

Mellanlagring av asfalt

Delrapport 4 – Utlakning från vägbeläggningmaterial
innehållande stenkolstjära

LENNART B. LARSSON (SGI)

TORBJÖRN JACOBSON (VTI)

LARS BÄCKMAN (VTI)



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Varia 486

Mellanlagring av asfalt

Delrapport 4 – Utlakning från vägbeläggingsmaterial
innehållande stenkolstjära

LENNART B. LARSSON (SGI)

TORBJÖRN JACOBSON (VTI)

LARS BÄCKMAN (VTI)

Varia	Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping
Beställning	SGI Litteraturtjänsten Tel: 013-20 18 04 Fax: 013-20 19 09 E-post: info@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se
ISSN	1100-6692
ISRN	SGI-VARIA--00/486--SE
Dnr SGI	3-9703-155
©	Statens geotekniska institut

FÖRORD

Önskemål om enhetliga direktiv för hur mellanupplag för asfaltmassor skall utformas har framförts av både kommuner/väghållare och entreprenörer. Vägverket har därför uppdragit åt VTI (Väg och Transportforskningsinstitutet) och SGI (Statens geotekniska institut) att utföra en förstudie rörande "Mellanlagring av asfaltmassor". Tre delredovisningar av denna förstudie har tidigare presenterats, dels i "Utlakning från uppbruten asfalt - delrapport 1" SGI Varia 468; 1998, dels i "Utlakning från uppbruten asfalt - delrapport 2. Validering av kontrollprogram" SGI Varia 475, 1999; även utgiven som VTI Notat 19-1999; 1999 och dels i "Utlakning från oljegrus MAS-delrapport 3", SGI Varia 479, 2000; även utgiven som VTI Notat 59-1999; 1999. Delrapport 1 presenterade en kunskapsöversikt om utlakning från beläggingsmaterial och resultat från utlakningsförsök av konventionellt asfaltmaterial. Förstudien omfattade därtill bl. a. framtagandet av en informationsfolder med rekommendationer för mellanlagring av asfalt. Vidare redovisade Delrapport 2 lakförsök av ytterligare tre beläggingsmaterial (nyupptaget oljegrus, flygfältasfalt och asfaltmaterial med mindre inslag av tjärakadam, lätt tjärlykt), samt ett ballastmaterial. I rapporten redovisades även validering av det kontrollprogram som föreslagits i informationsfoldern. I Delrapport 3 redovisades resultat från lakförsök på ett långtidslagrat oljegrus. Därtill redovisades i Delrapport 3 analys av prover som tagits i marken vid och under det oljegrusupplag från vilken det lakade oljegruset i samma rapport hade sitt ursprung.

Delrapport 4 är utgiven både som SGI Varia nr 486 och som VTI Notat 49-2000.

Projektarbetet för framtagandet av Delrapport 1 finansierades gemensamt av Vägverket, Svenska Kommunförbundet, Luftfartsverket och Fortifikationsverket. Delrapport 2 har finansierats av Vägverket och Fortifikationsverket. Föreliggande Delrapport 3 har finansierats av Vägverket. Delrapport 4 har finansierats av Vägverket (HK), Fortifikationsverket, Trafikkontoret Göteborg samt Västerås kommun (HK).

Lennart B. Larsson (SGI) har ansvarat för lakstudierna i Delrapport 1-Delrapport 4 och litteraturstudien i Delrapport 1. Lars Bäckman (VTI) har varit projektledare och ansvarat för validering av kontrollprogrammet i Delrapport 2 och för provtagningar vid befintligt oljegrusupplag redovisade i Delrapport 3. För Delrapport 4 har Lars Bäckman (VTI) och Torbjörn Jacobson (VTI) tagit fram rekommendationer för hantering av tjärhaltiga beläggingsmaterial. I en referensgrupp har ingått medarbetare från Vägverket, Svenska Kommunförbundet, Luftfartsverket, Fortifikationsverket, Naturvårdsverket och FAS (Föreningen för asfaltbeläggningar i Sverige).

Linköping i september 2000

Torbjörn Jacobson

Lennart Larsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	6
1. Inledning	8
2. Utlakning från beläggingsmaterial – bakgrund, syfte och utförda undersökningar	8
2.1. Bakgrund och syfte	8
2.2. Material	9
2.3. Metoder	10
2.3.1. Organiskt	10
2.4. Analyser	11
3. Resultat från lakförsöken	12
3.1. Organisk analys av lakvatten	12
3.2. Microtox-test	17
4. Sammanfattande diskussion – laktestresultat	21
5. Slutsatser av erhållna lakresultat	24
6. Rekommendationer för hantering, mellanlagring och återvinning av tjärhaltiga beläggingsmassor	25
6.1. Bakgrund och historik	25
6.2. Beskrivning av vägtjära (stenkolstjära)	25
6.2.1. Vad är stenkoltjära?	25
6.2.2. Vilka typer av tjärbeläggningar finns?	25
6.2.3. Var förekommer beläggningar med stenkoltjära?	26
6.2.4. Varför ska tjärhaltiga beläggingsmaterial behandlas med försiktighet?	26
6.3. Borttagning och mellanlagring av tjärhaltiga beläggingsmaterial	26
6.3.1. Behov av inventering eller förprovning innan åtgärd	26
6.3.2. Anmälningssplikt	27
6.3.3. Borttagning	27
6.3.4. Mellanlagring	27
6.4. Metoder för att indikera (påvisa) förekomst av tjärinnehåll i beläggingsmaterial och gränsvärden	28
6.4.1. Allmänt	28
6.4.2. UV-lampa	28
6.4.3. Varmluftspistol	29
6.4.4. Gränsvärden	29
6.5. Återvinning av tjärhaltiga beläggingsmassor	29
6.5.1. Allmänt	29
6.5.2. Vilka metoder är lämpligast?	29
6.5.3. Vilken metoder är olämpliga?	30
6.6. Fortsatta undersökningar	30
Referenser	31
Bilaga 1. Kornstorleksfördelning, bindemedel och bindemedelsegenskaper på tjärgranulat	32
Bilaga 2. Analysprotokoll (14 dokument)	33

SAMMANFATTNING

Föreliggande studie omfattar kolonnlakning av valda organiska ämnen från ett äldre väg-beläggingsmaterial av typen tjärindränkt grusmaterial, innehållande en totalhalt för gruppen 16 PAH av 5,3 gram/kg. Sammantaget visar den nu genomförda undersökningen att de utlakade medelhalterna av summa cancerogena PAH'er är mycket höga och avsevärt överstiger föreslagna riktvärden för dessa PAH'er i grundvatten vid bensinstationer inom hela det undersökta L/S-intervallet (0-2,0). Medelhalten av summa övriga PAH överstiger avsevärt föreslagna riktvärden i grundvatten vid bensinstationer i L/S-intervallet upp till ca L/S 0,8, varefter denna halt minskar till under nämnda riktvärde i L/S-intervallet ca 0,8-2,0. Generellt erhöles mycket större ackumulerade utlakade mängder av både summa cancerogena PAH och summa övriga PAH från det nu undersökta tjärinnehållande beläggingsmaterialet än från tidigare undersökta beläggingsmaterial. Vidare uppvisar de tre första (upp till ca L/S 0,8) av de fyra analyserade lakvattnen mycket hög akut-toxicitet om vattnen jämföres med grundvatten och mycket stor påverkan av punktkälla om de likställs med ytvatten. Alla resultat avser lakvatten i vilka partiklar > 0,45 µm bortseparerats innan analys.

De högsta medelhalter som lakades ut av acetofenon låg i samma storleksnivå som tidigare maximalt har analyserats i lakvatten från beläggingsmaterial, men låg ändå under ett tidigare angivet utländskt gränsvärde i yt-fiske-vatten. Utlakade medelhalter av EGOM kan anses vara låga och förelåg i den under delen av det intervall som uppvisats från tidigare lakade beläggingsmaterial. Bensen, toluen, etylbensen, xylen och fenol låg alla under respektive detektionsgräns.

Akut-toxiciteten i lakvattenproverna ökade under ett betydligt längre L/S-intervall, jämfört med utlakningstrenden för de undersökta PAH'erna, EGOM och acetofenon. Detta antyder att annat/andra toxiskt/-a ämne/-n, troligtvis med relativt hydrofob karaktär, kan ha lakat ut med akut-toxiska halter vid högre L/S än det/de L/S som de ämnen/parameter som specifikt analyserats uppvisade maximal koncentration vid. Akut-toxiciteten och halterna av dessa analyserade ämnen/parameter minskar radikalt när L/S-intervallet 0,8-2,0 uppnåts.

Lakvatten från det nu undersökta beläggingsmaterialet bedöms preliminärt kunna ge stor negativ miljöpåverkan.

Under första delen av 1900-talet var användningen av stenkolk stor i Europa, vilket gav ett överskott (restprodukt) av bland annat tjära som efter destillation ansågs mycket användbar till vägändamål. Efter det att tjärens negativa inverkan på miljön uppmärksammades i början på 1970-talet har den inte använts till vägbeläggningar sedan 1972/73. Många äldre beläggningar innehåller fortfarande ett eller flera lager med tjära som binde- eller vidhäftningsmedel. Gemensamt för tjärbeläggningarna är att de förekommer längre ned i beläggningskonstruktionen och utgör därför inte ett problem vid normalt väghandläggning. Det är först när beläggningen skall grävas bort som de tjärhaltiga materialen kommer med i uppbrutna asfaltkakor som ofta går till återvinning men ibland också deponeras.

Eftersom tjärhaltiga beläggingsmassor kan innehålla relativt höga halter av cancerframkallande och miljöfarliga ämnen (PAH och fenol är de mest kända) måste de hanteras med försiktighet. I rapporten ges en beskrivning över hur tjärhaltiga material skall hanteras och återvinnas. Innan gamla beläggingsmaterial grävs eller fräses upp samt lagras,

återvinns eller deponeras bör det klarläggas om de innehåller tjära. Det finns enklare metoder för att indikera tjärinnehåll i beläggingsmaterial, till exempel UV-lampa och tjärpistol. Tjära är också lätt att känna igen på sin karakteristiska lukt.

Asfaltgranulat innehållande tjära skall inte användas till varm återvinning eftersom vid temperaturer över 160°C ökar utsläppen av PAH markant. Den återvinningsmetod som bör vara mest lämpad för den här typen av material bedöms vara kall återvinning med bitumenemulsion och/eller cement. Materialet behöver genom denna metod inte värmas upp och det nya bindemedlet kapslar in tjäran och kan på så sätt teoretiskt reducera risken för utlakning när det ligger i vägen som ett nytt beläggingslager. Det bör helst användas som bärlager med en tätt slitlager ovanpå. Tester bör här utföras för att i realiteten klarlägga hur väl utlakbara miljöfarliga ämnen härigenom kan reduceras.

Mer FoU är nödvändig eftersom erfarenheterna av återvinning av tjärhaltiga material är liten i Sverige. Det är också okänt hur mycket det finns av den här typen av vägbeläggningar men åtminstone på vissa platser (t ex kommuner) har användningen varit stor när gatunätet byggdes ut och belades under efterkrigstiden.

1. INLEDNING

På senare år har mellanupplag (återvinningsterminaler) för gamla vägbeläggingsmaterial etablerats runt om i landet. Dessa upplag är skapade av praktiska skäl för att möjliggöra en temporär lagring, tills massorna kan regenereras och återanvändas. En av huvudfrågorna kring sådana upplag är om beläggingsmaterialen kan ge upphov till utlakningsproblem.

Föreliggande rapport är Del 4 i en serie rapporter som beskriver resultat från utlakning av valda ämnen från olika beläggingsmaterial och ballast. I Del 1 presenterades en kunskapssammanställning och resultat från lakning av ett asfaltmaterial (bitumenasfalt). Lakvatten från detta material analyserades på ett brett spektrum av oorganiska och organiska ämnen och ett flertal lakningsmetoder utnyttjades. Med denna förstudie som bas valdes en lakmetod och ett begränsat antal analysparametrar för vidare studier på fyra andra material (asfalt med mindre lukt av tjära, oljegrus, asfalt från ett flygfält och ballastmaterial). Härav erhållna resultat presenterades i Del 2, tillsammans med validering av det miljökontrollprogram som föreslagits i den informationsfolder om mellanlagring som utgavs under 1998. I rapport Del 3 redovisades resultat från lakning av ett beläggingsmaterial av samma typ (olja) som ingick som del i undersökningen i Del 2, men med annan historik (långtidslagrat) och annat ursprung. Föreliggande studie omfattar utlakning av valda organiska ämnen från ett direktupptaget beläggingsmaterial innehållande tjära.

