft 703) på vekst hos bakterier isolert fra fangdam ved E6. Statens vegvesen Rapport, Oslo, 2007, pp. 16.

Lindholm OG. Miljøgifter i overflatevann fra tette flater - Litteraturstudie. Norsk Institutt for Vannforskning, NIVA rapport 4775-2004, Oslo, 2004, pp. 42.

Marklund A, Andersson B, Haglund P. Traffic as a source of organophosphorus flame retardants and plasticizers in snow. *Environmental Science & Technology* 2005; 39: 3555-3562.

Meland S. Ecotoxicological Effects of Highway and Tunnel Wash Water Runoff. 2010:25. Doktorgradsavhandling ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap (UMB), Ås, 2010, pp. 86.

Meland S, Borgstrøm R, Heier LS, Rosse-land BO, Lindholm O, Salbu B. Chemical and ecological effects of contaminated tunnel wash water runoff to a small Norwegian stream. *Science of The Total Environment* 2010a; 408: 4107-4117.

Meland S, Farmen E, Heier LS, Rosse-land BO, Salbu B, Song Y, et al. Hepatic gene expression profile in brown trout (*Salmo trutta*) exposed to traffic related contaminants. *Science of The Total Environment* 2011; 409: 1430-1443.

Meland S, Heier LS, Salbu B, Tollefsen KE, Farmen E, Rosseland BO. Exposure of brown trout (*Salmo trutta* L.) to tunnel wash water runoff - Chemical characterisation and biological impact. *Science of The Total Environment* 2010b; 408: 2646-2656.

Meland S, Roseth R. Organophosphorus Compounds in Road Runoff - Sedimentation and filtration as a mitigation strategy. In: Zhou M, editor. Proceedings 2011 World Congress on Engineering and Technology - Environmental Protection Engineering. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, Shanghai, 2011, pp. 653-656.

Meland S. Kjemisk karakterisering av sediment fra Vassum sedimenteringsbasseng. Statens vegvesens rapporter Nr. 94, Oslo, 2012, pp. 19.

Paruch AM, Roseth R. Treatment of tunnel wash waters - experiments with organic sorbent materials. Part 1: Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons and nonpolar oil. Journal of Environmental Sciences-China 2008a; 20: 964-969.

Paruch AM, Roseth R. Treatment of tunnel wash waters - experiments with organic sorbent materials. Part 2: Removal of toxic metals. Journal of Environmental Sciences-China 2008b; 20: 1042-1045.

Reemtsma T, Quintana JB, Rodil R, Garcia-Lopez M, Rodriguez I. Organophosphorus flame retardants and plasticizers in water and air I. Occurrence and fate. Trac-Trends in Analytical Chemistry 2008; 27: 727-737.

Roseth R, Amundsen CE. Vaskevann fra vegtunneler - forurensningsstoffer og behandling. Kommunalteknikk 2003; 5: 16-19.

Roseth R, Meland S. Forurensning fra sterkt trafikkerte vegtunneler. Bioforsk & Statens vegvesen, Oslo, 2006, pp. 12.

Roseth R, Søvik AK. Nedbrytning av såper til tunnelvask. Statens vegvesen, UTB rapport 2006/01, Oslo, 2005, pp. 33.

Statens vegvesen. Renhold i tunneler. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Driftteknisk avdeling, Rapport 97-3615, Oslo, 1997, pp. 38.

Statens vegvesen. Temahefte til Håndbok 111 - Standard for drift og vedlikehold. Statens vegvesen Vegdirektoratet, Teknologivdelingen, Rapport 2003-2337, Oslo, 2003, pp. 272.

Statens vegvesen. Håndbok 261 - Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging. Håndbok 261. Statens vegvesen, Oslo, 2006, pp. 52.

Vollertsen J, Åstebøl SO, Coward JE, Fageraas T, Madsen HI. Monitoring and modelling the performance of a wet pond for treatment of highway runoff in cold climates. In: Morrison GM, Rauch S, editors. Highway and urban environment: Proceedings of the 8th Highway and Urban Environment Symposium. Springer, Cyprus, 2006, pp. 499-509.