

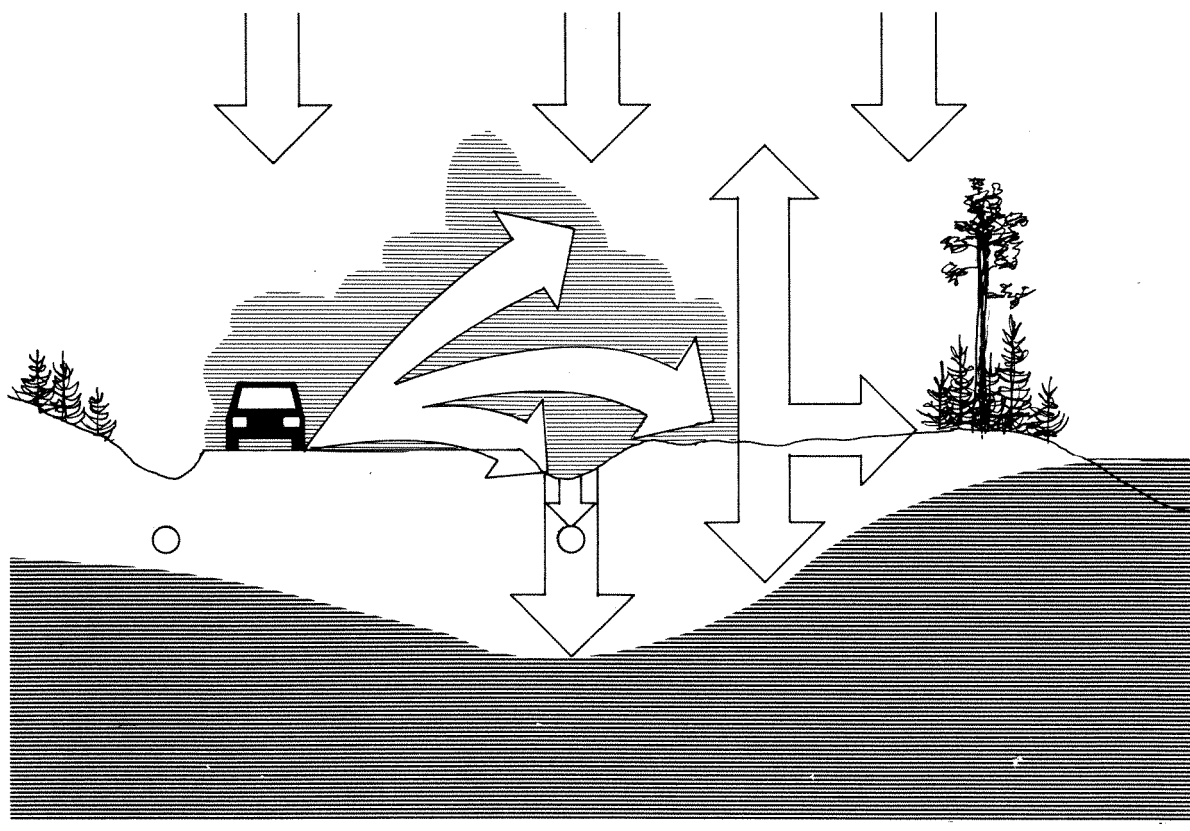
VRF Vannressurs-forvaltning

RAPPORT

O-84107

Konsekvenser ved vegbygging i og langs vassdrag

Forprosjekt



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA
Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Hovedkontor
Postadresse:
Postboks 333
0314 Oslo 3
Brekkeveien 19
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen
Postadresse:
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Postadresse:
Rute 866, 2312 Ottestad
Postgiro: 4 07 73 68
Telefon (065)76 752

Rapportnummer: O-84107
Undernummer:
Løpenummer: 1699
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Konsekvenser ved vegbygging i og langs vassdrag. Forprosjekt.	Dato: Januar 1985
	Prosjektnummer: O-84107
Forfatter (e): Hans Olav Ibrek	Faggruppe: Miljøteknikk
	Geografisk område: Norge
	Antall sider (inkl. bilag): 61

Oppdragsgiver: Miljøverndepartementet.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

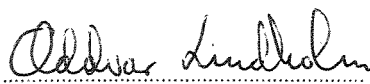
Målet med prosjektet har vært å kaste lys over type og omfang av mulige konsekvenser ved vegbygging i og langs vassdrag, samtidig som det er gitt anbefalinger om videre oppfølging. Konsekvensene er delt inn i tre hovedområder; konsekvenser ved bygging, drift og vedlikehold, og bruk av vegen (trafikk). Hovedproblemet ved bygging er erosjon/partikkeltransport og endring av strømningsforholdene. Drift og vedlikeholdsaktiviteter som påvirker vassdrag er i første rekke salting av veger, grøfterensking og sandfangsfunksjon. Trafikkforurensninger synes godt klarlagt. Rutiner for saksbehandling av vegplaner bør konkretiseres.

4 emneord, norske:
1. Vegbygging
2. Konsekvenser
3. Forurensninger
4. Videre arbeid

4 emneord, engelske:
1. Road building
2. Consequences
3. Pollution
4. Recommendation

Prosjektleder:


Hans Olav Ibrek
Divisjonssjef:


Oddvar Lindholm

For administrasjonen:


J.E. Sandal

ISBN 82-577-0882-8


Lars N. Overrein

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

0-84107

KONSEKVENSER VED VEGBYGGING
I OG LANGS VASSDRAG

Forprosjekt

Oslo, januar 1985

Saksbehandler: Hans Olav Ibrenk

F O R O R D

Ressursavdelingen i Miljøverndepartementet har engasjert NIVA til å utføre prosjektet: Konsekvenser ved vegbygging i og langs vassdrag. Forprosjekt.

Prosjektet skal ta for seg de mulige miljøkonsekvensene som kan oppstå i forbindelse med vegbygging. Konsekvensene er kort berørt i rapporten og hensikten er å vurdere hvilke mulige miljøvirkninger som kan oppstå og hvilke områder som bør undersøkes nærmere. På grunn av prosjektets omfang og karakter har det ikke vært mulig å gå noe særlig i dybden innenfor hver enkelt område.

Bakgrunnen for å ta opp dette problemet er at konsekvenser ved vegbygging i og langs vassdrag synes foreløpig lite kjent. Tidligere er det utført store enkeltstående prosjekter innenfor området forurensninger fra veger. Erfaringene fra disse er gjennomgått og nedfelt i denne rapporten.

Arbeidet er stort sett utført ved litteraturstudier og personlige samtaler. I den forbindelse vil vi rette en takk til Veglaboratoriet v/overing. Johnny M. Johansen for all hjelp.

Sivilingeniør Tor Traaen, NIVA, har bidratt med faglig innsats i prosjektet.

Oslo, januar 1985

Hans Olav Ibrekk
Hans Olav Ibrekk

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
FORORD	2
INNHOLDSFORTEGNELSE	3
SAMMENDRAG	5
I VEGER LANGS VASSDRAG	8
1.1 Oversikt	8
1.2 Bakgrunn	9
1.3 Lovgrunnlag	9
1.3.1 Vegloven	9
1.3.2 Vassdragsloven	10
1.4 Saksbehandling av vegplaner	13
1.5 Konsekvensanalyser	14
II VEGBYGGING	15
2.1 Terrenginngrep	15
2.2 Drenering	15
2.3 Vegbyggingsmaterialer	16
2.4 Vegdekker	16
III KONSEKVENSER FOR VANNMILJØET	17
3.1 Innledning	17
3.2 Konsekvenser ved bygging/utbedring av vegger	17
3.2.1 Estetiske	17
3.2.2 Friluftsliv	18
3.2.3 Erosjon	19
3.2.4 Partikler i vann	21
3.2.5 Utfyllinger i vassdrag	24
3.2.6 Uttak av masser i vassdrag	26
3.2.7 Avskjæring av bukter og viker	27
3.2.8 Dumping av overskuddsmasser i vassdrag	28
3.2.9 Drenering	29
3.2.10 Sprengning	29
3.2.11 Fyllingsmaterialer	30
3.2.12 Maskinbruk	31
3.2.13 Effekter på grunnvann	31
3.2.14 Innvirkning på fauna	34
3.2.15 Oppsummering/konklusjon	34
3.3 Konsekvenser ved drift og vedlikehold	35
3.3.1 Salt og støvdempningsmidler	35
3.3.2 Rensk av grøfter	37
3.3.3 Kratt og ugrasbekjempelse	37
3.3.4 Sandblåsing av broer	38
3.3.5 Dumping av asfalt og oljegrus	39
3.3.6 Snørydding	39

Innholdsfortegnelse forts.

Side:

3.3.7	Feiing av veger	40
3.3.8	Vedlikehold av drens-systemet	42
3.3.9	Oppsummering/konklusjon	45
3.4	Konsekvenser ved bruk av veger (trafikk)	45
3.4.1	Spredning av forurensningene	45
3.4.2	Trafikkforurensning	47
3.4.3	Forurensningsvirkninger	50
3.4.4	Effekter på fauna	54
3.4.5	Effekter på vegetasjonen	54
3.4.6	Oppsummering/konklusjon	56
IV	KONKLUSJONER/VIDERE ARBEID	57
4.1	Innledning	57
4.2	Saksbehandling av vegplaner	57
4.3	Forslag til videre undersøkelser	58
	LITTERATURLISTE	60

SAMMENDRAG

Målet med prosjektet har vært å kaste lys over type og omfang av mulige miljø-konsekvenser i vassdrag ved vegbygging. Samtidig er det gjort anbefalinger om videre oppfølging.

Mange av hovedvegene våre går langs vassdrag. Dette har som oftest vært den mest hensiktsmessige lokaliseringen av vegtraséen ut fra topografi og økonomi. Vegplanlegging styres av vegloven og bygningsloven, samtidig som "vassdragslovene" stiller begrensninger. I prosjektet har man kort sett på de paragrafer i "vassdragslovene" (vassdragsloven og forurensningsloven) som vegbygging kommer i konflikt med.

Vegvesnet har utarbeidet detaljerte retningslinjer for planutforming og planbehandling. Det synes likevel som om det ikke er etablert fullstendige nok rutiner for planbehandlingen, da Fylkesmannens miljøvern avdeling ikke automatisk får planene til uttalelse. Ved utarbeidelse av retningslinjer for konsekvensanalyser må hensynet til vassdrag trekkes mer detaljert inn.

Rapporten har delt konsekvenser for miljøet ved vegbygging inn i følgende hovedområder; konsekvenser ved bygging/utbedring, konsekvenser ved drift og vedlikehold og konsekvenser ved bruk (trafikk).

Konsekvenser ved bygging/utbedring

Hovedvekten er lagt på problemet erosjon-partikkeltilførsel. De fleste vegbyggingsarbeider medfører økt erosjon, med derav større uttransport av partikler. Undersøkelser i USA antyder at sedimenttransporten i vassdrag kan øke 25 - 340 ganger like etter vegbygging. Hovedkilden er ras og utglidninger i skjæringer og fyllinger. Hvilke konsekvenser partikler i vann har for det biologiske livet, er ikke tilstrekkelig undersøkt.

Ved utfyllinger i vassdrag, uttak av masser, avskjæring av bukter og viker osv. vil strømnings- og sedimentasjonsforholdene i et vassdrag kunne endres betydelig. Ved bygging av veger kan det naturlige dreneringsystemet bli endret.

Vassdraget som biotop blir som følge av de fysiske inngrep endret.

Ulike materialer som nyttes i vegbygging kan ha bieffekter som påvirker vassdraget. Bruk av store mengder sprengstoff kan øke nitratinnholdet i vassdraget betydelig. Ulike fyllingsmaterialer kan avgi forurensende produkter.

Vegbygging påvirker grunnvannsforholdene, enten ved senkning (drenering) eller ved at vegen virker oppdemmende.

Konsekvenser ved drift og vedlikehold

Drifts- og vedlikeholdsaktivitetene påvirker vannressursene. Omfattende bruk av vegsalt kan medføre forurensning av grunnvann (brønner, overflatevann), vegetasjonsskader, økning av natrium- og kloridinnhold i marka, samt økende korrosjon. Andre vegsalter (f.eks. kalsiummagnesium-acetat (CMA)) bør utprøves med hensyn til miljøvirkninger.

Ved rensing av grøfter vil tilførslene av partikulært materiale øke. Snørydding kan tilføre vassdragene betydelige forurensninger ved at snøen tippes direkte i vassdraget, da snø inneholder og samler betydelige forurensningsmengder.

Sandfangets funksjon som sedimentasjonstank for vegpartikler i avrenningsvann bør undersøkes nærmere. Undersøkelser i USA antyder at sandfang har liten forurensningsbegrensende virkning etter at halve sandvolumet er fylt opp.

Konsekvenser ved bruk (trafikk)

Trafikkforurensninger synes å være relativt godt undersøkt. Hovedkilder til forurensninger fra veger er avfalls-, slitasje- og utslippsprodukter fra kjøretøy, slitasjeprodukter fra vegdekker og salter. Dette gir opphav til tre typer forurensningskomponenter; salter, organiske mikroforurensninger og tungmetaller (spesielt bly).

Undersøkelser NIVA har utført for Veglaboratoriet konkluderer med at forurensningsbidraget fra veger har liten betydning for vannkvaliteten i drikkevannskilder. Akkumulasjonseffekter av tungmetaller og PAH er imidlertid ikke klarlagt.

Konklusjoner/videre arbeid

Konsekvenser ved vegbygging langs vassdrag synes ikke fullt ut avklart. Kunnskapsgrunnlaget er for lite. Videre arbeide bør samordnes med NTNFs program: Trafikk og miljø.

Rutinene for behandling av vegplaner bør vurderes endret/konkretisert slik at miljøvernavingdelingene får tilsendt vegplanene til uttalelse.

For å fremskaffe bedre informasjon om konsekvenser ved vegbygging bør følgende områder undersøkes nærmere:

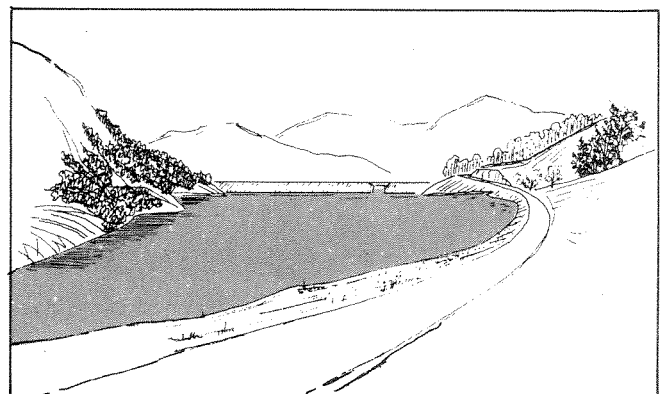
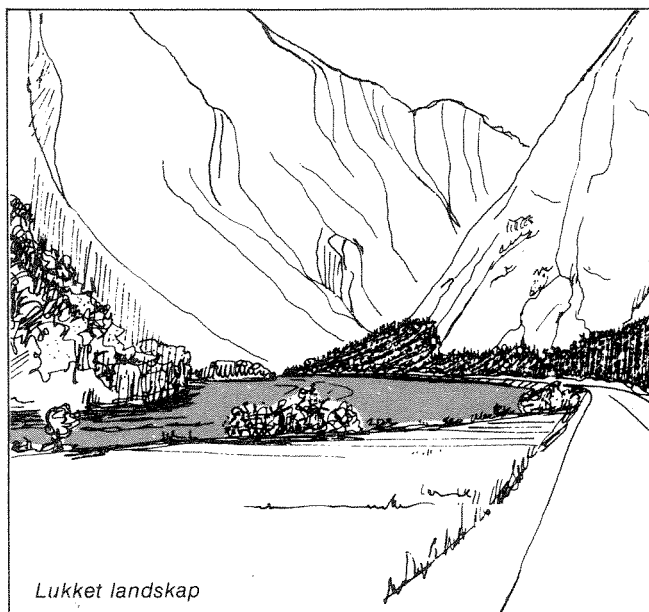
- Erosjon i forbindelse med vegbygging.
- Undersøkelse av vassdrag med pågående vegbygging.
- Utprøving av andre vegsalter.
- Behov for sandfang og sandfangets renseeffekt.
- Bioakkumuleringseffekter av trafikkforurensinger.

