



# rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Miljökonsekvenser vid  
borttagande av förorenad jord  
- en sammanställning av emissioner till  
atmosfären från en marksanering i  
Nacka

Karin Eliaeson

B1512

Februari 2003



<b>Organisation/Organization</b> IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	<b>RAPPORTSAMMANFATTNING</b> <b>Report Summary</b>
<b>Adress/address</b> Box 21060 100 31 Stockholm	<b>Projekttitel/Project title</b> Miljökonsekvenser vid borttagande av förorenad jord – en sammanställning av emissioner till atmosfären från en marksanering i Nacka <b>Anslagsgivare för projektet/ Project sponsor</b> IVL
<b>Telefonnr/Telephone</b> 08-598 563 00	
<b>Rapportförfattare/author</b> Karin Eliaeson. Handledare: Göran Bergman IVL, Martin Erlandsson IVL, Lars-Erik Bågander Stockholms Universitet.	
<b>Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report</b> Miljökonsekvenser vid borttagande av förorenad jord- en sammanställning av emissioner till atmosfären från en marksanering i Nacka.	
<b>Sammanfattning/Summary</b> <p>Idag marksaneras många områden i Sverige och den förorenade jorden transporteras ofta till deponier och reningsanläggningar runt om i landet. På IVL Svenska Miljöinstitutet AB har man sedan en tid varit angelägen om att framställa ett exempel på de miljökonsekvenser som uppstår vid uppgrävning, transport och behandling av förorenade jordmassor. Denna rapport redovisar, utifrån de antaganden och beräkningsmetoder som använts, en bedömning av utsläpp från transporter och arbetsmaskiner under en marksanering i Nacka.</p> <p>Sammanställningen över emissionerna från förflyttningen av jordmassorna är uttryckt i viktade personequivivalenter dvs en normalisering av de olika utsläppens bidrag till miljöpåverkanskategorierna klimatpåverkan, försurning, marknära ozon, övergödning samt humantoxicitet. En uppskattning av mängden tillförda PAH till det marksanerade området i form av asfalt har också genomförts.</p>	
<b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords</b> Marksanering, Miljöeffekter	
<b>Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data</b> IVL Rapport/report B 1512	
<b>Beställningsadress för rapporten/Ordering address</b> IVL, Publikationsservice, Box 21060, S-100 31 Stockholm fax: 08-598 563 90, e-mail: <a href="mailto:publicationservice@ivl.se">publicationservice@ivl.se</a> , eller via <a href="http://www.ivl.se/rapporter">www.ivl.se/rapporter</a>	

## **Förord**

Denna rapport är ett universitetsarbete under kursen ”Praktik i geologi och geokemi” vid Stockholms Universitet, Institutionen för geologi och geokemi, utfört under en fem veckors praktik på IVL Svenska Miljöinstitutet i Stockholm.

Handledare: Göran Bergman IVL, Martin Erlandsson IVL, Lars Erik Bågander, Stockholms Universitet.

## Innehållsförteckning

Förord.....	1
1 Bakgrund .....	3
2 Syftet med rapporten .....	3
3 Området .....	4
4 Undersökningar .....	5
4.1 Föroreningssituationen.....	5
4.2 Antaganden och beräkningsmetoder.....	6
4.2.1 Transporter.....	6
4.2.2 Avståndsberäkning.....	7
4.2.3 Uppgrävning .....	7
4.2.4 Behandling av jordmassor.....	7
4.2.5 Resultatberäkning .....	10
4.2.6 Asfaltens PAH-innehåll .....	10
4.3 Resultat .....	11
5 Diskussion och eventuella felkällor.....	13
6 Slutsats.....	14
7 Referenser .....	15
Appendix 1 .....	1
Appendix 2 .....	1
Appendix 3 .....	19

## 1 Bakgrund

Byggföretaget Skanska har bebyggt området Skvaltan i Nacka Kommun. På tomten har uppförts ett köpcenter med en intilliggande byggnad och en ca 15000 m<sup>2</sup> stor parkeringsplats med anslutande vägar har anlagts. Tomten består till stor del av fyllnadsmassor. Flera undersökningar av föroreningshalten i jorden har genomförts med början redan på 1960-talet. En fördjupad riskbedömning och förslag till platsspecifika riktvärden togs fram av J&W (numera Wsp) i december 2000 (J&W., 2000-12-29). Det visade sig att jorden innehöll relativt låga halter av föroreningar upp till och strax ovan Naturvårdsverkets generella riktvärde för mindre känslig markanvändning (MKM) (J&W., 2000-12-29). Föroreningssituationen i sig ansågs inte föranleda några saneringsåtgärder med planerad markanvändning. Däremot medförde de förhöjda halterna av föroreningar ett beslut om att schaktmassor inte fritt kunde återanvändas och att särskilt omhändertagande av schaktmassor erfordrades.

Utgångspunkten var att kontrollerad jord som innehöll lägre halter än MKM-värdet skulle kunna återanvändas inom området och att endast 5000 m<sup>3</sup> (motsvarar ca 8500 ton jord) schaktmassor beräknades lämna området (J&W., 2001-02-12). Slutresultatet blev dock att totalt 25800 ton jord lämnade området. Av dessa 25800 ton utgjordes 12000 ton av rena jordmassor (KM), 13000 ton av måttligt förorenad jord (MKM) och ca 750 ton av olje- och metallförorenad jord. Kostnaden för marksaneringen slutade på runt 5 miljoner sek (Lethenström J., 2003).

## 2 Syftet med rapporten

Ett intresse fanns hos Skanska själva att få en utredning gjord av hur mycket denna bortschaktning av jordmassor, p.g.a. bedömda föroreningar, egentligen kostat miljön. En förenklad metod att klargöra miljöbelastningen var att bedöma emissioner från lastbilar och maskiner som använts och jämföra miljökonsekvenserna av dessa med vad som skulle kunnat hända om jorden hade fått ligga kvar, respektive vad som skulle kunnat hända med föroreningarna på den nya platsen (deponin). Här presenteras endast steg 1, dvs en sammanställning av de emissioner som härrör från transporter och arbetsmaskiner.



Figur 1. Fotografi över området, fotat framför avfarten från Värmdöleden mot Saltsjöbaden.

