

# Teknologirapport nr. 2434

## GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 14b:

Miljøpåvirkning fra  
gjenbruksmaterialer i veg  
– Gjenbruksasfalt



Mars 2007

Teknologiavdelingen



# Teknologirapport nr. 2434

## GJENBRUKSPROSJEKTET

Prosjektrapport nr 14b:

### Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – gjenbruksasfalt



#### Sammendrag

Denne rapporten tilhører en serie rapporter fra Gjenbruksprosjektet om miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer. Hovedpremissene for Gjenbruksprosjektets arbeid med miljøpåvirkning og konklusjonene som gjelder alle gjenbruksmaterialene som ble prioritert i prosjektet er å finne i prosjektrapport nr 14 "Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer" (Teknologirapport nr. 2432). Prosjektrapportene 14a – 14d omhandler henholdsvis sementbaserte materialer, asfalt, oppkuttete bildekk og skumglass.

Målsetning for arbeidet har vært å definere grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer i de mest vanlige situasjoner i vegbygging. Hensikten er å tilby utbyggeren og bestilleren av gjenbruksmaterialer noen utgangskriterier for anskaffelse som sikrer akseptabel miljøpåvirkning i de mest vanlige forhold i vegbygging. Disse "vanlige forhold" er i dette arbeidet beskrevet gjennom et "standardvegscenarion". Grenseverdiene for aksept av gjenbruksmaterialer erstatter ikke miljørisikovurdering i tilfeller når forhold avviker fra det valgte scenariet eller når materialene avviker fra materialene omfattet av prosjektet. Metoden som ble brukt er imidlertid mulig å tilpasse andre forhold og materialer.

For gjenbruksasfalt har det vært mest aktuelt å vurdere miljøpåvirkning fra PAH, PCB og tungmetaller. Høye PAH-verdier knyttes til tjæreholdig asfalt, som det er mulig å finne i gamle asfaltdekker. Dokumentasjonsgrunnlaget består av rapporterte verdier av totalinnhold og utlekkingsverdier, hovedsakelig fra norske og svenske undersøkelser.

Rapporten foreslår et sett med grenseverdier for aksept av gjenbruksasfalt i forhold som tilsvarer "standardvegen" definert i Gjenbruksprosjektet. Den utførte miljørisikovurdering viser at det er liten fare for uakseptable belastninger ved bruk av gjenbruksasfalt i veger. Innholdet av metaller vurderes ikke å skape økte belastninger på resipienten. Med hensyn til PAH-innhold i asfalt viser utlekkingsstester begrenset potensiale for utlekking. PAH-belastninger fra normale gjenbruksasfalter anses derfor som lite sannsynlig.

Foreslåtte akseptverdier for innhold av PAH i gjenbruksasfalt i scenarier som tilsvarer "standardvegen" er <100 mg/kg (for alle typer gjenbruk, inklusivt varm) og 100-1000 mg/kg (for kald gjenbruk).

*Emneord:* Alternative materialer, miljøpåvirkning, risikovurdering, gjenbruksasfalt

*Seksjon:* TEK-T

*Saksbehandler:* Gordana Petkovic

*Dato:* Mars 2007

Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Teknologiavdelingen

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo  
Telefon: 02030 Telefax: 22 07 38 66



## Forord

**Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt** er ett av fem etatsprosjekter i perioden 2002 - 2005. Prosjektet ble startet på Vegteknisk avdeling i Vegdirektoratet. Fra og med 2003 tilhører prosjektet Teknologivdelingen i Vegdirektoratet. I tillegg til fagpersoner i Statens vegvesen, består både prosjektrådet og arbeidsgrupper av ressurspersoner fra BA-næringen, forskningsmiljøer og administrative instanser.

Prosjektets overordnede mål er å *tilrettelegge* for gjenbruk. Dette skal gjøres ved å:

- øke kunnskapen om materialenes tekniske og miljømessige egenskaper
- implementere kunnskap underveis ved utførelser i Vegvesenets regi
- vurdere muligheter for ressursvennlig prosjektering
- studere økonomiske sider ved anvendelsen av resirkulerte materialer
- gjennomgå relevant regelverk, revidere eller supplere Vegvesenets håndbøker og veiledninger

Statens vegvesens Gjenbruksprosjekt består av åtte delprosjekter:

- DP 1 Avfallshåndtering
- DP 2 Miljøpåvirkning
- DP 3 Gjenbruk av betong
- DP 4 Gjenbruk av asfalt
- DP 5 Lette fyllmasser og isolasjonsmaterialer
- DP 6 Gjenbruksvegen
- DP 7 Prosjektering, økonomi og administrative forhold
- DP 8 Nye ideer, materialer og tiltak

Gjenbruksprosjektet ledes av Gordana Petkovic, Vegdirektoratet.

**Delprosjekt 2 ”Miljøpåvirkning”** har som hovedmål å komme frem til en forenklet beslutningsmodell som vil bestå i en begrensning av innholdet av uønskede stoffer i gjenbruksmaterialet som brukes i de mest vanlige tilfeller i vegbygging. Det ønskede produktet er et sett med grenseverdier som gjør det mulig å skille materialene (gjenbruksbetong, gjenbruksasfalt, oppkuttete bildekk og skumglass) etter renheten allerede ved anskaffelsen. Se vedlegg 1 for mer informasjon om delprosjekt 2.

Arbeidsgruppen for delprosjekt 2 har bestått av:

Arnt- Olav Håøya, Rambøll Norge AS

Christian John Engelsen, SINTEF Byggforsk

Gijs Breedveld og Stig Moen, NGI

Torbjørn Jørgensen, Roald Aabøe og Gordana Petkovic fra Vegdirektoratet

Guro Thue Unsgård, Rambøll Norge AS

I tillegg har Karina E. Ødegaard, SINTEF /Molab AS, bidratt med arbeid på miljødeklarasjoner.

Denne rapporten er utarbeidet av Torbjørn Jørgensen, Vegdirektoratet, Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS, Gijs Breedveld og Stig Moen, NGI, med bidrag fra arbeidsgruppen.



# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>MÅLSETNING OG STRATEGI</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALKARAKTERISERING OG MILJØRISIKOVURDERING</b> .....	<b>9</b>
3.1	TRINN 1 – PROBLEMBESKRIVELSE.....	9
3.2	TRINN 2 – BESKRIVELSE AV SCENARIO.....	9
3.3	TRINN 3 – KARAKTERISERING AV RESIRKULERT ASFALT.....	10
3.3.1	<i>Type og opprinnelse av materialet</i> .....	11
3.3.2	<i>Total kjemisk sammensetning</i> .....	12
3.3.3	<i>Fysiske egenskaper til asfaltgranulat og gjenbruksasfalt</i> .....	13
3.3.3.1	Vanninnhold.....	13
3.3.3.2	Innhold av bitumen.....	13
3.3.3.3	Bitumenegenskaper (penetrasjon) .....	13
3.3.3.4	Partikkelgradering .....	13
3.3.3.5	Densitet .....	13
3.3.4	<i>Mekaniske egenskaper</i> .....	13
3.3.4.1	Lastfordelingsegenskaper .....	13
3.3.4.2	Permeabilitet.....	13
3.3.4.3	Skjærstyrke.....	14
3.3.5	<i>Mineralogi og kjemisk spesiering (tilstand)</i> .....	14
3.3.6	<i>Kjemiske egenskaper (syrenøytraliseringskapasitet, reduksjonskapasitet, nedbrytbar organisk innhold)</i> .....	14
3.4	TRINN 4 – BESKRIVELSE/BESTEMMELSE AV FORHOLD SOM PÅVIRKER UTELEKKING .....	15
3.4.1	<i>Fysiske og kjemiske forhold</i> .....	15
3.4.2	<i>Klimatiske forhold</i> .....	15
3.4.3	<i>Utlekkingskarakteristikk</i> .....	15
3.4.4	<i>Utlekkingsresultater</i> .....	16
3.4.4.1	Metaller .....	16
3.4.4.2	PAH og andre organiske miljøgifter.....	16
3.4.5	<i>Oppsummering av forhold som påvirker utlekking av asfalt</i> .....	23
3.5	TRINN 5 – MODELLERING AV UTELEKKING FRA MATERIALE/KONSTRUKSJON .....	24
3.6	TRINN 6 – VALIDERING .....	25
3.7	TRINN 7 – KONKLUSJONER VEDR. DATAGRUNNLAGET FOR MILJØRISIKOVURDERING.....	26
3.8	TRINN 8 – MILJØRISIKOVURDERING FOR GJENBRUKSASFALT .....	26
3.8.1	<i>Del A – Miljørisikovurdering iht. SFT 99:01A</i> .....	27
3.8.2	<i>Del B – Inversberegning, maksimalt totalinnhold</i> .....	30
3.8.3	<i>Del C – Konklusjoner fra Trinn 8 Gjenbruksasfalt</i> .....	31
<b>4</b>	<b>KONKLUSJONER – GJENBRUKSASFALT</b> .....	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>33</b>

# 1 Innledning

Denne rapporten tilhører en serie rapporter fra Gjenbruksprosjektet om miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer:

- Hovedpremissene for Gjenbruksprosjektets arbeid med miljøpåvirkning og konklusjonene som gjelder alle gjenbruksmaterialene som ble prioritert i prosjektet er å finne i prosjektrapport nr 14 ”Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer” (Teknologirapport nr. 2432) [1].
- Prosjektrapportene 14a–14d (Teknologirapporter nr 2433–2436) omhandler henholdsvis sementbaserte materialer [2], asfalt [3], oppkuttete bildekk [4] og skumglass [5].

Sementbaserte materialer, asfalt, oppkuttete bildekk og skumglass er alle eksempler på materialer som kan benyttes i ulike deler av en vegkonstruksjon basert på tekniske egenskaper. Gjenbruk av materialer er i utgangspunktet et miljøvennlig prinsipp hvor man får utnyttet et materiales egenskaper flere ganger og dermed redusert påvirkninger til miljøet ved produksjon av nye materialer. Et usikkerhetsmoment ved gjenbruksmaterialer er knyttet til om innhold av miljøgifter i materialene vil kunne medføre spredning av disse og dermed en negativ miljøpåvirkning av omgivelsene der materialet benyttes. Gjenbruk av de nevnte materialer vil medføre en oppkussning av utgangsmaterialet, noe som gir en større overflate som potensielt kan reagere med omgivelsene.

Frem til nå har det manglet klare retningslinjer for hvilke materialer som kan benyttes til gjenbruk ved vegbygging med hensyn på miljøpåvirkning. Målet med arbeidet rapportert i denne rapporten og i tilhørende rapporter [1,2,3,4,5] har vært å definere grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer i de mest vanlige situasjoner i vegbygging. Hensikten er å tilby utbyggeren og bestilleren av gjenbruksmaterialer noen utgangskriterier for anskaffelse som sikrer trygt nivå på miljøpåvirkning i de mest typiske forhold når det gjelder klima, grunnforhold, nærheten til natur og mennesker. Disse typiske forhold er beskrevet gjennom et ”standardvegscenario”.

Det tas utgangspunkt i et scenario med en ”standardveg” hvor man på forhånd definerer de mest typiske forhold når det gjelder klima, grunnforhold og nærheten til natur og mennesker. Man tar så utgangspunkt i totalinnhold av miljøgifter i det aktuelle materialet og ser på potensiell utlekking av miljøgifter til omgivelsene. Deretter beregnes akseptabelt innhold av miljøgifter ved den aktuelle arealbruken. Med bakgrunn i denne informasjonen utarbeides det anbefalte grenseverdier for bruk av det aktuelle materialet til vegbygging.

Grenseverdiene for aksept av gjenbruksmaterialer erstatter ikke miljørisikovurdering i tilfeller der forholdene avviker fra det valgte scenariet eller når materialene avviker fra materialene omfattet av prosjektet. Metoden som ble brukt kan imidlertid tilpasses andre forhold og andre materialer.



## 2 Målsetning og strategi

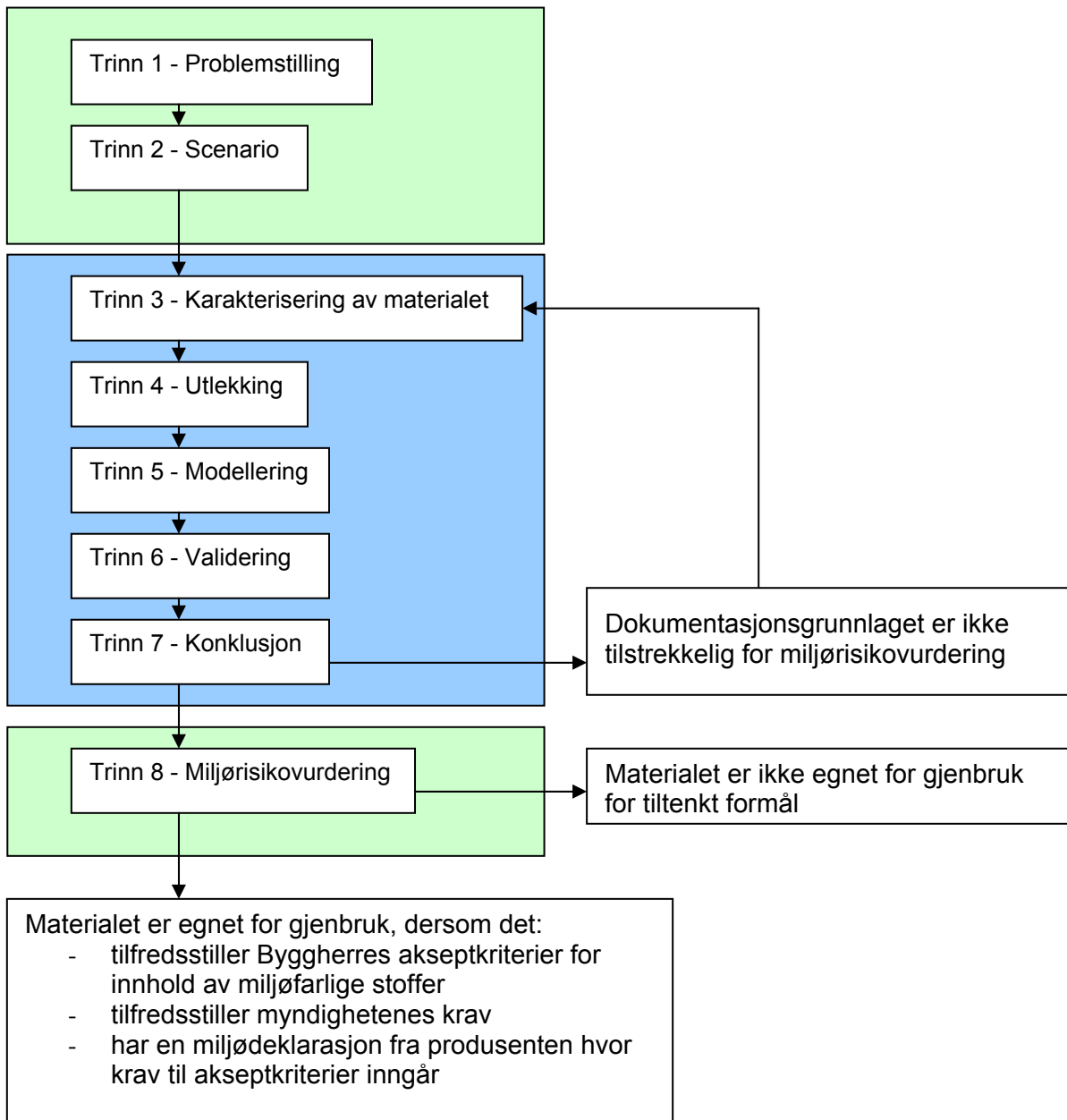
Målsetning for arbeidet har vært å definere grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer i de mest vanlige situasjoner ved vegbygging.