I VEGER LANGS VASSDRAG

1.1 Oversikt

I Norge er det 25 325 km riksveger, 31 910 km fylkesveger og 26 777 km kommunale veger, dvs. ca. 20 m offentlig veg pr. innbygger. Det foreligger ikke statistikk-materiale som viser antall kilometer veg langs vassdrag. Likevel vil vi anta at en stor del av vegstrekningene ligger i tilknytning til vassdrag. I de største dalene våre med tildels viktige og store vassdrag, går hovedvegene i hovedsak langs elver og vann. (Østerdalen, Gudbrandsdalen, Valdres, Setesdal, osv.). Enkelte av våre større innsjøer er omkranset av hovedveger, f.eks. Mjøsa, Nisservatn, Randsfjorden, Tyrifjorden, osv.

Skissene nedenfor viser typiske situasjoner i store deler av landet. Vegen er lagt i strandsonen stort sett hele strekningen.

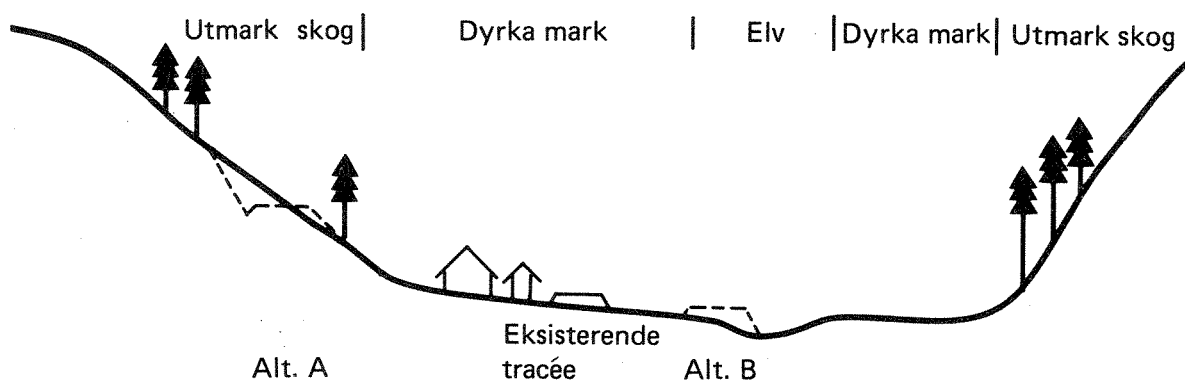


Figur 1. Eksempel på veg langs vassdrag.

Kilde: Håndbok 0-10, Statens vegvesen.

1.2 Bakgrunn

Det er mange årsaker til at veger er lagt langs vassdrag. Her skal vi bare trekke fram topografi, arealbruk, økonomi og bosettingsstruktur. I mange dalfører er lokalisering langs vassdraget eneste rimelige mulighet, ut fra hensynet til arealbruk og økonomi. Skissen nedenfor viser en typisk situasjon i mange av våre dalfører.



Figur 2. Prinsipielle alternativer for lokalisering av veger langs vassdrag i lukket landskap.

Alternative vegtraséer kan være ved elvebredden og i dalsida, spesielt når jordvern hensyn er viktig. Alt i alt er lokalisering ved elvebredden mest gunstig for fremføring av veg. Hovedårsaken til dette er bedre linjeføring (som regel), mindre terrenginngrep, bedre grunnforhold, enklere avkjørselsforhold, enklere vintervedlikehold (mindre fare for ras), billigere, osv. Problemet med en slik lokalisering er i første rekke større fare for ising, tåke osv. som reduserer sikkerheten.

1.3 Lovgrunnlag

1.3.1 Vegloven

Lovgrunnlaget for bygging og utbedring av veger er i første rekke lov av 21. juni 1963 nr. 23. Vegloven, og lov av 18. juni 1965 nr. 7, Bygningsloven.

Vegloven er en samlelov som regulerer stort sett alle aktiviteter i forbindelse med forvaltning av veger. Med hjemmel i veglovens § 49-52 kan vegmyndighetene erverve grunn til vegformål direkte. I mange tilfeller skjer også grunnervervet med hjemmel i bygningsloven, spesielt i tettbebygde områder.

Etter veglovens § 12 tilligger det Samferdselsdepartementet å gi forskrifter for utarbeiding og behandling av planer for riksveg og fylkesveg. Forskriftene gjelder vegplaner for riks- og fylkesveg som blir fremmet etter vegloven. Spørsmål som gjelder utbygging av vegnettet kan imidlertid også avklares i den fylkeskommunale- og kommunale oversiktsplanleggingen. Detaljplanlegging kan skje gjennom reguleringsplan.

Planlegging av veger er etter forskriftene delt i fire plannivå:

1. Vegutredning: Analyse av et områdes behov med hensyn til veg- og transportmessig standard og en vurdering av følgene av vegtransporttiltak.
2. Hovedplan: Oversiktsplan som viser hovedtrekkene i de aktuelle vegutbyggingstiltak med begrunnet forslag til valg av alternativ og standard for utbyggingen.
3. Detaljplan: Viser utforming og beliggenhet av et vegprosjekt, og inneholder de regulerende bestemmelser som er nødvendig for anlegg og drift av vegen.

Gir grunnlag for eiendomsinngrep.
4. Byggeplaner: Tekniske tegninger og beskrivelser som er nødvendige for å gjennomføre et veganlegg.

1.3.2 "Vassdragslover"

I det følgende er lover i tilknytning til vassdrag kort kommentert ut fra vegbyggingshensyn.

Lov av 15. mars 1940 nr. 3, lov om vassdragene. Vassdragsloven fastslår eiendomsretten til vassdrag og regulerer aktiviteter i tilknytning til utnyttelsen av vassdrag. I det følgende er bestemmelser av relevans til vegbygging satt opp.

- § 1 Elver og bekker, innsjøer og andre vass-samlinger tilhører eieren av den grunn de dekker, hvis ikke annet følger av særlig rettsforhold.
- § 6 Oppgrunning eller forandring av vatnets løp endrer ikke eiendoms grensene. Vassdraget tilfaller eierne av den grunn som vatnet har tatt sitt nye løp over, og den nye djupål kommer ikke i betraktning.
- § 8 Uten særlig adkomst eller hjemmel i lov må ingen, selv om det skjer ved foretak på egen grunn:
- a) forandre et vassdrags leie eller strømmens retning, øke eller minske vassføringen enten i det hele eller til visse tider eller heve eller senke vasshøyden eller
 - b) legge lense, gjerde eller bygge i eller over vassdrag, såfremt derved voldes skade eller fare for annenmanns eiendom eller rettigheter, utilbørlig hinder for ferdsel eller fløting eller i øvrig skade eller fare av noen betydning for almene interesser.
- § 9 1. Når et vassdrag oppgrunnes, har enhver som derved kan lide skade, rett til å rense opp vassdraget til dets tidligere dybde, selv om hertil kreves rådighet over annenmanns grunn. Dog har grunneieren i så fall rett til å kreve at arbeidet blir utført på den tid og på den måte som ved skjønn bestemmes, og til å kreve erstatning for skade og ulempe ved arbeidet. Det som blir tatt opp, kan legges på stranda mot erstatning til grunneieren. Erstatningen etter disse bestemmelser fastsettes ved skjønn.

2. Det som her er bestemt, får tilsvarende anvendelse på arbeid til gjenoppretting av det tidligere vassløp, når vatnet har tatt nytt eller forandret løp eller har gravd vassleiet dypere.
3. Hvis ikke slikt arbeid som nevnt under punkt 1 og 2 er påbegynt innen 2 år etter utløpet av det kalenderår da forandringen inntrådte og arbeidet deretter fremmes uten unødig opphold, kan den forandrede tilstand ikke omgjøres uten mot erstatning etter skjønn for de utgifter, som etter utløpet av den nevnte tid måtte være anvendt enten på oppdyrking av det gamle elveleie eller på foretak til å utnytte vatnet i dets nye løp. En tilstand som har stått ved lag i 10 år, kan ikke omgjøres etter de her fastsatte regler.

§ 101 Uten særlig adkomst eller hjemmel i lov må ingen foreta noe med egen eller andres grunn som kan ventes å medføre skade ved utrasing i vassdrag.

§ 104

1. Bruer, dammer og andre anlegg som oppføres i eller over et vassdrag hvor almen ferdsel eller fløting foregår eller hvor fisk har sin gang, skal være innrettet så eller forsynt med slike særskilte innretninger for gjennomgang eller forbigang, at de er så litet til hinder for ferdselen, fløtingen eller den frie fiskegang, som det er mulig uten uforholdsmessig utgift eller ulempe for anlegget.
2. Uten tillatelse av Kongen må slike anlegg ikke utføres så at de er til hinder eller ulempe av noen betydning for almen ferdsel eller fløting eller for den frie fiskegang.
3. Uten slik tillatelse kan heller ikke vatn bortledes fra vassdraget eller noen del av det, når bortledingen blir til hinder eller ulempe av noen betydning for almen ferdsel eller fløting eller for den frie fiskegang.

4. Det som her er fastsatt, skal også gjelde andre arbeid i vassdrag enn de tiltak som er nevnt, og likeledes ombygging, påbygging eller endring av eldre anlegg.
5. Tillatelse til midlertidige rådgjerder som går inn under punkt 2, 3 eller 4 kan gis av Hovedstyret når de er nødvendige ved bygging i eller ved vassdrag eller ved vølings- eller opprensingsarbeid.

Dette er bare de viktigste bestemmelsene som har konsekvenser for vegbygging, selv om det i vassdragsloven er inntatt forbehold om hjemmel i andre lover.

Lov av 13. mars 1981 nr. 6 om vern mot forurensinger og om avfall

Forurensningsloven har som formål å verne det ytre miljø mot forurensning og å redusere eksisterende forurensning. Etter § 5 gjelder også loven for forurensninger fra veier o.l. så langt forurensningsmyndighetene bestemmer.

Det er vanskelig for oss å vurdere hvorvidt forurensningsloven kan gjøres gjeldende overfor vegbygging, i og med at vanlig forurensning fra midlertidig anleggsvirksomhet er tillatt etter § 8. Dette bør avklares nærmere juridisk.

1.4 Saksbehandling av vegplaner

Forskrifter for utarbeiding og behandling av planer for riks- og fylkesveg (Statens vegvesen, håndbok -077) angir hvordan vegplanene skal behandles. Det sentrale her er saksgangen. Forslag til hovedplan skal sendes fylkeskommuner og berørte kommuner og statlig myndighet som antas å ha interesser å ivareta i området. Hvert enkelt vegkontor har utarbeidet rutiner for den offentlige saksbehandlingen. Når det gjelder vassdrags- og naturforvaltning er Fylkesmannens miljøvern-avdeling sentral. Det bør derfor vurderes å utarbeide rutiner slik at Miljøvern-avdelingene får tilsendt vegplanene til uttalelse. Så vidt vi erfarer er dette ikke tilfelle alle steder, selv om det bør være en gitt forutsetning.

1.5 Konsekvensanalyser

I forbindelse med utarbeidelse av hovedplaner skal det inngå en analyse av konsekvensene av de ulike alternativ. Konsekvensanalytiske metoder er velutviklet, mens innholdet i analysene er mer mangelfullt. Vegdirektoratet arbeider for tiden med utarbeidelse av nærmere retningslinjer for konsekvensanalyser.

Planen er å gi ut håndbøker i konsekvensanalyser med angivelse av metoder, hvordan systematisering av konsekvenser skal utføres og hvilke konsekvenser som bør omhandles (sjekklister). Problemet med konsekvensanalyser er sammenligning mellom kvantifiserbare og ikke-kvantifiserbare enheter. Miljøhensyn er en faktor som er vanskelig å kvantifisere.

I håndbok 054-Hovedplaner (Statens vegvesen) står det bl.a. følgende under pkt. 8.4 Miljømessige virkninger:

"I den grad det som følge av vegprosjektet kan påregnes uvanlig grad av forurensning av luft og vann, eller endringer i de lokale klimatiske forhold, skal dette angis. Det er i denne sammenheng viktig at de rette fagfolk/instanser kontaktes for uttalelse".

Ut fra dette skulle hensynet til forurensninger fra vegbygging prinsipielt være ivare tatt i forbindelse med hovedplanlegging. Imidlertid kan det synes som om disse forholdene ikke automatisk blir trukket inn i forbindelse med vegbygging langs vassdrag.

II VEGBYGGING

Dagens vegplanlegging og bygging utføres etter andre forutsetninger og med andre metoder enn tidligere. Økende trafikkmengde har tvunget fram en høyere geometrisk standard, og moderne anleggsmaskiner muliggjør inngrep i terrenget som før var utenkelige. Nye veger vil derfor lett kunne ødelegge et landskap fordi de nødvendiggjør brutale inngrep. I det følgende vil elementer i vegbyggingsprosessen kort bli kommentert, da det danner en nyttig bakgrunn for del III i rapporten.

2.1 Terrenginngrep

Moderne vegplanlegging og vegbygging medfører store terrenginngrep. Store skjæringer og fyllinger som skaper sår i landskapet er et vanlig forekommende fenomen. Større områder blir planert ut dvs. endring av topografien, masseuttak etableres, overskuddsmasser deponeres osv. Alle disse inngrepene endrer landskapets struktur og har konsekvenser for miljøet.

2.2 Drenering

Med drenering forstås oppsamling og bortledning av overflatevann eller vann i grunnen. Drenering av veger utføres i første rekke for å samle opp overflate- og grunnvann slik at vegens frostbestandighet og bæreevne forbedres. Drenering av veger vil også få konsekvenser for vannhusholdningen i vedkommende område. Naturlige bekkeleier avskjæres og gis nytt løp, grunnvannstanden senkes/økes, vannføringen endres ved at de maksimale flommene økes, mens vannføringen i tørre perioder blir mindre enn normalt.

Hovedprinsippene for drenering av veger er dyp sidegrøft eller lav sidegrøft med drensledning. Dette medfører at forurensninger fra vegtrafikk, slitasje av vegdekker og utlekkingsprodukter fra spesielle vegbyggingsmateriale tilføres vassdrag.

2.3 Vegbyggingsmaterialer

En veg bygges opp av ulike materialer avhengig av grunnens bæreevne og trafikkbelastningen. Flere av disse materialene inneholder en del finstoff. Ved utvasking kan en del av dette finstoffet tilføres vassdrag.

Ved spesielt dårlige grunnforhold blir det benytta lette fyllinger av f.eks. bark, blokker av ekspandert polystyren og lettklinker (løs Leca). Eventuelle restprodukter og nedbrytningsprodukter fra disse materialene kan tilføres vassdrag gjennom dreneringa.

2.4 Vegdekker

Vegdekker inndeles i 3 kategorier: Grusdekker, bituminøse dekker (asfalt) og betongdekker. Dekketyperne har ulik sammensetning, både fysisk og kjemisk. Vegdekkene utsettes for fysiske, kjemiske og biologiske nedbrytningsprosesser som frigjør de ulike elementene dekkene er sammensatt av.

III KONSEKVENSER FOR VANNMILJØET

3.1 Innledning

I dette prosjektet har vi funnet det formålstjenelig å skille mellom konsekvenser ved bygging/utbedring av veger, drift og vedlikehold av veger samt bruk av veger (trafikk). Dette kan virke som en noe kunstig inndeling, da flere av konsekvensene går inn i alle tre gruppene. Hovedårsaken til at vi har valgt å gjøre det slik, er at det vil forenkle framstillingen, samt at det vil bli lettere å bruke rapporten.

Konsekvensene for vassdrag ved vegbygging må vurderes ut fra vegens influensområde som avhenger bl.a. av trafikkmengden, vegens karakter, landskapets karakter osv.

3.2 Konsekvenser ved bygging/utbedring av veger

I det følgende er en del konsekvenser som bygging/utbedring av veger medfører for vassdrag kommentert kort. Hovedvekten er lagt på konsekvenser ved direkte inngrep i vassdrag.