2. UTLAKNING FRÅN BELÄGGNINGSMATERIAL – BAKGRUND, SYFTE OCH UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

2.1. Bakgrund och syfte

I Del 1 undersöktes asfaltprov från riksväg 40 (taget mellan Granåsmotet och Ryamotet) med avseende på bland annat dess totalinnehåll av valda grundämnen, främst metaller. Därtill utsattes asfalten för ett flertal olika lakutföranden, designade för att laka ut antingen grundämnen eller organiska ämnen. I både de oorganiska och organiska testerna ingick tillgänglighetstest (TT) och kolonntest. TT-testet visade den potentiellt utlakbara mängden av ämnen under ett långsiktigt tidsperspektiv. Kolonntestet avspeglade den tidsberoende utlakningen, dvs vad som lakas ut från materialet under ett mindre antal år, under vilka materialet utsätts för t ex surt regn. I de oorganiska testerna ingick även en CEN-lakning. Denna metod kan jämföras med kolonnlakning men är förenklad i sitt utförande, och ger färre mätvärden i förhållande till kolonnlakning.

För val av lämpliga organiska ämnen ”screenades” lakvattnet från det inledande organiska TT-testet med hjälp av gaskromatografi/masspektrometri (HRGC/MS). Från denna analys erhöles ett stort antal masspektra. Dessa spektra jämfördes med data från ett datoriserat bibliotek, innehållande spektra från ett stort antal organiska ämnen, bl a sådana som är välkända ur miljösynpunkt. Utifrån denna analys och utifrån svenska riktvärden för organiska ämnen i grundvatten valdes ämnen ut för kvantitativ bestämning i lakvatten från de efterföljande organiska laktesterna i Del 1.

Resultat från ovanstående organiska tester låg delvis till grund för val av organisk lakmetod för undersökningarna i Del 2 – Del 3 och för val av de organiska parametrar som analyserats i härav genererade lakvatten. Därtill fogades analys av ytterligare parametrar, bl a Microtox test för att undersöka lakvattnens toxicitet. Erhållna resultat utvärderades på basis av tillgängliga bakgrundsvärden.

Syftet med föreliggande undersökning, Del 4, är att utvärdera utlakning av valda organiska ämnen från en beläggning av äldre typ innehållande tjära som valts ut av Västerås kommun. Beläggningsmaterialet har genomgått samma lakmetodutförande som använts vid lakning av de tidigare undersökta beläggningsmaterialen (kolonnlakning). De parametrar som analyserats i de nu genererade lakvattnen är sådana som analyserats tidigare. Härigenom kan detta tjärade beläggningsmaterials potentiella utlakningspotential sättas i relation till de övriga tidigare undersökta materialen.

2.2. Material

Studien omfattar organisk kolonnlakning av ett äldre beläggningsmaterial innehållande tjära. Följande bakgrundsinformation gäller för det undersökta materialet (info från Valter Tillgren, Planerings- och Beställaravd., Västerås kommun).

Materialet är uttaget den 15 nov. 1999 från Läringsgatan i Västerås av Valter Tillgren. Läringsgatan är en villagata som har < 500 ÅDT. Gatan har inte ändrat karaktär sedan den belades 1948. Upptaget material lades direkt i de pappkartonger som levererades till VTI några dagar senare. Under tiden förvarades materialet i ett uppvärmt förråd. Materialet bestod av hela beläggningsslagret samt en del av den impregnerade vägbanan som ungefär motsvarar det lager som vid en uppschaktning skulle följa med. I Bilaga 1 ges foto på materialet.

Beläggningsslagret bestod av (info från Valter Tillgren):

Typ av lager	Bindemedel	Mängd, kg/m ²	År
Impregnering	T15, 100% tjära	1,1	1948
Yg1 ¹⁾	AT60, 85% tjära + 15% bitumen	1,2; mak. 8-16	1948
Yg1 ¹⁾	AT60, 85% tjära + 15% bitumen	1,1; mak. 9-15	1948
Uy ¹⁾	RMA90 + amin, 100% bitumen	1,1	1957
Y1B ¹⁾	RA alt. RMA90, 100% bitumen	-	1974

¹⁾ Olika varianter av ytbehandling

Definitionen av tjäran var sannolikt Kungliga Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen "Arbetsbeskrivningar för vägbeläggningar 1947". Leverantör av tjäran var förmodligen Gokef.

Materialets kornstorleksfördelning och bindemedelshalt samt bindemedlets egenskaper framgår av Bilaga 1. Enligt information erhållen från Västerås Kommun innehöll detta tjärinnehållande beläggningsmaterial en totalhalt 16PAH av 5,3 g/kg, varav summa cancerogena PAH (se def. Tabell 2) motsvarade 1,9 g/kg och övriga PAH 3,4 g/kg.

Av detta material togs prov ut för lakstudien. Provet innehöll delvis större bitar som spräcktes ned till ≤ 2 cm i skruvstäd innan kolonnfyllning.

2.3. Metoder

Metoden kolonnlakning, som här använts för bestämning av den tidsberoende utlakningen av valda organiska ämnen från beläggningsmaterialet har tidigare beskrivits i Del 1 – Del 3. Nedan följer en kortfattad beskrivning av metoden.

Utlakningens tidsmässiga beroende av vattenomsättningen i ett material kan studeras genom kolonnförsök. När så är möjligt utförs lakstudien med material i dess ursprungliga form (ej malt, krossat, siktat). Kolonnlakning ger ofta en god, ibland något konservativ, beskrivning av utlakningens tidsberoende i fullskala. Lakstudien utförs med helt vattenmättat prov med ackumulerade L/S-kvoter under vilken redoxpotential och pH inte regleras. L/S-kvoten är den mängd lakvatten (Liquid) som varit i kontakt med en viss mängd material (Solid), dividerat med denna mängd material.

Om kännedom föreligger avseende upplagda massors geometriska och klimatologiska parametrar (bl a vattenomsättningen i massorna och upplagets utformning) kan L/S-skalan omvandlas till en tidskala. Försöken kan härigenom ge en uppfattning om hur utlakningen förändras med tiden i fullskala från ett upplag av det undersökta materialet.

Lakförsöken utförs i rumstemperatur. En kolonn fylls helt med material och utsätts för simulerat surt regn bestående av avjoniserat vatten. Detta vatten, som har pH4, tillförs kontinuerligt kolonnen underifrån. Vatten som passerat kolonnen samlas upp i behållare vid förbestämda L/S och centrifugeras för att erhålla vatten med partiklar < 0,45 µm, varefter klarfasen analyseras på valda ämnen.

2.3.1. Organiskt

Vid lakning av organiska ämnen är metoden designad för att motverka eventuell nedbrytning och förångning av dessa. Kolonnlakningen är utformad för att ge god information om vad som i fullskala kan laka ut med vatten innehållande lösta ämnen och partiklar < 0,45 µm från t ex ett tillfälligt mellanlagrat beläggningsmaterial.

Det organiska kolonnförsöket utfördes i glaskolonn (bild till höger) med diameter 0,20 m och höjden 0,70 m. Materialstorleken av beläggningsmaterialet innehållande tjära var upp till 20 mm. Mängd av detta material i kolonnen var 24,4 kg. Kolonnen var så gott som helt fylld med material (exkl. mindre utrymme i botten och topp). Flödes hastigheten genom kolonnen var L/S 0,1 per dygn. Som laklösning användes avjoniserat ”Milli Q-vatten”, surgjort med H₂SO₄ till pH 4. Laklösningen tillsattes genom kontinuerlig pumpning från en behållare som var fylld med kvävgas innan vattenpåfyllning och under det kontinuerliga uttaget. Lakvattenprover samlades upp i härför avsedda glasflaskor (kvävgasfyllda och täckta med folie) för L/S-intervallen 0-0,11, 0,11-0,29, 0,29-0,76 och 0,76-1,97. Kolonnen var täckt med folie och tillsluten för att minimera kemisk nedbrytning och avgång av ev. flyktiga föreningar. Direkt efter att varje L/S-intervall genererats togs prov ut och centrifugerades i 2 timmar vid



2500 rpm för att avskilja partiklar > 0,45 µm, varefter ovanfasen kylades till 4 ± 2 °C, pH-sänktes till 2 (ej prov till basanalyserna och till Microtox) och sändes direkt därefter i folietäckta glasflaskor till externt laboratorium för analys.

2.4. Analyser

Undersökningen avser utlakning av valda organiska ämnen. Lakförsöken och analyserna har utförts på samma sätt och av samma laboratorium som i Del 1, Del 2 och del 3, enligt följande:

Lakförsöken har utförts på SGIs ackrediterade laboratorium och analyserats enligt Svensk Standard med avseende på pH och elektrisk ledningsförmåga (basanalys).

De organiska ämnen och parametrar som analyserats i lakvatten från organisk kolonn redovisas i Tabell 1b. Alla organiska analyser av erhållna lakvatten från organisk kolonn har utförts av Miljölaboratoriet i Nyköping AB (MINAB) m h a högupplösande gaskromatografi och massfragmentografi (HRGC/MS) (separat bilaga). Undantaget analys av EGOM (extraherbart gaskromatografierbart organiskt material) som utförts med HRGC/FID och analys av fenol som utförts med HPLC/DAD ("high performance" vätskekromatografi) med diod-detektor.

Vid EGOM-analyserna användes n-oktan som externstandard och föreningar med Kováts retentionsindex > 800 bestämdes. Det sistnämnda innebär att de föreningar som har en retentionstid ur GCn som är längre än kolvätet n-oktan, kvantifieras. Enligt muntlig uppgift från laboratoriet ligger övre gränsen vid en eleueringstid som motsvarar ca C30-alkan (temperatur 300 °C, 10 minuter)

Därtill har Microtox-test utförts på valda vatten från organisk kolonn enligt Tabell 1b. Microtox-testerna har genomförts, via MINAB, av Svelab Miljölaboratorier AB i Umeå.

Lakvattnen har analyserats enligt Tabell 1.

Tabell 1. Organiska ämnen och parametrar som analyserats i lakvatten från organisk kolonn.

L/S	0,11	0,29	0,76	1,97
Analys \ Provbeteckning	0002	0003	0008	0017
16 PAH	x	x	x	x
Acetofenon	x	x	x	-
Fenol	x	x	x	-
BTEX	x	x	-	-
EGOM	x	x	x	-
Microtox	x	x	x	x

3. RESULTAT FRÅN LAKFÖRSÖKEN

Som nämnts ovan kan L/S-skalan omvandlas till en tidskala om kännedom föreligger avseende upplagda massors geometriska och klimatologiska parametrar. För att underlätta förståelsen avseende detta ges följande information. Om materialet är placerad ute på en yta av 4 m² och det regnar 600 mm per år på materialet faller ca 2,4 m³ regn på denna yta per år. Om hälften av detta vatten antas ytavrinna och/eller avdunsta kommer resten, dvs 1,2 m³, att rinna igenom materialet. Om materialet har densiteten 1 ton/m³ (ej undersökt för det nu aktuella beläggingsmaterialet) och är placerad på denna yta med en höjd av 1 m och man antar att regnvattnet sprids homogent i materialet, kommer dessa 4 ton att efter det första året utlakats med ett L/S som motsvarar 0,3 (1,2/4).

Nedan redovisas i text, tabell- och i diagramform resultat från lakttesterna, både separat och i relation till varandra, för valda ämnen. I Bilaga 2 återfinns dessa resultat i form av analysprotokoll.

3.1. Organisk analys av lakvatten

Beräknade ackumulerade utlakade mängder av valda organiska ämnen och samlingsparameter (EGOM) från beläggingsmaterialet redovisas i Tabell 2 och i Diagram 1-3. I de tre första lakvattnen gick det vid analys ej att särskilja chrysen från trifenylen. Halten chrysen har här konservativt ansatts motsvara 100 % av erhållna värden. Av tabell och diagrammen framgår att var och en av de analyserade 16 PAHerna ökade sin ackumulerad utlakade mängd upp till det högsta undersökta L/S 2,0, med undantag för fluoren (under detektionsgräns i L/S-intervallet 0,8-2,0). Vid L/S 2,0 var de utlakade ackumulerade mängderna 1,9 µg av cancerogena PAH och 26 µg av övriga PAH, i båda fallen per kg av beläggingsmaterialet. Definition av cancerogena PAH och övriga PAH, se Tabell 2.