Følgende strategi ble valgt for dette arbeidet:

- Et ”standardvegscenario” defineres, der gjenbruksmaterialene er brukt på områder som er mest sannsynlige ut fra deres tekniske egenskaper,
- Et standardmiljø rundt vegkonstruksjonen defineres med hensyn til arealbruk, drikkevann, geologiske og meteorologiske forhold. Dette miljøet tilsvarer de meste vanlige tilfeller, men er definert med faktorer som lett kan endres ved behov.
- Miljørisikovurdering utføres for denne ”standardvegen” og for de meste aktuelle kombinasjoner av materiale og bruksområdet. Materialparametere defineres gjennom totalinnhold eller utlekkingsegenskaper for miljøfarlige stoffer, avhengig av tilgjengelige data. Effekten på miljøet bestemmes og sammenlignes med akseptkriterier ut fra økotoksikologiske hensyn, se hovedrapporten om miljøpåvirkning, prosjektrapport nr 14 [1].
- Inngangsparametere for materialene (i denne fasen: totalinnhold) justeres i forhold til miljøeffektene slik at miljøpåvirkning ikke fører til overskridelse av akseptkriteriene i resipientene, som er drikkevannsforskriftens kvalitetskrav for grunnvannet eller tilstandsklasse II for overflatevannet.
- Det beregnede maksimale innholdet av miljøfarlige stoffer for det enkelte materialet vurderes i forhold til realistisk totalsammensetning, strategiske hensyn som gjelder utfasing av prioriterte miljøgifter, tradisjonelle akseptkriterier definert for jord i følsomme arealer med mer. Grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer for ”standardvegen” velges ut fra disse kriteriene.

Arbeidsmetoden baserer seg på to hoveddokumenter:

- Standarden **ENV 12920**, formulert for karakterisering av avfall, til å karakterisere gjenbruksmaterialet – eller for kvantitativ bestemmelse av utlekking (hva materialet avgir av miljøfarlige stoffer til omgivelsene i et gitt tidsrom) [6]. Standardmetoden består av 7 trinn, se Figur 1.
- **SFT 99:01A**, norske retningslinjer (beregningsmodell) for å evaluere virkning av forurenset grunn på helse og økosystem [7]. Andre beregningsmodeller kan også benyttes. Beregning av miljørisikovurdering legges til som åttende trinn til prosessen, se Figur 1. Kriteriene er beskrevet i hovedrapporten om miljøpåvirkning [1].

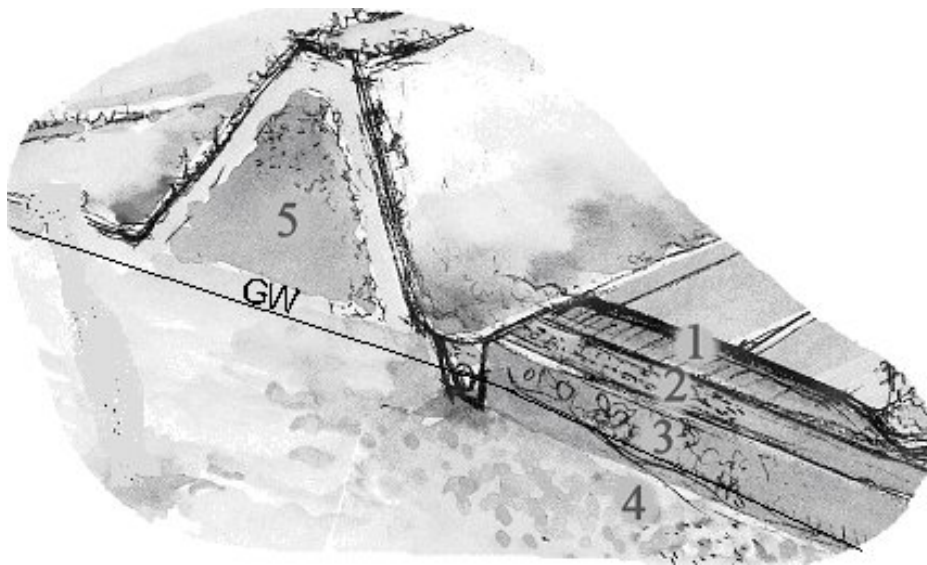


**Figur 1:** Flytskjema for beslutningsmodell basert på karakterisering av avfall iht ENV 12920 [6] (trinn 1 til trinn 7) og miljørisikovurdering iht SFT 99:01 [7] (lagt til som trinn 8). En utførlig beskrivelse av trinnene er gitt i hovedrapporten [1].

## 3 Materialkarakterisering og miljørisikovurdering

### 3.1 Trinn 1 – Problembeskrivelse

Gjenbruksasfalt skal anvendes i en ”standard” vegkonstruksjon, plassert i et ”standard” miljø med spesielt konservative eksponeringsbetingelser, se Figur 2. Dokumentasjonsgrunnlag bygger på eksisterende datagrunnlag og tar for seg anvendelse av gjenbruksasfalt i vegens over- og underbygning både over og under grunnvannstand (konstruksjonselement 2, 3, 4 i Figur 2). Det utføres en risikovurdering for disse anvendelsene. Ved en ”standard” vegkonstruksjon og et ”standard” miljø beregnes det utlekking av metaller og organiske stoffer. Det vurderes utlekking i et tidsrom på 50-100 år.



**Figur 2: Potensiell anvendelse av vegbyggingsmateriale. (1) Slitelag, (2) overbygning, (3) og (4) underbygning - over og under grunnvannsnivå (GW), og (5) støyvoll.**

Ved bruk av gjenbruksasfalt vektlegges det å utrede risiko for miljøeffekter fra PAH-forbindelser (polysykliske aromatiske hydrokarboner) på bakgrunn av innholdet i bindemiddelet og eventuell tilsetning av tjære i asfalten. Som tilslag i asfalten benyttes bergarter og grusmateriale som gjenspeiler den naturlige bakgrunnsverdien for metaller. Miljømål og akseptkriterier relateres til gjeldende forskrifter og retningslinjer for drikkevann, vannkvalitet og jord. Risikoberegningen anvender akseptgrenser for helse slik de er anvendt i SFTs veileder 99:01A, og akseptgrenser for miljø slik de fremstår i tilstandsklasse II i SFTs veiledning 97:04 [8].

Miljørisikovurderingen som gjennomføres i denne rapporten, baserer seg på SFTs veiledning for risikovurdering av forurenset grunn, 99:01A [7]. Det antas en stedsspesifikk arealbruk i veg.

### 3.2 Trinn 2 – Beskrivelse av scenario

Scenariet for en standardveg innebærer at konstruksjonen har en levetid på 50-100 år under konservative standardbetingelser for tekniske forhold, klima og hydrogeologi samt biologiske forhold og arealbruk.

I utført risikokartlegging for gjenbruksmaterialer i dette prosjektet er følgende standardbetingelser (normalforhold) lagt til grunn:

1. *Området*: Standardvegen ligger nær fjell men på løsmasser som er moderat drenert. Overbygning er veldrenert og har et tett dekke (tykkelse 100 cm). Underbygning er også godt drenert (500 cm).
2. *Bakgrunn*: Bakgrunnskonsentrasjoner er antatt å være ren nedbør og saltinfiltrasjon fra veg. Det er antatt en nedbørmengde på 1000 mm/år.
3. *Støyvoll*: Sortert fraksjon bestående av stein eller grus. Omfanget på gjenbruksmaterialet er angitt til 10 m bred, 5 m tykk og 100 m lang.
4. *Overbygning*: Sortert fraksjon bestående av stein eller grus. Omfanget på gjenbruksmaterialet er angitt til 35 m bred, 1 m tykk og 500 m lang.
5. *Underbygning*: Usorterte fraksjoner. Antatt tilsvarende omfang på underbygningen som for overbygningen, dvs. ca. 35 m bred, 5 m tykk og 500 m lang. Grunnvann som strømmer gjennom underbygning er antatt å være rent.
6. *Transport (spredning og fortykning)*: Overbygning infiltreres på skulderen av vegen og delvis gjennom asfalt. Dette vurderes til maksimum å tilsvare 30 % av nedbøren over området. 30 % anses som et konservativt tilfelle.
7. *Biologiske forhold*: Mikroorganismer tilsvarende liv i mineraljord med lavt innhold av organisk karbon (< 1 %).
8. *Arealbruk*: Kvalitetskravene som skal overholdes er drikkevannskvalitet i grunnvann >50 m fra veg. En mindre overflatebekk leder vann fra nærområdet til resipient, bekken antas å ha en gjennomsnittlig vannføring tilsvarende ca. 5 l/s. Kvalitet i overflatevann skal tilfredsstillende tilstandsklasse II eller bedre [8].
9. *Eksponeringsbetingelser*: Risiko for helse- og miljøeffekter ved eksponering til grunnvann og overflateresipient vektlegges. Helseeksponering skjer via drikkevann i grunnvannsbrønn og inntak av fisk fra resipient (10 % av normalinntak). Øvrige eksponeringsveger iht. SFT 99:01A vurderes [7]. Direkte eksponering til materialet forekommer kun i bygge- og rivefasen av vegen.

### 3.3 Trinn 3 – Karakterisering av resirkulert asfalt



Figur 3: Lager av asfalt til gjenvinning.

De miljømessige sidene ved gjenbruksasfalt har vært knyttet til utslipp til luft ved varm produksjon (røyk og lukt). Slike produksjoner skal benyttes med forsiktighet, med særlig fokus på å holde et

forsvarlig arbeidsmiljø. I asfaltverk som produserer gjenbruksasfalt, må tilsetning av asfaltgranulat skje på en termisk skånsom måte slik at unødvendige utslipp til luft samt forringet massekvalitet unngås. Gjenbruksasfalten blir vanligvis innført på steder i blandeverket der den unngår direkte kontakt med høye temperaturer. Asfaltverk som produserer gjenbruksasfalt skal tilfredsstille gjeldende konsesjonsvilkår med hensyn på utslipp til luft og vann.

Av alifatiske, alisykliske og aromatiske organiske forbindelser er det de aromatiske som vanligvis vil forårsake størst bekymring, ettersom enkelte PAH-forbindelser (polysykliske aromatiske hydrokarboner) er kreftfremkallende. Det er lite av tilgjengelige data på påvirkning av grunnen der gjenbruksasfalt (fresemasse og flakmasse) er lagret eller brukt i bærelag eller som fyllmasse ved vegbygging.

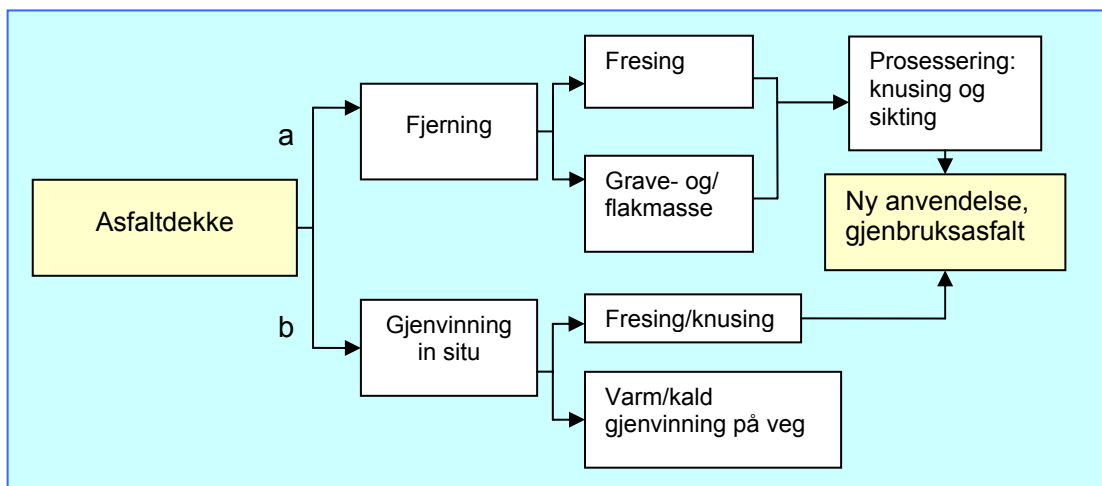
Ved knusing og sortering av asfalt kan prosessanleggene generere en betydelig mengde støv. Støvproduksjonen må holdes under kontroll, særlig av hensyn til arbeidsmiljøet.

### 3.3.1 Type og opprinnelse av materialet

Statens vegvesens håndbok 018 *Vegbygging* [9] skiller mellom Ak (knust asfalt) og Gja (gjenbruksasfalt). Knust asfalt brukes ubundet (mekanisk stabilisert) eller som råvare til gjenbruksasfalt. Gjenbruksasfalt kan brukes med eller uten tilsetning av ny bitumen.