### 3 Området

Området Skvaltán är beläget söder om avfarten från Värmdöleden mot Saltsjöbaden och har tidigare varit ett sjö- och träskområde med utlopp mot Långsjön i sydost. Berggrunden i området utgörs av gnejsgraniter och sedimentära gnejser samt yngre graniter enligt geologiska kartbladet (SGU., 1964). Som djupast ligger berget ca 18m under markytan enligt tidigare utförda geotekniska undersökningar. Igenfyllningen av sjö- och träskområdet, som skedde under perioden 1957 – 1962, startades vid utloppet varför vattenytan periodvis steg. En regleringsdamm och ett breddavlopp byggdes och i samband med detta arbete jämnades Skvaltán ut och ett nytt fyllningslager påfördes. Mindre industrier i träbyggnader har funnits inom området men är sedan länge rivna, dock kan rester av dessa ha blivit kvar. Vid utbyggnaden av Nacka Storcentrum och Jarlaberg under 1980-talet upprättades en temporär krossanläggning i området. I samband med uppläggning av krossmassor antas det att fyllningen har pressats ned och omlagrat underliggande lager som utgörs av ett lerlager på friktionsjord. Denna omlagring har förmodligen åstadkommit flera punkteringar av det tätande lerskiktet vilket innebär att Skvaltán inte innehåller något separat vattenmagasin. Området avvattnas än idag i sydost vilket betyder att eventuella föroreningar i avrinnande yt- och grundvatten transporteras mot Långsjön.

Ett mindre handelscentrum och trävaru- och bygghandel har också funnits inom området men revs under slutet av 1980-talet och början av 1990-talet. Fyllningens tjocklek varierar mellan 3 och 6,5 meter och består av sten, grus, sand, lera och byggrester såsom betong, gips, tegel, trävirke, kablar och bildäck (J&W., 2000-10-16).

## 4 Undersökningar

Under år 1997 samt år 2000 genomfördes av J&W fältarbeten med provtagningar av jord och grundvatten. Totalt har jorden provtagits i 26 st. maskingrävda provgropar (11 st. år 1997 och 15 st. år 2000). År 1997 monterades även 16 rör för provtagning av porgas samt 4 rör för provtagning av grundvatten och år 2000 monterades 4 nya grundvattenrör. Laboratorieanalyser genomfördes också på jord och vattenprover för att verifiera fältanalyserna med röntgenfluorescensdetektor, XRF och fotojonisationsdetektor, PID. Vattenprov filtrerades före analys av oorganiska ämnen men ej före analys av organiska föreningar vilket med stor sannolikhet innebär att vattnets innehåll av cancerogena PAH var för högt. Cancerogena PAH är nämligen inte lösliga och sprids inte heller lika lätt till grundvattnet jämfört med övriga PAH. Detta p.g.a. att partikelbindningen generellt sett är starkare för cancerogena PAH än övriga PAH (J&W., 2000-12-29). Inför den slutliga provtagningen av jordmassorna i samband med uppschaktning och sanering uppmanades Skanska av Nacka Kommun att genomföra filtrerade analyser av grundvattnet för att bättre bedöma föroreningssituationen. Den slutgiltiga rapporten från J&W (Wsp) är ännu inte färdigställd varför det i skrivande stund inte finns några resultat från den sista provtagningen.

### 4.1 Föroreningssituationen

Enligt den fördjupade riskbedömningen (J&W., 2000-12-29) påträffades i jord cancerogena PAH i halter något över det generella riktvärdet för mindre känslig markanvändning (MKM) samt alifatiska kolväten i intervallet C<sub>16</sub>-C<sub>35</sub> i halter över det generella riktvärdet för känslig markanvändning (KM). Övriga analyserade organiska föreningar var generellt sett låga. Arsenik, bly, koppar, krom(totalt), nickel, vanadin och zink återfanns i halter över det generella riktvärdet för MKM i mellan ett och fem prov av totalt tio. Dessutom påträffades kvicksilver och kadmium i halter ovan det generella riktvärdet för KM.

I analyserade grundvattenprover var halterna av metaller låga med undantag av bly som i ett grundvattenrör förekom i halter 5 gånger högre än riktvärdet för dricksvatten. Halterna av summa PAH (partikelbundet och löst) var förhöjda till mycket förhöjda. I den fördjupade riskbedömningen poängteras dock (som ovan nämnts) vikten av att filtrera proverna innan analys. Dessutom poängteras det att fyllningen är heterogen och föroreningar förekommer ställvis inom området vilket gör det svårt att avgränsa dessas utbredning i plan och profil.

## 4.2 Antaganden och beräkningsmetoder

### 4.2.1 Transporter

Emissionerna härrörande från transport av jordmassorna är baserade på emissionsfaktorer framtagna av Nätverket för transporter och miljö (NTM., 2002). För analysen har antagits att transportererna har skett med tung lastbil med släp med lägst miljöklassad motor Euro 1 (Andersson C., 2002). En medelvikt på 42,22 ton jordmassa per lass har uppgivits av Skanska (Bessfält J., 2002) men då siffrorna från NTM är framtagna för maxlasten 40 ton har denna använts. Uppgifter om antalet lass och mängden jordmassor till respektive deponi är också framtagna av Skanska (Bessfält J., 2002). Samtliga transporter av jordmassorna har utförts av Hans Andersson Entreprenad AB. För beräkning av de fulla transporterernas utsläpp i gram har använts NTM's beräkningsprogram NTMcalc (NTM., 2003).

I sammanställningen har även medräknats antalet tomma returtransporter med ovan nämnda fordon. Från deponin i Jordbro utgick uppskattningsvis 50% av returtransporterna med tomt lass och 50% med fullt lass (rena krossmassor) (Bessfelt J., 2002). Från övriga deponier har antagits att samtliga returtransporter gick tomma tillbaka. De fulla returtransporterna har adderats till deponitransporterna medan de tomma transportererna har behandlats för sig. Då beräkningsprogrammet NTMcalc inte kan beräkna utsläpp från tomtransporter så har dessa räknats fram för sig. En genomsnittlig bränsleförbrukning på 0,305 liter/km för tomtransporterna har hämtats från NTM's hemsida (NTM., 2002). Energiförbrukningen multipliceras därefter med 36 MJ/l (MegaJoule) för att få den uttryckt i MJ/km. Det har här antagits att det är energiförbrukningen och typ av motor som styr emissionsfaktorerna uppgivna av NTM. Då energiförbrukningen och motortypen för tomtransporterna är kända har emissionsfaktorer kunnat räknas fram.