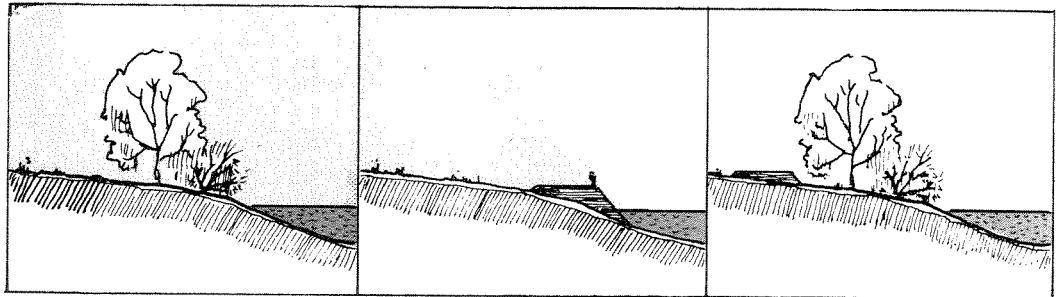
3.2.1 Estetiske

Veger langs vassdrag har klare estetiske konsekvenser i landskapet. Eldre veger framstår gjerne som en naturlig del av landskapet. Dette har imidlertid forandret seg vesentlig de senere årene på grunn av endra krav til linjeføring, både horisontalt og vertikalt, samt større trafikkbelastning. Nye veger vil derfor kunne ødelegge et landskap fordi de nødvendiggjør brutale inngrep og fordi planleggeren ikke har tilstrekkelig oversikt over balansen mellom veg og landskap. Dette er uheldig ut fra miljømessige betraktninger. Vegvesenet har utarbeidet gode retningslinjer på dette området.

Forutsetningen for å oppnå en god tilpasning mellom veg og landskap, er at planleggeren kjenner den landskapstypen som vegen føres gjennom. For å unngå barriere-effekt bør vegen søkes lagt inntil randsonene i landskapet. Inngrep i randsonen vil føre til at landskaps-

rommets avgrensning blir mer diffus. Verdifull vegetasjon kan gå tapt, og fyllinger og skjæringer kan gi uheldige kontraster i landskapsbildet. (Statens vegvesen, Håndbok -010).

Elver og vann er verdifulle elementer i landskapet, og strandlinjer er særlig verdifulle ut fra økologiske synspunkter. Det bør derfor vurderes nøye om andre traséer kan velges i stedet for å legge vegene langs vassdrag. Mange steder er den "eneste" hensiktsmessige vegtraséen langs vassdrag. Estetisk sett er det da viktig at vegen legges tilnærmet horisontalt og at horisontaltraséen er nøye tilpasset konturene i terrenget. For at landskapet og vegen skal henge sammen kan det være nødvendig å forme terrenget etter veglinjen og etablere ny vegetasjon.



Randsone før inngrep Uheldig lokalisering "Riktig" lokalisering

Figur 3. Vegens plassering i forhold til randsoner mot vann.

Kilde: Håndbok -010 Statens vegvesen.

Vegvesenet har utarbeidet veiledningsheftet "Vegen i landskapet" (Statens vegvesen). Denne tar for seg på en god måte hvordan vegen skal innpasses i landskapet på en hensiktsmessig måte. Planlegging av veger i nærheten av vassdrag er viet forholdsvis stor oppmerksomhet. Tas det tilstrekkelig hensyn til denne veiledning vil vegene bedre innpasses i landskapet, selv om enkelte av de forslåtte utførelsene kan ha negative konsekvenser for vassdraget.

3.2.2 Friluftsliv

Vegbygging i og langs vassdrag vil ha både positive og negative effekter for friluftslivet. Friluftslivsbegrepet er svært omfattende og det er mange ulike oppfatninger om hva som er positivt og negativt for friluftslivet.

Positive konsekvenser

Vegbygging langs vassdrag bedrer tilgjengeligheten for flere brukergrupper til nye friluftsområder i tilknytning til vassdragene. Nye områder til bading, soling, leirslagning, rasting, båtopplag osv. blir lett tilgjengelig. Dette krever tilrettelegging i form av avkjørsler og parkeringsplasser.

I mange områder vil tilgjengeligheten til vannrelaterte friluftsaaktiviteter bli bedret for mange brukergrupper.

Negative konsekvenser

Vegbygging langs vassdrag vil i mange tilfeller ødelegge områder som kan benyttes i friluftssammenheng. Utfyllinger ødelegger badeplasser, gyteplasser nedslammes med derav redusert fiskeavkastning, osv. Arealkonfliktene langs flere vassdrag vil øke.

Hovedkonklusjonen er at det som er positivt for enkelte brukergrupper er negativt for andre. Likevel vil det være mulig å vurdere helhetsinntrykket ved vegbygging langs vassdrag for friluftslivet. Generelt kan det vel sies at dagens vegbyggingsmetoder har flere negative konsekvenser for friluftslivet enn positive, men trenger ikke alltid å ha det. Større tilrettelegging av arealer langs vegene vil kunne forbedre mulighetene til friluftsliv betydelig. Trafikksikkerhetsproblemet vil være sentralt i denne forbindelsen.

3.2.3 Erosjon

Ved vegbygging fjernes vegetasjonen i skjæringer og vegggrøfter, samt at nye fyllinger lages. Dette er kilder til økt sedimentproduksjon. Erosjon av vegskråninger henger nært sammen med nedbørmengde, nedbørsintensitet, jordart og topografi. I områder med stor nedbør er dette et av de virkelig store problemene. Materialtransporten kan få store konsekvenser for den omgivende naturen. Erosjon kan føre til større risiko for ras og utglidinger, forandring av betingelsene for fisk og andre vannorganismer gjennom oppgrumsing av vannet, nedslamming av gyteplasser og næringsgrunnlaget på bunnen osv.

Det er gjort få undersøkelser om kvantifisering av partikkeltransport i norske vassdrag. Det er utført undersøkelser i forbindelse med vassdragsreguleringer og slamtransportundersøkelser i breelver. I forbindelse med vegbygging er det ikke utført undersøkelser av betydning. I USA er erosjon i forbindelse med vegbygging undersøkt, spesielt i tilknytning til hogstområder. Det er registrert 25 - 340 ganger større partikkeltransport i vassdrag etter vegbygging (Beschta, R.L., 1978). Hovedkilden til dette er ras og utglidninger som skjer i skjæringer og fyllinger (gjelder den bestemte undersøkelsen).

Undersøkelser viser at de viktigste hovedkilder for partikkeltilførsler fra veger er:

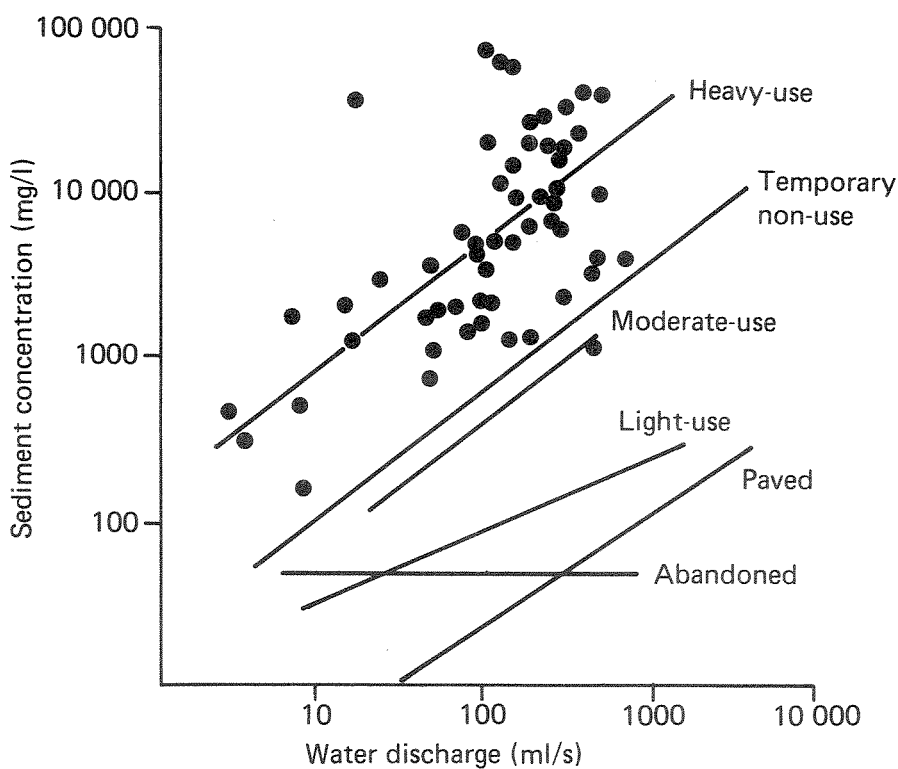
- Ras og utglidninger. Opptrer i skjæringer og fyllinger. Hovedårsaken er drenering/overflateavrenning fra veger og omkringliggende terreng.
- Vegrelaterte ras og utglidninger fører til opplagring av sedimenter i elver/bekker og grøfter. Ved større vannføring vaskes disse ut og transporteres bort.
- Utvasking av partikler fra vegbyggingsmateriale under anleggsperioden.
- Vegdekket er en kontinuerlig kilde til partikkeltransport. Trafikken knuser ned materialet i overflata, samtidig som trafikkbelastninga fører til "oppumping" av finstoff fra underbygningen. Det nedknuste materialet transporteres vekk med nedbør, vind og av trafikken. Asfaltering av vegene vil redusere dette, men bruk av piggdekk vil skape nye problemer.

Det mest dominerende kilden er ras og utglidninger. Undersøkelser i USA viser at 60 % av partikkeltransporten fra nedbørfelt med vegbygging, skyldes ras og utglidninger. 20 % kommer fra veger med grusdekker (Reid, L.M. et al., 1981).

Konklusjonen på amerikanske undersøkelser er at av alle kulturelle aktiviteter, er vegbygging (spesielt tømmerveger) den dominerende kilden til økt sedimenttransport.

Erosjon av vegskråninger og vegdekker kan være et stort problem mange steder. Vegvesnet har utarbeidet retningslinjer for hvordan skråninger skal sikres mot erosjon. Ettersom det er gjort få undersøkelser på dette området i Norge, bør det settes i gang et prosjekt for å fremskaffe opplysninger om dette problemet.

Fra den amerikanske undersøkelsen gjengis figur 4 som viser partikkelkonsentrasjon som funksjon av vannføring og bruken av veger. Punktene på figuren angir målinger langs sterkt trafikert vegstrekninger og gir en indikasjon på spredningen.



Figur 4. Partikkelkonsentrasjon i avrenningsvann som funksjon av vannføring og bruk av vegen. Kilde: Reid, L.M. et al.

3.2.4 Partikler i vann

Konsekvenser for fisk og andre vannorgansimer

Det er utført forholdsvis få studier av fisk i partikkelforurenset vann. Derfor er kunnskapen om hvor mye fisken tåler av partikler i vann, forholdsvis liten. Suspenderte partikler i vann kan ha følgende

konsekvenser for fisk og andre vannorganismer (Iwamoto, R.N. et al., Train, R.E.):

- Direkte virkning, f.eks. ved irritasjon av gjellene, som fører til redusert vekstrate, mindre motstandsdyktighet, overfor andre påvirkninger eller dødelighet.
- Hindrer vellykket utvikling av yngel ved at fiskeegg dekkes av partikler, dvs. tilførselene av oksygen reduseres.
- Endring av fiskens naturlige bevegelser, vandring og opptak av føde.
- Reduksjon av tilgjengelig "mat" for fisken ved at betingelsene for næringsdyr, alger og annen vannvegetasjon forandres.
- Ødeleggelse av ulike stadier i livssyklusen, for eksempel nedslamming av fastsittende stadier.
- Endrer vannkjemien ved binding av kjemikalier.
- Reduksjon av alger og høyere vegetasjoners vekst ved skuring, nedslamming, redusert lys, osv.
- Endrer nyttbare leveområder (habitater) ved skuring og gjenfylling av kulper og stryk, samt endring av bunnmaterialets (substrat) sammensetning.
- Endring av bunnmaterialets gjennomtrenglighet for vann og oksygenkonsentrasjoner.

En kombinasjon av disse effektene kan få tildels stor virkning. Eksponeringstiden, dvs. hvor lenge partikkelkonsentrasjonen er høy, er viktig. Undersøkelser antyder at fisk kan overleve i vassdrag med tildels høye partikkelkonsentrasjoner, forutsatt en rask tilbakegang til "normalt" nivå. En har imidlertid også eksempler på at fisk (laksefisk) i løpet av kort tid har "flyktet" (unnveket) fra områder som har vært påvirket av store mengder partikler.

Skadegrenser (kriterier) for innholdet av suspenderte partikler i vann for fisk er forsøkt utviklet av bl.a. den europeiske innlandsfiskekommisjonen (EIFAC). Om vassdraget forøvrig er egnet for fisk med hensyn til fysiske, kjemiske og biologiske forhold, er det satt opp følgende kriterier (Alabaster, J.S., Lloyd, R., 1980):

- a) Det er ikke påvist at innhold av suspenderte partikler mindre enn 25 mg/l har skadelig effekt på fisket.
- b) Ved et innhold av suspenderte partikler på 25 - 80 mg/l skulle det være mulig å opprettholde et brukbart fiske, men avkastningen vil reduseres med økende innhold av partikler innenfor dette området.
- c) Ved et innhold av suspenderte partikler mellom 80 - 400 mg/l er betingelsene for fisk svært dårlige, og et brukbart fiske kan neppe opprettholdes.
- d) Ved et innhold av suspenderte partikler større enn 400 mg/l er det tvilsomt om fisk vil overleve i det lange løp.

Dette skulle vise at innholdet av suspenderte partikler har stor betydning for fisket. Derfor bør det tas hensyn til dette ved vegarbeider i nærheten av vassdrag som kan medføre økte partikkelkonsentrasjoner. For å skaffe fram mer kunnskaper om dette området bør det settes igang videre undersøkelser. Det siktes da til såvel eksperimentelle undersøkelser som til undersøkelser i påvirkede lokaliteter.

Iwamoto et al. referer en rekke eksempler på at både fisk, insekter og planter er redusert både med hensyn til mengde og artsantall som følge av høy sedimentasjon av partikler. På grunn av tildels motstridende rapporter om virkningen av suspenderte partikler i vann, er det vanskelig å fastsette rasjonelle kvalitetskriterier med hensyn på konsentrasjoner i vann. Bunnmaterialets relative innhold av finpartikulært materiale er kanskje en bedre forklaringsvariabel for biologiske effekter. Generelt vil både mengde og mangfold av organismer avta med økende mengde finpartikulært materiale i substratet.

Adsorpsjon av fosfat på partikler

Uorganiske partikler har evnen til å adsorbere fosfat. Adsorberingen i en suspensjon av partikler er avhengig av partiklenes kjemiske sammensetning, den samlede partikkeloverflate, pH, oksygenkonsentrasjon m.m. Mengden fosfat på partiklene er i likevekt med konsentrasjonen av fosfat i løsning. Fosfat kan derfor resorberes fra partiklene hvis konsentrasjonen i vannet minker. På den måten kan alger tilgjøre seg i hvert fall en del av den adsorberte fosfaten i en partikelsuspensjon ved å ta opp fosfat fra vannet.

Evnen til fosfatadsorpsjon på partikler har stor betydning for transport av fosfater i elver med stort partikkelinnhold (f.eks. breslam). Tilførsel av slamholdig vann til en innsjø vil kunne føre til en reduksjon av fosfatinnholdet i overflatevannet ved at fosfat adsorberes til partikler som sedimenterer. Partikler som er mettet med fosfat vil på den annen side kunne øke fosfatkonsentrasjonen i et vann med lavt fosfatinnhold ved at fosfat resorberes fra partiklene.

3.2.5 Utfyllinger i vassdrag

Ved vegbygging langs vassdrag vil deler av vegbanen ofte ligge på fylling ut i vassdraget. Slike utfyllinger kan ha betydelige effekter på vassdraget.