Det genereres retur-asfalt (fresemasse/gravemasse/flakmasse) når veger bygges om og vedlikeholdes (se figur 4). Ved knusing og sikting av disse massene produseres asfaltgranulat som benyttes til asfaltgjenvinning. Gode steinmaterialer i granulatet kan derved gjenbrukes. *Gjenbruksasfalt* er betegnelsen på gjenvunnet asfaltmasse i en kald blandingsprosess eller ved varm gjenvinning på veg. Ved varm gjenvinning i verk kan asfaltgranulat tilsettes i de normerte massetyperne med inntil 15 % for slitelag og inntil 25 % for bærelag. Ved høyere tilsetninger enn disse skal massetypen gis suffiks G for gjenbruk. For eksempel er Ab 16G en slitelagsmasse med mer enn 15 % gjenbruksandel [9].

Gjenbruksasfalt anbefales brukt i de øvre lag i vegkonstruksjonen for å nyttiggjøre seg de gode egenskapene. Bruk lenger ned i konstruksjonen regnes som dårlig ressursutnyttelse, da rimeligere materialer som regel er tilgjengelig.



**Figur 4: Prosesser ved asfaltgjenvinning: (a) fjerning av gammelt asfaltdekke ved fresing eller graving, etterfulgt med knusing og sikting; eller (b) gjenvinning på stedet**

### 3.3.2 Total kjemisk sammensetning

Den kjemiske sammensetningen av gjenbruksasfalt bestemmes av steinmaterialet, som utgjør opp til ca 94-95 % av vegdekket, og bitumen som utgjør 5-6 % av vegdekket.

Steinmaterialet (tilslaget) i asfalt består normalt av forvittringsbestandige bergarter (basalt, gabbro, granitt, gneis, kvarts, kvartsdioritt, porfyr mv.), dvs. knust fjell og natursand. I flere asfalttyper tilsettes kalkmel som bestanddel (filler) i asfaltmørtelen. I andre land med mindre tilgang på egnede bergarter, kan også jernslag og spesialprodukter bli benyttet som tilslag. Mineralsammensetningen i de respektive bergartene er bestemmende for den kjemiske sammensetningen.

Bitumen er laget av råolje og består i hovedsak av karbon (82-87 %) og hydrogen (8-11 %), med små mengder nitrogen (<1 %), oksygen (<1,5 %) og svovel (< 6 %). I tillegg finnes det mindre mengder av metaller som vanadium, nikkel og jern.

Bitumen består av en kombinasjon av alifatiske, alisykliske og aromatiske organiske forbindelser. Forbindelsene foreligger som oljer, resiner (harpikser) og asfaltener. Ved "aldring" av bitumen omformes oljene til resiner og resinene til asfaltener. Dette resulterer i en oppherding og høyere viskositet.

Den kjemiske sammensetningen av bitumen er veldig kompleks og man grupperer ofte sammensetningen i ulike komponenter etter løselighet i ulike løsemidler. Den vanligste inndelingen består av fire komponenter:

- asfaltener (5-25 %) - de tyngste molekylene, uløselige i n-heptan, molekylvekt 1000-100000 g/mol
- harpikser (15-30 %) - bl.a. heterosykliske forbindelser, løselige i n-heptan, molekylvekt 500-50000 g/mol
- aromater (40-65 %) - naftener og aromater med lav molekylvekt, molekylvekt 300-2000 g/mol
- mettede (5-20 %) - lineære og forgreinede alifater sammen med noen alkylnaftener og alkylaromater, molekylvekt ca. 200-1000 g/mol.

Av helsefarlige forbindelser i bitumen er det særlig PAH som vektlegges pga. kreftfremkallende egenskaper. Normale innhold av PAH16 i bitumen er oppgitt til 5-150 mg/kg. Bitumen som helhet er ikke klassifisert som kreftfremkallende, helse- eller miljøskadelig, til tross for mistanker om dette. Dagens bitumenkvaliteter inneholder gjennomsnittlig 20-30 mg/kg PAH16 [10].

#### Tilsetningsstoffer

Det er i dag vanlig å tilsette vedheftningsmiddel i asfalten for å oppnå økt bestandighet mot vann. De to hovedtyper som brukes er:

- a) amin-/amidoaminprodukter som tilsettes i en mengde av 0,3 - 0,8 masseprosent av bindemiddelet. Disse er enten merket irriterende (etsende) eller er ikke merkepliktige.
- b) hydratkalk eller sement, som tilsettes 1-2 masse % av steinmaterialet. Disse er merket irriterende (etsende).

Det er ikke rapportert problemer for det ytre miljø ved tilsetning av vedheftningsmiddel.

#### Gjenbruksasfalt

Konsentrasjoner av spormetaller i asfalt vil avhenge av kilden til tilslagsmaterialet. For gjenbruksasfalt vil også tilførte trafikkforurensninger som eksospartikler (inneholder bl.a. PAH), bildekkpartikler og tungmetaller innebære et mulig forurensningsbidrag.

Største kilde til PAH i gjenbruksasfalt er trolig steinkulltjære. Steinkulltjære har et betydelig høyere PAH-innhold (flere 1000 ganger) enn bitumen. Steinkulltjære har i svært liten grad blitt brukt som bindemiddel eller som bitumentilsetning i Norge. I Norge ble det faste vegnett utbygd seinere enn i

f.eks. Sverige og Danmark, og da var tjæreasfalt ikke aktuelt. Det er spesielt i gammelt flyplassdekke (fra før 1960) på Fornebu, man har påvist tjæreholdig asfalt i betydelige mengder.

Innhold av fremmedstoffer (med tanke på bruksegenskaper) skal bestemmes i asfaltgranulat [9]. Ved mistanke om forhøyede verdier av tjærestoffer eller andre miljøgifter, skal innholdet dokumenteres for en eventuell miljørisikovurdering. Se også Gjenbruksprosjektets prosjektrapport nr. 4, ”Kontroll og dokumentasjon av returafalt” [11].

### 3.3.3 Fysiske egenskaper til asfaltgranulat og gjenbruksasfalt

#### 3.3.3.1 Vanninnhold

Vanninnholdet i fin og grov returafalt er ved nordiske forhold normalt 1-3 %. I perioder med mye nedbør kan vanninnholdet i lagret returafalt være så høyt som 7-8 %.

#### 3.3.3.2 Innhold av bitumen

Innhold av bitumen i gjenbruksasfalt avhenger av kildematerialet og kan variere fra 3-7 %. Asfalt inneholder normalt 4,5-7 % bitumen.

#### 3.3.3.3 Bitumenegenskaper (penetrasjon)

Penetrasjon angir stivheten (konsistensen) ved 25 °C, og bestemmes etter NS-EN 1426 [12]. Typiske penetrasjonsverdier er 25-100 (mm/10) når gjenbruksmassen er basert på varmasfalt. For gjenbruksmasse basert på mykasfalt, estimeres penetrasjonsverdiene til 200-800 (mm/10).

#### 3.3.3.4 Partikkelgradering

Praktisk talt all granulat til gjenbruksasfalt er knust eller frest ned til 32 mm eller mindre, med maksimum størrelse 63 mm. De fleste gjenbruksasfaltkilder vil være noenlunde velgradert grovt granulat, sammenlignbart med vanlig knust steinmateriale, kanskje med mer finstoff og mer variabel gradering. Granulatstørrelse opp til 32 mm tillates i gjenbruksasfalt. For en del produksjoner er maksimal størrelse 16 mm.

#### 3.3.3.5 Densitet

Granulatets densitet i løs tilstand (bulkdensitet) vil avhenge av tilslagets densitet, bindemiddelinhold, hulrom samt vanninnhold i granulatet. Granulatets densitet er lavere enn steinmaterialenes. Jo finere gradering det er på gjenvinningsmassen, jo høyere blir dekkedensiteten. Typisk verdi for granulatets bulkdensitet er 1600 kg/m<sup>3</sup>. Normal densitet for utlagt og komprimert kaldprodusert gjenbruksasfalt i Norge er 1800-2200 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.3.4 Mekaniske egenskaper

#### 3.3.4.1 Lastfordelingsegenskaper

I Norge benyttes lastfordelingskoeffisient etter bestemmelse av indirekte strekkstyrke eller E-modul som en parameter ved dimensjonering, det vil si fastsettelse av nødvendig lagtykkelse etter indeksmetoden. For varm-/kaldprodusert gjenbruksasfalt er den normerte lastfordelingskoeffisienten henholdsvis 1,50 ved tilsetning av myk bitumen og 1,75 ved tilsetning av bitumen [9]. For varm gjenvinning på veg forutsettes samme lastfordelingskoeffisient som for varmasfalt.

#### 3.3.4.2 Permeabilitet

Permeabilitetskoeffisienten for gjenbruksasfalt, ubundet masse (Ak), eventuelt tilsatt nytt tilslag, er sammenlignbar med den for ordinært tilslag eller jord-/aggregatblandinger, og forventes å ligge i området 10<sup>-2</sup> til 10<sup>-4</sup> cm/s. For gjenbruksasfalt tilsatt nytt bindemiddel i kald eller varm prosess, vil

vegdekket/bærelaget etter utlegging og komprimering ha et relativt lavt hulrom og dermed lav permeabilitet, trolig  $<10^{-4}$  cm/s.

#### 3.3.4.3 Skjærstyrke

Skjærstyrken for blandet gjenbruksasfalt (granulat) forventes å være sammenlignbar med den for pukk av lignende gradering. Gjenbruksasfalt uten eller med tilført tilslag, forventes å ha en indre friksjonsvinkel i samme størrelsesorden som knust steinmateriale.

Lastfordelingskoeffisientene gjenspeiler til en viss grad lagets (massens) skjærstyrke. Ved bruk av ubundet gjenbruksasfalt, granulat uten ny bindemiddeltilsetning, og eventuell tilsetning av nytt steinmateriale ( $< 30\%$ ), gis mekanisk stabilisert masse med asfaltgranulat (Ak) lastfordelingskoeffisienten 1,35 (det vil si tilsvarende som for knust fjell) [9].

### 3.3.5 Mineralogi og kjemisk spesiering (tilstand)

Det brukes mekanisk sterke bergarter til asfalt (se kapittel 3.3.2). I asfaltblandingen er steinmaterialet dekket av en bitumenrik mørtel, som bidrar til at svært lite av steinmaterialet utsettes for vann. Ved piggdekkslitasje produseres finkornig, mineralsk støv, samtidig som det dannes frie steinoverflater som kan utsettes for vann (jf. steinhuddannelse på asfaltoverflaten).

I mørtelfasen kan svake korn være anrikt eller tilsatt (f.eks. kalkmel). Finstoffet er som regel lite tilgjengelig for utvasking eller utlekking, da det inngår i en bitumenrik mørtelfase. Ved kvalitetssvikt (f.eks. dårlig vedheftning) kan både finstoff og grovtilslag blottlegges for utvasking. Dette skjer dog sjelden.

### 3.3.6 Kjemiske egenskaper (syrenøytraliseringskapasitet, reduksjonskapasitet, nedbrytbar organisk innhold)

Bitumen er vannuløselig og er mye brukt i membraner for fuktbeskyttelse. I asfaltdekker er det som regel 100 % bindemiddeldekning på mineralkornene. For kaldblandede asfalttyper godtas lavere bindemiddeldekning. Hvis det er dårlig vedheftning, vil tilslaget i massen over tid miste bindemiddel pga. utvasking. Ved ev. bruk av forurenset tilslag må en derfor være ekstra påpasselig med å sikre god vedheftning og vannbestandighet til gjenbruksasfalten.

Bitumen regnes for å ha relativt god bestandighet mot en rekke kjemikalier. Langtidseksposering (uker - måneder) for sterke syrer og baser vil likevel virke nedbrytende. Organiske løsemidler av type diklormetan, toluen, white spirit, bensin, diesel mv. vil løse bitumen. Polare løsemidler som aceton, isopropanol og etanol løser i svært liten grad bitumen [13].

Finkornige bitumenpartikler kan være biologisk nedbrytbare, avhengig av klima, substrat og bakterieflora. PAH kan også bli nedbrutt i naturen ved biologiske, kjemiske og fotokjemiske prosesser [14].



### 3.4 **Trinn 4 – Beskrivelse/bestemmelse av forhold som påvirker utlekking**

#### 3.4.1 **Fysiske og kjemiske forhold**

Asfaltgranulat (Ak) kan brukes som bærelag, forsterkningslag og forkilingsmasse. Massen kan også brukes som slitelag på veger med liten trafikk, skogsbilveger og gang-/sykkelveger. Massen kan være vanskelig å komprimere, med fare for høyt hulrom og etterkomprimering og deformasjoner. Asfaltgranulat som mekanisk stabilisert bærelag vil ha relativt høyt hulrom (antatt verdi ca. 12 %).

Varm- eller kaldblandet gjenbruksasfalt blir tilført noe nytt bindemiddel, og den ferdige massen vil få et hulrom anslått til 3-12 % avhengig av massetype og komprimering. Kalde gjenbruksdekker blir ofte forseglet med en overflatebehandling.

I gjenbruksasfalt vil det både være stoffer fra den opprinnelige asfaltblandingen (bitumen, steinmaterialer og ev. tilsetningsstoffer) og fra tilførte forurensninger: fra trafikk (eksos, olje, bildekk mv.), fra vegmerking, søl fra transportere, atmosfærisk nedfall, fra bygninger, konstruksjoner og andre aktiviteter ved vegen.

Organiske stoffer i asfalten er svært lite løselige når materialet kun utsettes for vann fra veien. Biologisk aktivitet antas å ikke medvirke til økt utlekking, men bidrar heller til nedbrytning av organiske stoffer, og til ”nullutslipp” fra materialet. Steinmateriale som ikke er dekket av bitumen vil forvitte som annet steinmateriale i vegkroppen. Denne forvitringen vil i hovedsak være en funksjon av vanngjennomstrømning og pH.

#### 3.4.2 **Klimatiske forhold**

I Norge varierer maksimums- og minimumstemperaturene fra landsdel til landsdel. Lufttemperatur og dekketemperatur er ikke sammenfallende. Det er en temperaturgradient nedover i vegkonstruksjonen. For temperaturer 20 mm ned i asfaltdekket regnes verdiene i Tabell 1 som representative.