Även acetofenon och EGOM ökar sina ackumulerade mängder upp till de L/S som de analyserats. Vid L/S 0,8 var den ackumulerade utlakade mängden av acetofenon 3,8 µg/kg och 284 µg/kg av EGOM.

Jämfört med de tidigare undersökta (Rapport Del 1-Del 3) beläggingsmaterialen (Rv40-asfalt, flygfältasfalt, oljegrus, asfalt med mindre inslag av tjära, oljegrus II) lakades acetofenon ut från det nu undersökta beläggingsmaterialet med störst ackumulerad mängd upp till L/S 0,8; totalt 3,8 µg/kg (ligger dock i ungefär samma storleksordning som för flygfältasfalten, Del 2).

Jämförs utlakade ackumulerade mängder av EGOM vid L/S 0,3 med de tidigare undersökta beläggingsmaterialen lakar det nu undersökta tjärinnehållande materialet ut något mer EGOM än Rv40-asfalten, ungefär i samma storleksordning som flygfältasfalten och asfalten med mindre tjärinslag och därtill ca 30-50 ggr mindre än de båda oljegrusen.

Varken fenol eller BTEX (bensen, toluen, etylbensen, xylén) har detekterats i något av de analyserade lakvattenproverna. Fenolhalten låg under detektionsgränsen 1 µg/l i alla de tre första lakvattenproverna. BTEX låg under detektionsgräns för motsvarande ämne (1 µg/l, 6 µg/l, 2 µg/l respektive 20 µg/l) i de två lakvattenprover som undersöktes (L/S 0,11 och L/S 0,29). Inget av dessa ämnen uppvisar härav några detekterbara ackumulerade utlakade mängder.

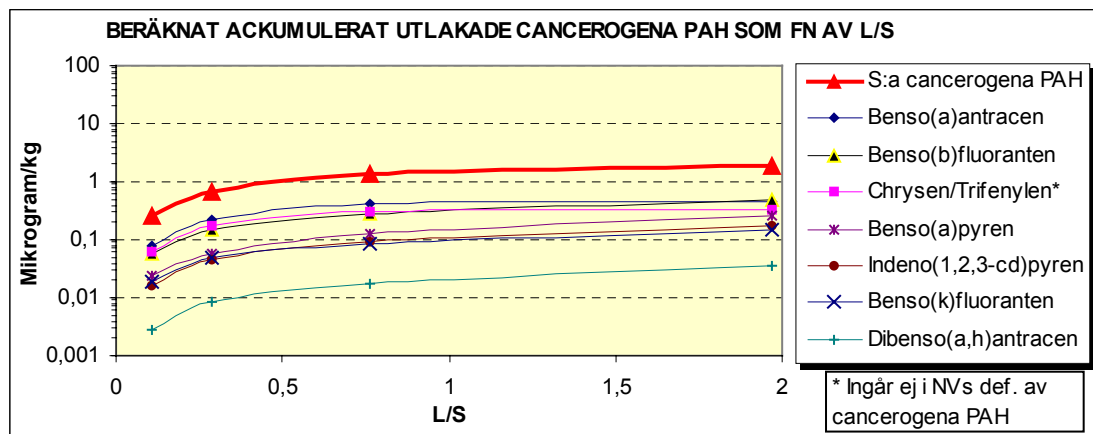


Diagram 1. Beräknat ackumulerat utlakat av cancerogena PAH som funktion av L/S.

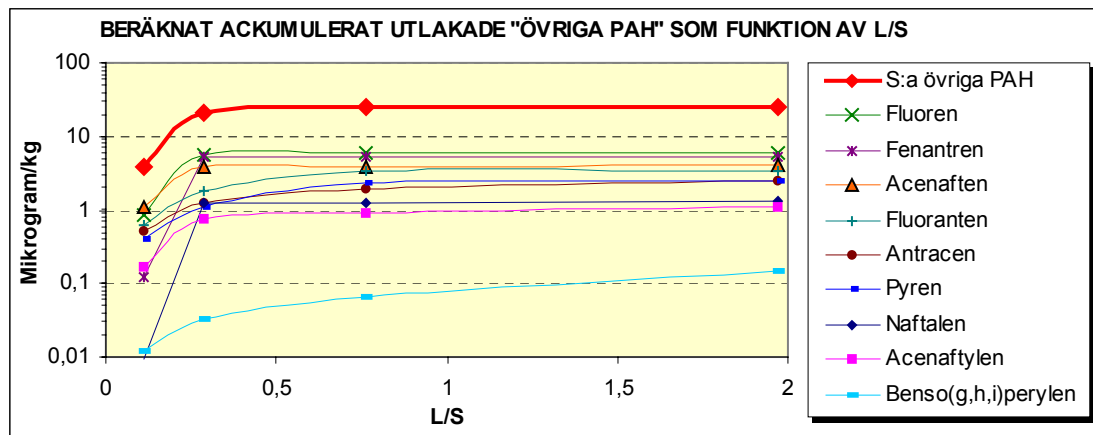


Diagram 2. Beräknat ackumulerat utlakat av övriga PAH som funktion av L/S.

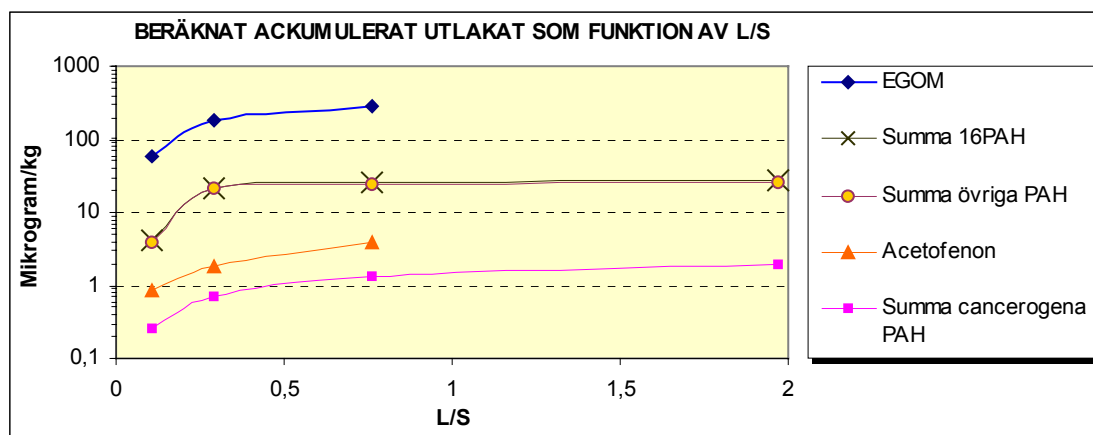


Diagram 3. Beräknat ackumulerat utlakat av EGOM, PAH och acetofenon, som funktion av L/S.

Tabell 2. Utlakade halter och ackumulerade utlakade mängder av organiska ämnen och parametrar från undersökt beläggningsmaterial.

	Enhet\ p.nr	Utlakade medelkoncentrationer				Enhet\ p.nr	Ackumulerat utlakat			
		0002	0003	0008	0017		0002	0003	0008	0017
L/S	(l/kg)	0-0,11	0,11-0,29	0,29-0,76	0,76-1,97	(l/kg)	0,11	0,29	0,76	1,97
pH		7,1	6,9	6,7	6,8					
Ledningsförmåga	(mS/m 25°C)	22,16	14,78	10,59	7,79					
Acetofenon	µg/l	7,9	5,6	4,11	-	µg/kg	0,87	1,9	3,8	-
Fenol	µg/l	<1	<1	<1	-	µg/kg	<0,11	<0,29	<0,76	-
EGOM	µg/l	540	700	210	-	µg/kg	59	185	284	-
Bensen	µg/l	<1	<1	-	-	µg/kg	<0,11	<0,29	-	-
Toluen	µg/l	<6	<6	-	-	µg/kg	<0,66	<1,74	-	-
Etylbensen	µg/l	<2	<2	-	-	µg/kg	<0,22	<0,58	-	-
Xylen	µg/l	<20	<20	-	-	µg/kg	<2,2	<5,8	-	-
Naftalen	µg/l	0,087	6,7	0,034	0,051	µg/kg	0,0096	1,2	1,2	1,3
Acenaftylen	µg/l	1,5	3,4	0,29	0,16	µg/kg	0,17	0,78	0,91	1,1
Acenaften	µg/l	10	15	0,29	0,078	µg/kg	1,1	3,8	3,9	4,0
Fluoren	µg/l	7,6	27	0,34	<0,01	µg/kg	0,84	5,7	5,9	5,9
Fenantren	µg/l	1,1	28	0,13	0,029	µg/kg	0,12	5,2	5,2	5,3
Antracen	µg/l	4,6	4	1,6	0,4	µg/kg	0,51	1,2	2,0	2,5
Fluoranten	µg/l	5,8	6,5	3,2	0,03	µg/kg	0,64	1,8	3,3	3,3
Pyren	µg/l	3,6	4	2,6	0,087	µg/kg	0,40	1,1	2,3	2,4
Benso(a)antracen*	µg/l	0,72	0,76	0,46	0,029	µg/kg	0,079	0,22	0,43	0,47
Chrysen*	µg/l	0,56	0,60	0,29	0,025	µg/kg	0,062	0,17	0,31	0,34
Benso(b)fluoranten*	µg/l	0,51	0,50	0,28	0,16	µg/kg	0,056	0,15	0,28	0,47
Benso(k)fluoranten*	µg/l	0,17	0,17	0,083	0,05	µg/kg	0,019	0,049	0,088	0,15
Benso(a)pyren*	µg/l	0,21	0,20	0,14	0,11	µg/kg	0,023	0,059	0,12	0,26
Indeno(1,2,3-cd)pyren*	µg/l	0,15	0,16	0,10	0,069	µg/kg	0,017	0,045	0,092	0,18
Benso(g,h,i)perylene	µg/l	0,11	0,12	0,071	0,065	µg/kg	0,012	0,034	0,067	0,15
Dibenso(a,h)antracen*	µg/l	0,026	0,031	0,018	0,015	µg/kg	0,0029	0,0084	0,017	0,035
Σ cancer. PAH (* ovan)	µg/l	2,3	2,4	1,4	0,46	µg/kg	0,26	0,69	1,3	1,9
Σ övriga PAH	µg/l	34,4	94,7	8,6	0,9	µg/kg	3,78	20,8	24,8	25,9
16PAH	µg/l	37	97	9,9	1,4	µg/kg	4,0	22	26	28

I Tabell 2 och Diagram 6-8 (sidan 18-19) redovisas utlakade koncentrationer av undersökta ämnen och parameter. Angivna koncentrationer är medelkoncentration vid det lägre L/S upp till och med angivet L/S. Exempelvis är angivna koncentrationer vid L/S 0,29 medelkoncentration i lakvattnet som eluerats mellan L/S 0,11 till L/S 0,29. På samma sätt motsvarar angivna koncentrationer vid L/S 0,11 medelkoncentration i det lakvatten som eluerats från start (L/S 0,0) till L/S 0,11. I Diagram 6-8 (sidan 18-19) är dessa medelkoncentrationer angivna som horisontella streck. Inlagda kurvor i dessa diagram motsvarar inte medelkoncentrationen utan är enbart inlagda som hjälp för att se den ungefärliga utlakningstrenden.

Medelkoncentrationen av summa cancerogena PAH var ca 2,4 µg/l vid både upp till L/S 0,11 och L/S 0,29 och minskade därefter till 1,4 µg/l upp till L/S 0,76 och till 0,5 µg/l upp till L/S 1,97. Föreslagna riktvärden av summa cancerogena PAH i grundvatten vid bensinstationer är 0,2 µg/l (NV, Rapport 4889). Härav framgår att inom hela det undersökta

L/S-intervallet (dvs upp till L/S 1,97) förelåg medelkoncentrationer av cancerogena PAH i lakvattnet över detta riktvärde. Som mest låg alltså medelhalten av cancerogena PAH ca 12 ggr högre än nämnda riktvärde och i detta fall inom intervallet upp till L/S 0,3. På basis av kurvans utformning (Diagram 6) kan man anta att maximala utlakningshalten vid något tillfälle inom intervallet upp till L/S 0,3 varit något högre än nämnda medelhalt.