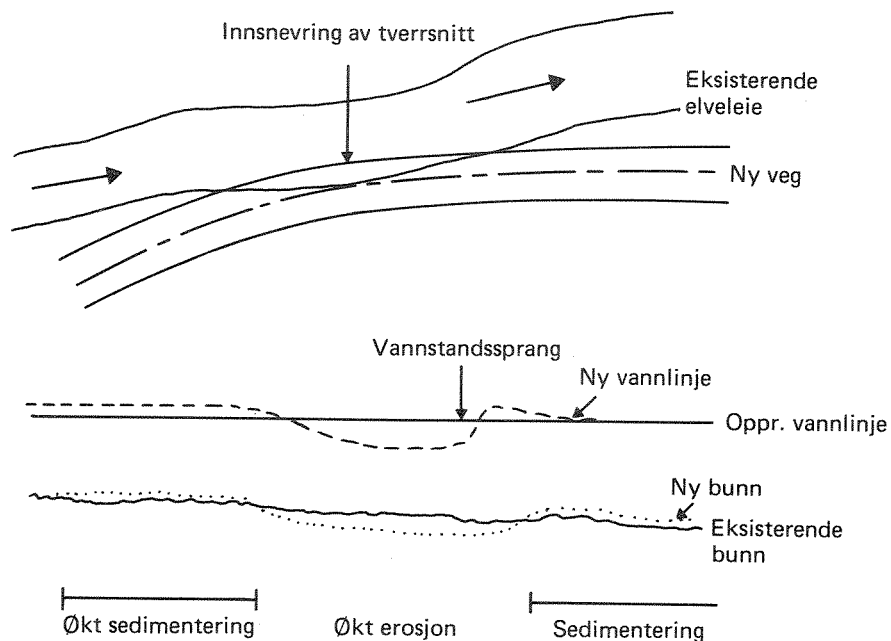
Reduksjon av strømningsareal

Ved utfylling i elver vil strømningsarealet reduseres. Dette medfører økt strømhastighet ved innsnevringen og oppstuvning oppstrøms (dvs. at vannstanden øker).

Strømningshastigheten rundt en innsnevring vil bli lavere oppstrøms (p.g.a. oppstuvning), høyere ved og like nedenfor innsnevringen inntil normale forhold inntreer igjen. Teorien for slike beregninger skal ikke presenteres her.

Økt strømhastighet medfører økt erosjon av elvebunn og elvesider inntil ny likevektstilstand er etablert, enten ved at bunnen forandres eller at elveleiet går tilbake til sin opprinnelige tilstand. Bunnen

vil forandres inntil materialet er blitt så grovt at vannstrømmen ikke klarer å rive det med. Eventuelt kan elva grave i fyllinga om den ikke er erosjonssikret med den følgen at vegen kan rase ut.



Figur 5. Erosjon ved innsnevring av elvetverrsnitt. Ved utfylling vil den naturlige kontinuerlige forandringen av elveleiet påskyndes.

Oppstrøms innsnevringa vil strømhastigheten reduseres slik at sedimenteringen øker (vannet "gir" fra seg partikler) og det "rene" vannet vil plukke opp partikler ved innsnevringen.

Prinsipielt er det en funksjonell sammenheng mellom elvehelning, vannføring, sedimentstørrelse i bunnen og frigjøring av sediment:

$$S \propto \frac{Q_s^a D^b}{Q^c}$$

hvor S = elvehelning
Q_s = frigjøring av sediment
D = sedimentstørrelse
Q = vannføring
a,b,c = eksponenter

3.2.6 Uttak av masser i vassdrag

Omfanget av uttak av sand og grus i vassdrag har det ikke vært mulig å fremskaffe opplysninger om. I utredningen "Sand og grus" (NOU 1980:18) er det anslått at 70 % av uttaket i vassdrag (omfatter også havbunnen) foregikk i grunne elveavsetninger. Massene blir benyttet til betong, pussesand, vegmasser, fyllmasser og jordforbedringsmasser.

Uttak av masser i vassdrag medfører flere konsekvenser som endring av strømhastighet, senkning av elveleiet, erosjon, tilslamming av områder, ras eller utglidninger osv. Statens vegvesen har utarbeidet retningslinjer for "Erverv og drift av massetak" (Håndbok 028b, 1977). Der er følgende spesifisert om uttak i vassdrag:

"Før uttak i eller nær vassdrag, skal det tas kontakt med det stedlige distriktkontoret for Norges Elektrisitets- og Vassdragsvesen. Dette for å kunne diskutere eventuelle forebyggende tiltak med tanke på erosjon og utglidninger.

Ved uttak i elver bør planbeskrivelsen inneholde opplysninger om hvilke tiltak som eventuelt må settes inn før, under og etter uttaket for å hindre utilsiktet graving i elvebunn og sider - bygging av terskler og forbygninger langs sidene m.v.

Ved uttak i sjø eller vassdrag bør det forut for uttaket foretas grunnundersøkelser for å få klarlagt om det planlagte uttak av masser kan føre til ras eller utglidninger".

Retningslinjene legger opp til at det må undersøkes nøye om eventuelle uheldige konsekvenser kan oppstå, og at det må vurderes å utføre forebyggende tiltak.

Senkning av elveleiet

Uttak av masser i vassdrag fører til senkning av elveleiet både oppstrøms og nedstrøms uttaksstedet. Fjerning av deler av elveleiet kan resultere i utflating av strømningshelningen slik at vannhastigheten reduseres, og dermed kan partikkeltransporten reduseres nedstrøms.

Oppstrøms vil erosjonen øke da vannhastigheten vil øke på grunn av vannstandsspranget som etableres ved utgravingsstedet. Erosjonen vil fortsette inntil en ny likevektstilstand etableres.

Konsekvensene av masseuttak er i første rekke økt erosjon av elveleiet og elvesiden. Dette kan resultere i ras og utglidninger, samt at konstruksjoner i elveleiet undergraves. Det er eksempler på at broer har rast sammen på grunn av at fundamentene har blitt undergravet. Derfor må dette momentet trekkes inn ved planlegging av masseuttak i vassdrag.

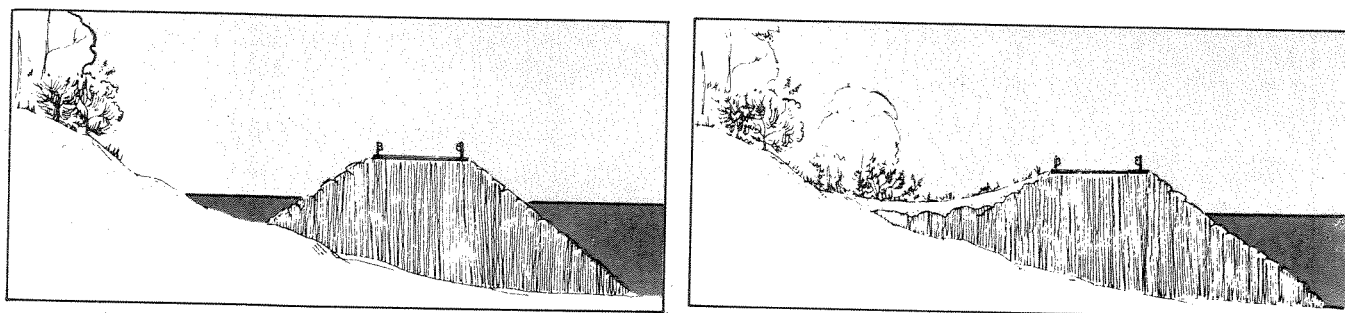
Tilslamming

Ved uttak av masser vil en del finstoff bli frigjort og transportert videre nedover.

Dette er prosesser som naturlig inngår i vassdragene, men en økning kan resultere i tilslamming av gyteområder for fisk, samt at det vil ha konsekvenser for bunnfaunan. Dermed vil det biologiske livet kunne bli forandret.

3.2.7 Avskjæring av bukter og viker

I mange tilfeller er det naturlig ut fra linjeføring og økonomi å legge vegen på fylling gjennom mindre innsjøer, eller slik at mindre bukter og viker blir avskjært.



Figur 6. Eksempel på avskjæring av vann og hvordan dette bør utføres etter vegvesenets retningslinjer. (Kilde: Statens vegvesen, håndbok -010).

I Statens vegvesens veiledning "Vegen i landskapet" (Håndbok 010, 1978), er dette problemet poengtert. Anbefalt tiltak er å fylle igjen det avstengte området, slik at det etableres en forbindelse mellom terrenget innenfor og fyllingen. I andre tilfeller er det aktuelt å legge vegen slik at større bukter og viker blir avskjært. Da må andre tiltak vurderes (eks. Langsæ ved Grimstad). Der er det lagt hvertledning mellom de to adskilte bassengene).

Avskjæring av bukter og viker kan medføre tildels omfattende konsekvenser. Strandvegetasjonen fylles ned med derav følger for det biologiske systemet, oppgrumsing av vannet under byggeperioden, utvasking av fyllinga, endret strømforhold, endring av sedimentasjonsforholdene osv. Undersøkelser bør utføres for å fastslå hvorvidt slike effekter kan oppstå.

3.2.8 Dumping av overskuddsmasser i vassdrag

Problemet med dumping av overskuddsmasser i vassdrag er ikke stort, men har forekommet i forbindelse med vegarbeider.

Konsekvensene ved slik dumping avhenger av materialtypen som dumpes. Ved tipping av leirmasser direkte i vann eller langs elver, vil store mengder partikler tilføres vannmassene. Leirpartiklene er så små at de holder seg flytende i lang tid. De minste partikkelstørrelsene (kolloidale partikler) vil ikke sedimentere i det hele tatt. Følgen av dette er at vannet blir blakket. Dette vil få følger for den biologiske aktiviteten i vannet. Blir konsentrasjonen stor nok vil fisken få problemer, bunnvegetasjonen overdekkes og nedslammes osv.

Ved dumping/utfylling av sprengte masser vil en god del finstoff bli vasket ut. Dette finstoffet vil påvirke vannet på samme måte som ved dumping av andre masser, men i mindre utstrekning.

Dumping av grove masser kan medføre endring av livsbetingelsene for fisk ved at fiskens naturlige skjulesteder endres.

3.2.9 Drenering

Drenssystemet langs vegene har som hovedoppgave å drenere vegkroppen, samt transportere vekk overflatevann. Forurensninger i overvann vil bli tatt opp senere. Her skal vi kort ta opp problemet med økt erosjon i forbindelse med drenssystemer og endringer av avrenningsforholdene, dvs. endring av vannføring, flytting av bekkeleier osv.

Åpne grøfter medfører stor erosjon av grøftesidene. Dette øker tilførslene av partikulært materiale til vassdrag. Nedstrøms stikkrenner vil det være stor erosjon, som ytterligere kan øke tilførslene av partikler. Erosjonsforbyggende tiltak bør settes inn nedstrøms større stikkrenner.

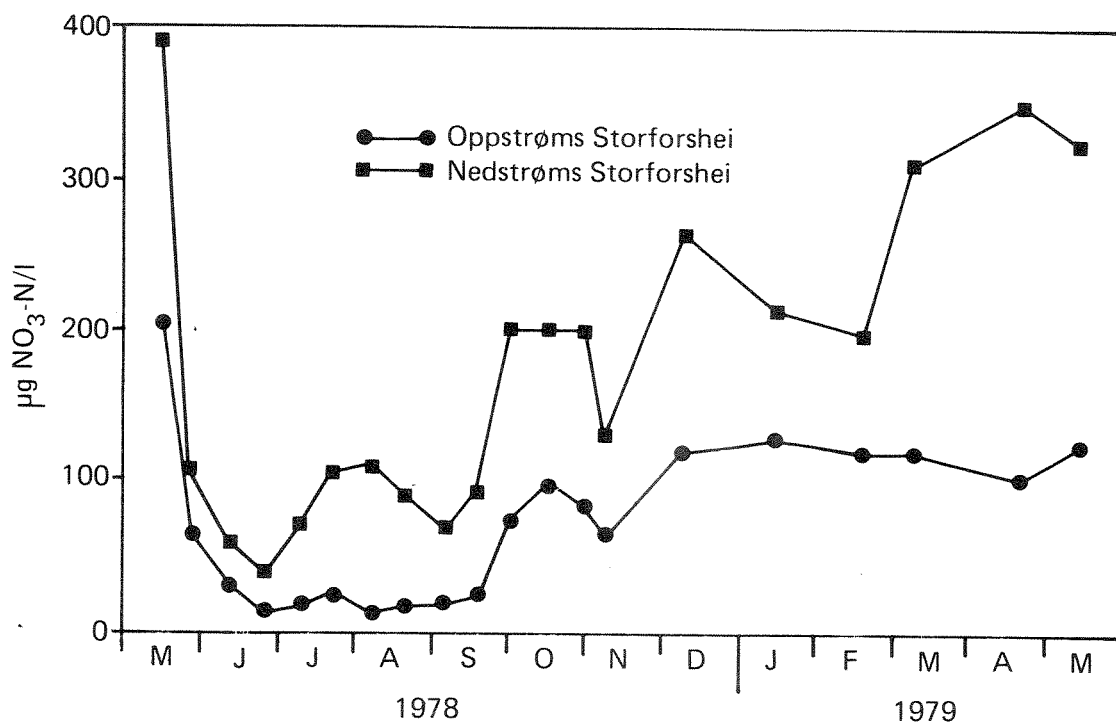
Ved vegbygging kan avrenningsforholdene innenfor større områder bli betydelig endret. Bekkeleier flyttes, vannføringen i eksisterende bekker økes eller minskes osv. I hardt belastede vassdrag (sterkt forurensa) kan en endring av vannføringen få betydelige følger for vannkvaliteten. Større omlegginger av det naturlige avrenningssystemet bør vurderes nøye i forbindelse med vegarbeider, spesielt i problemområder.

3.2.10 Sprengning

Sprengstoff består for en stor del av nitrater. NG-sprengstoffer er en variert sammensatt gruppe sprengstoffer som har nitroglycerin som felles bestanddel. Dessuten inneholder NG-sprengstoffer nitrocellulose, ammoniumnitrat, salter, nitroaromater, metaller osv. ANFO-sprengstoffer består hovedsakelig av ammoniumnitrat (94,5 %) og mineralolje (5,5 %). Slurry-sprengstoffer er basert på vannopløsninger av oksygenholdige salter, som ammoniumnitrat, natriumnitrat og kalsiumnitrat. Vannbestandigheten til de ulike sprengstofftypene varierer. F.eks. er ammoniumnitrat lettloslig i vann (Håndbok -045, Statens vegvesen).

Ved bruk av større mengder sprengstoff i forbindelse med sprengningsarbeider i nærheten av vassdrag, er det stor sannsynlighet for at vassdraget kan bli tilført større mengder nitrat. NIVA har gjennom-

ført en undersøkelse i Ranavassdraget som påviser dette problemet. Nedstrøms gruvetipper er det påvist en kraftig økning i nitratinnholdet. Dette skyldes sannsynligvis for en stor del utvasking av nitratholdige rester av sprengstoffet (Faafeng, B. et al.).



Figur 7. Nitratkonsentrasjoner ($\mu\text{g NO}_3\text{-N/l}$) i Ranaelva oppstrøms og nedstrøms Storforshei i perioden mai 1978 - mai 1979. Kilde: Faafeng, B. et al.

Hvilke konsekvenser en økning av nitratkonsentrasjonene har for vannkvaliteten er vanskelig å si generelt. Høye nitratkonsentrasjoner i vann behøver ikke medføre forverring av vannkvaliteten, men er siktemålet å redusere nitrat-mengdene i vassdraget bør bidrag fra vegbygging vurderes. Nitrat kan øke faren for eutrofiering og kan være uønsket i drikkevannskilder. Utvasking av nitrat i forbindelse med sprengningsarbeider og sprengsteinfyllinger bør undersøkes nærmere.

3.2.11. Fyllingsmaterialer

Avhengig av fyllingsmaterialenes kjemiske sammensetning kan lokale forurensningsvirkninger påvises. Ved bruk av grus som inneholder store mengder jern, kan en få utfelling av jern i sigevann og drens vann ved kjemisk oksydasjon av reduserte jernforbindelser.

Dette kan ikke ansees å være noe stort problem, men lokale forurensningsvirkninger kan oppstå. Spesielt i nærliggende grunnvannsforekomster (brønner) kan utfellingsprodukter fra vegfyllingsmaterialer gi merkbare utslag.

Bark

Bark brukes i lette fyllinger. NIVA har gjennomført en undersøkelse av vannforurensningspotensialet fra bark (Gjessing, E., 1973). Konklusjonen av denne undersøkelsen var at det ikke kan gis en generell uttalelse om vannforurensningspotensialet, da karakteren og størrelsen av de vannforekomster som mottar barkvannet er av avgjørende betydning.

Kjemiske analysedata av prøver av grøftevann og sigevann fra barkfyllinger indikerer at bark i veg vil påvirke grøftevannets kjemiske sammensetning. Denne kvalitetsforskjell gir seg tilkjenne ved en noe høyere konsentrasjon av karbon og næringsalter og en høyere BOF (biokjemisk oksygenforbruk).