**Tabell 1: Dekketemperaturer (20 mm ned i asfalten) [15].**

Sted	Maksimum 7-døgns temperatur, °C *	Minimumstemperatur, °C **	Årsmiddeltemperatur (luft), °C
Oslo	54	-22	6,0
Bergen	48	-15	7,5
Trondheim	48	-22	5,0
Bodø	44	-17	4,5

\* Beregnet middelverdi for maksimumstemperaturene i de sju varmeste sammenhengende dagene i normalperioden

\*\* Lik minimum lufttemperatur i normalperioden

#### 3.4.3 **Utlekkingskarakteristikk**

En ser for seg to hovedproblemstillinger:

I) Normal gjenbruksasfalt, med det opprinnelige innhold av miljøfarlige stoffer med et tillegg fra trafikkforurensninger etter en del års bruk.

II) Forurenset gjenbruksasfalt, der en eller flere forureningskomponenter er tilført i unormalt høye verdier. Dette kan være en følge av lokal forurensning (punktutslipp), eller tidligere bruk av uønskede

stoffer i asfalten eller vegoppmerkingen. Trolig er dette en sjelden situasjon, kun på avgrensede arealer. Det vil bli svært ressurskrevende å identifisere/kartlegge slike områder/forekomster.

### 3.4.4 Utlekkingsresultater

Undersøkelsene i dette kapitlet gjelder både normale gjenbruksasfalter og ”problemprøver”, med rettet prøvetaking av asfalt forurenset med tjære eller med PCB.

#### 3.4.4.1 Metaller

Svenske undersøkelser på gjenbruksasfalt viser lave verdier for totalinnhold av tungmetaller og øvrige uorganiske stoffer. Eksempler på tyske og svenske utlekkingsdata er gitt i Tabell 2.

**Tabell 2: Totalinnhold og utlekkingsverdier av utvalgte metaller i asfalt**

Stoff	Fresemasse [16]		Lagret asfalt, < 8 mm [17]		Oljegrus, fra veg [18]	Oljegrus, fra lager [19]	Tjæreasfalt, flakmasse [18]	Asfalt fra flyplass, borprøver [18]
	Totalinnh. mg/kg	Eluat (S4) pH 8,6 mg/L	Totalinnh. mg/kg	Eluat, pH 7,9 mg/kg	Eluat (L/S 2,3) pH 7,1 mg/kg	Eluat (L/S 2,0) pH 7,3 mg/kg	Eluat (L/S 2,03) pH 8,1 mg/kg	Eluat (L/S 1,87) pH 7,5 mg/kg
As			0,324	0,01	<0,0028	<0,014	0,0269	<0,0021
Pb	55	<0,1	7,68	0,00337	<0,0005	<0,0006	<0,0016	<0,000024
Cd	3	0,2	0,049	0,000541	<0,0002	<0,0002	0,00014	<0,000064
Cu	6	<0,01	19,4	0,0372	0,0065	0,0065	0,0207	0,0031
Cr (total)	14	<0,1	74,2	0,005	<0,001	<0,003	0,0096	<0,0013
Hg	<0,1		3,42	0,0083	<0,00005	<0,00004	<0,00005	<0,0004
Ni	13		139	0,0269	<0,0014	<0,0096	0,0504	0,0023
Zn	22	<0,01	62,9	0,0325	<0,0034	<0,0054	0,031	0,052

#### 3.4.4.2 PAH og andre organiske miljøgifter

For ”PAH totalt” fører ulike analysemetoder og konvensjoner i forskjellige land og tidsepoker til at forskjellige PAH regnes med i totalinnholdet. I Norge benyttes som regel *sum PAH16* som uttrykk for totalinnhold av PAH. I litteraturen benyttes også *sum PAH25* eller *sum alle identifiserte PAH* i analysen. I tillegg vil nyere analyser (etter 1990) gjerne ha lavere deteksjonsgrenser pga forbedrede analysemetoder.

Verdier for PAH og andre utvalgte miljøgifter i bitumen er vist i Tabell 3. Tabell 4 viser tilsvarende totalinnhold i asfaltprøver (også i tjæreholdig asfalt), mens Tabell 5 viser resultater av utlekkingsforsøk på asfalt og tjæreholdig asfalt. Resultatene fra tjæreholdig asfalt er fra svenske undersøkelser.

**Tabell 3: Innhold av PAH i bitumen (verdier for myk bitumen er gitt i parentes) samt målinger av PCB-innhold**

Stoff	Enhet	Bitumen (myk bitumen) [20]	Bitumen (myk bitumen) [21]	Bitumen [tjærebeak] [22]	Bitumen [10]	Bitumen * [23]	Bitumen [16]	Bitumen [21]
B(a)P	mg/kg	<0,5-3 (3,3)	0,5 (2,5)	<0,1-2,5 [1,1-1,5 %]	0,9-2,5	b.d.l.– 0,7	0,3-1,1	-
Naftalen	mg/kg	<0,5-1,33 (3,1)	2,3 (4,7)	-	-	2,5-3,0	-	-
Pyren	mg/kg	<0,5-4,5 (6,9)	0,3 (3,5)	0,3-8,3 [2,1-2,7 %]	-	0,3-1,0	0,17-0,80	-
PAH totalt	mg/kg	6-66 (127)	10-16 (30-33)	30-50 [ca. 25 %]	20-30	6-15	5,8-24	10-100
PCB	mg/kg	<0,05**	<0,010**	-	-	-	-	-

\* b.d.l. = under deteksjonsgrense

\*\* deteksjonsgrense i referansen

**Tabell 4: Innhold av PAH i asfaltprøver, totalinnhold**

Stoff	Enhet	Lagret asfalt, < 8 mm, totalt utlekkbart [17]	Tjærefri asfalt [24]	Tjærefri asfalt [25]	Asfalt fra veg, tjærefri [26]	Asfalt flakmasse [14]	Tjæreholdig asfalt [27]	Tjæreholdig asfalt [25]	Tjæreholdig asfalt [28]	Tjæreholdig asfalt [26]	Tjæreholdig asfalt [29]	Tjæreholdig asfalt [30]
B(a)P	mg/kg	< 0,007	-	-	0,17	3,9	9-30	7-31	-	26-55	280	6,8-18
Naftalen	mg/kg	0,392	-	-	0,37	0,9	1,0-31	0,8-2,4	-	13-90	70	1,1-1,2
Pyren	mg/kg	0,0062	-	-	0,50	8,6	22-68	16-92	-	75-142	680	16-42
PAH totalt	mg/kg	< 0,525	< 70	2-10	4,0	62	144-646	118-624	5300	142-1214	5298	118-288

**Tabell 5: Innhold av PAH i asfaltprøver, utlekkingsstest**

Stoff	Enhet	Lagret asfalt, < 8 mm [17]	Oljegrus fra veg [18]	Oljegrus fra lager [19]	Asfalt fra veg, tjærefri [26]	Asfalt flakmasse [14]	Tjæreholdig asfalt [28]	Tjæreholdig asfalt [26]	Tjæreholdig asfalt $\mu\text{g}/\text{m}^2$ [29]	Tjæreholdig asfalt [30]
B(a)P	$\mu\text{g}/\text{L}$ $\mu\text{g}/\text{kg}$	<0,021	<0,04	<0,003	<0,020	0,038	0,26	0,07-0,35	98 *	1,3-7,4
Naftalen	$\mu\text{g}/\text{L}$ $\mu\text{g}/\text{kg}$	<0,019	<0,034	<0,011	<0,14	0,0062	1,3	6,0-13	1200 *	14-35
Pyren	$\mu\text{g}/\text{L}$ $\mu\text{g}/\text{kg}$	<0,020	<0,1	0,17	0,058	0,28	2,4	2,7-3,8	3900 *	110-230
PAH totalt	$\mu\text{g}/\text{L}$ $\mu\text{g}/\text{kg}$	<0,34	<0,99	<0,039	0,70-0,90	0,81	28	32-54	29000 *	1100-1200

\* Overflateutlekking,  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ 

Brantley & Townsend [se 31] har undersøkt innhold av PAH16 i sigevann fra gjenbruksasfalt med deteksjonsgrenser i området 0,25–5  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Alle de analyserte prøvene viste innhold av PAH som var lavere enn deteksjonsgrensene. PAH-komponentene har stor variasjon i løselighet og spredningen er ofte avhengig av omfanget av partikkeltransport. I Sverige er det utført kolonnetester på freseasfalt og målt konsentrasjoner av PAH-komponenter i eluatvannet [14]. Tabell 6 viser målte konsentrasjon av PAH-komponenter i eluatvannet fra kolonnene sammen med kjemisk maksimal løselighet av komponentene. Tabellen viser at det er store forskjeller innbyrdes mellom de ulike PAH komponentene og at konsentrasjonene ligger veldig langt unna den maksimale løseligheten.

**Tabell 6: Sammenligning mellom maksimalt påviste konsentrasjoner og kjemisk løselighet til de enkelte PAH-komponentene [14].**

PAH	Kjemisk total løselighet, 25 °C mg/l	Maks konsentrasjon fra kolonne (eluat) µg/l	% av løselighet %
Naftalen	31	0,0043	0,000014
Acenaftylene	3,9	0,0052	0,00013
Acennaften	3,8	0,0036	0,000095
Fluoren	1,9	0,0015	0,000079
Fenantren	1,1	0,0075	0,00068
Antracene	0,05	0,0043	0,0086
Fluoranten	0,26	0,17	0,065
Pyren	0,13	0,22	0,17
Benso(a)antracene*	0,011	0,23	0,21
Chrysen*	0,002	0,042	2,1
Benso(b)fluoranten*	0,0015	0,033	2,2
Benso(k)fluoranten	0,0008	0,011	1,4
Benso(a)pyren	0,004	0,021	0,53
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,062	0,024	0,039
Benso(g,h,i)perylene	0,0003	0,022	7,3
Dibenso(a,h)antracene*	0,0005	0,0039	0,78

Nederlandske undersøkelser

I en nederlandsk undersøkelse ble det utført statisk og dynamisk utlekkingsstest på ni bitumenprøver som skulle representere variasjonene i markedet, samt på en asfaltblanding med en av bitumenprøvene [31]. Den statiske utlekkingsstesten ble utført etter nederlandsk standard NEN 7345 (1995) og den dynamiske utlekkingsstesten ble utført etter utkast til europeisk prøvingsmetode [32].

I den statiske metoden var væske-/faststoff forholdet 4,5:1. Vannet hadde pH 4, og ble fornyet etter gitte intervaller (avsluttet etter 64 døgn). Bitumen-/asfaltprøven var en sylinder med diameter 100 mm og høyde 64 mm. Resultater fra statisk utlekkingsstest på ni bitumenprøver er vist i Tabell 7.

**Tabell 7: Statisk utlekkingsstest på ni bitumenprøver. Midlere platåkonsentrasjoner oppnådd i statisk utlekkingsstest, ng/l.**

Bitumen kode	A	B	C	D	E	F	G	H	I	DL*
1 Naphthalene	35	371	51	175	30	n.v.	120	0,9	168	0,3
2 Acenaphthene	1,3	17	5	2,4	0,6	2,7	0	0,3	11	0,04
3 Fluorene	2,1	42	7	3,6	0,8	19,4	11	3,8	44	0,02
4 Phenanthrene	4,1	180	47	2,9	3,3	15,9	5	1,0	82	0,06
5 Anthracene	0,1	12	5	0,5	0,5	6,1	0,3	0,1	28	0,07
7 Pyrene	0,4	3,9	1,4	0,47	0,5	4,3	0,3	0,1	4	0,04
8 Benz(a)anthracene	0,1	1,4	0,45	0,04	0,1	0,5	0,1	b.d.l.	b.d.l.	0,05
9 Chrysene	0,3	5,3	0,83	0,13	b.d.l.	0,5	0,1	b.d.l.	b.d.l.	0,06
10 Benzo(b)fluoranthene	b.d.l.	0,4	0,14	0,14	0,01	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0,01
11 Benzo(k)fluoranthene	b.d.l.	0,2	0,14	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0,02
12 Benzo(a)pyrene	b.d.l.	0,1	0,3	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0,02
13 Dibenz(a,h)anthracene	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0,04
14 Benzo(g,h,i)perylene	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0,02
15 Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0,1
16 Coronene	0,03	0,05	0,09	0,04	0,01	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0,03
Σ2+ring PAHs	8,8	263	68	10	5,9	51	17	5,4	172	
sum 6 WHO PAHs	0,43	2,33	1,38	0,17	0,08	1,7	0,07	0,07	1,47	

Beregnet konsentrasjon i prøver tatt etter 9, 16, 36 & 64 døgn;

DL = Detection Limit for 200 ml;

b.d.l. = below detection limit;

n.v. = not valid

Utlekkingen av PAH gitt i % av innholdet i bitumen eller asfalt varierer fra maksimalt 1,3 % for naftalen, < 0,5 % for acenaften og fluoren til < 0,1 % for fenantren og antracen. For de tyngre PAH er utlekkingen < 0,01 %.

I den dynamiske metoden var væske-/faststoff forholdet 10:1. Vannet hadde pH 4, og oppsettet ble ristet i 30 timer ved 30 omdr./min. Bitumen-/asfaltprøven var her neddelt til partikler < 4 mm.

En sammenligning av resultater fra statisk og dynamisk utlekkingsstest er vist i Tabell 8.

**Tabell 8: Sammenligning statisk og dynamisk utlekkingsstest på prøver av bitumen og asfalt**

PAH	Bitumen A, konsentrasjoner i eluat, ng/l		
	Statisk		Dynamisk
	Bitumen	Asfalt	Asfalt
Naphthalene	35	33	52
Acenaphthene	1,3	0,8	0,8
Fluorene	2,1	b.d.l.	1,9
Phenanthrene	4,1	1,2	2,5
Anthracene	0,09	0,1	0,3
Fluoranthene	0,4	0,08	b.d.l.
Pyrene	0,4	0,1	0,03
Benz(a)anthracene	0,06	b.d.l.	0,2
Chrysene	0,3	0,09	0,2
Benzo(b)fluoranthene	b.d.l.	b.d.l.	0,2
Benzo(k)fluoranthene	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.
Benzo(a)pyrene	b.d.l.	b.d.l.	0,2
Dibenz(a,h)anthracene	b.d.l.	b.d.l.	0,1
Benzo(g,h,i)perylene	b.d.l.	b.d.l.	0,2
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.
Coronene	0,03	b.d.l.	b.d.l.