Tabell 1. Källa NTM 2002

<b>Bakgrundsdata Tung lastbil med släp, fjärrtrafik</b>		
(Källa: Nätverket för transporter och miljö 2002-12-18)		
<b>Vikt</b>	Nyttolast [ton]	40
	Totalvikt [ton]	60
<b>Bränsleförbrukning</b>	Utan last [l/100 km]	30,5
	Full last [l/100 km]	49
<b>Emissionsfaktor</b>	Utan last [MJ/km]	11,0
<b>Bränsle</b>	Mk1Diesel	
<b>Motor</b>	Euro 1	

Under själva marksaneringen ansågs det nödvändigt att utföra ytterligare analyser av jordmassorna för att få information om föroreningsinnehåll och bestämma vart de olika



jordmassorna skulle fraktas. Hela ytan (ca 44 000 m<sup>2</sup>) delades in i schaktrutor om 10\*10 meter som provtogs, i de flesta fall i fält och i vissa fall på laboratorium. Transport av laboratorieanalyserna skedde per budbil men dessa har ej tagits med i beräkningarna.

#### **4.2.2 Avståndsberäkning**

För beräkning av avstånd i km från Skvaltanområdet till respektive destination (Jordbro, Högbytorp, Stav, Storfors) har använts ett dataprogram (Route 66, 2002) som beräknar närmaste vägsträcka för respektive fordon.

#### **4.2.3 Uppgrävning**

Uppgrävning av jordmassorna är beräknade att ha tagit 994 timmar (h) för en bandgrävmaskin Volvo EC280 ( Bessfelt J., 2002). Information om exakt motoreffekt har inte gått att få tag på men en modernare maskin av ungefär samma slag har en motoreffekt på ca 150 kW (Volvo, 2003). Uppgifter om belastningsgrad samt hur mycket emissioner en grävmaskin av detta slag släpper ut är hämtade ur IVL rapport B1342 (Persson K. 1999). Dock saknas emissionsvärden för koldioxid, CO<sub>2</sub> och svaveldioxid, SO<sub>2</sub>, men då dessa emissioner endast är bränsleberoende kan samma emissionsfaktor som för transportererna användas, dock omräknad till g/kWh.

#### **4.2.4 Behandling av jordmassor**

De borttransporterade jordmassorna har i vissa fall behandlats, i andra fall inte. I samtliga fall har jordmassorna tippats av på deponin och portionsvis omdisponerats på platsen av en hjullastare. Hjullastaren har i samtliga beräkningar antagits ha en motoreffekt på 75-130 kW med en belastningsgrad på 0,5 vilket ger ett medelvärde på 51,25 kWh/h. Emissionsuppgifter är hämtade ur IVL rapport B 1342 (Persson K., 1999). Uppgifter om motoreffekt, belastningsgrad och utsläpp från sorteringsverk har också hämtats från ovan nämnda rapport. Även för hjullastare och sorteringsverk saknas uppgifter om emissionsfaktorn för koldioxid, CO<sub>2</sub>, och svaveldioxid SO<sub>2</sub>, varför emissionsfaktorn för transporter har använts på samma sätt som för grävmaskinen.

De jordmassor som transporterades till Miljöbolaget i Svea Lands deponi belägen i Storfors var de massor som innehöll högst halter av föroreningar, klass 4809. Dessa massor (37 ton) ligger idag deponerade för långtidsförvaring. För denna process har massorna endast tippats direkt från lastbilen och därefter har en hjullastare omdisponerat jorden på plats. Arbetet för hjullastaren är uppskattat till 0,5h för denna omdisponering. (Mellin T. 2002).

Av de 13689 ton jord som fraktades till Ragnsells avfallsanläggning i Högbytorp var 13000 ton av klassen MKM, 638 ton av metallförorenad jord (klass 4805) och 51 ton av oljeförorenad jord (klass 4802) (Bessfelt J., 2000). Se fig. 2.

MKM-massorna tippas vanligtvis direkt som fyllnadsmassa på deponin. Till detta moment är beräknat att en hjullastare har arbetat i 0,5 h /lass (Magnusson K., 2002).

4805 – klassen sorteras i ett sorteringsverk så att de fina fraktionerna (där metallföreningarna sitter) separeras från de grövre. Finfraktionmassan används som mellanlagring i deponin medan de grövre fraktionerna går att återanvända som fyllnadsmaterial vid vägbyggen etc. För detta är beräknat en hjullastare i 3h. för avlastning, tippning, inlastning sorteringsverk, lossning sorteringsverk) (Magnusson K., 2002).

4802 – klassen innehåller oljeförorenad jord och denna behandlas i en jordkompost . Den enda energin som åtgår för att driva själva jordkomposten är en fläkt som blåser ned luft i komposten så att den syresätts. Miljöeffekterna från fläkten har ej räknats med i rapporten. Även i denna process måste en hjullastare arbeta i ca 3h. på samma sätt som för 4805 – klassen (Magnusson K., 2002). De eventuella utsläpp som härrör ifrån jordreningen i komposten tas upp av ett filter. Jordmassorna hamnar sedan vanligtvis på deponin som mellanlager.

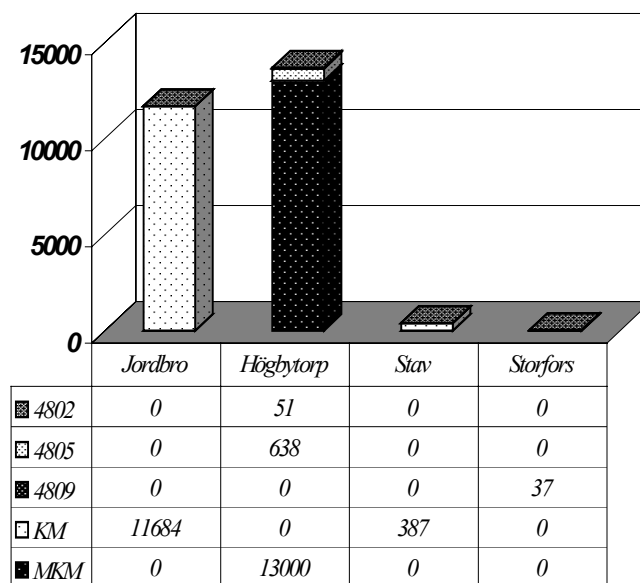
Hans Andersson Entreprenad AB disponerar den fjärde deponin som varit aktuell för Skvaltans jordmassor, belägen i Jordbro. Till Jordbro transporterades 11683 ton av klassen KM, dvs. massor klassade som rena. Dessutom transporterades 387 ton jord av samma klass till Stav (Tungelsta) där de direkt återanvändes som fyllnadsmassa (Andersson C., 2002). Jordmassorna som kördes till Jordbro har antingen tippats direkt på deponin eller återanvänts efter sortering. Sorteringen har gått till så att jorden har passerat antingen genom ett motordrivet sorteringsverk eller genom en icke motordriven ställning som kallas harpa (Andersson C., 2002). Innehåller jorden stora block och stenar krossas den vanligtvis i en stenkross så att massorna kan användas som byggnadsmaterial och fyllning.