Den viktigste påvirkning av bark på tilstøtende vannforekomster er vekst av organismer som foruten vann og mineraler trenger tilførsel av organisk stoff (heterotrof vekst). Ekstrakter av bark har en karakteristisk lukt og smak og vil derfor kunne ha uheldig innvirkning på drikke- og badevannskvalitet. For større vannkilder vil dette neppe representere noe problem, mens det i nærliggende grunnvannsforekomster kan gi seg merkbare utslag. I små vannkilder med liten innblanding av luft, vil oksygenmangel kunne inntre. Barkeekstrakters giftvirkning overfor fisk synes å være liten.

Ved bruk av bark i veg bør grunnforhold og topografi vurderes, slik at lokale ulemper med forurensninger fra bark kan reduseres. Eksisterende grunnvannsbrønner i nærheten bør kartlegges og dreneringsystemene planlegges i forhold til karakteren av de vannforekomster som skal motta barkvannet. For å begrense problemet fra barkfylte veger til et minimum, bør det sørges for at minst mulig vann får anledning til å trenge inn i fyllingen for deretter å sige utover områdene rundt vegen. Et annet alternativ er å blande kalkstein i fyllingen sammen med barken. Sigevannet får da høyere pH-verdi, og des-

suten vil karbonationer som frigjøres reagere med utløst jern og mangan i redusert form og danne tungt løselige karbonater (Ormerod, K.).

3.2.12 Maskinbruk

Bruk av maskiner fører svært ofte til spill av petroleumsprodukter. Ved større uhell kan petroleumsproduktene direkte tilføres vassdrag ved overflateavrenning og gjennom grunnvann. Spill av petroleumsprodukter er spesielt viktig å unngå i nærheten av områder med grunnvannsinteresser. Kommer oljen først ned i grunnvannet kan det få konsekvenser for vannkvaliteten i lang tid fremover, og helt ødelegge mulighetene for utnyttelse til drikkevann.

Maskiner må sikres slik at sannsynlighet for spill reduseres. Ved oljeskift må spilloljen samles opp og transporteres vekk.

3.2.13 Effekter på grunnvann

Vegbygging har klare konsekvenser for grunnvannsforholdene i et område, spesielt er de kortsiktige effektene klargjort i undersøkelser. De langsiktige effektene synes ikke å være tilstrekkelig klarlagt enda. Bygging av veger påvirker i første rekke grunnvannsstanden ved senking eller oppdemming.

Senkning av grunnvannsstanden

Senkning av grunnvannsstanden kan skje ved drenering av vegkroppen, ved utførelse av skjæringer under grunnvannsspeilet og dels indirekte gjennom redusert infiltrasjon på grunn av større andel tette flater og bortledning av overflate- og grunnvann. Konsekvensene av grunnvannssenkning kan bli redusert vanntilgang til nærliggende brønner, setningsskader på bebyggelse, spesielt i leirområder i nærheten av vegen, setningsskader på vegen selv, samt vegetasjonsforandringer p.g.a. redusert vanntilførsel.

Den kraftigste dreneringseffekten ved vegbygging skjer om vegen legges i skjæring i et område med et tynt lag av vanngjennomtrenglig jord over fjell eller på oppsprukket eller forvitret fjell. Dette kan innebære at strømningsvegen for grunnvannet avskjæres på en viss

strekning. Forandringen i grunnvannsspeilet avhenger av flere faktorer, men grunnforholdene har stor betydning for senkningenes utbredelse. I "tette" jordlag, f.eks. leire og spesielle morener, vil senkningen bli begrenset til et lite område. I jord- og bergarter med god vann-gjennomtrengelighet kan senkningen i forbindelse med vegbygging bli svært omfattende (flere kilometers senkningstrakt). Spesielt alvorlig kan senkningen av grunnvannsspeilet bli om en ved vegarbeider kommer i berøring med artesisk grunnvann. Små uttak av artesisk grunnvann kan medføre store senkninger. For å begrense senkningen kan det være aktuelt med visse byggetekniske løsninger.

Redusert infiltrasjon på grunn av bygging av veger (større andel tette flater) antas å ha liten betydning, med unntak av i bymessige strøk.

Senkning av grunnvannsspeilet vil i mange tilfeller medføre forandringer av vegetasjonen. Forandring av vegetasjonen kan være tørkeskader eller endring av vegetasjonens sammensetning. Størsteparten av vegetasjon er markvannsavhengig, slik at forandringen bare vil skje lokalt nedstrøms vegen. Grunnvannspåvirkede vegetasjonstyper såsom sumpskoger og myrer kan påvirkes i større områder.

Oppdemning

Veger kan virke oppdemmende på grunnvannsspeilet om fyllingsmaterialene består av tette jordarter eller om de utgravde massene er tette (leire, gytje) og disse legges opp langs vegen. Spesielt gjelder dette for vegarbeider i myrområder.

I myrområder er oppdemningseffekten mer eller mindre almen. Vannstandsøkningene som forekommer er som regel små. Svenske undersøkelser viser 20 - 30 cm økning (Statens naturvårdsverk, SNV PM 1068), men en slik økning er tilstrekkelig til å forandre betingelsene for vegetasjonen.

Oppdemningseffekter er også påvist under andre jordartsforhold, spesielt i områder med stor grad av forsumping. I forbindelse med stor snøsmelting eller kraftig nedbør kan vegen demme opp vann slik at terrenget oppstrøms oversvømmes.

3.2.14 Innvirkning på fauna

Vegtrafikken påvirker dyrelivet i inntilliggende områder i stor grad. Påvirkningsgraden avhenger av dyreart, populasjonstetthet, aktivitet, tid på døgnet og året, trafikkintensitet, vær, vegetasjonsforhold mv. I dette prosjektet vil vi bare ta for oss konsekvenser for fauna ved veger langs vassdrag.

Ved vegbygging langs vassdrag vil flere dyrearters naturlige trekkveier til vanningssteder bli avskjært. Undersøkelser viser at det skjer mange ulykker mellom dyr og biler umiddelbart etter at en ny veg er tatt i bruk. Dette viser at det tar en tid før dyreartene tilpasser seg det endrede miljøet. Vegen utgjør en unaturlige og skarpt markert grenselinje i landskapet, og kan dermed vanskeliggjøre dyrenes bevegelser mellom områder som separeres av vegen. Vegenes "barriereeffekt" kan forsterkes ved tett trafikk, endring av vegetasjonen rundt, bratte vegskråninger osv.

Ved vegbygging vil vegetasjonen endres. Gamle naturlige beiteplasser kan bli ødelagt av anleggsarbeid, ny vegetasjon etableres i skjæringer og fyllinger, ved sikteutbedringstiltak ryddes større områder osv. Dette kan få positive og negative effekter for dyrelivet, dels vil næringsgrunnet kunne bli mindre, dels større. Dette avhenger av dyreartene. For å skaffe seg informasjon om dette bør det utføres viltundersøkelser ved større vegbyggingsprosjekter.

For nærmere opplysninger om vegens innvirkning på dyreliv henvises til Statens Naturvårdsverks publikasjon "Vägars inverkan på omgivande natur." II. Djurliv (SNV PM 1069, 1978).

3.2.15 Oppsummering/konklusjon

Vegbygging medfører tildels store konsekvenser for vassdragene. Det synes som om de fleste vegbyggingstiltak vil påvirke vassdragene i betydelig grad. Inngrep i vassdrag som utfyllinger, uttak av masser, avskjæring av bukter og viker, bør vurderes nøye før tiltakene iverksettes. Ved større vegprosjekter bør det trekkes inn fagfolk for å vurdere konsekvensene.

Problemet med erosjon og partikler i vann synes lite påaktet i forbindelse med vegbygging. Det bør gjennomføres et større undersøkelsesprogram med sikte på å kvantifisere kilder til partikler, virkning i vassdraget og tiltak for å begrense erosjonen. I første omgang bør det gjennomføres en litteraturstudie for å belyse problemet.

3.3 Konsekvenser ved drift og vedlikehold

Drift- og vedlikeholdsaktivitetene er omfattende. Denne rapporten vil i første rekke konsentrere fremstillingen om de viktigste aktivitetene som har konsekvenser for vassdrag. Omfanget av de viktigste vedlikeholdsaktivitetene som har konsekvenser for vassdrag har det ikke vært mulig å fremskaffe tilstrekkelig data om.

3.3.1 Salt og støvdempningsmidler

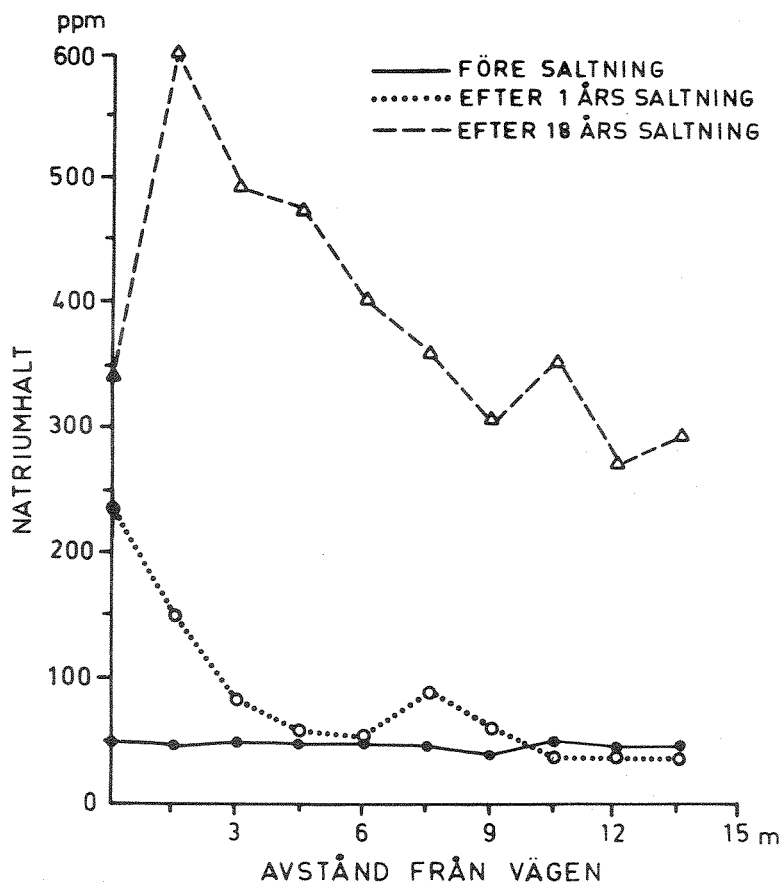
Salting av veger utføres for å bedre friksjonen på vegene om vinteren. I Norge nyttes det årlig ca. 16 - 20 000 tonn natriumklorid for vegavisning på ca 2 000 kilometer veg. Kalsiumklorid benyttes på veger som støvdempningsmidler. I flere land er det utført undersøkelser om saltets innvirkning på miljøet rundt vegene. I det følgende er de viktigste resultatene fra disse undersøkelsene kort kommentert. (Väg- och trafik-institutet).

I Sverige er vegsaltets påvirkning på miljøet undersøkt i detalj i forsøksområder. Ved forsøksområdene er mer eller mindre omfattende påvirkning blitt konstatert, delvis gjennom observerte vegetasjonsskader og til dels gjennom høynet saltinnhold i marken, grunnvannet og vegetasjonen. Det foreligger likevel ingen entydig forbindelse mellom utspredd saltmengde og f.eks. omfanget av vegetasjonsskadene eller saltinnholdet i grunnvannet. Avgjørende for i hvilken grad saltingen påvirker miljøet synes i stedet å være andre faktorer enn utspredd saltmengde, hovedsakelig de geologiske og hydrologiske forhold.

Vegetasjonsskader, spesielt på bartrær, forekommer ofte langs saltede veger. Skadene er vanligvis begrenset til ca. 10 meter fra vegkanten. Storparten av disse skadene skyldes sannsynligvis forstøving og

avdrift under utspredning av salt. Trærnes rotsystem er en forholdsvis effektiv sperre for opptaking av natriumioner fra marka, mens opptaking gjennom blad skjer lettere for natrium enn andre ioner. Likevel kan skader oppstå på grunn av opptaking gjennom rotsystemet. Hovedårsaken til dette er at opptaking av andre ioner, f.eks. kalium og kalsium, hemmes av sperren i rotsystemet. Klorid opptas lett av vegetasjonen. Det er ikke påvist noen sperre for kloridopptak i rotsystemet.

I nærheten av saltede veger vil innholdet av natrium og klorid i marka øke. Kloridinnholdet vil ikke øke så mye som natriuminnholdet, da kloridionene ikke bindes opp så lett i jorda.



Figur 8. Opplagring av natriumioner i leirholdig silt inntil saltet veg. Kilde: Statens Naturvårdsverk, SNV PM 476.

Transporten av salt i marka avhenger av de lokale hydrologiske forholdene. Som regel vil forhøyde konsentrasjoner påvises innen minst 10 m fra vegkanten.

I Sverige ansees risikoen for forurensning av grunnvann fra vegsalt å være liten. De kjente tilfeller av forurensning av brønner skyldes i første rekke at brønnene har vært grunne, ligger nært vegen og nedgravd i permeable jordarter. I USA derimot er det påvist tildels betydelig forurensning av vann fra vegsalt. Hovedårsaken til dette er i første rekke at mengdene som brukes er betydelig større enn i Skandinavia. Problemet med forurensning av vann fra vegsalt ansees som svært lite i Norge. Unntaket kan være lokale problemer og i nærheten av lagre av salt. Disse må plasseres slik at direkte avrenning til vassdrag og sårbar vegetasjon unngås.

Salt øker korrosjonen av metaller. Dette er påvist å være et store problem for biler. I USA er det utviklet et nytt vegsalt som ikke medfører korrosjonsproblemer, kalsiummagnesium-acetat (CMA). CMA er ikke utprøvd i Norge enda. Før produktet tas i bruk bør det undersøkes om CMA har miljøeffekter i det norske miljøet. Rent kjemisk sett bør det ikke ventes større miljøkonsekvenser av CMA.

3.3.2 Rensk av grøfter

Grøfter langs veger gror etter hvert igjen av vegetasjon, avsatt slam og nedrasing fra sidene. For å bedre grøftens kapasitet må det settes i verk opprensning. Dette utføres hovedsakelig med utgraving av masser.

Utbedring av grøftene kan medføre store partikkelkonsentrasjoner som avgis direkte under arbeidet. Dette kan tilføres nærliggende vassdrag. Omfanget av disse arbeidene er forholdsvis små, men ved gjennomføringen bør det vurderes om det kan få konsekvenser for nedenforliggende vassdrag.

Rensk av grøfter fører til at grøfteskråningene blir lettere utsatt for erosjon. Erosjonen vil være forholdsvis stor en periode før ny vegetasjon etableres.

3.3.3 Kratt og ugressbekjempelse

Kratt og ugressbekjempelse foregår enten ved kantslått, manuell rydding eller ved bruk av kjemiske midler. Så vidt vi har brakt på det

rene fører ikke denne aktiviteten til spesielle miljøkonsekvenser av stor betydning. Rydding av kratt vil ha estetiske konsekvenser, da større områder blir lagt åpne. Bruk av plantevernmidler i forbindelse med bekjempelse av ugress har også estetiske konsekvenser. Sprøyting dreper gresset langs vegen, slik at marken blir liggende åpen og misfarget.

Ved sprøyting av vegkanter kan en del sprøytemidler direkte tilføres vassdrag gjennom drens-systemet. Sprøytemidlene nedbrytes sent i vann. Det er ikke registrert særlig anrikning av slike plantevernmidler i fisk. Muligens kan disse midlene sette smak på fisk. For å unngå dette problemet bør det ikke sprøytes direkte i grøfter.

Fjerning av kratt og ugress langs vassdraget bør unngås i størst mulig utstrekning. Kantvegetasjonen bør bevares da den holder tilbake forurensinger, samtidig som erosjonen vil bli mindre. Vegetasjonen binder sammen jorda, samtidig som partikler holdes tilbake.

3.3.4 Sandblåsing av broer

Sandblåsing av broer fører til at rester av rustbeskyttelseslaget, f.eks. blymønje og sinkkromat, fjernes fra konstruksjonene. Under arbeidet vil en stor del av disse restproduktene tilføres vassdrag. Forurensningseffekten antas å være liten, men lokale effekter kan oppstå.