Utlekkingsforsøkene ga verdier som lå godt under de nederlandske krav (i 1994) til PAH-innhold i drikkevann fra overflatevann og grunnvann [31]. Forfatteren anbefaler dynamisk utlekkingsstest hvis en vil spare tid. Alternativt vil en kunne estimere utlekking av PAH etter PAH-innhold i bitumen og fordelingskoeffisienten:

$$K_{\text{BitWater}} = C_{\text{Bit}}/C_w \quad \text{der } C_{\text{Bit}} \text{ er PAH-innhold i bitumen og } C_w \text{ er PAH-innhold i utlekkingsvann}$$

### Norske undersøkelser

I forbindelse med gjenbruk av asfaltdekker fra Fornebu flyplass ble det funnet bærelag med tjæreholdig bindemiddel. I 2002 ble det tatt ut 6 prøver av frest asfaltmasse og bærelagsmasse med ulike tjæreinhold. Prøvene ble tilsatt bitumenemulsjon og komprimert i laboratoriet. Det ble utført utvaskings-/utlekkingsforsøk på prøvelegemene. Resultat fra utvaskingsforsøkene er gitt i Tabell 9.

**Tabell 9: Innhold av PAH i ordinær asfalt og tjæreholdig asfaltmasse fra Fornebu, samt resultater fra utlekkingsforsøk.**

	Ordinær asfaltmasse og /bærelag, totalinnhold PAH	Tjæreforurenset asfaltmasse og /bærelag, totalinnhold PAH
2-25 mm, mg/kg tørrvekt	11 - 381	491 - 2273
< 2 mm,	16 - 46	464 - 3857
Utlekkingstest, L/S 10, µg/L	0,23 - 6,8	0,59 - 82
Tanktest, L/S 64,	0,24	2,0 - 12

Totalinnhold av PAH ble også bestemt for alle masseprøvene på fraksjonene < 2 mm og 2-25 mm.

Forsøk med utlekkingsstest med 0,5 % og 5,0 % saltløsning ga ikke høyere PAH-utlekking enn med rent vann. Det ble ikke påvist PCB i utlekkingsvannet. I økotoksikologisk testing på alge og kreps av kolonneeluateer og tanktesteluateer var det lav toksisk respons [33].

Ved undersøkelse av asfalten på den nedlagte Fornebu flyplass, ble det påvist spor av PCB. Dette utløste en grundigere kartlegging som enkelte steder viste til dels meget høye PCB-konsentrasjoner i asfalten. Også jorda under steder med PCB-forurenset asfalt inneholdt forhøyede PCB-konsentrasjoner. Verdier for summen av 7 PCB-kongener (PCB<sub>7</sub>) er vist i Tabell 10.

**Tabell 10: Innhold av PCB<sub>7</sub> i forurensete asfalt- og jordprøver fra Fornebu.**

Prøvetype	Enhet	Innhold PCB <sub>7</sub> , gjennomsnitt	Innhold PCB <sub>7</sub> , spredning	Antall prøver
Jord	mg/kg	0,65	0,006-2,6	5
Frest asfalt	mg/kg	0,76	0,123-1,86	3
Asfalt	mg/kg	44,6	13,9-98,9	6

Det ble utarbeidet forslag til akseptkriterier for bruk av PCB-forurenset masse for ulike typer arealbruk innenfor Fornebu: *Mest følsom*, *følsom* og *ikke følsom* [34]. Verdiene ble beregnet ut fra SFTs veiledning 99:01A samt etter det svenske Naturvårdsverkets kriterier.

I en undersøkelse av innhold i asfaltbelegget i Elgesetergate i Trondheim, foretatt av NGU, ble det påvist PCB<sub>7</sub> og PAH<sub>16</sub> i lave konsentrasjoner i noen borkjerner, se Tabell 11. Øvre del av asfalten var forholdsvis nylagt, mens midtre og nedre del hadde ligget noen år [35].

**Tabell 11: Innhold av PCB<sub>7</sub> i asfaltprøve fra Trondheim.**

Asfalt (borprøve) fra Elgseter gate	Enhet	Innhold PCB <sub>7</sub>	Innhold PAH 16
Øvre del (0-4 cm)	mg/kg	0,0045	0,526
Midtre del (4-8 cm)	mg/kg	ikke påvist	1,14
Nedre del (8-12 cm)	mg/kg	0,0097	1,52

I en mer omfattende undersøkelse av 32 asfaltprøver i Trondheimsområdet som ble gjennomført i 2005, fant man lave konsentrasjoner 3,7-9,6 µg/kg i 3 av 32 prøver, mens det i 29 prøver ikke ble påvist PCB [36].

I 2005 ble det utført en kartlegging av PCB-innhold i asfaltdekkeprøver fra riks- og fylkesveger i og ved tre byer i Norge (Oslo, Bergen og Kristiansand). Kun én av 63 asfaltprøver hadde forhøyet PCB-konsentrasjon (0,07 mg/kg). Undersøkelsen konkluderte med at PCB ikke utgjør noen miljøfare i relativt nye asfaltdekker. Dermed er sannsynligheten for å finne høye PCB-innhold i asfalt på vegger liten [37].

I samme undersøkelse ble det funnet relativt høye konsentrasjoner av PAH16 i 3 av 20 borprøver. Ved Kristiansand inneholdt to prøver hhv. 505 og 388 mg/kg. Ved Oslo inneholdt én prøve 347 mg/kg. I de øvrige 17 borprøvene var gjennomsnittlig PAH16-innhold 6,9 mg/kg.

I samme undersøkelse ble innholdet av 32 grunnstoffer bestemt i 63 borprøver. Innholdet (median) av utvalgte metaller (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) lå godt under de respektive normverdier for mest følsomt arealbruk.

#### Svenske undersøkelser

I Sverige er det benyttet tjæreholdige bindemidler i mye større grad enn i Norge. De siste årene er det utført flere undersøkelser av tjæreholdig returafalt, som er gjenbrukt i bærelag og i vegdekke. Nedenfor er gitt eksempler på undersøkelser. Det vises også til oversiktene i tabell 3 til 5.

Returasfalten har vært

- flakmasse som er knust til granulat i ulike sorteringer fra 0/11 mm til 0/40 mm.
- fresemasse, granulat i sorteringer 0/16 mm til 0/22 mm.

I) Gjenbruksasfalt brukt til ubundet bærelag med sortering 0/35 mm. Dekket ble forseglet med en overflatebehandling kort tid etter utførelse [27].

Totalinnhold av PAH i nedknust, tjæreforurenset flakmasse, se Tabell 12. Forfatteren skriver at utlekkingsforsøk på asfaltprøver med lavt PAH16-innhold (ca. 100 mg/kg) gir ubetydelig utvasking av PAH16 og at slike masser bør kunne brukes til ubundne bærelag.

**Tabell 12: PAH-analyse av tjæreholdige asfaltprøver.**

Stoff	Rettet prøvetaking *	Statistisk prøvetaking
	mg/kg tørrvekt	mg/kg tørrvekt
Naftalen	31	1,0
Acenaftylen	6	3
Acenaften	5	0,4
Fluoren	51	2,7
Fenantren	139	13,5
Antracen	29	3,1
Fluoranten	97	26
Pyren	68	22
Benso(g,h,i)perylene	14	5
Benso(a)antracen*	51	12
Chrysen*/trifenylen	42	16
Benso(b)fluoranten*	42	16
Benso(b)fluoranten*	14	6
Benso(a)pyren	30	9
Indeno(1,2,3-cd)pyren*	24	5
Dibenso(a,h)antracen*	5	2,3
Sum kreftfremkallende PAH (merket *)	205	67
Sum øvrige PAH	441	78
Sum 16 PAH	646	144

\* delprøver tatt fra områder/sjikt i mellomlageret mistenkt for å ha høyt tjæreinhold

II) En undersøkelse av 28 eldre asfaltdekker/bærelag som inneholdt steinkulltjære viste følgende innhold av PAH16 [25]:

- Dekke/bærelag med kun tjæreholdig masse: 338-2400 mg/kg TS (tørrstoff)
- Dekke/bærelag blanding av tjæreholdig og ”ren” asfaltmasse: 42-5300 mg/kg TS
- Lager av flakmasser: 114-382 mg/kg TS
- Lager av knuste masser: 55-611 mg/kg TS
- Ikke-forurensede asfaltmasser: 2-10 mg/kg TS

Eksempel på en undersøkelse: Feltforsøk 2001 med produksjon av gjenbruksasfalt med tjæreforurenset asfaltgranulat, med tilsetning av 30 % pukk og 3 % bitumenemulsjon. Lagt som bærelag og slitelag.

PAH-innhold i granulat: 382-611 mg/kg

PAH-innhold i gjenbruksasfalt: 288-624 mg/kg

Før utlegging ble PAH-innhold i ubundne lag i vegkroppen fra: 0–20–50–70 cm dybde bestemt på to punkter. Sum PAH lå fra < 0,5 til < 0,8 mg/kg. Microtox-verdiene lå på deteksjonsgrensa, og dekket ble vurdert som lavtoksisk.

Etter ett år i vegen ble tilsvarende undersøkelse gjort på prøver fra samme vegpunkter, se Tabell 13.



**Tabell 13: PAH-analyse av prøver fra vegoverbygning.**

Prøvested Resultat	Väg 90, punkt 2/580		Väg 90, punkt 2/720		
	Dybde, cm fra overflaten	15	35	12	30
Sum kreftfremkallende PAH, mg/kg	2,2	45 *	1,5	1,3	< 0,2
Sum øvrige PAH, mg/kg	1,8	24 *	< 0,7	< 0,5	< 0,3

\* usikre verdier, mistanke om kontaminering under prøvetaking

Grunnvannsprøver ble tatt 2-3 m under overflaten 10 m og 50 m fra vegen. PAH-innholdet lå under deteksjonsgrensen på 0,2 µg/kg TS for begge prøvepunkter. Microtox-testen ga 90 volum% respons (15 min) for begge prøvepunkter. Dette vurderes som lavtoksisk.

Borprøver fra to veger (to punkter pr. veg) med gjenvunnet tjæreholdig asfalt ble analysert for PAH [25], se Tabell 14.

**Tabell 14: PAH-analyse av borprøver fra vegdekke.**

Stoff	Väg 90, seksj 2/580	Väg 90, seksj 2/720	Väg 825, seksj 9/600	Väg 90, seksj 1/190
Sum kreftfremkallende PAH, mg/kg	113	181	58	43
Sum øvrige PAH, mg/kg	175	443	84	75
Sum 16 PAH, mg/kg	288	624	141	118

Hulrommet i borprøvene var ca. 10 % for väg 90, og 3-6 % for väg 825.

Det svenske Vägverket har laget en veiledning for håndtering av tjæreholdig asfalt [24]. Basert på innhold av PAH16 i tørrvekt asfaltmasse gjøres følgende vurderinger:

**Tabell 15: Veiledning for håndtering av tjæreholdig asfalt, utgitt av Vägverket**

PAH-innhold	Klassifisering	Anvendelse/håndtering
< 70 mg/kg PAH16	Fri for steinkulltjære	Fri gjenbruk, slitelag og bærelag
> 70 mg/kg PAH16	Steinkulltjæreholdig	Gjenbruk som bærelag, transport bør unngås, sikring mot grunnvann
300-1000 mg/kg PAH16	Steinkulltjæreholdig	Restriksjoner på mellomagring. Ikke gjenbruk i følsomme områder
> 1000 mg/kg PAH16	Steinkulltjæreholdig	Spesiell vurdering av håndtering (ellers farlig avfall)

Vägverkets råd bygger på en rekke undersøkelser gjort i Sverige, samt på konsekvensvurderinger av de ulike håndteringsalternativene. Det forutsettes at miljømyndighetene alltid kontaktes når tjæreholdige masser skal lagres, gjenvinnes eller håndteres på annet vis.

### 3.4.5 Oppsummering av forhold som påvirker utlekking av asfalt

For norske forhold har det først og fremst vært innholdet av tjære (PAH) og PCB som det har vært aktuelt å ta hensyn til. Det mest kjente tilfellet der forhøyede PAH- og PCB-konsentrasjoner har medført sanering (behandling eller destruksjon/deponering) av forurenset asfalt, har vært gammelt flyplassdekke på Fornebu. Fra vegnettet finnes det ingen tilsvarende eksempler.

Steder der en kan ha grunn til mistanke om forhøyede konsentrasjoner av miljøgifter:

- Asfalterte industriområder der miljøgifter har vært håndtert

- Ulykkessteder på vegger (tankbilvelt, branner mv.)
- Vegger nær forurensede områder (f.eks. PCB-holdige bygninger)

Det er få norske funn av tjæreforurensset asfalt i vegdekker. I PCB-kartleggingen av vegdekker var det et fåtall steder som hadde påviselige konsentrasjoner av PCB. En konkluderer med at det er lite sannsynlig å påtreffe vegdekker med problematiske innhold av miljøgifter. Tilførte trafikkforurensninger i gjenbruksasfalten synes heller ikke å være på så høyt nivå at de representerer et miljøproblem ved gjenbruk.

Erfaringene fra Fornebu tilsier at eldre asfalt fra flyplasser bør sjekkes for PAH (tjærelukt og ev. analyse) og eventuelt for PCB (analyse). Tilvarende gjelder asfalt fra industriområder der miljøgifter har vært håndtert.

Ved mottaksstasjonene for retur-asfalt vil tjærelukt på innlevert asfaltmasse utløse en tjærepåvisningstest. Ved tjærepåvisning skal massen lagres midlertidig på egnet separat sted.

De svenske utlekkingsundersøkelsene [27] og Vägverkets veiledning [24] for håndtering av tjæreholdige dekker er nyttige referanser ved vurdering av tjæreforurensede asfaltmasser.