Medelkoncentrationen av summa övriga PAH ökade från 33 µg/l till 95 µg/l upp till L/S L/S 0,29 varefter halten sjönk till 9 µg/l upp till L/S 0,76 och till 0,9 µg/l upp till L/S 1,97. Föreslagna riktvärden i grundvatten vid bensinstationer är 10 µg/l för övriga PAH (NV, Rapport 4889). För dessa PAH låg alltså medelhalten som högst inom intervallet L/S 0,11-L/S 0,29 vilket motsvarar en ca 10 ggr högre halt än nämnda riktvärde. Medelhalten av övriga PAH inom intervallet L/S 0,76-1,97 låg under nämnda riktvärde. På basis av kurvans utformning (Diagram 7) kan man på goda grunder anta att maximala utlakningshalten vid något tillfälle inom intervallet upp till L/S 0,3 varit högre än intervallets detekterade medelhalt.

Naftalen och fenantren är några av de PAH som ingår i benämningen ”övriga PAH”. I Tabell 2 fås att för just dessa ämnen, främst naftalen, föreligger en stark ökning av utlakade halter under det andra L/S-intervallet, varefter halterna drastiskt minskar. För resten av PAHerna har en mer naturlig trend erhållits, varför erhållna analysvärden för just naftalen och i viss mån fenantren i intervallet L/S 0,11-0,29 får anses som något osäkra.

Jämförs maximalt utlakade medelhalter av enskilda PAH med maximal löslighet av enskilda PAH (Tabell 3) går det inte att avgöra om någon PAH har förelegat i avsevärd koncentration som eller i/på småpartiklar/kolloider. Därtill, om någon PAH förelegat i närheten av dess mättnadsgrad finns inga tydliga indikationer på det därutöver förelegat i avsevärda halter i partikulär form. I det fall en mix av PAHer löses i vatten brukar dock halterna av de enskilda PAHerna vara lägre än om varje enskild PAH skulle ensamt lösas i vatten. Om någon/några PAH förelegat i avsevärda kolloidala halter i de centrifugerade lakvattnen skulle detta i så fall främst ha gällt några av de mer svårslösliga, tyngre, PAHerna (se Tabell 3, fetmarkerade %-tal).

Tabell 3. Jämförelse mellan maximalt utlakade medelhalter och löslighet av enskilda PAH (Brown et al., 1999).

PAH	Löslighet, mg/l, 25 °C	Max medelhalt, mg/l, 20 °C	% av max löslighet
Naftalen	31	0,0067	0,02
Acenaftylen	3,9	0,0034	0,09
Acenaften	3,8	0,015	0,4
Fluoren	1,9	0,027	1
Fenantren	1,1	0,028	3
Antracen	0,05	0,0046	9
Fluoranten	0,26	0,0065	3
Pyren	0,13	0,004	3
Benso(a)antracen*	0,011	0,00076	7
Chrysen*	0,002	0,0006	30
Benso(b)fluoranten*	0,0015	0,00051	34
Benso(k)fluoranten*	0,0008	0,00017	21
Benso(a)pyren*	0,004	0,00021	5
Indeno(1,2,3-cd)pyren*	0,062	0,00016	0,3
Benso(g,h,i)perylene	0,0003	0,00012	40
Dibenso(a,h)antracen*	0,0005	0,000031	6

* Cancerogen PAH

Jämförelse mellan uppmätt maximal koncentration och maximalt uppmätta ackumulerade utlakade mängder av summa cancerogena PAH och av summa övriga PAH i lakvatten från alla de tidigare i Rapport Del 1, Del 2 och Del 3 lakade beläggningsmaterialen (bitumenasfalt, flygfältsasfalt, asfalt med inslag av tjära, två typer av oljegrus) och det nu undersökta beläggningsmaterialet, redovisas i Tabell 4. Högst medelhalt och beräknad ackumulerad utlakade mängd från det nu undersökta materialet upp till L/S 2 låg mycket högre för både cancerogena PAH och övriga PAH, jämfört med de tidigare (Rapport Del 1, Del 2 och Del 3) undersökta beläggningsmaterialen (bitumenasfalt, flygfältsasfalt, asfalt med mindre inslag av tjära, två typer av oljegrus). Exakt hur mycket mer går inte att avgöra; inget av de tidigare undersökta materialen lakade ut detekterbara halter av någon cancerogen PAH och flertal av de enskilda övriga PAH låg därtill under detektionsgräns i lakvattnen.

Tabell 4. Jämförelse mellan maximalt utlakat av cancerogena PAH och övriga PAH från beläggningsmaterialet och tidigare lakade beläggningsmaterial.

	Enhet	Cancerogena PAH	Övriga PAH
Max utlakad medel konc. fr. tidigare undersökta beläggningsmtrl.	µg/l	< 0,20 ^a	< 0,88 ^b
Max utlakad medel konc. fr. det nu undersökta beläggningsmtrl	µg/l	2,4	95
Max ack. utlakat vid L/S 2 fr. tidigare undersökta beläggningsmtrl.	µg/kg	< 0,29 ^c	< 0,75 ^d
Max ack. utlakat vid L/S 2 fr. det nu undersökta beläggningsmtrl.	µg/kg	1,9	26

^a Bitumenasfalt, L/S 0,15; Rapport Del 1. ^b Oljegrus, L/S 0,47; Rapport Del 2.

^{c, d} Oljegrus, L/S 1,89; Rapport Del 2.

Maximal medelhalt av EGOM uppmättes i L/S-intervallet 0,11-0,29 till 700 µg/l. Upp till L/S 0,29 bestod troligtvis ackumulerat utlakat EGOM av ca 12 % analyserade PAH och ca 1 % av acetofenon (reservation främst för att acetofenon har retentionsindex enligt Kováts >800). Resten av analyserat EGOM är okänt. Andelen okänt innehåll i EGOM ökade upp till L/S 0,76, då motsvarande procentandelar var ca 9 % PAH och ca 0,5 % acetofenon. Acetofenon lakade ut maximala halter tidigare, jämfört med EGOM; redan vid 0,11 uppmättes den högsta acetofenon halten och då i medel till 7,9 µg/l. Hypotetiskt beror denna trend på att acetofenon kan ha haft högre löslighet än medelinnehållet i EGOM.

Jämförs utlakade EGOM-halter från materialet med Storkprojektets analyserade EGOM-värden i industrivatten från 9 undersökta kemiindustrier i Sverige 1989-91 till recipient (NV rapport 4103), ligger de utlakade medelhalterna av EGOM från beläggningsmaterialet vid L/S 0,11 och L/S 0,29 avsevärt lägre (0,5-0,7 mg/l) än vad som maximalt uppmättes från dessa industrier (max 27 mg/l; min <0,09 mg/l).

Utlakningstrenden m a p medelkoncentrationer av de detekterade ämnena skiljer sig något åt, Diagram 6-8 (sidan 18-19). För EGOM synes utlakningstrenden vara likartad för övriga PAH. I båda fallen lakas de högsta halterna ut inom ett relativt smalt L/S-intervall. Cancerogena PAH synes ha ett annorlunda utlakningsmönster och uppvisar en något mer utdraget utlakningsmönster över större L/S intervall. Detta kan, även i detta fall, hypotetiskt bero på bl a det faktum att de analyserade cancerogena PAH består av tyngre PAH

som i allmänhet har sämre vattenlöslighet än de allra flesta av de PAH som ingår i övriga PAH.

Jämfört med de tidigare undersökta beläggingsmaterialen (Rv-40 asfalt, flygfältasfalt, oljegrus, oljegrus II, asfalt med mindre inslag av tjära) lakades acetofenon ut från det nu undersökta materialet med en maximal utlakad medelkoncentration (7,9 µg/l) i samma storleksordning som för flygfältasfalten och Rv40-asfalten. Enligt ECDIN databas (ECDIN) angav USSR på sin tid maximal acceptabel koncentration av acetofenon i ytvatten för fiske till 0,04 mg/l. Maximalt utlakad halt (medel) av acetofenon från det nu undersökta tjärinnehållande beläggingsmaterialet låg alltså under detta gränsvärde.

3.2. Microtox-test

Microtox är en screeningmetod för att erhålla indikationer på om innehållet i det testade materialet är akut-toxiskt. Om testet visar hög toxisk respons bör ytterligare toxikologiska tester och/eller kemiska analyser genomföras. Metoden ger respons på både organiska och oorganiska ämnen och baseras på användandet av bakterier, som i friskt tillstånd avger ljus (de luminiscerar), vilka tillsätts till det vatten som skall undersökas. Bakterierna kallas *Photobacter phosphoreum* (även kallade *Vibrio fischeri*) och ju mer toxiskt ett vatten är för dessa bakterier desto fler av bakterierna slutar att avge ljus. Ljusstyrkan blir då ett mått på vattnets toxicitet för bakterierna. Även om ett vatten är toxiskt för dessa bakterier innebär det dock inte att man därav kan fastställa att vattnet är toxiskt för alla andra organismer i naturen.

Beteckningen EC är en förkortning av "Effektkoncentration" och EC50 betyder den koncentration av det undersökta provet i en spädserie som ger 50 % reduktion av ljuskoncentrationen. Ju större reduktion av ljuset desto högre toxicitet har provet för de använda bakterierna. Bakteriernas avgivna ljusintensitet mäts efter 5 och 15 minuter.

I *Förorenade områden (1996)* görs bedömning av respons från Microtox-test på grundvatten enligt Tabell 5, nedan. I en nyligen utkommen rapport från Naturvårdsverket (*NV Rapport 4918*) har bedömning av ytvatten gjorts enligt Tabell 6, nedan (vid jämförelse av dessa synes, vid likvärdiga resultat, i det här fallet ytvatten bedömas hårdare än grundvatten). Vid bedömningen av ytvatten avses sannolikt effekter uppmätta i direkt anslutning till undersökta objekt vilket rimligtvis inte gäller för bedömningen av grundvattnet.

Alla de fyra uttagna lakvattnen från det tjärinnehållande beläggingsmaterialet genomgick Microtox-test. Resultaten redovisas i Tabell 7 -8 och i Diagram 4-5. I dessa diagram ges även resultat från Microtox-tester på lakvatten från övriga undersökta beläggingsmaterial, redovisade i rapport Del 2. Vid en jämförelse med Tabellerna 5-6 erhålls att alla undersökta lakvatten från det nu undersökta materialet upp till L/S 0,76 uppvisade mycket hög toxicitet vid likställande med grundvatten och mycket stor påverkan av punktkälla om det likställs med ytvatten. Därtill ökade toxiciteten upp till ca L/S 0,76, varefter den starkt avtog/avklingade inom efterföljande L/S-intervall. I detta senare intervall (L/S 0,76-1,97) uppvisade lakvattnet en måttligt hög medeltoxicitet som grundvatten och i medel ingen eller liten påverkan från punktkälla som ytvatten.

Tabell 5. *Bedömning av toxicitet utifrån respons från Microtox-test på grundvatten (Förorenade områden, 1996).*

EC50; 15 min	Bedömning
70-90 %	Måttligt hög toxicitet
50-70 %	Hög toxicitet
<50 %	Mycket hög toxicitet

Tabell 6. *Bedömning av toxicitet utifrån respons från Microtox-test på ytvatten (NV Rapport 4918). Vid bedömningen avses sannolikt effekter uppmätta i direkt anslutning till undersökt objekt.*

EC20; 15 min	Bedömning
>80 %	Ingen eller liten påverkan av punktkälla
70-80 %	Trolig påverkan av punktkälla
50-70 %	Stor påverkan av punktkälla
<50 %	Mycket stor påverkan av punktkälla

Tabell 7. *Microtox på lakvatten från beläggningsmaterialet uttaget vid L/S 0,11 och L/S 0,29.*

Microtox. Lakvatten från tjärinnehållande beläggningsmaterialet, L/S 0,11 och L/S 0,29								
Provnr	0002	0002	0002	0002	0003	0003	0003	0003
L/S; l/kg	0,11	0,11	0,11	0,11	0,29	0,29	0,29	0,29
pH	6,9	6,9	6,9	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8
EC	50; 5 min	50; 15 min	20; 5 min	20; 15 min	50; 5 min	50; 15 min	20; 5 min	20; 15 min
Respons, vol%	42,3	42,3	10,6	10,6	39,3	39,3	10,0	10,0

Tabell 8. *Microtox på lakvatten från beläggningsmaterialet uttaget vid L/S 0,76 och L/S 1,97.*

Microtox. Lakvatten från tjärinnehållande beläggningsmaterialet, L/S 0,76 och L/S 1,97								
Provnr	0008	0008	0008	0008	0017	0017	0017	0017
L/S; l/kg	0,76	0,76	0,76	0,76	1,97	1,97	1,97	1,97
pH	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
EC	50; 5 min	50; 15 min	20; 5 min	20; 15 min	50; 5 min	50; 15 min	20; 5 min	20; 15 min
Respons, vol-%	32,0	29,9	8,0	7,0	85,0	82,0	45,9	29,3