Restproduktene kan inneholde store mengder av tungmetaller, så som bly, sink, jern, osv. Disse tungmetallene kan bli opptatt i bunndyr, plankton og fisk. Imidlertid foregår sandblåsing av broer ikke jevnlig, slik at disse effektene antas å ha liten betydning for det biologiske livet.

Restproduktene, maling, stålrester og steinmel, kan forårsake lokal tilslamming av bunnen i spesielle områder. Dette kan ha virkninger på bunnvegetasjonen, men antas å ha liten betydning.

3.3.5 Dumping av asfalt og oljegrus

Ved vegarbeider vil eksisterende asfalt og oljegrus bli gravd opp og fjernet. I mange tilfeller har dette blitt dumpet i nærheten av vassdrag. Imidlertid er asfalt og oljegrus nå blitt en verdifull ressurs som brukes igjen, slik at problemet har blitt mindre.

Forurensningsmessig ansees nedbrytning av asfalt og oljegrus å ha liten betydning. En viss utskilling av oljeprodukter kan imidlertid oppstå. Imidlertid har restproduktene ved nedbrytning en meget lav løselighet i vann (lavere enn 10^{-9} g pr. liter).

3.3.6 Snørydding

Snørydding er i første rekke aktuelt i bymessige strøk. Vanlig praksis mange steder i dag er å tippe snøen i vann og langs elver. Det er en hensiktsmessig måte å utføre ryddearbeidet, da det er lett å bli kvitt snøen. I havneområder er det ikke tillatt å tippe snø i sjøen på grunn av isproblemet.

Snø fra bymessige strøk kan inneholde tildels betydelige forurensninger fra eksos, vegdekker, slitasjeprodukter fra biler og salt. Det blir gjort nærmere rede for dette senere (pkt. 3.4.3). Det finnes få undersøkelser av smeltevann i vintersesongen i Norge.

Forurensningskonsentrasjonene i smeltevann vil være vesentlig høyere enn i normalt overvann og er avhengig av hvor lenge snøen har ligget. Forurensninger vil akkumulere seg i snøen, og særlig i snø langs vegger vil konsentrasjonene bli høye etter bare få dager. Det er stor forskjell på forurensningsnivået i snø under ulike forhold og man kan derfor bare angi grove retningslinjer for behandling av snø med tanke på smeltevannsforurensninger. (Reinertsen, T.R.):

- Snø fra andre flater enn gater kan infiltreres eller avledes i overvannssystemet.
- Snø som borttransporteres raskt etter snøfall kan tippes på land eller i vassdrag.

- Snø som har ligget lenge på gate og veger bør transporteres til en sterk resipient eller renses. Hvis gaten er en høyt belastet trafikkåre bør snøen behandles på linje med spillvann eller sigevann.

3.3.7 Feiing av veger

Feiing av veger og gater har vist seg å ha stor effekt på kvaliteten av avrenningsvannet. Ved feiing vil en stor del av forurensningspartiklene fra vegen bli transportert bort. Det er utført flere undersøkelser som viser innholdet av forurensninger i gatestøv.

Tabell 1. Gjennomsnittlige forurensningskonsentrasjoner i gatestøv i USA. Kilde: Sartor, J.D.

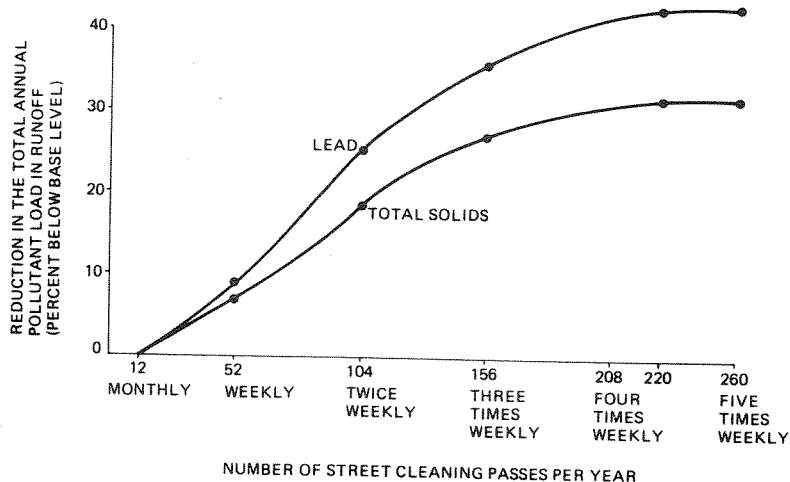
Constituent	Typical values ^a	Constituent	Typical values ^a
Volatile solids	75,000	Copper	100
COD	80,000	Iron	22,000
BOD ₅	10,000	Lead	1,000
Total Phosphorus	500	Manganese	500
Ortho Phosphate	100	Mercury	0.08
Total Kjeldahl Nitrogen	1,600	Nickel	20
Sulfur	1,100	Strontium	15
Arsenic	15	Zinc	300
Cadmium	3	Total colif.bact.	400·10 ⁶ org/kg
Chromium	200	Fecal colif.bact.	3·10 ⁶ org/kg

^a All units are in (mg/kg) of street dirt unless otherwise noted.

Feiing av veger utføres forholdsvis lite i Norge, spesielt utenfor tettbygde strøk. Som regel feies vegene hver vår før ny vegoppmerking. Mange steder blir vegstøvet bare feid vekk fra vegkanten og ut i grøfta. Støvet kan dermed komme direkte ned i vann og skape problemer. Det mest gunstige er å bruke utstyr som samler opp vegstø-

vet. Det oppsamlede vegstøvet må deponeres på steder der det er liten fare for avrenning til vassdrag. Effekten av feing av veger er ikke tilstrekkelig undersøkt i Norge. Undersøkelser i USA tyder på at feing må utføres svært ofte, skal det få noen vesentlig virkning. I USA er det gjennomført et større forskningsprogram, "Nationwide Urban Runoff Program". Konklusjonen fra dette programmet med hensyn til feing av gater er følgende (Sartor, J.D.):

- Effekten av feing avhenger av tidsintervallet mellom større nedbørmengder, frekvensen av gatefeing, totale mengder av partikler, akkumulering av forurensningspartikler, størrelsesfordeling av partiklene osv.
- Gatefeing er ikke et kosteffektivt middel for større reduksjon av forurensningstilførslene. Fjerning av 10 - 30 % av forurensningene er vanlige.
- I noen tilfeller øker forurensningene ved gatefeing, ved at feing bryter ned større partikler og gjør materialet letter tilgjengelig for utvasking.



Figur 9. Forbedring av vannkvaliteten som funksjon av feing.
Kilde: Sartor, J.D.

3.3.8 Vedlikehold av drenssystemet

Statens Vegvesens vedlikeholdsstandard angir inspeksjon av stikkrenner og kummer om nødvendig etter flom og minimum annet hvert år. Tømming av sandfangkummer må skje senest når oppslammingen har nådd 10 cm. fra utløpet. Sandfangkummer er en vesentlig bidragsyter til og regulator av forurensningstransport fra veier. Sandfanget er en effektiv sedimentasjonstank for partikler som vaskes vekk fra vegene.

Det er ikke utført undersøkelser over gatesandfangs funksjon i Norge så vidt forfatteren vet. Imidlertid er det utført en undersøkelse av gatesandfang i USA (Lager, J.A. et al.). Forskjellen mellom amerikanske og norske sandfang er ikke store, slik at resultatene kan være av interesse å referere (Lindholm, O.).

Sammensetningen av partikkelmassen fra gater og fortauer er funnet å være som vist i tabell 2.

Tabell 2. Sammensetning i masse fra gater.

Kilde: Lindholm, O.

Målt parameter	Middel for alle prøver kg/km
Fast materiale totalt	395
BOF ₅	3,8
KOF ₅	27
Fosfater	0,3
Nitrater	0,026
Kjeldahl nitrogen	0,62
Bly	0,16
Kvikksølv	0,02

Fordelingen av forurensningsparametrene på ulike fraksjoner er vist i tabell 3.

Tabell 3. Fraksjon av ulike parametre fordelt på partikkelstørrelser, prosent av fast materiale fra gater og fortauer.

Kilde: Lindholm, O.

Parameter	Partikkelstørrelse i mm				
	> 2 mm	0,84-2 mm	0,25-0,84 mm	0,1-0,25 mm	< 0,1 mm
Totalt fast materiale	24	8	25	28	15
BOF ₅	7	20	16	15	42
KOF ₅	2	5	13	12	68
Fosfater	0	1	7	6	86
Nitrater	1	6	8	17	68
Kjeldahl nitrogen	10	12	20	20	38
Tungmetaller	16	17	15	23	29

Tabellen viser at mesteparten av de forurensende stoffene er knyttet til de små partiklene. Mengdene i massene med partikler mindre enn 0,25 mm er 43 % av total masse, 80 % av KOF, 92 % av fosfatene og 85 % av nitratene. Dette indikerer at renseeffekten i gatesandfang må bli ganske begrenset.

Renseeffekt i gatesandfang

Dybden i gatesandfanget er funnet å være den primære faktor for renseeffekten. Størrelsen på de partiklene som skal fjernes, er også av meget stor betydning. Gatesandfanget har en god renseeffekt for partikler større enn 2 mm, og relativt bra for 0,85 - 2 mm og 0,25 - 0,84 mm. Imidlertid er partikler i størrelsesområdet 0,1 til 0,25 mm følsomme for økende vannføring. Det er dessuten til denne fraksjonen at forurensningsparametrene som PAH, organisk stoff, tungmetaller og næringssalter særlig er bundet.

Undersøkelsene i USA viser at renseeffekter i sandfang holder seg ganske konstant til sanddybden fyller 0,5 ganger dybden under utløpsrøret, dvs. halve volumet i sandfanget er utnyttet. Stiger sanddybden over dette, faller tilbakeholdelsen av materiale til null allerede ved 0,6 ganger sandlomme-dybden.

Konklusjoner og anbefalinger fra EPA-rapport

- Forurensningsmessig sett er virkningen av gatesandfang dels gunstig og dels ugunstig, avhengig av blant annet tømmefrekvensen. De kan være relativt effektive for tilbakeholdelse av partikler, forutsatt at de tømmes før gatesandfangets sandfangvolum er halvfullt. Imidlertid kan de også bidra til å forsterke sjokkbelastningene under sterke regnskyll ved at innholdet spyles ut i løpet av få minutter av regnets startfase. Hyppig tømming f.eks. 2 - 3 ganger pr. år, vil motvirke "first-flush" problemene.
- Ekstrakostnadene for installering av gatesandfang kan ikke forsvares ut fra forurensningsmessige grunner. Dersom de først er installert og tømmes regelmessig, vil de imidlertid gi et positivt bidrag.
- Dersom gatesandfangene ikke tømmes når sandfangvolumet er halvt fylt, har de ikke lenger særlig virkning med hensyn til å holde sand og partikler tilbake.
- Sandfang bør bare brukes hvor det er problemer med selvrensingen i nedstrøms avløpsrør eller på spesielle steder hvor man har mye overflatepartikler.
- Fordelen ved å omgjøre eksisterende gatesandfang til vanlige innløp der sandtransporten ikke er et problem, er:
 - * Reduksjon i "første-utspylingsforurensningene".
 - * Redusert mengde vedlikeholdsarbeid.
- En FoU-innsats bør settes i gang for å kunne gi råd om når gatesandfang bør sløyfes, og når det er fordelaktig å ha dem.

Det bør vurderes å sette i gang et forskningsprogram i Norge om sandfangets renseseffekt, og vurdering av nødvendigheten av sandfang. Undersøkelsen i USA viser klart at tømmehyppigheten bør økes betydelig. Det bør undersøkes om dette også gjelder for norske forhold.

3.3.9 Oppsummering/konklusjon

Konsekvenser ved drift og vedlikehold av veger synes å ha forholdsvis liten betydning for vassdragene. Lokale forurensningsvirkninger kan imidlertid oppstå, spesielt ved rensk av grøfter, salting av veger og snøtipping. Rensk av grøfter bør ikke utføres ved store vannføringer. For å redusere tilførslene av partikler til vassdrag kan det være aktuelt å bygge mindre terskler i grøfter/bekker. Disse må tømmes jevnlig. Dermed vil størsteparten av partiklene sedimentere før de kommer ut i hovedvassdraget.

Bruk av vegsalt bør begrenses i områder med større grunnvannsinteresser. Utvikling og utprøving av andre vegsalter (f.eks. CMA) bør gjennomføres, da det kan være samfunnsøkonomisk lønnsomt. Disse saltene må undersøkes med hensyn til miljøeffekter.

Sandfangets renseseffekt og nødvendigheten av sandfang bør undersøkes. Samtidig bør dagens rutiner for vedlikehold av sandfang vurderes.

Det bør utarbeides bedre retningslinjer for deponering av snø, spesielt for "gammel" snø. Forurensningsvirkningene fra smeltevann kan være betydelige.

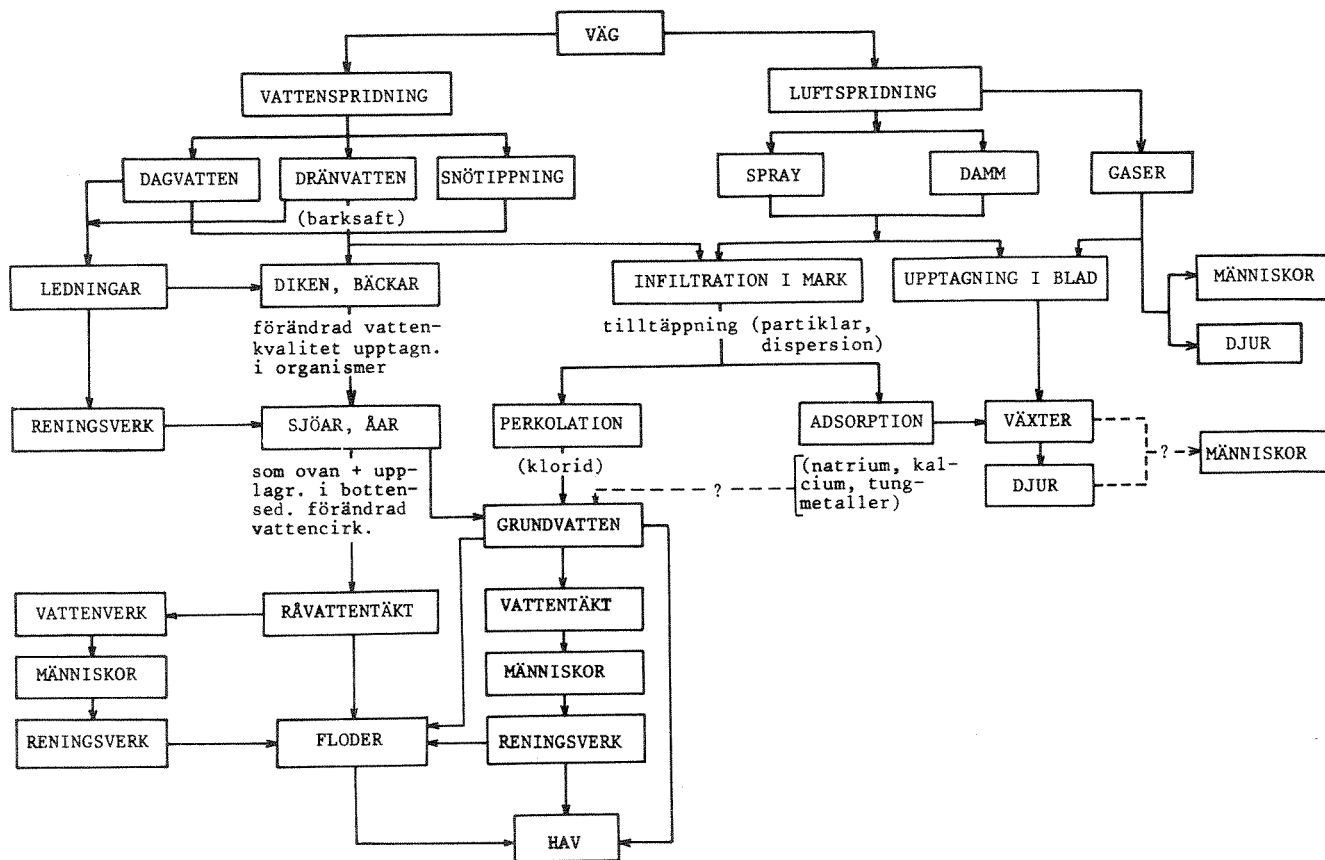
3.4 Konsekvenser ved bruk av veger (trafikk)

Trafikk påvirker miljøet på mange måter. I denne rapporten er det de vann-relaterte påvirkningene som skal vurderes. Innledningsvis vil spredningsmekanismene for trafikkforurensninger kort bli gjennomgått.