### 3.5 *Trinn 5 – Modellering av utlekking fra materiale/konstruksjon*

Modellering av utlekking fra asfalt omfatter modeller som beskriver den kjemiske- og geokjemiske sammensetningen på porevannet/utlekkingsvannet og partikler og modeller som beskriver masse-transport. Man kan enten benytte målte likevektskonsentrasjoner og fordelingskoeffisienter ( $K_d$ ) i en enkel analytisk modell [7] eller det kan være mer avanserte spesieringsmodeller som tar i bruk tilgjengelige termodynamiske databaser, slik som Orchestra [38], PHREEQC [39].

For asfalt har man tatt utgangspunkt i likevektsfordeling mellom faststoff og porevann iht. SFTs risikoveileder, SFT 99:01A [7]. Dette er en konservativ tilnærming der modellering baserer seg på fordelingskoeffisienter mellom fast stoff og porevann for hver enkelt parameter. Videre transport fra porevann/grunnvann og overflatevann blir så beregnet etter stedsspesifikke transportparametre.

Modelleringen av asfalt er derfor begrenset til beregning av porevannskonsentrasjoner basert på totalinnholdet, hvor dette beregnes i henhold til ligning (1):

$$C_w = C_s \cdot \left[ K_d + \frac{\theta_w + \theta_a \cdot H}{\rho_s} \right]^{-1} \quad (1)$$

der

$C_w$  = konsentrasjonen i porevann ved kilden (mg/l).

$C_s$  = konsentrasjonen i jord eller fast stoff (mg/kg).

$K_d$  = jord/vann fordelingskoeffisient (l/kg).

$\theta_w$  = vanninnhold i jord (l vann/l jord).

$\theta_a$  = luftinnhold i jord (l luft/l jord).

$H$  = Henrys konstant.

$\rho_s$  = densitet jord (kg/l).

For materialer med veldig lite innhold av flyktige stoffer vil leddet med overgangen mellom jord/luft falle bort. For metaller forenkler man derfor ligningen til:

$$K_d + \frac{\theta_w + \theta_a \cdot H}{\rho_s} \approx K_d \quad (2)$$

Dette gir for metaller:

$$C_w = \frac{C_s}{K_d} \quad (3)$$

Vi ser fra (3) at porevannskonsentrasjonen er proporsjonal med konsentrasjonen i jord (totalinnhold)

hvor stigningskoeffisienten er  $\frac{1}{K_d}$ . Grunnlaget for  $K_d$  som er brukt er forurensning i jord. Binding i

en asfaltmatriks vil gjøre en stor del av de kjemiske forbindelser utilgjengelig for fasefordeling mellom faststoff og væske. I de fleste tilfeller vil derfor de beregnede porevannskonsentrasjoner være høyere enn de korresponderende likevektskonsentrasjoner målt i utlekkingstester [40].

### 3.6 Trinn 6 – Validering

Validering er i tilfelle asfalt en sammenligning mellom porevannskonsentrasjoner beregnet på grunnlag av maksimalt målt totalinnhold og målte utlekkingsverdier i lab.

Fordelingskoeffisienten ( $K_d$ ) hentet fra SFT 99:01A er benyttet sammen med totalinnhold målt i asfalten for å beregne porevannskonsentrasjonen. Dette er sammenlignet med utlekkingsverdier målt for de samme materialene. Totalinnholdene er hentet fra forskjellige undersøkelser som angitt i Tabell 2 og Tabell 4. Utlekkingsverdiene er angitt med påviste konsentrasjoner for metaller og PAH komponentene som angitt i Tabell 2 og Tabell 5.

Tabell 16 viser grunnlaget som er benyttet i miljørisikoberegningen (trinn 8 i metoden, se Figur 1). De modellerte porevannskonsentrasjonene beregnet basert på totalinnhold og  $K_d$  er generelt høyere enn de som blir funnet ved en utlekkingstest. Dette skyldes både utilgjengelighet av de kjemiske forbindelser i matriksen, og løselighetsbegrensning, dermed vil væskekonsentrasjonen ikke øke lineært med totalinnholdet.

Man må ved en slik sammenstilling være klar over at beregnede verdier, utlekkingstester og feltverdier representerer vesensforskjellige forhold med hensyn på pH og mengdeforhold mellom væske/faststoff. Også kontakttiden vil være meget forskjellig fra laboratorieforsøk. Utlekking vil i praksis være særlig avhengig av kjemiske bindinger i materialet, pH, oksygeninnhold samt gjennomstrømningshastighet av vann.

**Tabell 16:** Sammenstilling mellom totalinnhold og beregnet porevannskonsentrasjon fra  $K_d$ , sammenstilt mot påviste utlekkingsverdier.

Parameter	Benyttet påvist totalinnhold mg/kg	$K_d$ l/kg	Beregnet porevannskonsentrasjon $\mu\text{g/l}$	Utlekkingsverdier fra [13], [14] Eluat $\mu\text{g/l}$	Faktor mellom beregnet/utlekking
As	0,32	30	11	1	11
Pb	55	1000	55	<100*	
Cd	3	30	100	200*	
Cu	19,4	500	39	3,7	11
Cr (totalt)	74,2	30	247	0,5	494
Hg	3,42	200	17,1	0,8	21
Ni	139	100	1390	2,7	515
Zn	62,9	100	629	3,2	197
PAH (16)	62	9160*	6,8	0,81	8
B(a)P	3,9	9160*	0,4	0,038	11
Naftalen	0,9	20*	45	0,0062	7258
Pyren	8,6	1050*	8,2	0,28	29

\*  $K_d$  verdiene for PAH komponentene er beregnet ut ifra sammenhengen mellom organisk karbonvann hvor  $K_d = K_{oc} * f_{oc}$ , hvor  $f_{oc}$  er fraksjonen av organisk karbon i jord (her satt til 1 %).

Tabellen viser at de beregnede porevannskonsentrasjonene er vesentlig høyere enn konsentrasjonene påvist i eluatene fra utlekkingstester. De beregnede konsentrasjonene ligger ca. 11-500 ganger høyere for tungmetaller og 8-7000 ganger høyere for de organiske parametrene. Dette illustrerer at miljørisikovurderingen som utføres i Trinn 8 (kapittel 3.8) er basert på konservative anslag med hensyn på potensielle farer for eksponering til resipienter.

### 3.7 Trinn 7 – Konklusjoner vedr. datagrunnlaget for miljørisikovurdering

Datagrunnlaget for asfalt er noe begrenset når det gjelder tungmetaller med kun 2 undersøkelser av totalinnhold og utlekkingstester. Imidlertid anses ikke tungmetaller av resirkulert asfalt å være noen faktor mht. miljøbelastning ut ifra at metallinnholdet i vesentlig grad avhenger av opprinnelig steinmateriale og dermed kan tilskrives en ”naturlig” bakgrunnsverdi.

Når det gjelder bitumen og PAH, er det utført mange undersøkelser og datagrunnlaget er godt både for totalinnhold og utlekkingstester.

Datagrunnlaget for resirkulert asfalt anses derfor å være godt nok til å gå videre med en miljørisikovurdering basert på dataene beskrevet i kapittel 3.4. Likeledes er modellen med likevektskonsentrasjoner og fordelingskoeffisienter som ligger til grunn for miljørisikovurderingen konservativ og vil ikke underestimere eksponeringen av ytre miljø.

### 3.8 Trinn 8 – Miljørisikovurdering for gjenbruksasfalt

Trinn 8 inneholder en vurdering av miljørisiko for bruk av gjenbruksasfalt i ”standardvegen” under forutsetningene og med datagrunnlaget beskrevet i de første 7 trinn. Miljørisikovurderingen gjennomføres iht. SFT 99:01A *Risikovurdering av forurenset grunn* [7]. Effekten på miljøet bestemmes og sammenlignes med akseptkriterier ut fra økotoksikologiske hensyn. Etter dette justeres materialparametre i forhold til miljøeffektene slik at akseptkriteriene blir overholdt. For en mer utfyllende beskrivelse av fremgangsmåten, se [1].

Materialenes karakterisering gitt i kapittel 3.3 og det generelle scenarioriet i kapittel 3.2 blir lagt til grunn for risikovurderingen.

Miljøriskovurdering deles inn i tre deler:

- Risikoberegningene er utført med de etablerte regnearkene for risikovurderingen fra [7] og er utført i 3 trinn (Del A, trinn I – III).
- Risikoberegningen er etterfulgt av inversberegning av maksimalt tillatt innhold av miljøfarlige stoffer for det gitte scenariet (Del B)
- Konklusjoner vedrørende grenseverdier på totalinnhold av gjenbruksasfalt (Del C).

### 3.8.1 Del A – Miljøriskovurdering iht. SFT 99:01A

#### Del A – Trinn I Resirkulert asfalt sammenlignet mot normverdier for mest følsomt arealbruk

Trinn I i risikovurdering omfatter en sammenligning av totalinnhold av forbindelser i asfalt mot SFTs normverdier for *mest følsomt arealbruk* [7]. Normverdier er grenseverdier som brukes av forurensningsmyndighetene i vurderinger av et område eller en lokalitets anvendelsesmuligheter. Mest følsomt arealbruk tar hensyn til alle potensielle eksponeringsveier. Dette vil si at materialer som tilfredsstillende disse krav kan anvendes uten restriksjoner.

Påvist innhold av tungmetaller fra forskjellige undersøkelser er vist i Tabell 17. Tabellen viser at totalinnholdet generelt ikke er et miljømessig problem for gjenbruk av asfalt, da innholdet av de fleste metallene er lavere enn normverdiene for *følsomt arealbruk*. I det øvre område overskrider krom, kvikksølv og nikkel normverdiene. Imidlertid ligger det til grunn i vurderingen at krom, kvikksølv og nikkel vil foreligge på mineralsk eller en oksidert form, noe som gjør dem betydelig mindre toksiske enn det som er forutsatt ved beregning av normverdiene.

**Tabell 17: Totalinnhold av metaller i gjenbruksasfalt med akseptgrenser for følsomt arealbruk (Del A-Trinn I) og standardveg (Del A-Trinn II). Tall med uthevet skrift er benyttet i trinn II og III.**

Metall	Totalinnhold [16], [17] mg/kg	Følsomt arealbruk. Normverdier mg/kg	Standardvegen. Stedsspesifikke verdier mg/kg
As	0,32	2	2
Pb	7,7-55	60	1400
Cd	0,05-3	3	14
Cu	6-19	100	40 000
Cr (totalt)	14- <b>74</b>	25	100 000
Hg	<0,1- <b>3,4</b>	1	230
Ni	13- <b>139</b>	50	1700
Zn	22-63	100	166 000

Påvist innhold av PAH-komponenter fra forskjellige typer asfalt med og uten tjære er vist i Tabell 18. Tabellen viser at innholdet av PAH fra både normal asfalt og tjæreholdig asfalt overskrider generelt normverdiene for *følsomt arealbruk*.

**Tabell 18: PAH-innhold i tjærefri og tjæreholdig asfalt og normverdier for mest følsomt arealbruk og stedsspesifikke akseptverdier (Del A – Trinn II). Tall med uthevet skrift er benyttet i trinn II og III.**

[Referanse] Parameter	Normal asfalt (uten tjære) [14], [17], [24] mg/kg	Tjæreholdig asfalt [27], [25], [28], [26], [30] mg/kg	Følsomt arealbruk. Normverdi mg/kg	Standardvegen. Stedsspesifikke verdier mg/kg
PAH (16)	<0,5- <b>62</b>	118- <b>5300</b>	2	203
B(a)P	<0,007- <b>3,9</b>	6,8- <b>280</b>	0,1	13

Naftalen	0,37-0,9	0,8-90	0,8	2 703
Pyren	0,0062-8,6	16-680	0,1	28 415

Basert på totalinnhold i asfalt er det kun innholdet av PAH-forbindelser som overskrider normverdiene i vesentlig grad. Nærmere vurderinger av PAH-forbindelser og potensielle belastninger er derfor videreført i Trinn II. Tungmetaller er generelt lavere enn normverdiene for følsom arealbruk og gir ingen risiko for belastning til helse eller ytre miljø. Påvist totalinnhold av tungmetaller er vesentlig under de stedsspesifikke akseptverdiene basert på aktuell bruk. Metallene føres derfor ikke videre til trinn II.

## Del A – Trinn II Stedsspesifikk risikovurdering av gjenbruksasfalt

Siden gjenbruksasfalten her skal benyttes i oppbygning av en vei hvor materialet er tildekket uten direkte eksponering, er mulige eksponeringsveier begrenset. Følgende eksponeringsveier har blitt anvendt for å beregne stedsspesifikke akseptverdier:

- inntak av grunnvann som drikkevann,
- inntak av fisk fra overflateresipient nedstrøms standardvegen.

Eksponeringsscenariet har blitt tilpasset i forhold til standardparametere i SFT 99:01A på følgende måte:

- vanninnhold og luftinnhold i umettet sone er justert til en grusfraksjon
- for asfalt er fraksjonen organisk karbon i materialet nedstrøms satt til 1 %
- infiltrasjon av nedbør er satt til 30 % av total nedbør ved bruk av asfalt i en vegoverbygning. Dette er konservativt da kun en mindre andel av nedbøren vil infiltrere. Dette har betydning for mengde porevann som vil påvirke grunnvannet nedstrøms standardvegen.

De beregnede stedsspesifikke akseptverdiene er vist i siste kolonne i tabell 18. For PAH-forbindelsene er totalinnholdet i normal asfalt under de stedsspesifikke akseptkriteriene. For tjæreholdig asfalt er totalinnholdet av PAH og B(a)P påvist over de stedsspesifikke akseptverdiene.

PCB er påvist fra enkelte kjerneprøver i to undersøkelser fra Trondheim [35], [36] og i kjerneprøver fra de gamle rullebanene på Fornebu [34]. Asfalten fra Fornebu er ikke typisk for flyplassdekker eller veger i Norge. Borkjerneprøver fra riks- og fylkesvegnettet har vist nivåer av PCB under normverdien for følsomt arealbruk (0,01 mg/kg) med unntak av en prøve (0,07 mg/kg) [37].

I Trinn II er det utført stedsspesifikke beregninger av spredningspotensialet fra PAH forbindelser fra gjenbruksasfalt benyttet i standardvegen. Beregningene er utført med innhold av PAH som angitt for normal asfalt i tabell 18.