Då det inte har varit möjligt att få information om vad som skedde med just Skvaltans jordmassor på Jordbros deponi har det antagits att 50% av jordmassorna tippats direkt (0,5 h hjullastare / lass) och 50% av jordmassorna har sorterats i motordrivet sorteringsverk (3h hjullastare / lass, 1h sorteringsverk/lass). För massorna som gick till Stav har beräknats 0,5h hjullastare / lass. I uträkningen ingår inga beräkningar av antal timmar hjullastare för återtransporterade krossmassor.

Uppgifterna om vad som hände med just Skvaltans jordmassor på deponierna Högbytorp, Jordbro samt återanvändningen i Stav är osäkra och det betonas här att de antaganden som har gjorts är just antaganden och inget annat.

Tabell 2.

<b>Beräkningsgrund</b>					
<b>Arbetsredskap</b>	<b>Motoreffekt kW</b>	<b>Belastning s-grad</b>	<b>Driftmedel</b>		
<i>Grävmaskin band</i>	150	0,6	MK1		
<i>Hjullastare</i>	75-130	0,5	MK1		
<i>Sorteringsverk</i>	30	0,5	MK1		
<b>Beräkningsgrund</b>					
	<b>Jordbro</b>	<b>Högbytorp</b>	<b>Stav</b>	<b>Storfors</b>	<b>Summa</b>
<i>Summa totalt (ton)</i>	11684	13689	387	37	25797
<i>Sträcka (km)</i>	23	49	30	269	
<i>Antal fulla lass dit</i>	198	403	9	1	
<i>Antal tomma lass tillbaka</i>	99	403	9	1	
<i>Antal fulla lass tillbaka</i>	99	0	0	0	
<i>Antal fulla km</i>	6831	19747	270	269	27117
<i>Antal tomma km</i>	2277	19747	270	269	22563
<i>Hjullastare antal timmar</i>	346,5	246,5	4,5	0,5	598
<i>Sorteringsverk antal timmar</i>	99	16	0	0	115
<i>Antal grävtimmar Skvaltån</i>					994



Figur 2. Antal ton deponerad jord från respektive föroreningsklass fördelat på de olika deponierna

Tabell 2. Källa (Bessfält J., 2002)

Klassningslista Förorenade Jordar											
Kod	Maximala halter av olika ämnen mg/kg TS							PAH			
	Oljehalt	Cd	Pb	Hg	Cu	Cr	Zn	As	PAHc	PAHo	PCB
<b>KM</b>	100	0,4	80	1	100	120	350	15	0,3	20	x
<b>MKM</b>	1000	12	300	7	200	250	700	40	7	40	x
<b>4802</b>	5000	12	300	10	200	250	700	40	40		7
<b>4805</b>	1000	24	600	20	400	500	1400	80	80		14
<b>4809</b>	1000	40	1000	20	2000	2000	2500	80	200		20

#### 4.2.5 Resultatberäkning

För att kunna göra en samlad bedömning av de olika miljöpåverkanskategorierna, *klimatpåverkan, övergödning, försurning, marknära ozon och humantoxicitet* tillämpas en normaliseringsmetod som utgår från de nationella miljö kvalitetsmålen (Erlandsson M., 2002). Normaliseringen utgår ifrån att den hållbara belastningen (enligt de miljöpolitiska målen) delas med antalet personer som finns i systemet, i det här fallet Sveriges befolkning dvs, 8,9 miljoner människor (se ekvationen nedan). På så sätt erhålls enheten (normaliserade) personekvivalenter. Den uträknade miljöbelastningen från marksaneringen (summa utsläpp x karakteriseringsfaktorn enligt ISO) divideras sedan med den normaliserade miljöbelastningen för respektive miljöpåverkanskategori. Inför valet av karakteriserings- och normaliseringsfaktorer har författaren erhållit hjälp från Martin Erlandsson på IVL. Vilka karakteriserings- och normaliseringsfaktorer som har använts finns redovisade i appendix 2. För vidare uppgifter om hur dessa har räknats fram hänvisas till IVL rapport B1509 (Erlandsson M., 2002). En personekvivalent motsvarar ett årligt acceptabelt utsläpp som en person kan orsaka utan att äventyra det framtida hållbara samhället enligt de miljöpolitiska målen (Erlandsson M., 2003).

$$\text{normaliserad miljöbelastning} = \frac{\text{årlig total acceptabel miljöbelastning}}{\text{antalet personer i systemet}} \quad [\text{personequivivalent}]$$

$$\text{normalisering av marksaneringens utsläpp} = \frac{\text{uträknad miljöbelastning}}{\text{normaliserad miljöbelastning}}$$

#### 4.2.6 Asfaltens PAH-innehåll

Uppgifter om volym använd asfalt är uppgivna av Skanska (Lethenström J., 2002) En yta på 15000m<sup>2</sup> med en tjocklek på 4 cm ger volymen 600 m<sup>3</sup>. Enligt uppgift från Göran Jonsson på Asfalt och väg i Strängnäs som levererade asfalten till Skvaltans väger 1 m<sup>3</sup> asfalt ungefär 1 ton vilket ger Skvaltans asfalt en vikt på 600 ton. Medelvärde av bitu-

meninnehållet i asfalten från de tre arbetsrecept som delgivits författaren av Skanska (Lethenström J., 2002), är på 5,4 viktsprocent. Detta ger ett totalt bitumeninnehåll på 32,4 ton för Skvaltans asfalt. Det bindemedel (bitumen) som användes heter B160/220 vilken saluförs av Nynäs Petroleum AB. Uppgifter om PAH-innehållet i just bitumen 160/220 har inte funnits att få tag på. Mängden PAH i bitumen är istället hämtade från en rapport utgiven av Concawe's Petroleum Products and Health Management Groups (Concawe., 1994). Värden från table 1/penetration grades/Brandt et al /bitumen har används, se appendix 3. De analyserade PAH i två av Skvaltans jordprover som fanns angivna i Concawes rapport har kunnat jämföras, se appendix 3.