Trafikkforurensninger er undersøkt i flere land, slik at kunnskapsnivået om dette området er relativt bra. I Norge er det gjennomført flere større forskningsprogrammer om trafikkforurensninger. Vannforurensninger fra veger er undersøkt av NIVA på oppdrag fra Veglaboratoriet (Lygren, E., et al.). Hovedkonklusjonen fra disse undersøkelsen vil bli kort presentert her.

3.4.1 Spredning av forurensningene

Spredning av forurensninger fra veger kan skjematisk fremstilles som vist i figur 10:



Figur 10. Spredning av forurensninger fra veger. Kilde: Vägars inverkan på omgivande natur-Litteraturoversikt. Statens Naturvårdsverk, 1974. SNV PM 476.

Spredning med vann

Overflatevann er avrenning fra veger og gater. Overflateavrenninger transporterer slitasjeprodukter i suspensjon, dels kjemiske forurensninger i løsning eller adsorptivt bundet til partikler.

Drensvann er vann som avledes gjennom drens-systemet. Overbygningen av en veg skal være drenert. Dette innebærer at utlekkingsprodukter fra spesielle vegmaterialer dreneres bort fra vegkroppen og kan medføre forurensning av vassdrag.

Snøtipping forekommer først og fremst i tettsteder. Forurensningsmengdene i snøen varierer alt etter hvor snøen kommer i fra.

Spredning av forurensninger med vann går vanligvis via kanaler og beker til elver, innsjøer og til slutt ut i havet.

Luftspredning

Forurensninger fra veier spres i luften dels som gasser, dels i form av spray, dels som partikler.

Gasser er i første rekke et tettstedsproblem, men en del av disse kan opptas i trær og vekster.

"Vegspray" består først og fremst av væskedråper som spres gjennom kjøretøyenes innvirkning og med vind. Hoveddelen av dette begrenses til et nært belte omkring veien.

Spredning av partikler har stort sett samme årsak som for "vegsspray".

Infiltrasjon og opptaking

Den videre spredningen av spray og partikler skjer dels ved infiltrasjon i mark, dels ved opptaking i løv og vekster. Ved infiltrasjon vil en også kunne få betydelig opplagring av forurensninger i jordarten. Spesielt gjelder dette for tungmetaller, mens andre stoffer transporteres hurtig gjennom markprofilen til grunnvannet.

3.4.2 Trafikkforurensning

Det er tre hovedkilder for forurensning fra veier:

- * Avfalls-, slitasje- og utslippsprodukter fra kjøretøy.
- * Slitasjeprodukter fra vegdekker.
- * Salt (issmelting og støvbinding).

Dette gir opphav til tre typer forurensningskomponenter:

- * Salter
- * Organiske mikroforurensninger
- * Tungmetaller.

I det følgende blir hver enkelt forurensningskilde kort kommentert. Hovedvekten vil bli lagt på kilder som har konsekvenser for vann.

a. Eksos

Eksos inneholder hydrokarboner av ulike slag, tungmetaller, karbonmonoksyd, nitrogenoksyder osv. De viktigste komponentene med hensyn til forurensning av vassdrag er uforbrente hydrokarboner og tungmetaller.

Blant hydrokarbonene er det PAH-forbindelser (polysykliske aromatiske hydrokarboner) som er de viktigste. PAH ansees blant annet for å være kreftfremkallende. PAH-forbindelsene er i stor grad bundet til meget fint støv og transporteres lett vekk fra vegen.

Blant tungmetallene er det bly, kopper, jern og sink som dominerer. Disse synes i stor grad å være assosiert med grove støvpartikler som avsettes på selve vegbanen eller svært nær.

b. Slitasje av dekk og bremsbelegg

I bildekk og bremsebelegg forekommer det tungmetaller, dels som tilsetningsstoffer og dels som urenheter i materialet. I tabell 4 er det gjengitt forekommende konsentrasjoner av ulike stoffer.

Tabell 4. Stoffkonsentrasjoner i mg/kg for gummi og bremsebelegg.

Kilde: Brunner, P.G. 1977.

	Gummi	Bremsebelegg
BOD ₅	26,8 · 10 ³	16,9 · 10 ³
KOF	2097 · 10 ³	416,5 · 10 ³
Fett + olje	191,6 · 10 ³	30,5 · 10 ³
Bly	1110	1050
Sink	617	124
Chrom	182	2200
Kobber	247	30,6 · 10 ³
Nikkel	174	7454

Bremsebelegg inneholder asbest. Det er ikke påvist asbest i overflatevann fra veg.

I rapporten "Overflatevann fra veg" (Nordisk Vegteknisk Forbund, 1980) er det anslått at slitasjeprodukt fra bildekk utgjør 1 g pr. bil pr. mil. Det vil derfor bli store mengder slitasjeprodukter fra bildekk som avsettes i nærheten av veger. Bildekk inneholder bl.a. carbon black og olje, som inneholder PAH. NIVA har undersøkt innholdet av PAH i bildekk (Berglind, L., Gjessing, E.). Undersøkelser viste at PAH-innholdet var 265 mg/kg bilgummi.

c. Korrosjon av biler og vegarmatur

Bilkarosserier og ulike former for vegarmatur, lysmaster, vegskilt, autovern etc., utgjør metallflater, som utsettes for korrosjon. Korrosjonen vil være størst i vinterhalvåret på grunn av høyere fuktighet og bruk av vegsalt.

Av korrosjonsprodukter er det i første rekke sink, jern, kobber, krom, nikkel, cadmium o.a. som er påvist i overflatevann. Normalt dominerer sink og jern.

d. Slitasjeprodukter av vegdekker

Vegdekker slites ned av trafikken. Spesielt er nedslitingen stor i vinterhalvåret på grunn av bruk av piggdekk. Undersøkelser viser at vegbelegningen slites ca. 0,5 kg pr. bil pr. mil. Hovedbestanddelen er steinmel og 5 - 8 % bindemiddel.

Avslitingsproduktene gir et stort bidrag til innholdet av suspendert stoff (SS) i avrenningsvannet, først og fremst med uorganisk materiale. Nedsliting av bindemiddel gir bidrag av organisk stoff, da bindemidlet er biologisk nedbrytbart.

Bindemidlet inneholder PAH-forbindelser. Undersøkelser viser at innholdet av PAH i asfalt er 101,3 mg/kg asfalt.

3.4.3 Forurensningsvirkninger

Virkninger av trafikkforurensning er størst i tettbygde områder. I denne rapporten vil vi ikke ta for oss forurensninger i overfaltevann fra urbane områder. Hovedvekten vil bli lagt på forurensningsvirkninger i rurale områder.

NIVA har gjennomført en større undersøkelse av trafikkforurensninger (Lygren, E., Gjessing, E.). I det følgende vil hovedkonklusjonene fra denne undersøkelsen bli presentert.

Undersøkelsen ble gjennomført på to strekninger. E6 nord for Oslo (Jessheim) og E18 sør for Oslo (ved Padderudvann). For nærmere detaljer om undersøkelsen vises det til rapporten.

Resultatene fra Padderudvann viser at:

- Innløpsbekkene er lite påvirket av uorganiske forurensningsstoffer som bly, sink, krom, jern og klorid, mens påvirkningen av PAH er relativt høy. Dette har trolig sammenheng med at PAH fraktes lett som støv ut til omgivelsene mens andre forurensende stoffer avsettes på eller nær ved vegen.
- Dreneringsvannet fra vegen inneholder store mengder partikulært materiale samt uorganiske og organiske forurensningskomponenter.
- Vannforekomsten fungerer som et stort "sedimenteringsbasseng" slik at størstedelen av de forurensende stoffene havner på bunnen som sedimenter.
- Sedimentanalysene viser en signifikant effekt m.h.p. tungmetallkonsentrasjon (det ble ikke målt på PAH) i de øvre 2 cm av sedimentene. Tungmetallene i sedimentene er relativt jevnt fordelt over hele sjøen, med et mulig maksimum i de dypere deler. Anrikninger er 2 - 4 ganger i forhold til "normalt".
- Gjennom vinteren avsettes betydelige mengder forurensende stoffer direkte i snøen på vannforekomsten. Konsentrasjonen av uorganiske

stoffer i snøen er mer enn 10 ganger det man finner i innsjøvannet. I vårsmeltingen påvirkes de øverste vannlag og utløpsbekken av dette og kvaliteten på vannet i utløpsbekken om våren representerer den dårligste vannkvaliteten man har noe sted i vannforekomsten. (Bortsett fra ved utløpet av innløpsbekken).

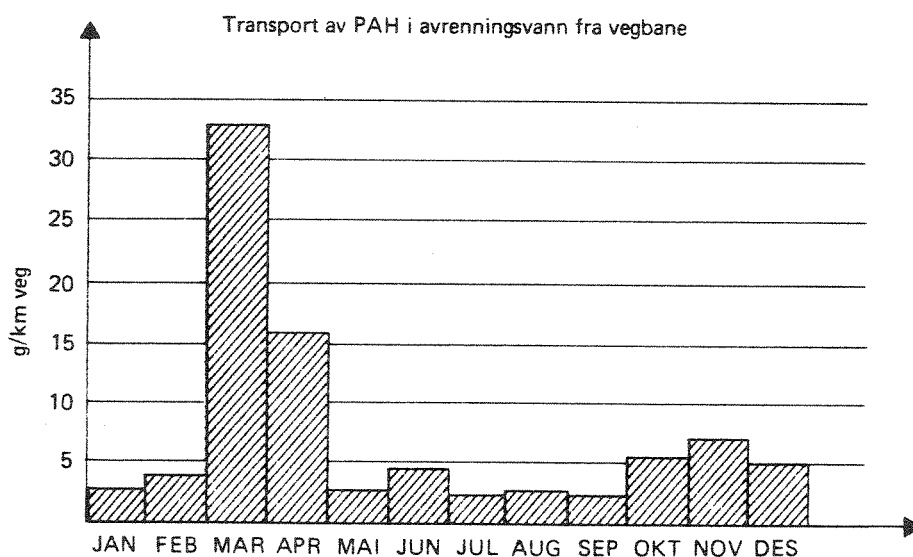
- Kvaliteten på vannet i utløpsbekken tilfredsstilte (med ett unntak) i alle tilfeller Verdens Helseorganisasjons standard for drikkevann. Unntaket var i forbindelse med innholdet av PAH i vårsmelteperioden hvor grensen på 100 mg/l ble overskredet med en faktor på 1.3. Det må imidlertid understrekes at dette representerer overflatevann og at eventuelle drikkevannsinntak alltid vil være plassert i dypere lag hvor vannkvaliteten er bedre.
- Toksisitetstester på heterotrofe organismer (bakterier, sopp og protozoer), alger, fisk og fiskeegg viste ingen negative effekter med hensyn på vekst, dødelighet eller oppførsel. De heterotrofe organismer og algene ble klart vekststimulert av avrenningsvann (vannet til algene var filtrert for å hindre lyseffekter). Disse forsøkene tyder på at de forurensende stoffene er sterkt bundet til partikulært materiale slik at de er biologisk inaktivert og ikke "tilgjengelige" for dyr og planter.

Det er viktig å understreke at de testene som ble gjennomført gjelder akutte giftvirkninger. Bioakkumuleringseffekter og andre langtidseffekter er ikke undersøkt.

Resultatene fra Jessheim viser at:

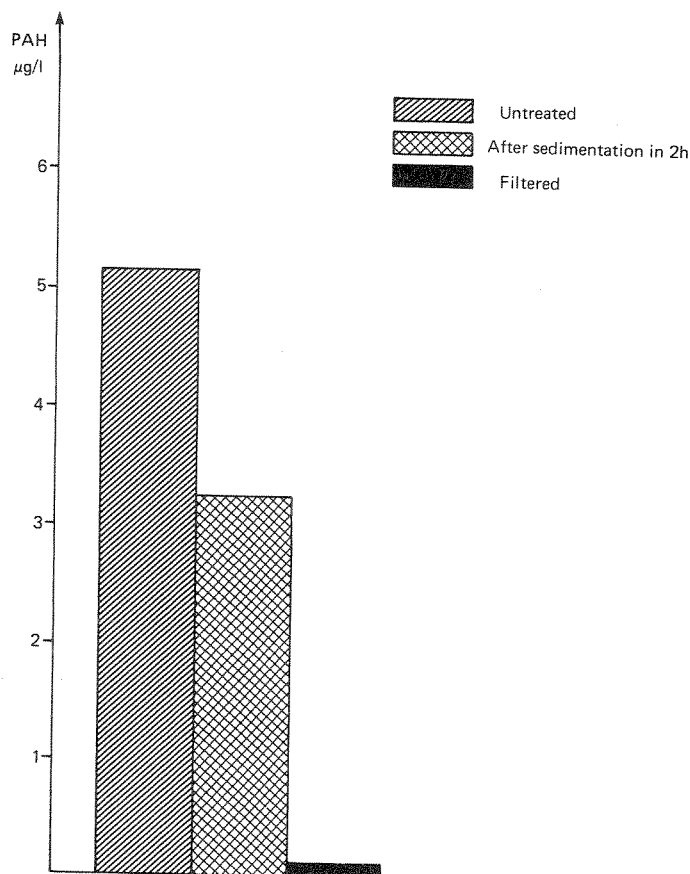
- De forurensende stoffene spres til omgivelsene dels som støvnedfall, dels via avrenningsvann direkte fra vegbanen.
- PAH-forbindelsene er i stor grad bundet til meget fint støv og en større del av forbindelsene fraktes til en sone mellom 6 - 100 m fra vegbanen. Tre til seks ganger mer PAH avsettes i denne sonen sammenlignet med det som transporteres som avrenningsvann fra vegen.

- Andre forurensningskomponenter enn PAH synes i stor grad å være assosiert med grove støvpartikler som avsettes på selve vegbanen eller svært nær. Mindre enn 1/10, 1/5, 1/5 og 1/5 av stoffene bly, kopper, jern og sink avsettes i en avstand 6 - 100 m fra vegbanen, sammenlignet med det som transporteres i avrenningsvann direkte fra vegbanen.
- Adsorpsjonsekspirimeter tyder på at når PAH avsettes som støv på jordoverflaten vil forbindelsene ofte bindes sterkt til jordsmonnet, spesielt til jordsmonn med høyt innhold av organisk materiale. Dette betyr at PAH forbindelsene ikke transporteres videre til grunnvann eller til overflatevannforekomster i forbindelse med regn.
- Bakteriologiske nedbrytbarhetstester tyder på at PAH som adsorberes på jordoverflaten nedbrytes raskt.
- Når forurensning avsettes i brøytekant eller snødekke langs vegen så forhindres i stor grad adsorpsjon av forbindelsene i jordsmonnet. Snøen bidrar på denne måten til å gjøre forurensningene mer mobile m.h.p. transport til bekker og overflatevannforekomster.



Figur 8. Massetransport av PAH i avrenningsvann fra vegbane.
Kilde: Lygren, E. et al.

- I et klima med snø om vinteren vil betydelige forurensningsmengder akkumuleres i brøytekant og snødekke langs vegen. I snøsmeltingsperioder fraktes disse forurensningene med smeltevannet, spesielt gjelder dette i vårsmeltemånedene mars og april. F.eks. fraktes halvparten av den årlige massetransporten av PAH i avrenningsvann fra vegbanen i noen få intensive snøsmelteuker i mars og april.
- Snøsmelteavrenning fra brøytekanten inneholder som oftes store mengder fint partikulært materiale som ikke sedimenterer selv etter flere dager i stillestående vann. Noen av de alvorligste forurensningstypene, som f.eks. PAH er i stor grad forbundet med denne fine fraksjonen. I løpet av noen uker vil det imidlertid foregå en naturlig flokkulering og sedimentering slik at vannet til slutt blir helt klart, og nesten fritt for forurensende stoffer. En slik flokkuleringsprosess vil også foregå når drens vann fra vegger ledes ut til overflatevannforekomster.