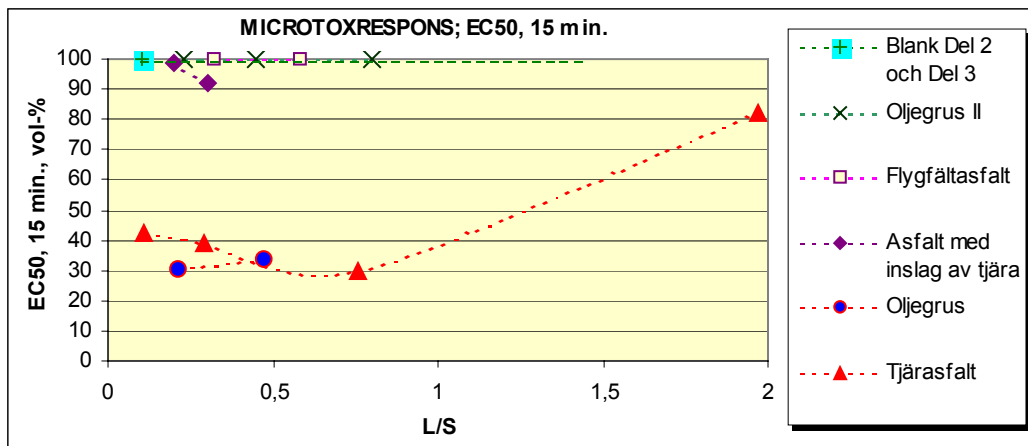


Diagram 4. Respons från Microtox EC50; 15 minuter, på lakvatten från det nu undersökta tjärinnehållande beläggingsmaterialet och från de tidigare undersökta beläggingsmaterialen och 0-prov (Del 2-Del 3). Enskilda punkter motsvarar medelvärde i intervallet från det lägre L/S upp till punktens L/S. Kurvorna avspeglar ej realvärden utan är endast till hjälp för att få en uppfattning om den relativa trenden.

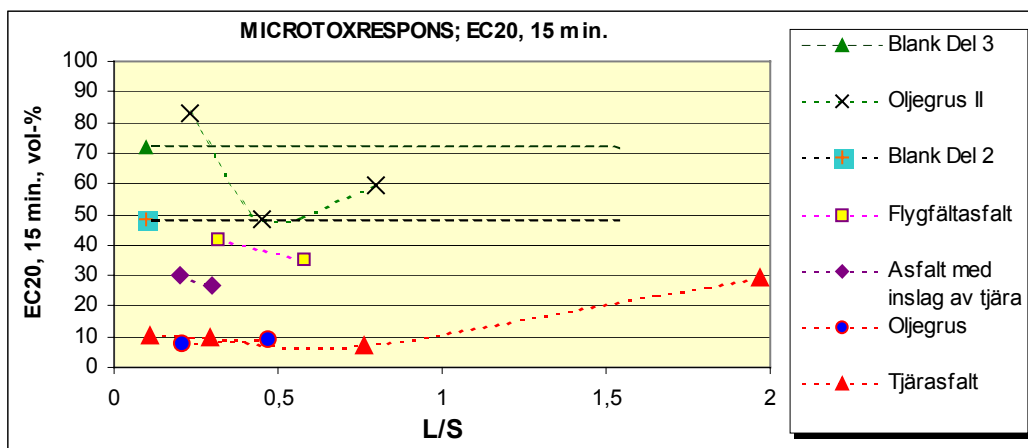


Diagram 5. Respons från Microtox EC20; 15 minuter, på lakvatten från det nu undersökta tjärinnehållande beläggingsmaterialet och från de tidigare undersökta beläggingsmaterialen och 0-prov (Del 2-Del 3). Enskilda punkter motsvarar medelvärde i intervallet från det lägre L/S upp till punktens L/S. Kurvorna avspeglar ej realvärden utan är endast till hjälp för att få en uppfattning om den relativa trenden.

Vid jämförelse av Microtox-respons på lakvatten tidigare undersökta i Del 2-Del 3 med respons på de nu erhållna lakvatten, är det framför allt lakvatten från det nu undersökta tjärinnehållande beläggingsmaterialet och från oljegrus undersökt i Del 2 som uppvisar mycket hög akut-toxicitet. Generellt fås att lakvattnens toxicitet ökar enligt följande: 0-prov (Rapport Del 2 och Del 3) \leq oljegrus II (Rapport Del 3) $<$ flygfältasfalt (Rapport Del 2) $<$ asfalt med mindre tjärinslag (Rapport Del 2) $<$ oljegrus (Rapport Del 2) \leq tjärinnehållande beläggingsmaterial (denna rapport).

I Diagram 6-8 jämförs erhållen akut-toxicitet med utlakade medelhalter som funktion av L/S. Härav fås att akut-toxiciteten ökar samtidigt som medelkoncentrationerna ökar under det initiala utlakningsförloppet upp till L/S 0,29 (för acetofenon endast upp till L/S 0,11). Därefter bryts denna trend varvid akut-toxiciteten fortsätter att öka i L/S-intervallet upp till L/S 0,76 medan koncentrationerna av alla de analyserade ämnena och parameter minskar i detta intervall. Denna viktiga effekt har inte gått att klarlägga orsaken till. Hypotetiskt kan detta berott på exempelvis något/några ämnen vars utlakningstrender haft likheter med akut-toxicitetens. Det är dock okänt vilket/vilka dessa ämnen i så fall skulle kunna ha varit. I de angivna diagrammen redovisas summa cancerogena PAH och summa övriga, men en mer ingående jämförelse av varje enskild PAH med erhållen toxrespons ger att inte heller någon enskild analyserad PAH uppvisar utlakningstrend som kan relateras till toxicitetsresponsen i intervallet L/S 0,29-L/S 0,76. Den ökade akut-toxiciteten i detta intervall synes alltså inte heller bero på någon enskild analyserad PAH.

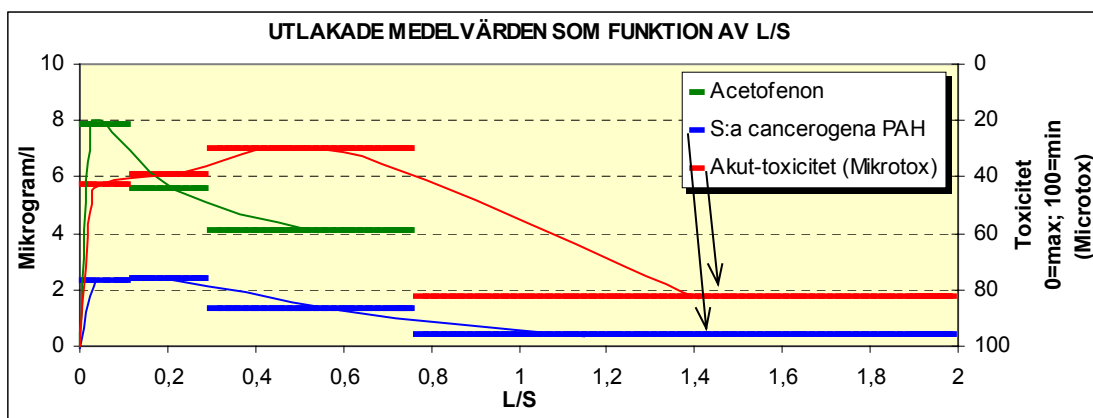


Diagram 6. Akut-toxisk respons och utlakade medelvärden av summa cancerogena PAH och acetofenon som funktion av L/S (heldragna räta linjer). Kurvorna avspeglar inte medelvärde, utan är endast till hjälp för att få en uppfattning av den relativa utlakningstrenden.

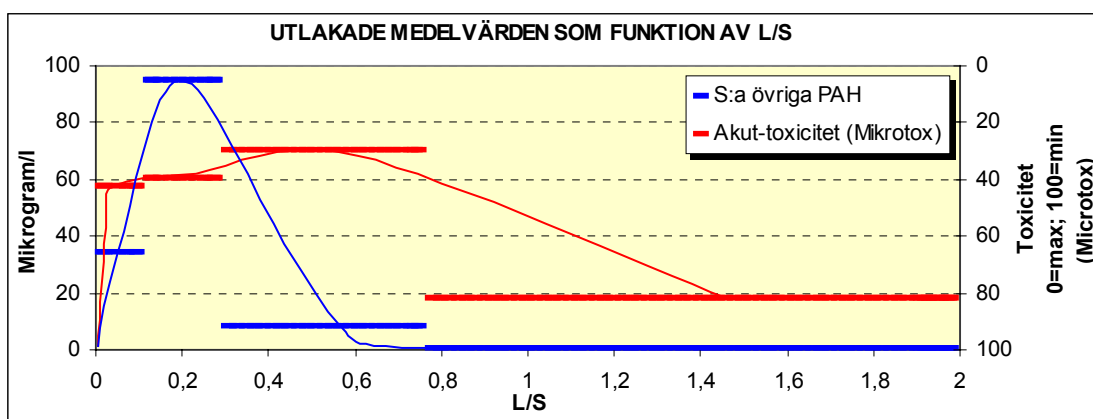


Diagram 7. Akut-toxisk respons och utlakade medelvärden av summa övriga PAH som funktion av L/S (heldragna räta linjer). Kurvorna avspeglar inte medelvärde, utan är endast till hjälp för att få en uppfattning av den relativa utlakningstrenden.

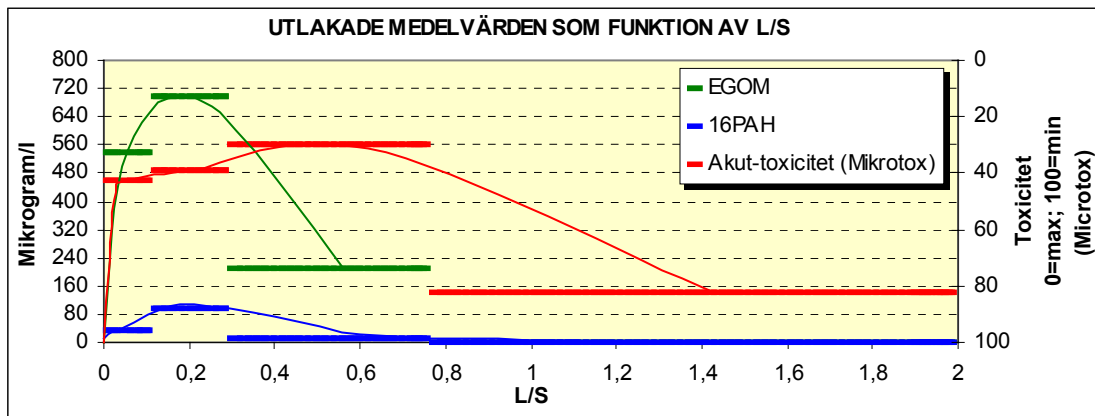


Diagram 8. Akut-toxisk respons och utlakade medelvärden av EGOM och 16PAH som funktion av L/S (heldragna räta linjer). Kurvorna avspeglar inte medelvärde, utan är endast till hjälp för att få en uppfattning av den relativa utlaknings-trenden.

4. SAMMANFATTANDE DISKUSSION - LAKTESTRESULTAT

Den miljömässiga karakteriseringen av det nu undersökta tjärinnehållande äldre beläggningens utlakning av valda organiska ämnen visar att materialet lakar ut PAH'er i anmärkningsvärt höga halter och ackumulerade mängder. Totalt har 1,9 µg av summa cancerogena PAH och 28 µg av övriga PAH lakats ut per kg av materialet upp till L/S 2,0.

Medelkoncentrationen av cancerogena PAH'er låg över föreslaget riktvärde av dessa i grundvatten vid bensinstationer inom hela det L/S-intervall som här undersökts (dvs upp till L/S 1,97). Som mest låg medelhalten ca 12 ggr högre än nämnda riktvärde och i detta fall inom intervallet upp till L/S 0,3. Utlakningskurvas utformning indikerar att maximala utlakningshalten av cancerogena PAH vid något tillfälle inom intervallet upp till L/S 0,3 kan ha varit något högre än nämnda medelhalt.