### 4.3 Resultat

Bidraget till miljöpåverkanskategorin ”övergödning” är störst och härrör framförallt från kväveoxider, NOx. Även i miljöpåverkanskategorierna ”försurning” och ”marknära ozon” är det kväveoxiderna som påverkar mest. Grävmaskinen står för ca 50% av de totala NOx-utsläppen, se fig. 4.

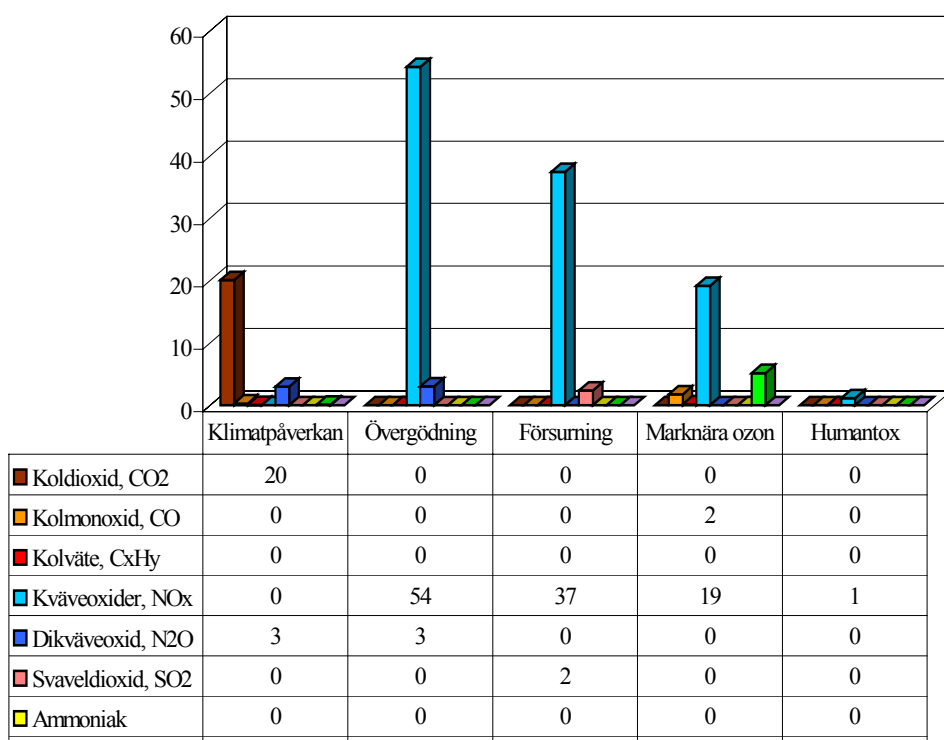


Fig. 3 Emissioner till respektive miljöpåverkanskategori uttryckt i personekvivalenter

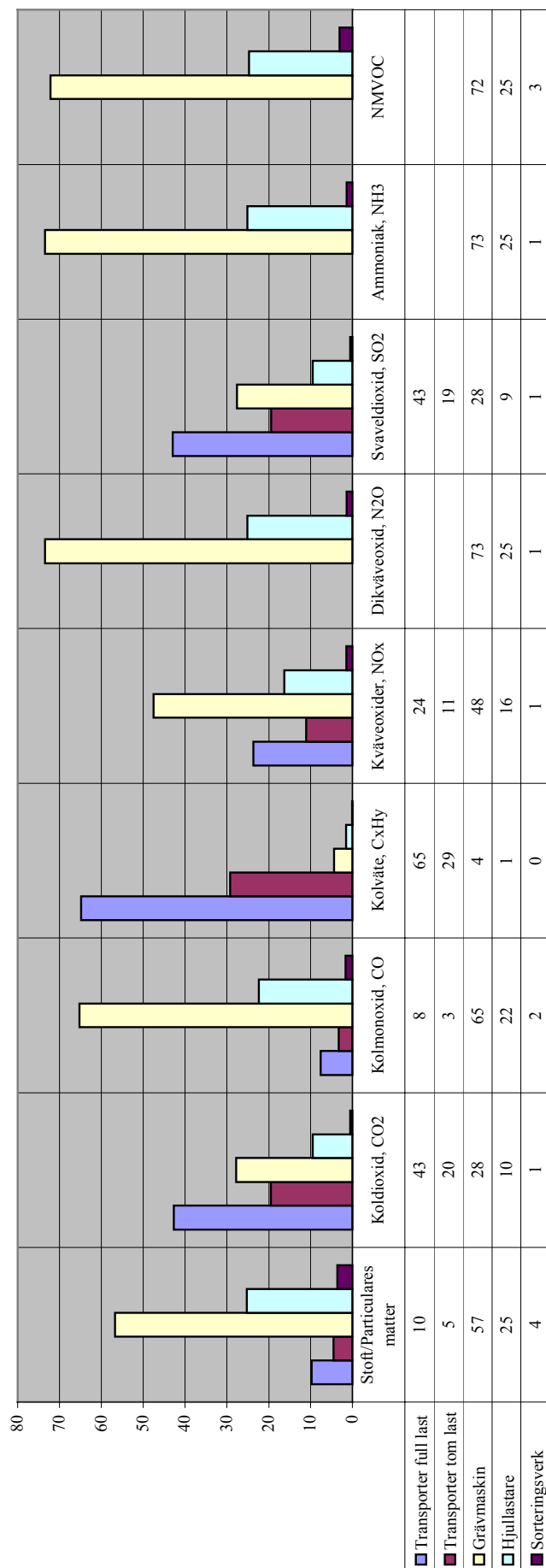


Fig. 4. Utsläpp i vikts-%

Bidragen till klimatpåverkan härstammar framförallt från koldioxid och dikväveoxid. Koldioxidutsläppen kommer till stor del från transporter med full last medan arbetsmaskinerna bidrar till utsläppen av dikväveoxid. Flyktiga organiska kolväten, NMVOC, och kolmonoxid, CO, bidrar, förutom kväveoxiderna, framförallt till miljöpåverkanskategorin ”marknära ozon”, se sammanställningen i fig. 3.