Figur 9. PAH i ubehandlet, sedimentert og filtrert snøsmelteavrenning. Kilde: Lygren, E. et al.

Hovedkonklusjonen fra denne undersøkelsen var at trafikkforurensninger har liten effekt på grunnvann og overflatevann. Med grunnlag i denne undersøkelsen har NIVA på oppdrag fra Veglaboratoriet utarbeidet "Forurensning fra veier. Vegledning for praktisk løsning av de problemer som kan oppstå når en veg kommer i nærheten av en drikkevannsføremål" (Lygren, E. et al.).

Denne vegledningen omfatter beskrivelse av forurensningstransport fra veier, konfliktsituasjoner, prøvetaking og analyse, samt tiltak. De foreslåtte tiltakene bør gjennomføres ved vegbygging i nærheten av drikkevannskilder.

Kunnskapsgrunnlaget om trafikkforurensninger synes å være bra. Imidlertid bør bioakkumuleringseffekter og andre langtidseffekter undersøkes nærmere, spesielt for PAH og tungmetaller.

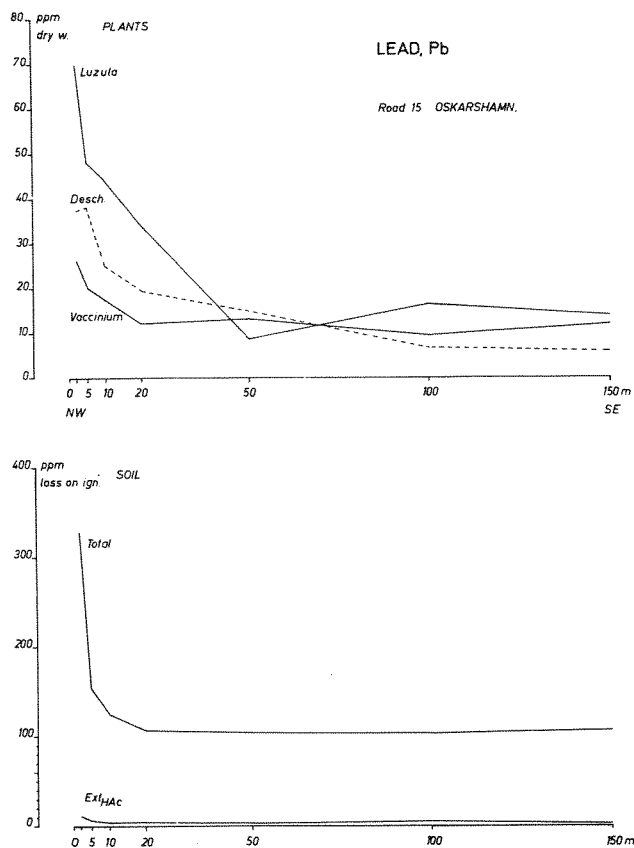
3.4.4 Effekter på fauna av tungmetaller fra trafikk

Trafikkforurensninger spres over store områder. Det er registrert forhøyde konsentrasjoner av opplagret bly i mark og vegetasjon opp til 150 - 200 m fra en sterkt trafikkert veg (Tyler, G., 1974). Et økologisk spørsmål, men ennå uklart, er i hvilken utstrekning vegetasjonsblyet opplagres i konsumenter av vegetasjonen, og hvilke effekter dette vil få. Undersøkelser viser at dyr som føres med blyholdig gress fra områder rundt sterkt trafikkerte veier, får en betydelig opplagring av bly i skjelett, nyrer og lever. Forgiftningssymptom er ikke registrert i nevneverdig grad (Hedgren, S., 1974).

Dette ansees ikke å være noe stort problem i Norge, men det kan være nødvendig å holde utviklingen under oppsikt.

3.4.5 Effekter på vegetasjonen av tungmetaller fra trafikk

Langs de viktigste vegene er det påvist vesentlig større blyverdier i vegetasjonen enn basisverdiene (gress: 1 - 7 mg bly pr. kg tørrsubstans (ppm), blad: 3 - 7 ppm, kvister og bark: 20 - 30 ppm, trær og busker: 2 - 5 ppm), (Tyler, G.). Innholdet av bly i ulike vekster og jordsmonn som funksjon av avstanden fra vegen er vist nedenfor.



Figur 13. Blyinnhold (ppm = mg/kg organisk tørrsubstans) i vekster og jordsmonn. Kilde: Tyler, G.

Utvasking av bly fra vegetasjonen er av interesse med hensyn til forurensning av vassdrag. En almen oppfatning er at bly bindes til et skikt utenpå blad, uten å trenge inn i bladstrukturen. Dette forholdet er ikke entydig avklart. Det er utført undersøkelser som viser at blyinnholdet i gress er mindre etter nedbør. Opptil 50 % av blyet bundet til blad har vist seg å være avsettbart i vann, spesielt i unge vekstdeler av vegetasjonen. Det er påvist en klar sammenheng mellom bladenes overflatestruktur og utvaskingen av bly. Blad med ujevn eller hårig struktur binder blyet sterkt.

Effekten av tungmetallutvasking fra vegetasjonen er såvidt vi erfarer ikke undersøkt i noen særlig grad. Spesielt langs sterkt trafikerte veger kan dette medføre en stor tilleggstilførsel av tungmetaller til vassdraget. For at en slik tilleggstilførsel skal få noen betydning må det være store nedbørmengder.

3.4.7 Oppsummering/konklusjon

Totalt sett synes det som om trafikkforurensningene er relativt godt undersøkt. Omfattende forskningsprogrammer har klargjort årsakene og tildels virkningene av trafikkforurensninger. Langtidsvirkningene av tilførseler av tungmetaller og PAH-forbindelser er imidlertid ikke klarlagt. Tester viser at forurensningene ikke har akutte giftvirkninger. Bioakkumuleringseffekter og andre langtidspåvirkninger bør undersøkes nærmere.

Det samme forholdet gjelder også for fauna og vegetasjonen. Opptak av tungmetaller og eventuelle skadevirkninger på grunn av trafikk er ikke undersøkt tilstrekkelig. Imidlertid er trafikkvolumet i Norge vesentlig mindre enn i mange andre land, slik at problemet kan ikke sies å være stort.

IV KONKLUSJONER/VIDERE ARBEID

4.1 Innledning

Vegbygging i og langs vassdrag medfører store konsekvenser for vassdraget. Mange av de mulige konsekvensene er kjent gjennom omfattende forskningsprogrammer. Imidlertid er mener vi at det fortsatt bør brukes ressurser for å fremskaffe en bredere kunnskapsbasis om deler av problemet her i Norge. Mange av de mulige konsekvensene som er poengtert kan synes å ha liten effekt på vassdraget, men samvirkningseffekter kan medføre omfattende konsekvenser.

I prosjektbeskrivelsen fra Miljøverndepartementet, brev av 7. september 1984, er det bedt om at prosjektet skal gi klare anbefalinger om den videre oppfølging. Et slikt oppfølgingsprogram må samordnes med andre aktiviteter innenfor dette området. NTNf har satt i gang forberedelser til et tverrgående program: Trafikk og miljø. I tilknytning til dette programmet er det gjennomført et forprosjekt (Nielsen, G. et al.). Dette tverrgående programmet ser ut til i liten grad å ta opp de totale miljøvirkningene av trafikk. Etter vår vurdering bør forholdet til vannressursene trekkes aktivt inn i et slikt program. Slik forprosjektet er lagt opp ser det ut til at konsekvenser på naturmiljøet har fått liten vekt.

I det følgende vil vi komme med forslag til videre arbeid og endringer av rutiner i forbindelse med vegbygging.

4.2 Saksbehandling av vegplaner

Behandlingen av vegplaner er regulert gjennom vegloven og bygningsloven. Vegvesenet har utarbeidet detaljerte retningslinjer om innhold, presentasjon og formell behandling av vegplaner.

Innholdet i planene er forholdsvis detaljert spesifisert i veiledningsmaterialet. Under Vegdirektoratets arbeid med utarbeidelse av veiledning for konsekvensanalyser, må konsekvensene for vassdrag trekkes inn. Hvor detaljert en slik veiledning kan/bør lages er et diskusjonsspørsmål. Som et minimum bør det iallefall poengteres at de fleste vegbyggingsaktiviteter har konsekvenser for vassdragene.

Ved større vegbyggingsprosjekter eller ved vegbygging i nærheten av viktige vassdrag, bør fagfolk trekkes aktivt inn for å vurdere konsekvensene.

Planbehandlingen er detaljert angitt. Imidlertid synes det som om den statlige myndigheten innenfor vassdragssektoren, miljøvernavdelingene, ikke automatisk får vegplanene til uttalelse. Det bør etableres faste rutiner, enten fra fylkesmennenes side eller vegkontorenes, slik at miljøvernavdelingene får tilsendt vegplanene til uttalelse.

4.3 Forslag til videre undersøkelse

Med grunnlag i det foreliggende materialet har vi valgt å skissere opp hvilke undersøkelser som bør settes i gang for å fremskaffe bedre data-grunnlag om konsekvenser av vegbygging for vassdrag. Målsettingen med slike undersøkelser er å skaffe frem en bedre oversikt, samt angi hvilke tiltak som kan være aktuelle for å redusere virkningene.

Følgende områder bør undersøkes nærmere:

Erosjon i forbindelse med vegbygging

Ved vegbyggingsarbeider vil store områder bli lagt åpne for erosjon. Det er nødvendig å skaffe frem en bedre oversikt over kvantitative og kvalitative forhold vedrørende erosjon og partikler. Det bør settes i gang undersøkelser for å fastslå kilder til partikkeltransport og virkning på fisk og biologisk liv i vassdrag.

Som en innledende fase bør det gjennomføres et litteraturstudium, slik at det kan sammenstilles erfaringer fra andre land.

Undersøkelse av vassdrag med pågående vegbygging

Et hensiktsmessig vassdrag bør undersøkes for å se på hvilke endringer i vassdraget vegbygging medfører. Viktige parametre vil bli partikkeltransport, endring av elveleie, uttak av masser, utfylling i vassdrag osv. Hvert enkelt inngrep (evt. samvirking av inngrep) kvantifiseres så langt som mulig med hensyn til fysiske, kjemiske og biologiske parametre i vassdraget.

Utprøving av andre vegsalter

Andre vegsalter undersøkes med hensyn på effektivitet og mulige miljøeffekter.

Behov for sandfang og sandfangets renseeffekt

Det bør settes i gang et forskningsprogram om sandfangets renseeffekt og vurdering av nødvendigheten av sandfang. Programmet bør ta sikte på å komme frem til endrede vedlikeholdsrutiner. Mye tyder på at det idag anlegges mange sandfang uten at det er nødvendig.

Bioakkumuleringseffekter av trafikkforurensninger

Bioakkumuleringseffekter og andre langtidsvirkninger av tungmetaller og PAH-forbindelser fra vegtrafikk bør undersøkes nærmere.

Dette er de viktigste områdene som forskningsinnsatsen bør konsentreres om de første årene. Det ville vært naturlig at enkelte av disse områdene kommer inn under NTN-programmet; Trafikk og miljø. Statens vegvesen har gjennomført større undersøkelsesprogrammer om trafikkforurensninger de senere årene. Etter vår vurdering er det fortsatt nødvendig at vegvesenet prioriterer ressurser innenfor dette området.

LITTERATURLISTE

- Alabaster, J.S. og Lloyd, R.: Water Quality Criteria for Freshwater Fish. 1980.
- Berglind, L. og Gjessing, E.: "Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging av PAH-tilførsler til norske vannforekomster". NIVA A3-25, VA-4/80, Oslo 1980.
- Beschta, R.L.: "Long-Term Patterns of Sediment Production following Road Construction and Logging in the Oregon Coast Range". Water Resources Reseach, Vol. 14. No. 6, Des. 1978.
- Brunner, P.G.: "Strassen als Ursachen der Verschmutzung von regenwasserabflüssen - Ein Überblick über den Stand der Forschung". Wasserwirtschaft 67, No. 4, 1977, p. 98-101.
- Faafeng, B. et al.: "Vurdering av planlagte vassdragsreguleringer i Rana-vassdraget". NIVA 0-75114, Oslo 1981.
- Galay, V.J.: "Causes of River Bed Degradation". Water Resources Research. Vol. 19. No. 5, 1057-1090, Oct. 1983.
- Gjessing, E. og Haugen, I.: "Barkavfall - vannforurensning". NIVA-rapport K-1/71, Oslo 1971.
- Hedgren, I.: "Vägars og trafiks inverkan på faunan". Art. i SNV PM 476, Stockholm, 1974.
- Iwamoto, R.N. et al.: "Sediment and water quality: A review of the literature including a suggested approach for water quality criteria with summary of workshop and conclusions and recommendations". EPA 910/9-78-048. USA 1978.
- Kristiansen, H. og Laake, M.: "Virkning av oljeforurensning i grunnen". NIVA 0-82112, Oslo 1983.
- Lager, J.A. et al.: "Urban Stormwater Management and Technology". EPA-report no. 600/8-77-014. Ohio, USA 1977.
- Lindholm, O.: "Tørrværsavsetninger i fellessystemer", Fase II. VA-rapport 27/83. NIVA, Oslo 1983.
- Lygren, E. and Gjessing, E.: "Highway Pollution in a Nordic Climate". NIVA 0-79024, VA 3/84. Oslo 1984.
- Lygren, E., Jørgensen, T. og Johansen, J.M.: "Forurensning fra veier. Veiledning for å håndtere de problemer som kan oppstå når en veg kommer i nærheten av en drikkevannsforkomst". Meddelse nr. 59. Veglaboratoriet 1985.
- Nielsen, G. et al.: "Trafikk og miljø - forslag om et nytt forskningsprogram". Sluttrapport fra forprosjekt 1984. TØI, Oslo 1984.

- Nordisk Vegteknisk Forbund: "Overflatevann fra veg. Forurensning og beskyttelsestiltak". Rapport nr. 30, 1980. Utvalg 65 - Miljø, Oslo 1980.
- Norges offentlige utredninger: "Sand og grus". NOU 1980: 18, Oslo 1980.
- Ormerod, K.: Notat. Resultater av analyser av prøver tatt under befaring til barkfylt vei, Rv. 8. Kongsberg - Larvik, den 30. mai 1983. NIVA 0-83072, 1983.
- Reid, L.M. et al.: "Application of Sediment Budget Studies to the Evaluation of Logging Road Impact". Journal of Hydrology. V 20 49-60, 1981, New Zealand.
- Reinertsen, T.R., 1981: Forurensninger i overvann. PTV 15, Trondheim.
- Sartor, J.D. og Gabourg, D.R.: "Street Sweeping as a Water Pollution control Measure: Lessons Learned over the Past Ten Years". The Science of the Total environment, 33 (1984) 171-183, Amsterdam 1984.
- Statens naturvårdsverk: "Vägars inverkan på omgivande natur - Litteraturoversikt". SNV PM 476. Stockholm, 1974.
- Statens naturvårdsverk: "Vägars inverkan på omgivande natur. I. Vegetation, mark och grundvatten". SNV PM 1068, Linköping, 1978.
- Statens vegvesen: Erverv og drift av massetak. Håndbok 028b. Vegdirektoratet 1977.
- Statens vegvesen: Vedlikeholdsstandard for Statens vegvesen. Rapport 212a. Vegdirektoratet 1978.
- Statens vegvesen: "Vegen i landskapet". Håndbok 0-10. Vegdirektoratet 1978.
- Statens vegvesen: "Sprengning". Håndbok -045. Vegdirektoratet/Universitetsforlaget, 1978.
- Statens vegvesen: Veiledning. Hovedplaner. Håndbok -054. Vegdirektorat 1979.
- Statens vegvesen: "Forskrifter. Vegplanlegging". Håndbok -077. Vegdirektoratet 1980.
- Train, R.E.: "Quality criteria for water". EPA, 1978.
- Tyler, G.: "Opplagring och fördelning av tunga metaller. Særskilt bly, i mark och vegetation längs vägar". Art. i SNV PM 476, Stockholm 1974.
- Väg- och trafikinstitutet: "Vintervägsaltets miljöpåverkan". VTI-rapport nr. 197, 1980. Linköping 1980.