Inom intervallet upp till L/S 0,3 låg medelkoncentrationen av summa övriga PAH ca 10 ggr högre än motsvarande föreslagna riktvärde i grundvatten vid förorenade bensinstationer. Medelhalten av övriga PAH inom intervallet L/S 0,76-1,97 låg under nämnda riktvärde. På basis av utlakningskurvas utformning kan man på goda grunder anta att maximala utlakningshalten vid något tillfälle inom intervallet upp till L/S 0,3 varit högre än nämnda medelhalt.

Högst medelhalt och beräknad ackumulerad utlakad mängd från det nu undersökta materialet upp till L/S 2 låg mycket högre för både cancerogena PAH och övriga PAH, jämfört med de tidigare (Rapport Del 1, Del 2 och Del 3) undersökta beläggningensmaterialen (bitumenasfalt, flygfältsasfalt, asfalt med mindre inslag av tjära, två typer av oljegrus). Exakt hur mycket mer går inte att avgöra; inget av de tidigare undersökta materialen lakade ut detekterbara halter av någon cancerogen PAH och flertal av de enskilda övriga PAH låg under detektionsgräns i deras lakvatten.

Även för acetofenon uppvisade det nu undersökta materialet högst utlakad ackumulerad mängd och utlakad medelhalt, i jämförelse med övriga tidigare undersökta beläggingsmaterial. Maximala medelhalten var något lägre för RV40-asfalten, lägre för flygfältasfalten och mycket lägre för övriga undersökta beläggingsmaterial. I inget av fallen befanns medelhalten vara över ett tidigare angivet utländskt maximalt acceptabel koncentration av acetofenon i ytvatten för fiske.

Den högsta utlakade medelhalten av EGOM från det nu undersökta materialet var relativt låg, jämfört med Storkprojektets analyserade EGOM-värden i industrivatten från 9 undersökta kemiindustrier i Sverige 1989-91 till recipient. Jämförs materialets ackumulerade utlakade mängder av EGOM med motsvarande EGOM-innehåll i lakvatten från övriga undersökta beläggingsmaterial (Del 1-Del 3) lakar det nu undersökta beläggingsmaterialet ut något mer än Rv40-asfalten, i samma storleksordning som flygfältasfalten och asfalten med mindre tjärinslag och därtill ca 30-50 ggr mindre än de båda oljegrusen.

De övriga undersökta ämnena, bensen, toluen, etylbensen, xylen och fenol, låg alla under respektive detektionsgräns i alla de undersökta lakvattnen från beläggingsmaterialet.

Från Microtox-testerna har erhållits att undersökta lakvattnen från materialet upp till ca L/S 0,8 uppvisade mycket hög akut-toxicitet vid likställande med grundvatten och mycket stor påverkan av punktkälla om det likställs med ytvatten. Därtill ökade akut-toxiciteten, i motsats till analyserade ämnen och parameter inom hela detta intervall (dvs upp till ca L/S 0,8), varefter den starkt avtog/avklingade inom efterföljande L/S-intervall. I detta senare intervall (L/S 0,8-2,0) uppvisade lakvattnet en måttligt hög medeltoxicitet jämfört med grundvatten och i medel ingen eller liten påverkan från punktkälla jämfört med ytvatten. Microtox-respons på lakvatten från det nu undersökta tjärinnehållande beläggingsmaterialet och tidigare undersökta beläggingsmaterial i Del 2-Del 3, visar att

Tabell 9. Sammanfattande tabell för beläggingsmaterialens organiska utlakningar (Del 1-Del 4). Enheter: PAH, BTEX, acetofenon och fenol: µg/l. EGOM: mg/l

Ämnen/Parameter/ Akut-toxicitet ^{1/}	Bel.mtrl. m. tjära	Oljegrus II	Oljegrus	Asfalt med tjärinslag	Flygfält- asfalt	Rv40- asfalt
Σ cancerogena PAH. Riv: 0,2 µg/l	Max 2,4	< 0,04	<0,19	<0,08	<0,07	< 0,2
Σ övr. PAH. Riv: 10 µg/l	Max 94,7	< 0,35	< 0,88	< 0,24	<0,1	< 0,12
Bensen. Riv: 10 µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	< 0,05
Toluen. Riv: 60 µg/l	<6	Max 56	<6	<6	<6	Max 0,16
Etylbensen. Riv: 20 µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	Max 0,055
Xylen. Riv: 200 µg/l	<20	<20	<20	<20	<20	Max 0,077
Acetofenon.	Max 7,9	Max 0,16	Max 0,76	Max 0,97	Max 3,7	Max 6,4
Fenol. Gv dr.v.: 5 µg/l	<1	< 1	< 5	< 5	< 5	< 1
EGOM.	Max 0,7	Max 19	Max 38	Max 0,49	Max 0,49	Max 0,25
Semi-kvantifier. ämnen	-	Rapport 3	-	-	-	-
Microtox, EC50; 15 min. 70-90% Måttligt hög tox. 50-70% Hög tox. <50% Mycket hög tox.	Min 29,9 % Mycket hög toxicitet	>100 % Låg/ringa toxicitet	Min: 30,3 % Mycket hög toxicitet	Min: 92,0 % Låg/ringa toxicitet	>100% Låg/ringa toxicitet	-
Microtox, EC20; 15 min. (bedömning med hänsyn till 0-prov)	Mycket hög toxicitet	Låg- toxiskt	Mycket hög toxicitet	Måttligt toxiskt	Låg- måttligt toxiskt	-

^{1/} Riv: Riktvärde, Gv: Gränsvärde, tox: toxicitet, dr.v.: dricksvatten

det framför allt är lakvatten från det nu undersökta materialet och från oljegrus undersökt i Del 2 som uppvisar mycket hög akut-toxicitet. Generellt fås att de undersökta lakvattens toxicitet ökar enligt följande: 0-prov (Rapport Del 2 och Del 3) \leq oljegrus II (Rapport Del 3) $<$ flygfältasfalt (Rapport Del 2) $<$ asfalt med mindre tjärinslag (Rapport Del 2) $<$ oljegrus (Rapport Del 2) \leq tjärinnehållande beläggningmaterialet (föreliggande rapport). Ovanstående sammanfattas i Tabell 9 ovan.

Vid en jämförelse mellan de undersökta beläggningmaterialen av beräknat ackumulerat utlakat av summa cancerogena PAH och summa övriga PAH fås att det nu undersökta materialet lakar ut mycket större mängder av både cancerogena och övriga PAH, Diagram 9 och Diagram 10. I realiteten är skillnaden mellan utlakat från materialet jämfört med de övriga tidigare undersökta materialen, avsevärd större än vad som åskådliggörs i

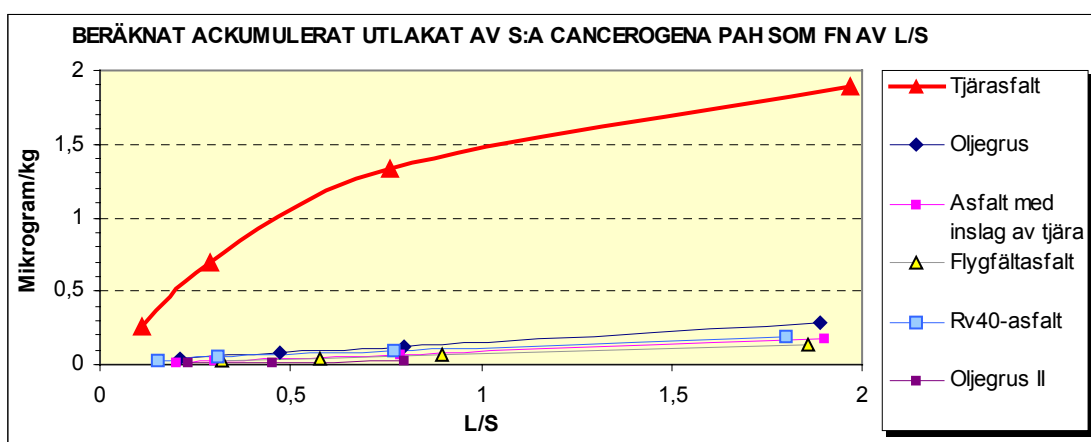


Diagram 9. Jämförelse av ackumulerat utlakat summa cancerogena PAH som funktion av L/S för beläggningmaterialet och övriga tidigare undersökta beläggningmaterial. För alla de tidigare undersökta materialen är reella värden mycket lägre än angivna värden (detektionsgräns).

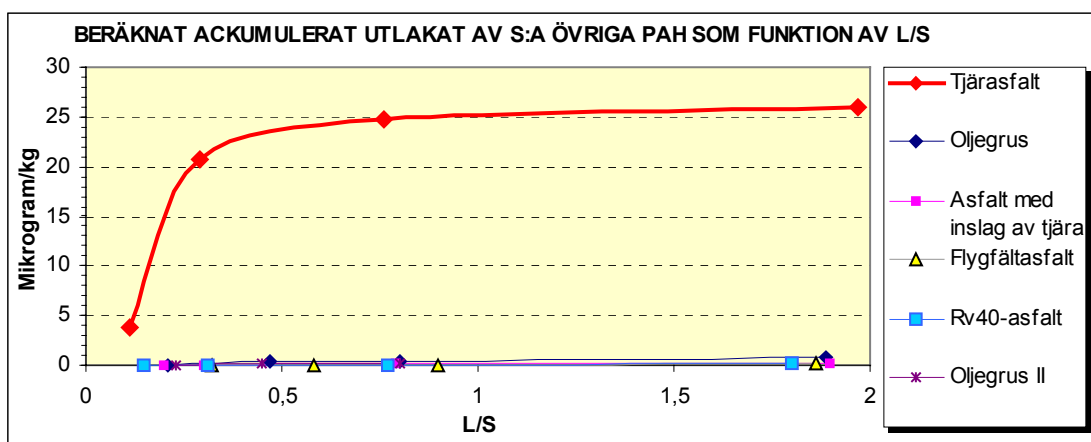


Diagram 10. Jämförelse av ackumulerat utlakat summa övriga PAH som funktion av L/S för beläggningmaterialet och övriga tidigare undersökta beläggningmaterial. För alla de tidigare undersökta materialen är reella värden mycket lägre än angivna värden (detektionsgräns).

dessa två diagram. Detta eftersom angivna värden för alla materialen, utom för tjärasfalten, är ”mycket mindre än”-värden. Angivna värden är summan av alla delvärden för varje enskild PAH ingående i summa cancerogena PAH och övriga PAH. För alla materialen, utom för tjärasfalten, ligger de allra flesta av de enskilda PAHer under detektionsgräns. Eftersom detektionsgränsvärdet är använt i de fall detta föreligger kan summa cancerogena och summa övriga PAH härav anses motsvara ”mycket mindre än” för alla materialen, utom för det nu undersökta materialet.

5. SLUTSATSER AV ERHÅLLNA LAKRESULTAT

Kolonnutlakning av valda organiska ämnen har utförts på ett tjärinnehållande äldre beläggingsmaterial från Västerås. Sammantaget visar undersökningen att de utlakade medelhalterna av summa cancerogena PAHer är mycket höga och avsevärt överstiger föreslagna riktvärden för dessa PAHer i grundvatten vid bensinstationer inom hela det undersökta L/S-intervallet (0-2,0). Medelhalten av summa övriga PAH överstiger föreslagna riktvärden i grundvatten vid bensinstationer i L/S-intervallet upp till ca L/S 0,8, varefter denna halt minskar till under nämnda riktvärde i L/S-intervallet ca 0,8-2,0. Generellt erhöles mycket större ackumulerade utlakade mängder av både summa cancerogena PAH och summa övriga PAH från det nu undersökta materialet än från tidigare undersökta beläggingsmaterial.

De högsta medelhalter som lakades ut av acetofenon låg i samma storleksnivå som tidigare maximalt har analyserats i lakvatten från beläggingsmaterial, men låg ändå under ett tidigare angivet utländskt gränsvärde i yt-fiske-vatten. Utlakade medelhalter av EGOM får anses vara låga och förelåg i den under delen av det intervall som uppvisats från tidigare lakade beläggingsmaterial. Bensen, toluen, etylbensen, xylen och fenol låg alla under respektive detektionsgräns.

Vidare uppvisar de tre första (upp till ca L/S 0,8) av de fyra analyserade lakvattnen mycket hög akut-toxicitet om vattnen jämförs med grundvatten och mycket stor påverkan av punktkälla om det likställs med ytvatten. Akut-toxiciteten i lakvattenproverna ökade under ett betydligt längre L/S-intervall, jämfört med utlakningstrenden för de undersökta PAHerna, EGOM och acetofenon. Akut-toxiciteten följde alltså inte helt koncentrationsförändringarna av dessa i lakvattnen. Detta antyder att annat/andra toxiskt/-a ämne/-n, troligtvis med relativt hydrofob karaktär, kan ha lakat ut med akut-toxiska halter vid högre L/S än de ämnen/parameter som specifikt analyserats. Akut-toxiciteten och halterna av dessa analyserade ämnen/parameter minskar radikalt när L/S-intervallet 0,8-2,0 uppnåts.