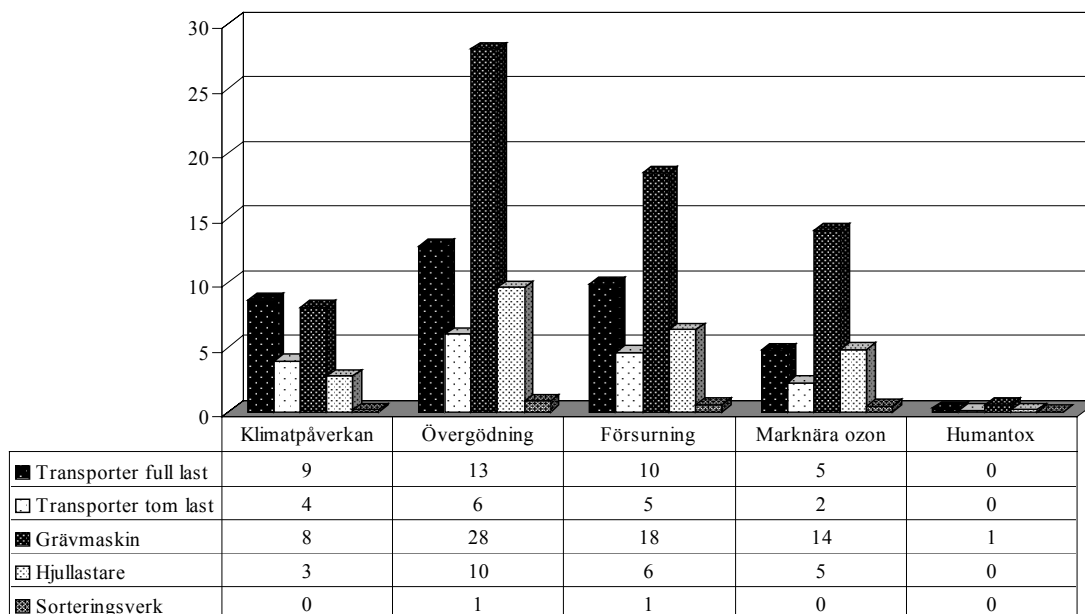


Fig. 5. Bidrag till respektive miljöpåverkanskategori uttryckt i personekvivalenter

## 5 Diskussion och eventuella felkällor

Emissionsvärden för NMVOC (flyktiga organiska kolväten) och ammoniak,  $\text{NH}_3$ , finns inte med i uträkningarna för transporterna varför utsläppen från dessa ämnen endast är fördelade på arbetsmaskinerna och blir således något missvisande. Detsamma gäller för dikväveoxid som inte heller finns upptaget hos transporterna.

När det gäller jämförelse av halterna av PAH (summa jämförbara PAH) i bortschaktad jord och i tillförd asfalt har inte någon utförlig jämförelse gjorts eftersom den exakta halten PAH i borttransporterad jord inte är känd. Vilka PAH som analyserats i jorden finns endast exakt uppgivet i ett analysprotokoll av två jordprover (J&W., 2000-10-16). Författaren har ingen kännedom om de verkliga halterna av PAH i de bortschaktade jordmassorna. Det enda som finns att tillgå är de maximala halterna för respektive klass vilket inte går att räkna på eftersom man då förutsätter att samtliga ton jord innehöll maximala halter av PAH för respektive klass. En jämförelse av det genomsnittliga värdet för PAH i de två jordproverna samt med den genomsnittliga mängden PAH i

Skvaltans asfalt uttryckt i mg/kg har dock gjorts, se appendix 3. Jämförelsen ger ett genomsnittligt värde för asfalten på 13 mg/kg och för jorden 18 mg/kg. Detta ger för asfalten ett PAH innehåll (totalt analyserade och jämförbara PAH) på 0,4 kg.

## 6 Slutsats

Omdisponeringen av jordmassorna från Skvaltan i Nacka till fyra olika godkända lokaler för återanvändning eller deponering har bidragit med utsläpp till de olika miljöpåverkanskategorierna klimatpåverkan, övergödning, försurning, marknära ozon och humantoxicitet. Med de antaganden som gjorts och med de värden som använts kan slutsatserna dras att den miljöpåverkanskategori som har påverkats allvarligast är övergödning där utsläppen motsvarar vad 57 personer kan accepteras släppa ut under ett år enligt de miljöpolitiska målen. Därefter följer försurning och marknära ozon som motsvarar 40 respektive 26 personers acceptabla utsläpp per år, tätt följt av klimatpåverkan som motsvarar 24 personer acceptabla utsläpp under ett år. Miljöpåverkanskategorin humantoxicitet är lägst och motsvarar 1 persons acceptabla utsläpp per år, se fig. 6. Dock skall beaktas att den kanske mest intressanta aspekten vad avser human- och ekotoxicitet inte är analyserad, dvs skillnaden i miljökvalitet före och efter sanering sett i ett livscykelperspektiv.

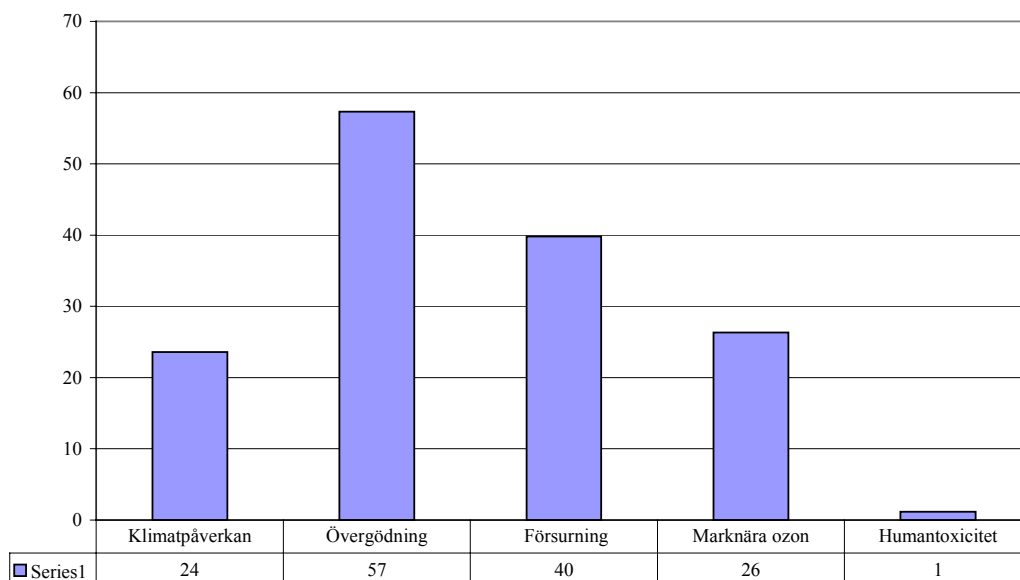


Fig.6. Totalt bidrag till resp. miljöpåverkanskategori uttryckt i personekvivalenter