Helse- og miljørisiko beregnes fra spredning av miljøgifter til porevann med videre spredning med grunnvann og videre til en overflatebekk. Beregnet utlekking fra gjenbruksasfalt i standardvegen skal da ikke overskride valgte vannkvalitetskriterier. Vannkvalitetskriteriene som her benyttes er drikkevannsforskriften og tilstandsklasse II (Moderat forurenset) i klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann, SFT 97:04 [8].

Tabell 19 viser beregnede konsentrasjoner av PAH-forbindelser i grunnvann og overflatevann ved utlekking fra tjærefri asfalt, sammenlignet mot akseptverdier for drikke- og overflatevann. Tabellen viser at beregnet konsentrasjon i resipient er mindre enn angitte kriterier for vannkvalitet.

**Tabell 19: Beregnet spredningspotensial av PAH-forbindelser fra gjenbruksasfalt sammenlignet med valgte kvalitetskriterier etter SFT 99:01A. Beregningen er basert på maksimalt påviste innhold av PAH i normal asfalt.**

Parameter	Grunnvann nedstrøms GB- veg µg/l	Overflatevann nedstrøms GB- veg µg/l	Drikkevanns- forskriften µg/l	Overvann Tilstandskl. III µg/l
Tot PAH (16)	0,03	0,009	0,1	-
B(a)P	0,002	0,0006	0,01	-
Naftalen	0,17	0,06	-	1,1*
Pyren	0,032	0,011	-	0,025*

\* Kanadiske CCREM [41]

Drikkevannsforskriften har kun grenseverdier for total PAH og B(a)P, men ingen av disse overskrides, verken i grunnvann eller overflatevann. For overflatevann finnes det i SFT 97:04 ingen klassifiseringsverdier for PAH-forbindelser i ferskvann. Imidlertid er det gitt verdier for naftalen og pyren i de kanadiske CCREM [41] for ferskvann. Ingen av disse overskrides med de maksimale innholdene av PAH-komponenter i tjærefri asfalt. Kanadiske verdier for ferskvann er benyttet ettersom naturforholdene i Canada i høy grad tilsvarer norske forhold.

Vurderingen tilsier at det er lite sannsynlig at gjenbruksasfalt benyttet i standardveien vil føre til negative miljøbelastninger av nærliggende resipienter.

## Del A – Trinn III Utvidet risikovurdering av resirkulert asfalt, laboratorie- og feltmålinger

Utlekking av PAH-forbindelser fra forskjellige asfalter ved flere undersøkelser er vist i kapittel 3.4.4. Dersom man vurderer resultatene fra tjærefri asfalt viser disse generelt liten utlekkning. Tabell 20 viser påviste konsentrasjoner fra utlekkningstester sammenlignet mot de beregnede porevannskonsentrasjoner fra standardvegscenariet. Beregningen er gjort med maksimalt målte innhold av PAH-komponenter fra normal asfalt.

**Tabell 20: Spredningspotensial fra gjenbruksasfalt uten tjære målt i lab og påvist i felt sammenlignet med beregnet porevannskonsentrasjon fra SFT 99:01A.**

Stoffer	Totalinnhold i beregning	Beregnete porevannskons.	Utlekkingstester asfalt (normal asfalt uten tjære)	
	Normal asfalt (uten tjære) mg/kg	SFT 99:01A µg/l	Normal asfalt [14], [17], [18], [19], [26] µg/l	"Uforurenset" asfalt Fornebu L/S 10 [33] µg/l
Tot PAH (16)	62	7	<0,34-0,99	0,23-6,8
B(a)P	3,9	0,4	<0,02-0,038	-
Naftalen	0,9	45	0,0062-0,14	-
Pyren	8,6	8,2	<0,02-0,28	-

- = ikke målt

Verdiene fra utlekkningstestene er vesentlig lavere enn beregnede verdier. Dette tolkes som at risikomodellen beregner utlekkningstall konservativt, noe som var forventet. Dette viser derfor at man under reelle betingelser kan forvente betydelig lavere konsentrasjoner i utlekkingsvannet enn i de beregnede porevannskonsentrasjonene. Dette er som forventet, da beregningen benytter totalinnhold av PAH i den resirkulerte asfalten som input i risikomodellen, og ikke tilgjengelig mengde PAH. I realiteten er kun en begrenset del av totalinnholdet tilgjengelig for utvasking. Størstedelen vil være bundet i asfalmatriksen. Dette gjenspeiles av konsentrasjonene som påvises i vannfasen fra laboratorieforsøkene.

For utlekkingsstester utført på asfalten på Fornebu ser man at maksimalutlekkning er vesentlig høyere enn hva andre undersøkelser påviser. Asfalten på Fornebu anses imidlertid å være spesiell med til dels høyt innhold av PAH-forbindelser i enkelte lag. Utlekkingsverdiene anses derfor ikke som typisk for en norsk gjenbruksasfalt.

### 3.8.2 Del B – Inversberegning, maksimalt totalinnhold

For å kunne vurdere hvilket maksimalinnhold av miljøfarligestoffer man kan akseptere i et aktuelt gjenbruksmateriale er det utført en inversberegning av miljørisiko. Maksimalinnholdet av tungmetaller og enkelte organiske parametere er beregnet ved bruk av risikoverktøyet i SFT 99:01A. Et maksimalinnhold skal da ikke føre til overskridelser av akseptkriteriene i resipientene (drikkevannsforskriften for grunnvannet eller tilstandsklasse II for overflatevannet). Beregningen er utført ved at man øker totalinnholdet av stoffer i et gjenbruksmateriale (inputverdiene) i risikoverktøyet helt til man når et av kvalitetskriteriene i grunnvannet eller overflatevannet.

Inversberegningen er i prinsippet materialuavhengig siden man benytter samme scenario, bortsett fra for bildekk hvor man benytter en høyere organisk karbonfraksjon for å beregne fordelingskoeffisient faststoff/porevann. Dette gir utslag i totalmengden av organiske komponenter som kan holdes tilbake i massene. For resirkulert asfalt er det beregnet hvilke maksimalinnhold man kan akseptere for scenariet med bruk av gjenbruksmasser i oppbygningen av en vei. Tabell 21 viser maksimalinnholdet som tangerer kvalitetskriteriene til enten drikkevann eller overflatevann samt hvilken utlekkning dette antas å kunne gi.

**Tabell 21. Beregnet akseptert maksimalinnhold ved bruk av resirkulert asfalt i vegoppbyggingen uten overskridelser av akseptkriteriene i resipient. Tabellen viser også tilsvarende beregnet utlekkning sammenlignet mot faktiske målte totalinnhold og utlekkingsverdier.**

Parameter	Beregnet maksimalt totalinnhold mg/kg	Beregnet utlekkning porevann µg/l	Beregnet utlekkning grunnvann µg/l	Beregnet utlekkning overvann µg/l	Dokumentert totalinnhold Asfalt mg/kg	Dokumentert utlekkning µg/l
Arsen	33	1091	4,2	<b>1,5</b>	0,32	
Bly	873	873	3,4	<b>1,2</b>	7,7-55	
Kadmium	2,2	73	0,28	<b>0,1</b>	0,05-3	
Kobber	546	1091	4,2	<b>1,5</b>	6-19	
Krom totalt (III + VI)	55	1819	7,0	<b>2,5</b>	14-74	
Kvikksølv	0,7	4	0,01	<b>0,005</b>	<0,1-3,4	
Nikkel	182	1818	7,0	<b>2,5</b>	13-139	
Sink	1455	14547	56,4	<b>20</b>	22-63	
Naftalen	6	284	<b>1,1</b>	0,4	0,37-0,9	0,0062-0,14
Benso(a)pyren	24	2,58	<b>0,01</b>	0,0035	<0,007-3,9	<0,02-0,038
Pyrene	6,8	6	<b>0,025</b>	0,01	0,0062- <b>8,6</b>	<0,02-0,28
PAH totalt	236	26	<b>0,10</b>	0,04	<0,5-62	<0,34-0,99
PCB (CAS1336-36-3)	0,4	0,3	<b>0,001</b>	0,0004	i.m	i.m

i.m = ikke målt, i.b = ikke beregnet, i.a = ikke analysert

Tabellen viser at for tungmetallene er det overflatevannkriteriet som begrenser akseptabelt totalinnhold og for de organiske komponentene er det hovedsakelig de benyttede drikkevannskriteriene. Generelt sett er de målte verdier av totalinnhold av tungmetaller i resirkulert asfalt vesentlig lavere enn maksimalnivåene som kan aksepteres.



Usikkerheten i den utførte inversberegningen knytter seg til fortynningsfaktorer som anvendes. Modellen beregner porevannskonsentrasjonen basert på totalinnhold i materialet og fordelingskoeffisienten, men videre fortynning fra porevann til grunnvann og overflatevann baserer seg på en fortynningsfaktor som vil variere med de lokale forhold der materialet skal anvendes. Verdiene er valgt slik at de skal være konservative og innebærer en sikkerhet i forhold til det en kan forvente i felt.

### **3.8.3 Del C – Konklusjoner fra Trinn 8 Gjenbruksasfalt**

Den utførte miljørisikovurdering viser at det er liten fare for uakseptable belastninger ved benyttelse av gjenbruksasfalt i oppbygningen av veger. Tungmetallinnholdet i asfalten vil være avhengig av benyttede bergarter i steinmaterialet (naturlig bakgrunn) samt eventuelle bidrag fra tidligere trafikk. I tillegg vil pH i infiltrert nedbør være styrende for utlekkingen. Tradisjonelt benyttes slitesterke bergarter med lavt tungmetallinnhold. Innholdet av metaller vurderes derfor ikke å skape økte belastninger på resipienten.

Asfalt inneholder en del PAH-forbindelser knyttet til bindemiddelet bitumen. Utlekkingstester viser et begrenset potensial for utlekking. Belastninger av PAH-forbindelser fra normale gjenbruksasfalter anses derfor som lite sannsynlig. Ved mistanke om forhøyet PAH-innhold i asfalten bør imidlertid totalinnholdet eller potensialet for utlekking kontrolleres før utlegging av nye masser. Gjenbruksprosjektet prosjektrapport 04/2004 [11] gir anbefalinger for rutiner ved mottak og gjenvinning av asfalt.

## 4 Konklusjoner – Gjenbruksasfalt

Tabell 22 oppsummerer vurderingene og beregningene gjort i kapittel 3 og konkluderer med et valg av grenseverdier for aksept av gjenbruksasfalt som vegbyggingsmateriale. For hvert grunnstoff /organisk forbindelse ble følgende verdier sammenlignet og sammenligningen brukt som grunnlag for valg av grenseverdiene:

- påvist maksimum totalinnhold i prøvene behandlet i denne rapporten,
- normverdi for jord i følsomme arealer (se kapittel 3.8.1),
- stedsspesifikk akseptverdi (se kapittel 3.8.1),
- verdier fra inversberegningen som tilfredsstillende kriterier for grunnvann og overflatevann (se kapittel 3.8.2).

For sammenligning med andre gjenbruksmaterialer omfattet av Gjenbruksprosjektet, vises det til hovedrapporten om miljøpåvirkning, prosjektrapport nr 14 "Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging"[1].

De valgte grenseverdier for aksept av gjenbruksasfalt til vegbygging er basert på dagens kunnskap og tilgjengelig datagrunnlag, og må alltid vurderes i forhold til nye erfaringer.

**Tabell 22: Forslag til grenseverdier på totalinnhold for aksept av gjenbruksasfalt som vegbyggingsmateriale**

Parameter	Konsentrasjon (mg/kg)					Kommentar
	Maks påvist totalinnhold	<sup>1</sup> Norm-verdi jord	<sup>1</sup> Steds-spesifikk akseptverdi	Maks verdi fra invers-beregning <sup>2</sup>	Valgte grenseverdier for gjenbruks-materialer	
		Trinn I	Trinn II			
As	0,3	2	<sup>3</sup> 20	33	20	Trinn II
Pb	55	60	1400	873	100	Inversberegning – overflatevann
Cd	3	3	14	2,2	3	Trinn I – kriterier for jord
Cu	19	100	<sup>8</sup> < 10.000	546	100	Trinn I – kriterier for jord
Cr tot	74	25	<sup>8</sup> < 10.000	<sup>4</sup> 55	<sup>5</sup> 110	Inversberegning – overflatevann
Hg	0,1	1	230	0,7	1	Trinn I – kriterier for jord
Ni	139	50	1.700	182	150	Inversberegning – overflatevann
Zn	63	100	<sup>8</sup> < 10.000	1455	100	Trinn I (jord) + max.dok. x 1,5
PAH total	62	2	203	236	<100 100-1000	Varm gjenbruk – inhalering Kald gjenvinning
B(a)P	4	0,1	13	24	10	Inversberegning – grunnvann
Naftalen	1	0,8	2.703	6	5	Inversberegning – grunnvann
Pyren	9	0,1	<sup>8</sup> < 10.000	7	5	Inversberegning – grunnvann
PCB	<sup>7</sup> 0,004 -0,01	0,01	0,14	0,4	<sup>6</sup> 0,01	Trinn I – kriterier for jord

1. Beregnet ut fra humantoksikologiske kriterier og økologisk effekt på flora og fauna
2. Beregnet ut fra kvalitetskriterier for grunn- og overflatevann
3. Basert på anbefaling fra NGU (1999) for As i mineraliske materialer
4. Antatt å være Cr VI
5. Grenseverdi for aksept for total Cr med antakelse om maks. 50 % Cr VI
6. En fornuftig grenseverdi for aksept kunne være 0,1 mg/kg. Verdier på 0,01 ble valgt ut fra hensyn til utfasing av PCB fra miljøet.
7. 0,08 mg/kg dokumentert i 1 av 36 prøver
8. Ingen uakseptabel eksponering forventes for konsentrasjonene < 10.000 mg/kg