Lakvatten från det nu undersökta tjärinnehållande beläggingsmaterialet bedöms ha potential att kunna generera betydande negativ miljöpåverkan, både på ytliggande och djupare liggande lager i marken. Ytlig påverkan (om materialet läggs på marken utan tätskikt) eller påverkan på närliggande lager (om materialet ej tas upp) kan hypotetiskt vara betydligt större än vad som framgår av erhållna resultat, eftersom resultaten avser lakvatten i vilka partiklar $> 0,45 \mu\text{m}$ bortseparerats innan analys. Resultaten förutsätter därtill att materialet kommer i kontakt med regnvatten, grundvatten och/eller perkolerat ytvatten. Omfattning av reell påverkan beror i mycket hög grad på mängd beläggingsmaterial och mängd lakvatten som detta material utsätts för. I ett mellanlager med det undersökta materialet kan utlakningen minimeras genom tät övertäckning.

6. REKOMMENDATIONER FÖR HANTERING, MELLANLAGRING OCH ÅTERVINNING AV TJÄRHALTIGA BELÄGGNINGSMASSOR

6.1. Bakgrund och historik

Under första delen av 1900-talet uppvärmdes stora delar av Europa med hjälp av stenkol, vilket gav ett överskott på bland annat *stenkolstjära* som efter destillation ansågs mycket användbar till *vägändamål*. I Sverige upphörde dock användningen av stenkolstjära som bindemedel eller vidhäftningsmedel till vägbeläggningar 1972/73 på grund av dess innehåll av *hälsofarliga ämnen*. Många äldre beläggningar kan dock fortfarande innehålla ett eller flera lager med inslag av tjära och bör därför behandlas med varsamhet och försiktighet när materialet skall tas bort, mellanlagras och återvinnas. Tjärbeläggningar bör inte förväxlas med asfaltbeläggningar, vilka innehåller bitumen som bindemedel. Asfaltbeläggningar återvinns idag i stor skala och enligt lakstudier bedöms material utan innehåll tjära inte ge mer omfattande negativ miljöverkan om inte föroreningar från trafik eller annan källa förekommer (utsläpp av bränslen, oljor mm). Mängden PAH'er (Polycykliska Aromatiska Kolväten) i bitumen är mycket liten, mindre än 100 ppm, medan PAH-halten i tjära kan vara upp till 10 000 gånger större.

6.2. Beskrivning av vägtjära (stenkolstjära)

6.2.1. Vad är stenkolstjära?

Vid upphettning av *stenkol* utan lufttillträde erhålls bland annat *tjära* som var en restprodukt vid gas- och koksverken. Råtjäran innehåller vatten, lätta till tunga oljor, beck samt fritt kol. Innan tjäran användes till vägändamål destillerades den, vilket medförde att vatten och lättare oljor avgick och att övriga komponenter delades upp i olika fraktioner. Ur fraktionerna proportionerades *vägtjära* (kallades preparerad tjära) som användes till beläggningsarbeten. Vägtjäran kunde ha stora variationer i sammansättning och beskaffenhet beroende på kolets ursprung, destillationsprocessen och fördelningen mellan olika oljor och beck.

6.2.2. Vilka typer av tjärbeläggningar finns?

Ett stort antal olika beläggningstyper med vägtjära förekom fram till början av 1970-talet. Vägtjäran (benämndes t ex T 35 där siffrorna beskrev viskositeten hos bindemedlet) förekom både som rent bindemedel, i lösning eller som emulsion. Även blandningar av tjära och bitumen var vanligt (asfalttjära, AT 60, 15 % bitumen och 85 % tjära). Följande beläggnings- och tjärtyper förekom:

- Helindränkning med tjära (IM), T 60
- Tjärenbränt stenmaterial (vidhäftningsbefrämjande åtgärd), T 60, ca 0,5 % av stenmaterialets vikt
- Kall tjärbetong, T 60
- Varm tjärbetong, T 65
- Impregnering av grusväg med tjära, T 15
- Ytbehandling med tjära, T 55-60

Tillsatt mängd bindemedel varierade mellan 0,7-3,6 kg/m² beroende på beläggningstyp och lagertjocklek.

6.2.3. Var förekommer beläggningar med stenkoltjära?

Eftersom vägtjära användes under ett halvt sekel och till både slit- och bärlager är den här typen av beläggning lager relativt vanligt förekommande i kommuner, på det statliga vägnätet och i flygfält. Den vanligaste typen av tjärbundna lager var indränkt makadam, vilken användes som bärlager. Även ytbehandlings- och impregneringar med tjära var vanligt under efterkrigstiden när många grusvägar belades med dammbindande lager.

Gemensamt för tjärbeläggningarna är att de idag förekommer längre ned i beläggningskonstruktionen (vanligtvis de understa lagren) och att de därför vid normalt beläggningsunderhåll inte utgör ett problem. Det är först när beläggningen skall tas bort eller djupfräsas som de tjärhaltiga lagren riskerar komma med i beläggningsmaterialet som huvudsakligen går till mellanlagring för återvinning (returasfalt) men även deponeras på t ex kommunal deponi.

6.2.4. Varför ska tjärhaltiga beläggningmaterial behandlas med försiktighet?

Vägtjära (stenkoltjära) kan innehålla relativt höga halter av *hälso- och miljöfarliga ämnen* såsom PAHer (polycykliska aromatiska kolväten). Vissa av PAHerna är klassificerade som cancerframkallande och har också hög giftighet för vattenlevande organismer. Lakvatten från tjärhaltiga beläggningmassor bedöms enligt färsk forskning kunna ge stor negativ miljöpåverkan om inte materialet behandlas på ett korrekt sätt, t ex vid mellanlagring och återvinning. Gamla tjärhaltiga beläggningar eller mellanlager av beläggningmaterial innehållande vägtjära kan ge upphov till en irriterande lukt (aromater), vilka kan upplevas som obehaglig och i förhöjda koncentrationer ge upphov till huvudvärk eller illamående. Om inte massorna värms upp bedöms i de flesta fall de luftburna utsläppen av PAHer vara låga. Vid högt tjärinnehåll i materialet kan eventuellt utsläppen bli större. Om tjärhaltiga material upphettas till höga temperaturer (>110°C och framför allt >160°C), t ex vid asfaltmassatillverkning, ökar luftutsläppen av PAHer markant.

6.3. Borttagning och mellanlagring av tjärhaltiga beläggningmaterial

6.3.1. Behov av inventering eller förprovning innan åtgärd

Innan ett gammalt beläggningmaterial skall tas bort är det lämpligt att ta reda på om det innehåller vägtjära. Om inte uppgifter finns tillgängliga (beläggningstyp eller dylikt) skall borrhöjningar tas och analyseras. Enkla detekteringsmetoder finns för detta, t ex värmepistol eller UV-lampa som påvisar om tjära förekommer. Vägtjära känns också lätt igen på sin karakteristiska lukt. Om vägtjära förekommer i beläggningen bör personalen vara informerad om detta och vid behov iakttas de försiktighetsåtgärder som presenteras i följande avsnitt.

6.3.2. Anmälningsplikt

Om tjära förekommer eller påträffas i beläggningslager under grävning eller fräsning skall detta anmälas till ansvarig miljömyndighet (länsstyrelsen eller kommunens miljö- och hälsoskyddskontor). Enligt miljöbalken föreligger upplysningsskyldighet för förorening som kan medföra skada eller olägenhet.

6.3.3. Borttagning

Vägbeläggningar tas i regel bort genom uppgrävning eller fräsning. När hela beläggningsskiktet tas bort brukar beläggningslager brytas och grävas upp men när endast ytliga lager skall avlägsnas brukar fräsmaskiner användas. Det vanliga är att tjärhaltiga lager kommer med vid uppgrävning av hela asfaltkonstruktionen men även vid fräsning av ytligare lager kan tjära förekomma, t ex i äldre, tunnare beläggningsskikt på lågtrafikerade gator som har ytbehandling.

Följande rekommendationer kan ges vid bortgrävning eller fräsning av gamla beläggningsskikt:

- Ta reda på om den gamla asfaltbeläggningslager innehåller tjära i något lager
- Anmäl omgående till ansvarig miljömyndighet om tjära påträffas
- Om ansvarig miljömyndighet godkänner så låt tjärhaltiga lager ligga kvar i vägen
- Tillämpa kall återvinning – materialet får ej uppvärmas över 110°C
- Arbetspersonalen skall vara informerad om tjära ingår i beläggningslager
- Vid damning kan vägytan befuktas
- Luftfilter på arbetsmaskiner kan förhindra obehaglig lukt
- Personal som arbetar nära materialen bör använda normala skyddskläder och vid behov andningsskydd. Undvik att få tjära på huden.

Arbetsmiljöpåverkan från hantering av tjärbeläggningar är ännu så länge inte närmare undersökt men bör inte vara ett problem om adekvat skyddsutrustning används. I en nyligen redovisad svensk studie i samverkan med IARC (International Agency for Research on Cancer) framgår att asfaltindustrins arbetare har samma hälsoläge som jämförbara grupper i samhället när det gäller lungcancer. Studien omfattar asfaltarbetare som var verksamma under 1950-, 1960-, 1970- och 1980-talen, dvs. även under den tid som tjärbeläggningar tillverkades och lades ut.

6.3.4. Mellanlagring

Information om beläggningslager ursprung/sammansättning/känt eller bedömt föroreningssinnehåll är nödvändiga för att massorna skall kunna hanteras på ett både kvalitets och miljömässigt bra sätt vid mellanlagringen innan återvinning.

Beläggningsskikt innehållande vägtjära klassas normalt inte som farligt avfall (EWC-kod 170301) men skall på grund av sina miljöstörande egenskaper ändå förvaras separat och på av miljömyndighet anvisad plats. Eventuellt kommer materialet efter EU-beslut från och med 2002 att klassas som farligt avfall. Tjärhaltiga material får inte blandas med ren retur-asfalt eller asfaltgranulat. Om osäkerhet råder om massornas innehåll kan 1-2

samlingsprov tas ut från t ex varje lastbilsladd och undersöks med avseende på förekomst av tjära med hjälp av tjärpistol eller UV-lampa (känns även igen på lukten) innan det tippas. Om utrustning saknas bör misstänkta tjärmassor tippas i separat upplag. Anvisning om hur sådant upplag skall vara utformad ges av ansvarig miljömyndighet.

Mellanlagring av beläggningsmassor behandlas i handboken "Vägen tillbaka" som givits ut av Svenska Kommunförbundet. I nämnda skrift behandlas även lagring av förorenade beläggningsmaterial, vilka tjärbeläggningar kan räknas till. Frågor som belyses är bedömning av massornas ursprung och sammansättning, erforderliga kontakter och tillstånd, lokalisering av lagringsplats, behov av åtgärder, åtgärdsplan, kontrollprogram och avvecklingsplan. För att ytterligare minimera riskerna av tjärhaltiga massor skall följande åtgärder iakttas:

- Lagra tjärhaltiga massor under tak och på tätt underlag samt vänta med att krossa och sikta upp materialet tills det skall användas
- Lagra under så kort tid som möjligt
- För att undvika damning kan ytan fuktas lätt, dock inte så mycket att lakvatten genereras
- Vid hantering och bearbetning av tjärmassor bör personalen vara informerad om detta och vid behov använda skyddsutrustning

6.4. Metoder för att indikera (påvisa) förekomst av tjärinnehåll i beläggningsmaterial och gränsvärden

6.4.1. Allmänt

Vägtjära känns igen på sin starkt karakteristiska lukt. Denna lukt framträder tydligast när materialet är något uppvärmt, t ex av solen under varma dagar. Det finns dock enklare och snabba mätmetoder som indikerar (påvisar) förekomst av tjära. Exempel på sådana metoder är UV-lampa och varmluftspistol (kvalitativa metoder). Normalt behövs inte noggrannare analyser av tjärmaterial (t ex summan cancerogena PAHer och summan av icke cancerogena PAHer) men om så önskas kan prov skickas till kemiskt laboratorium (kvantitativa metoder) för bestämning av t ex polyaromatiska kolväten.