Denna rapport syftar inte till att bedöma huruvida en marksanering var nödvändig i föreliggande fall, i synnerhet inte som det inte har gått att klargöra om man har flyttat på jordmassorna av byggnadstekniska eller av miljömässiga skäl. Dessutom har det inte



funnits tid att genomföra olika beräkningar av vad som skulle ha kunnat hända med föroreningarna i jorden om de fått ligga kvar på plats respektive vad som skulle kunnat hända med dem på de olika deponierna. Dock är syftet med denna rapport att den skall fungera som ett exempel för andra liknande situationer och belysa miljökonsekvenserna av en förflyttning av förorenade jordmassor. Att flytta på förorenad jord från en plats till en annan belastar, förutom den nya platsen (deponin), också den globala miljön i form av utsläpp till atmosfären.

Även om jämförelsen mellan PAH-koncentrationerna i jord och asfalt är otillräcklig så tas den här upp som ett påpekande. Det var bland annat konstaterade förhöjda halter av PAH (cancerogena) i jorden som föranledde sanering av jorden (Nilsson Ö., 2002). Omedelbart efter marksaneringen återförde man PAH till platsen då man asfalterade stora delar av den sanerade ytan. Om man har flyttat på jorden av miljömässiga skäl tycks det hela mycket dubbelt – ena stunden sanerar man och i nästa förorenar man. Å andra sidan kan sägas att om en asfaltering hade ägt rum utan föreliggande marksanering hade jorden innehållit högre halter av PAH än tidigare.

PAH i bitumen är heller inte särskilt lättlösligt. En undersökning gjord på PAH-läckage från asfalt till jord visar att läckaget är som störst de första 3-6 dagarna för att sedan avklinga till ett konstant läckage (Brandt et al., 2001).

## 7 Referenser

- Brandt H.C.A., De Groot P.C., 2001, *Aqueous leaching of polycyclic aromatic hydrocarbons from bitumen and asphalt*, Water research: the journal of the International association on water pollution research, Vol 35, no 17, 4200-4207 Dec. 2001.
- Concawe., 1992, product dossier no. 92/104, *bitumens and bitumen derivatives*, Prepared by CONCAWE's Petroleum Products and Health Management Groups
- Erlandsson M., 2002, *Miljöbedömningsmetod baserad på de svenska miljökvalitetsmålen - visionen om det framtida hållbara folkhemmet. Version 2002 med nya faktorer för human- och ekotoxicitet*. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, rapport B 1509, Stockholm, december 2002. (Ersätter IVL rapport B1385)
- Erlandsson M., 2003, *Produkters miljöpåverkan från svensk privatkonsumtion utifrån ett naturvetenskapligt och brukarperspektiv*. Arbetsmaterial, utkast nr. 2, 2003-01-07, IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- J&W., 2000-10-16, *Skvaltån, Nacka kommun, Översiktlig miljöteknisk markundersökning* uppdrag 06550062, Arnér M., Nilsson Ö.
- J&W., 2000-12-29, *Skvaltån, Nacka Kommun, Fördjupad riskbedömning och förslag till plats-specifika riktvärden för föroreningar i mark*, uppdrag 06550062, Arnér M., Näf C.
- J&W., 2001-02-12, *Skvaltån, Nacka Kommun, planerat handelsområde, Kontrollplan*, uppdrag 06550062, Paus W O., Nilsson Ö.
- Persson K., Kindblom K., 1999, *Kartläggning av emissioner från arbetsfordon och arbetsredskap i Sverige*, IVL rapport B 1342

- Nacka Kommun 2000, Miljö och Stadsbyggnad, *Delegationsprotokoll Miljö- och hälsoskydds-  
ärende daterat 2000-12-22*, Handläggare Alice Ahoniemi
- NTM 2002, 2003, Nätverket för transporter och miljö, transportdatabas, [www.ntm.a.se](http://www.ntm.a.se). Data  
hämtade 2002-12-10 och 2003-01-10
- Route 66., 2002, *Route 66 Sverige*, Geografiska Informations System B.V.
- SGU., 1964, Ser. Ae nr 1, Geologiska Kartbladet Stockholm NO, skala 1:50 0000, Stockholm  
1964, *Serie. Ae nr 1*
- SNV., 1996, Svenska Naturvårdsverket., 1996, *Generella riktvärden för förorenad mark,  
beräkningsprinciper och vägledning för tillämpning, Efterbehandling och sanering.*  
rapport 4638
- Volvo., 2003, [www.volvo.se](http://www.volvo.se)

#### Personliga kommunikationer

- Andersson C., 2002, Carin Andersson, Hans Andersson Entreprenad AB
- Bergman G., 2002, Göran Bergman, IVL Svenska Miljöinstitutet
- Bessfelt J., 2002, Joakim Bessfält, Skanska Väg och Anläggning
- Erlandsson M., 2003, Martin Erlandsson, IVL Svenska Miljöinstitutet
- Jonsson G., 2003, Göran Jonsson, Asfalt och Väg i Strängnäs AB
- Lethenström J., 2002, John Lethenström, Skanska Hus
- Magnusson K., 2002, Kristina Magnusson, Ragnsells Högbytorp
- Mellin T., 2002, Torgny Mellin, Miljöbolaget i Svea land
- Nilsson Ö., 2002, Örjan Nilsson, WSP (J&W) Energi och miljö