## 5 Referanser

- <sup>1</sup> Petkovic G. et al: *Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg*, Prosjektrapport nr 14 fra Gjenbruksprosjektet /Teknologirapport 2432, Statens vegvesen 2006
- <sup>2</sup> Engelsen C.J. et al: *Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – Sementbaserte materialer*, Prosjektrapport nr 14a fra Gjenbruksprosjektet /Teknologirapport 2433, Statens vegvesen 2006
- <sup>3</sup> Jørgensen, J. et al: *Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – Gjenbruksasfalt*, Prosjektrapport nr 14b fra Gjenbruksprosjektet /Teknologirapport 2434, Statens vegvesen 2006
- <sup>4</sup> Håøya, A.O. et al: *Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – Oppkuttete bildekk*, Prosjektrapport nr 14c fra Gjenbruksprosjektet /Teknologirapport 2435, Statens vegvesen 2006
- <sup>5</sup> Håøya, A.O. et al: *Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i veg – Skumglass*, Prosjektrapport nr 14d fra Gjenbruksprosjektet /Teknologirapport 2436, Statens vegvesen 2006
- <sup>6</sup> CEN, ENV 12920: *Characterization of waste - Methodology guideline for the determination of the leaching behaviour of waste under specified conditions*. 1996. (Publisert som EN 12920, mars 2006)
- <sup>7</sup> SFT, V.E.A. & B.G.: *Risikovurdering av forurenset grunn.*, SFT Veiledning 99:01A (TA-1629), SFT, Oslo 1999.
- <sup>8</sup> Andersen et al.: *Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.*, Veiledning 97:04 (TA-1468), SFT, Oslo 1997.
- <sup>9</sup> Statens vegvesen *Vegbygging, Håndbok 018*, Vegdirektoratet 2005.
- <sup>10</sup> Glet, W.: *Nachweis von PAK in Strassenbaumaterial mit dem Sublimierverfahren*. in *2nd Euroasphalt & Eurobitume Congress*. Barcelona 2000.
- <sup>11</sup> Ruud O.E., Dørum.S.: *Kontroll og dokumentasjon av returafalt, Gjenbruksprosjektet*. prosjektrapportnr 4/2004, Intern rapport 2350. Vegdirektoratet, Oslo 2004.
- <sup>12</sup> NS-EN1426:1999: *Bitumen and bituminous binders - Determination of needle penetration*. Oslo. 2000.
- <sup>13</sup> Morgan, P.A.M.: *Shell Industrial Bitumen Handbook*. Chertsey, Surrey 1995.
- <sup>14</sup> Larsson, L.: *Kolonnlakning av polyaromatiska kolväten ur krossade schaktmassor av vägbeläggning, mellanlagrade vid Tagene*, Varia rapport 521. SGI, Linköping 2001.
- <sup>15</sup> Andersen, E.O.: *Ny asfaltteknologi - Tilpassing av Superpave bindemiddelteknologien til norske forhold*. Rapport STF 22 A98452, SINTEF, Trondheim 1998.
- <sup>16</sup> Schellenberg, K.: *Asphalt und Umwelt ein Widerspruch?* Bitumen no. 3, 1992.
- <sup>17</sup> Larsson, L., *Mellanlagring av asfalt - Utlakning från uppbyggen asfalt, delrapport 1*. Varia rapport 468. SGI, Linköping 1998.

- 18 Larsson, B.L.: *Mellanlagring av asfalt - Utlakning från uppbyggen asfalt, delrapport 2*. Varia rapport 475. SGI, Linköping 1999.
- 19 Larsson L., B.L.: *Mellanlagring av asfalt - Utlakning från oljegrus, delrapport 2*, Varia rapport 479. SGI, Linköping 2000.
- 20 Jørgensen, Torbjørn: *Analyse av helseskadelige komponenter i bituminøse bindemidler*. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Intern rapport 1523. Oslo 1993.
- 21 Jørgensen, T.: *Analyseresultater fra Norske Shell*. 2004.
- 22 *Concawe product dossier*. 1992. no. 92/104.
- 23 Bowen, C.d.G.P.: *Health safety and the environment-aqueous leaching of PAC's from bitumen*. 2<sup>nd</sup> Euroasphalt & Eurobitume Congress. Barcelona 2000.
- 24 Vägverket: *Handtering av tjärhaltiga beläggningar*. Vägverket Publikation 2004:90, 2004.
- 25 Jacobson, T., Larsson L.: *Kall och halvvarm återvinning av tjärhaltiga beläggningssmassor - påverkan på omgivningsmiljø*. VTI notat 45-2002, 2002.
- 26 Larsson, L.: *Lakning av polyaromatiska kolväten ur tjärrinnehållande vägbeläggningssmaterial*. Varia rapport 510. Linköping 2001.
- 27 Jacobson, T.: *Försök med krossad asfalt i bärlager på väg 46, Blidsberg-Trädet, Västergötland*. VTI notat 40-2003, 2003.
- 28 Larsson, L., Jacobson T., Bäckmann L.: *Mellanlagring av asfalt, delrapport 4 - Utlakning från vägbeläggningssmaterial innehållande stenkoltjära*. Varia rapport 486. 2000.
- 29 Larsson, L.: *Ytutlakning av återvunnen asfalt innehållande stenkoltjära - Lägesrapport 2001*. in *Varia rapport 522*.2002.
- 30 Larsson, L.: *Ytutlakning av återvunnen asfalt innehållande stenkoltjära - Lägesrapport 2003*, in *Varia rapport 542*. 2004.
- 31 Brant, H.C.A., de Groot P.C.: *Aqueous leaching of polycyclic aromatic hydrocarbons from bitumen and asphalt*. *Water Res.*, 2001. 35(17): p. 4200-4207.
- 32 CEN: *Compliance test for leaching of granular waste materials, including paste-like materials and sludges*. 185CEN/TC292, 1999.
- 33 Ellefsen, V.: *Notat fra Statsbygg*. referanse. 200003300-24, dato 5.9.2003, 2003.
- 34 Ottesen, A.: *NGU rapport 2003:048*. 2003.
- 35 Erichsen, S. e.a.: *NGU rapport 2004:03*. 2004.
- 36 Andersson, V., Jartun M.: *NGU rapport. 2005:045*. 2005.
- 37 Jartun M. og Jørgensen T.: "Kartlegging av PCB, PAH og tungmetaller i asfaltdekker fra områdene Kristiansand, Oslo og Bergen", *Teknologirapport nr.2454, NGU rapport 2006:029*. Trondheim. Vegdirektoratet. Oslo 2006.
- 38 J.C.L. Meeussen ORCHESTRA: An object-oriented framework for implementing chemical equilibrium models *Environmental Science & Technology* 2003, 37, 1175-1182.

- <sup>39</sup> C.A.J. Appelo, D.L. Parkhurst User's guide to PHREEQC (version 2) - a computer program for speciation, batch reaction, one-dimensional transport and inverse geochemical calculations Water Resour. Inv. Report 99-4259, Denver CO: U.S. Geol. Surv. 1999.
- <sup>40</sup> CEN/TS 14429:2005. *Characterization of waste - Leaching behaviour tests - Influence of pH on leaching with initial acid/base addition* .Tekniske spesifikasjoner. 2005.
- <sup>41</sup> Environment Canada: *Canadian Environmental Quality Guidelines, Chapter 4*. 2002



# VEDLEGG

## GJENBRUKSPROSJEKTET



VEDLEGG 1: DELPROSJEKT 2 "MILJØPÅVIRKNING" .....III

VEDLEGG 2: RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005  
.....V





# GJENBRUKSPROSJEKTET



## VEDLEGG 1: DELPROSJEKT 2 "MILJØPÅVIRKNING"

Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer er et prioritert tema i Gjenbruksprosjektet. Selv de teknisk minst krevende anvendelser av gjenbruksmaterialer kan stoppe opp på grunn av vår manglende kontroll over miljøpåvirkning. SFT stiller klare krav til hva som skal karakteriseres som farlig avfall, og har også definert normverdier for tillatt innhold av forurensning i jord i følsomme arealer. Det er imidlertid ikke formulert noen grenser for miljøpåvirkning mellom disse to ytterlighetene. Miljøpåvirkning er av SFT definert som tiltakshaverens ansvar.

Målet med DP2 er å utarbeide en enkel modell for vurdering av miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer for de mest vanlige tilfeller av deres anvendelse i vegbygging. Ved å utføre grundig arbeid for slike "standardtilfeller", ønsker man å komme fram til praktiske akseptkriterier for gjenbruksmaterialer eller kriterier for begrensning av bruksområder for gjenbruksmaterialer.

**Delprosjekt 2 Miljøpåvirkning** er delt inn i tre aktiviteter:

DP2-1 Miljødeklarasjon

DP2-2 Miljørisikovurdering

DP2-3 Akseptkriterier for gjenbruksmaterialer i vegbygging

### **DP2-1 Miljødeklarasjon**

Målet for denne aktiviteten er å definere gjenbruksmaterialenes utlekkingspotensial, samt vurdere muligheter for en jevnlig kontroll av miljøegenskaper som gir grunnlag for en miljødeklarasjon. Gruppen ser på eksisterende systemer for miljødeklarasjon av materialer og vurderer muligheter for deres anvendelse eller tilrettelegging for gjenbruksmaterialer..

### **DP2-2 Miljørisikovurdering**

Aktivitetens mål er å utvikle en modell for vurdering av miljørisiko knyttet til gjenbruksmaterialer i vegbygging. Metodikken for det er basert på SFTs retningslinjer for risikovurdering (SFT 99:01) og europeisk standard for dokumentasjon av avfall (ENV 12920).

### **DP2-3 Akseptkriterier for gjenbruksmaterialer i vegbygging**

Målet er å utnytte resultater fra DP2-1 og -2 på en praktisk måte. En mulighet er å formulere grenseverdier for aksept av gjenbruksmaterialer på grunnlag av laborietester. En annen mulighet er å formulere begrensninger med hensyn til bruksområde.



# GJENBRUKSPROSJEKTET



## VEDLEGG 2: RAPPORTOVERSIKT STATENS VEGVESENS GJENBRUKSPROSJEKT 2002-2005

Prosjekt-rapport nr.	Intern rapport nr. <sup>1)</sup>	Tittel	Del-prosjekt	Utarbeidet av
1	2309	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 1: Gjenbruk av knust betong og tegl i vegbygging Testing av mekaniske egenskaper – Erfaringsinnsamling	DP3	Joralf Aurstad, SINTEF
2	2310	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 2: Bruk av bildekk i støyvoller – Livsløpsvurdering	DP2 / DP5	Karin Synnøve Østby, stud. techn. NTNU
3	2350	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 3: Varm asfaltgjenvinning i verk	DP4	Olav Ruud, ATI et al.
4	2351	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 4: Kontroll og dokumentasjon av returASFalt	DP4	Olav Ruud, ATI
5	2357	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5: Gjenbruk av bildekk i vegbygging – Tekniske og miljøtekniske vurderinger	DP5	Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS og Roald Aabøe, Statens vegvesen
5A	2375	Gjenbruksprosjektet. Prosjektrapport nr 5A: Miljøovervåkning av 3 pilotprosjekter med oppkuttete bildekk 2001-2003	DP5	Arnt-Olav Håøya og Guro Thue Unsgård, Rambøll AS
6	2408	Erfaringer fra feltstrekninger med kaldblandet gjenbruksASFalt - Vurdering av tilstandsutvikling og dekkelevetid	DP4	Joralf Aurstad, SINTEF et al.
7	2420	Materialeegenskaper for kaldblandet gjenbruksASFalt - vannfølsomhet og styrkeparametere	DP4	Johnny Stenshagen, Mesta as, Øivind Moen, Veidekke ASA et al.
8	2421	Feltforsøk med ubundet ASFaltgranulat - Avsluttende undersøkelser på forsøksstrekningene på Fornebu	DP4	Ragnar Bragstad, ATI et al.
9	2410	Materialstrøm for gjenvunnet ASFalt	DP4	Ragnar Evensen, Via Nova et al.
10	2411	Frostbestandighet av resirkulert tilslag	DP3	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge
11	2422	Gjenbruk av knust betong i vegbygging. Mekaniske egenskaper og testmetoder for resirkulert tilslag	DP3	Joralf Aurstad, SINTEF et al.
12	2423	Gjenbruksvegen E6 Melhus	DP6	Jostein Aksnes og Dag Atle Tangen, Statens vegvesen
13	2431	Materialdeklarasjon av resirkulert tilslag. Uttesting av deklarasjonsordning	DP3	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge
14	2432	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging	DP2	Gordana Petkovic, Statens vegvesen et al.
14A	2433	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – sementbaserte materialer	DP2	Christian J. Engelsen, NBI /Sintef Byggforsk et al.
14B	2434	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – ASFalt	DP2	Torbjørn Jørgensen, Statens vegvesen et al.
14C	2435	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – oppkuttete bildekk	DP2	Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS et al.
14D	2436	Miljøpåvirkning fra gjenbruksmaterialer i vegbygging – Skumglass	DP2	Arnt-Olav Håøya, Rambøll AS et al.

15	2437	Finstoffinnhold i gjenbruksbetong	DP3	Joralf Aurstad, Statens vegvesen et al.
16	2438	Kjemisk nedbrytning av resirkulert tilslag. Forsøk med akselerert vanngjennomstrømning	DP3	Christian J. Engelsen, NBI /SINTEF Byggforsk et al.
17	2439	Konstruksjonsbetong med resirkulert tilslag	DP3	Synnøve A. Myren, Statens vegvesen og Jacob Mehus, NBI /Standard Norge
17A	2440	Støttemur ved E6 Taraldrud. Anleggstekniske erfaringer med bruk av knust betong i nye betong	DP3 /DP6	Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen
18	2441	Gjenbruksvegen E6 Klemetsrud – Assurtjern	DP6	Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen
19	2442	Reelle muligheter for gjenbruk – status ved avslutning av Gjenbruksprosjektet	DP7	Gordana Petkovic, Statens vegvesen
20	2377	Utradisjonelle gjenbrukstiltak – Eksempelsamling	DP8	Dag Atle Tangen, Brobyggern AS /Statens vegvesen
21	2445	Gjenbruk av avfallsglass som granulert skumglass i vegkonstruksjoner	DP5	Roald Aabøe, Statens vegvesen et al.
22	2446	Flyveaske fra papirproduksjon brukt i kalksementpeler	DP5	Guro Brendbekken, Optimal geoteknikk et al.

<sup>1)</sup> Teknologivdelingens rapportserie (Internrapporter, fra juni 2005 Teknologirapporter)