6.4.2. UV-lampa

Vid denna metod belyses ett vitsprayat prov av beläggningsmaterial med UV-lampa och om tjära förekommer erhålls en färgförändring på ytan (gulgrönt ljus).

- Spruta provet med vit sprayfärg som är baserat på lösningsmedel. Spruta en ca 2 cm bred rand, förslagsvis med hjälp av en kartongmall. På så sätt avgränsas färgområdet tydligt och underlättar analysen. En fuktig yta försvårar resultatet.
- Mörklägg så mycket som möjligt och belys provet med UV-lampan. Ca 30 sek efter färgläggningen kan man se en tydlig färgförändring.
- Vid tjärhaltiga massor ser man genast en gul-grön färgförändring, medan man för rent bitumenhaltiga prov endast får en tydlig blå färg. Ju större mängd tjära desto intensivare gul-grön färgförändring uppstår.

6.4.3. Varmluftspistol

Denna metod används också för att indikera förekomst av vägtjära i beläggingsmaterial. Pistolen riktas mot provet som hastigt upphettas. De gaser som uppstår fångas upp av en vakuumpump som finns monterad på pistolen och sugs igenom ett rör som ger utslag om tjära förekommer. Vid låga tjärhalter anses denna metod vara osäker varför UV-lampa verkar vara en bättre metod.

6.4.4. Gränsvärden

Inga gränsvärden avseende PAHer eller tjärinnehåll finns för beläggingsmaterial i Sverige.

I Holland klassificeras beläggingsmaterial som tjärhaltiga (förorenade) om summan av gruppen 10-PAHer överstiger 75 mg per kg torrsubstans (75 ppm). I Sverige finns dock riktvärden av gruppen 16-PAHer för jord och vatten som kan vara relevant att jämföra mot. Det är dock den miljöpåverkan som tjärhaltiga beläggingsmassor eventuellt kan ge upphov till som bör beaktas vid den vidare användningen av materialet. Faktorer som i detta sammanhang har stor betydelse är i vilken miljö materialet kommer att användas och på vilket sätt. Av betydelse är också utlakningsegenskaperna hos materialet som inte är relaterade till totalinnehållet av PAHer utan beror på hur bundet de här ämnena är.

6.5. Återvinning av tjärhaltiga beläggingsmassor

6.5.1. Allmänt

Erfarenheterna från återvinning av tjärhaltiga massor är ännu så länge förhållandevis liten. I de länder där vägtjära varit mycket vanligare än i Sverige rekommenderas kall återvinning med tillsats av nytt bindemedel. I vissa länder finns restriktioner för varm återvinning. De problem som huvudsakligen belyses är utlakningsrisken vid lagring eller deponering och de markant förhöjda PAH-halterna i rökgaserna som uppstår vid kraftig upphettning av materialet. I avvaktan på mer kunskaper bör de metoder väljas som bedöms ge de minsta riskerna för utlakning eller luftburna emissioner.

6.5.2. Vilka metoder är lämpligast?

Den mest lämpliga metoden för återvinning av tjärhaltiga beläggingsmaterial anses vara kall återvinning med bitumenemulsion och/eller cement. Materialet behöver inte värmas upp och det nya bindemedlet kapslar in tjäran och reducerar på så sätt risken för utlakning när det ligger i vägen som ett nytt beläggingslager. För att effekten av inkapslingen skall bli så bra som möjligt bör relativt hög halt av nytt bindemedel inblandas i granulatet. Helst bör återvinningsmassan användas till bärlager under ett tätt slitlager. På så sätt reduceras risken för utlakning ytterligare. Den här typen av material är olämpligt i närheten av grundvattentäkter. Bäst effekt ger blandning i verk men även inblandning i vägen med kalla bindemedel (emulsion, cement, skummat bitumen) kan ge ett bra resultat. Vid den senare metoden behöver inte materialet tas bort från vägen vilket är en fördel.

Halvvarm återvinning i verk eller på vägen bör ge ungefär motsvarande effekt som kall återvinning men materialet (granulatet) bör inte uppvärmas till mer än 60-80°C.

Även vid återvinningsarbetet skall personalen vara informerad om tjärinnehållet i materialet och vid behov använda lämplig skyddsutrustning och undvika att komma i hudkontakt med granulatet/massan.

6.5.3. Vilken metoder är olämpliga?

Asfaltgranulat innehållande tjära skall inte användas till varm återvinning varken vid tillverkning i verk eller vid remixing. Vid högre temperaturer ökar utsläppen av PAHer markant och rökgaserna kan därför bli hälsovådliga.

Krossad returafalt brukar ibland användas som obundet material, t ex till bär- och förstärkningslager samt stödremсор. Det är tveksamt om asfaltgranulat innehållande tjära kan användas på detta sätt. Om så sker bör det vara i samråd med ansvarig miljömyndighet och vid låga halter av tjära i materialet.

6.6. Fortsatta undersökningar

Behovet av FoU bedöms vara stort eftersom erfarenheterna från hantering och återvinning av tjärhaltiga material är liten i Sverige. Det är också okänt hur mycket det finns av den här typen av vägbeläggningar men åtminstone på vissa platser (t ex kommuner) har användningen varit stor när gatunätet byggdes ut och belades under efterkrigstiden. I Västerås kommun, som provet i denna undersökning kom ifrån, finns ett stort antal gator med flera olika typer av tjärbeläggningar enligt den inventering som kommunen gjorde (samtliga beläggningslager som lagts sedan 1947 finns registrerade i en beläggningsliggare). I MAS-projektet har endast två prov innehållande tjära undersökts, ett med inslag av tjärindränt makadam och ett prov där huvuddelen av beläggningsmaterialet innehöll tjärbindemedel (tre av fem lager).

Mer FoU och kunskaper behövs bland annat inom följande områden:

- Hur skall gamla tjärbeläggningar inventeras
- Metoder för att kontrollera och bestämma tjärinnehåll, gränsvärden
- Arbetsmiljöfrågor, skyddsutrustning, luftburna PAHer inom arbetsområdet
- Tillämpningen av miljöbalken, hur ser myndigheterna på den här typen av material
- Bästa tillgängliga teknik för hantering av tjärhaltiga material
- Återvinningsmetoder – inkapsling av tjära för att nå acceptabel reduktion av miljöpåverkan och var och hur kan materialen användas
- Utlakningsförsök på inkapslat tjärmaterial
- Materialtekniska egenskaper på inkapslad tjära

Provvägsförsök och labförsök kan ge viktig informationen om lakrisken och de tekniska egenskaperna hos den här typen av beläggningar. I VTIs pågående FoU-program för asfaltåtervinning kommer den tekniska prestandan att studeras hos kalltillverkad återvinningsbeläggning innehållande högre halt av tjära. Vid tidigare försök med halvvarm återvinning har inslag (mindre) av tjärindränt makadam förekommit i granulatet. Ingen lukt av tjära eller andra iakttagelser konstaterades vid tillverkningen eller utläggningen av massan utan arbetena förlöpte som vanligt.

REFERENSER

- Brown D., Knightes C., Peters C., 1999. Risk assessment for polycyclic aromatic hydrocarbon NAPLs using component fractions. *Environ. Sci. Technol.*, vol. 33, no. 24, pp. 4357-4363.
- EAPA-rapport 1996. Miljöriktlinjer för Bästa Tillgängliga teknik (BAT) vid produktion av asfaltmassor.
- ECDIN databas, 1999. <http://ecdin.etomep.net/>
- EWC, European Waste Catalogue. Finns som bilaga i renhållningsförordningen (1998:902) samt i förordningen (1996:971) om farligt avfall.
- Förorenade områden, 1996. Vägledning för översiktliga inventeringar och riskklassningar. NV, SGU, ITM, IMM. Preliminär version.
- Järholm B., 1999. Undersökning av förekomst av cancer bland svenska asfaltarbetare – Resultat från den svenska delen av en internationell studie. Umeå Universitet.
- Larsson L., 1998. Mellanlagring av asfalt. Utlakning av uppbruten asfalt – delrapport 1. SGI Varia 468. Statens geotekniska institut.
- Larsson L., Bäckman L., 1999. Mellanlagring av asfalt. Utlakning av uppbruten asfalt – delrapport 2. Validering av kontrollprogram. Utgiven både som SGI Varia 475, Statens geotekniska institut och som VTI notat 19-1999, Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Larsson L., Bäckman L., 2000. Utlakning från oljegrus. MAS – delrapport 3. Utgiven både som SGI Varia 479, Statens geotekniska institut och som VTI notat 59-1999, Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Meddelande 45, 1935. Arbetsbeskrivningar för bituminösa vägbeläggningar. Statens Väginstitut.
- NGI-rapporter, 1999. Miljöanalyser och utvaskningsförsök med asfalt fra Fornebu.
- NV rapport 4103, 1992. Utsläpp av stabila organiska ämnen från kemiindustrin. Naturvårdsverket.
- NV Rapport 4889, 1998. Förslag till riktvärden för förorenade bensinstationer. Naturvårdsverket, SPI.
- NV Rapport 4918. 1999. Metodik för inventering av förorenade områden. Naturvårdsverket.
- OBS-listan. Exempellista över ämnen som kräver särskild uppmärksamhet. Kemikalieinspektionen, 1988.
- PIARC rapport, 1999. Recycling of existing flexible pavements. PIARC C8, subgroup recycling.
- Tidskriften Asphalt – Artikel angående recycling, nr 6/97.
- Vägen tillbaka – Mellanlagring av asfaltmassa för återvinning. Svenska kommunförbundet.

Bilaga 1.

Kornstorleksfördelning, bindemedelshalt och bindemedelsegenskaper på provningsmaterial (tjärgranulat).

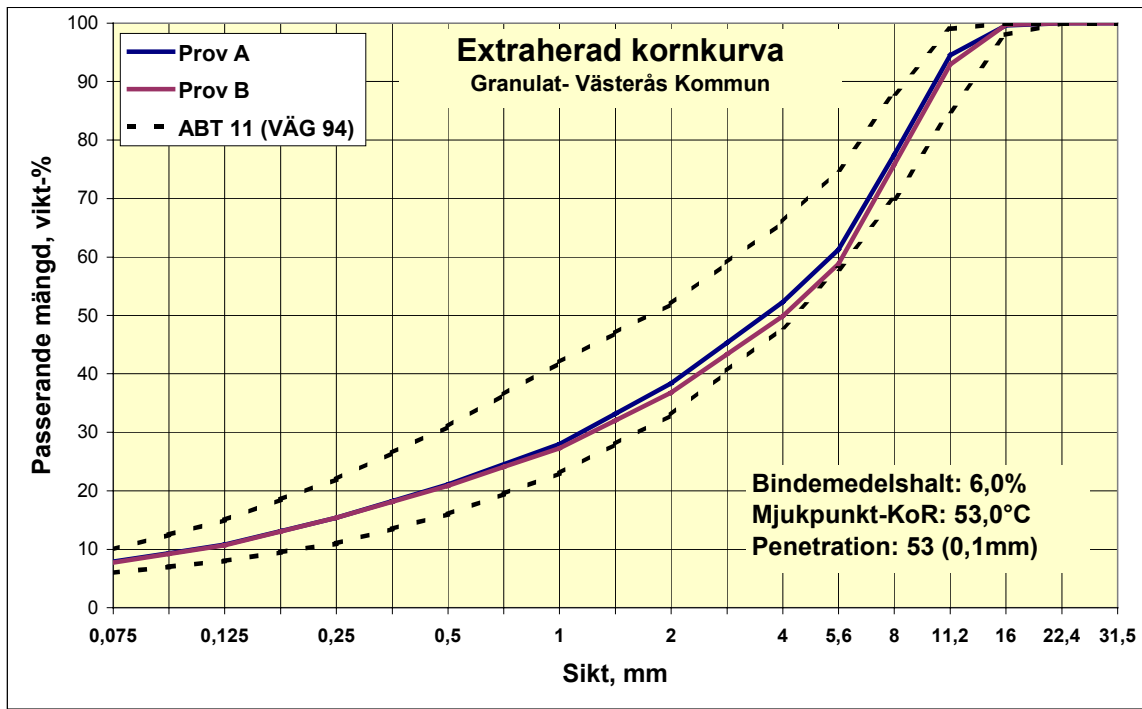


Foto på materialet.



Bilaga 2.

Analysprotokoll (14 st).

(Analysprotokoll föreligger endast i beställd pappersversion från SGI bibliotek)



Statens geotekniska institut
Swedish Geotechnical Institute

SE-581 93 Linköping, Sweden

Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800

Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914

E-mail: sgi@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se