## Appendix 1

	Transporter fulla		Transporter tomma		Grävmaskin		Hjullastare		Sorteringsverk					
	ntm-calc	ntm-calc	Emission*MJ*km	egen tabell baserad på ntm	(150*0,6)= 90 kWh/h	(150*0,6)= 90 kWh/h	(75+130/2*0,5)=51,25	(75+130/2*0,5)=51,25	30*0,5=15	30*0,5=15				
	40 ton	40 ton	0 ton	Emission * kWh/h * h = faktiskt utsläpp	Emission * kWh/h * h = faktiskt utsläpp	Emission * kWh/h * h = faktiskt utsläpp	Emission * kWh/h * h = faktiskt utsläpp	Emission * kWh/h * h = faktiskt utsläpp	Emission * kWh/h * h = faktiskt utsläpp	Emission * kWh/h * h = faktiskt utsläpp				
	27117 km	27117 km	20563 km	994,00 h	994,00 h	598,00 h	598,00 h	115,00 h	115,00 h	115,00 h				
Utsläpp till/Discharge to:				90 kWh/h	90 kWh/h	51,25 kWh/h	51,25 kWh/h	15 kWh/h	15 kWh/h	15 kWh/h				
Luft/Air	%	g	Emissionsfaktor	%	gram emission /kWh	%	gram emission /kWh	%	gram emission /kWh	%				
Summa totalt g	10	7 244	5	0,015	3393	57	0,47	42046	25	0,61	18695	4	1,56	2691
Stoft/Particulaires matter	43	38 570 000	20	78,000	17643054	28	280,8	25120368	10	280,8	8605818	1	280,8	484380
Koldioxid, CO <sub>2</sub>	8	52 040	3	0,100	22619	65	5	447300	22	5	153238	2	6,42E+00	11075
Kolmonoxid, CO	65	66 300	29	0,132	29857	4	0,05	4473	1	0,05	1532	0	0,05	86
Kolväte, CxHy	24	372 500	11	0,770	174169	48	8,37	748780	16	8,37	256520	1	13,07	22546
Kväveoxider, NOx						73	3,50E-01	31311	25	3,50E-01	10727	1	0,35	604
Dikväveoxid, N <sub>2</sub> O	43	30 080	19	0,060	13572	28	0,216	19323	9	0,216	6620	1	2,16E-01	373
Svaveldioxid, SO <sub>2</sub>						73	0,002	179	25	0,002	61	1	0,002	3
Ammoniak, NH <sub>3</sub>						72	1,3	116298	25	1,3	39842	3	2,91	5020
NMVOG														

Källa: (Persson K., 1999), (NTM., 2002)

## Appendix 2

Normaliseringsfaktor		4 500 000	39 190	29 446	1 150	1 634 000	
		100 år	N-ekv	SOx ekv	eten-ekv	bensen	
Utsläpp summa till resp. miljöpåverkan-kategori		GWP Klimatpåverkan	Övergödning	Försurning	O <sub>3</sub> , ppb* <sup>h</sup> mätbara ozon	Humantox	1
	Summa totalt	Karaktiseringsfaktor	Karaktiseringsfaktor	Karaktiseringsfaktor	Karaktiseringsfaktor	Karaktiseringsfaktor	
Stoft/Particulates matter	74 069					0,096	0,004
Koldioxid, CO <sub>2</sub>	90 423 620	1	20,09				
Kolmonoxid, CO	686 271	2	0,31		0,003	1,79	
Kolväte, CxHy	102 249	3	0,07		0,002	0,17	
Kväveoxider, NOx	1 574 514		1,35	54,24	0,014	19,17	1,16
Dikväveoxid, N <sub>2</sub> O	42 641	320	2,82	3,07			
Svaveldioxid, SO <sub>2</sub>	69 967						
Ammoniak, NH <sub>3</sub>	244		3,64	0,02		0,31	0,013
NMVOG	161 160	3	0,11		0,037	0,1	1E-05
						5,19	

Källa: Erlandsson M., 2002

### Appendix 3

PAH	Klass enligt SNV., 1996	Brandt et al (Concawe., 1992) mg/kg		Skvaltans jord (J&W., 2000-10-16) mg/kg TS	
		Min	Max	Prov 2-1	Prov 13-2
naftalen	övrig	NR	NR	0,1	0,5
acenaftylen	övrig	NR	NR	1,19	0,5
acenaften	övrig	NR	NR	0,1	0,5
flouren	övrig	NR	NR	0,1	0,5
Phenanthrene	övrig	1,7	7,3	1,1	3,6
Anthracene	övrig	<0,1	0,3	0,4	0,52
Fluoranthene	övrig	0,4	0,7	2,5	6
Pyrene	övrig	0,3	1,5	2	5,1
Chrysene	Canc	0,5	3,9	1,7	1,9
Benzo(a)antracene	Canc	0,1	1,1	1,3	1,4
Perylene		0,1	3,3	NR	NR
Benzo(b)fluoranten		NR	NR	2	3,2
Benzo(k)fluoranthene	Canc	ND	0,2	0,75	1,2
Benzo(e)pyrene		NR	NR	NR	NR
Benzo(a)pyrene	Canc	0,2	1,8	1,3	2,3
Dibenz(ah)anthracenes	Canc	NR	NR	0,26	0,32
Indino 1,2,3-cd) pyrene	Canc	NR	NR	1	1,7
Benzo(ghi)perylene	övrig	1,7	4,2	0,94	1,7
Anthanthrene		0,1	0,1	NR	NR
Dibenzo(al)pyrene		ND	ND	NR	NR
Dibenzo(ai)pyrene		ND	0,6	NR	NR
Coronene		ND	0,4	NR	NR
<b>Summa cancerogena jämförbara mg/kg</b>		0,8	7	5,05	6,8
<b>Genomsnitt canc jämförbara mg/kg</b>		3,9		5,9	
Canc jämf. Skvaltans asfalt /jord		0,02592 kg	0,2268kg		
			0,1264kg		
<b>Summa övriga jämförbara mg/kg</b>		4,2	14	6,94	16,9
<b>Genomsnitt övriga jämförbara mg/kg</b>		9,1		11,9	
<b>Summa PAH tot (canc + övriga jämförbara (genomsnitt)) mg/kg</b>		13		17,9	
<b>Summa PAH tot i Skvaltans asfalt</b>			0,42 kg		
Summa bitumen i Skvaltans asfalt			32 400kg		
NR = Not reported ND = Not detectable					

Källa: (Concawe., 1994), (J&W., 2000-10-16), (SNV., 1996)

## IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbetet för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

### Forskning- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie)  
IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden  
IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt  
IVLs hemsida: [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsservice registreras i IVLs A-serie. Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



---

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

P.O.Box 210 60, SE-100 31 Stockholm  
Hälsingegatan 43, Stockholm  
Tel: +46 8 598 563 00  
Fax: +46 8 598 563 90

P.O.Box 470 86, SE-402 58 Göteborg  
Dagjämningsgatan 1, Göteborg  
Tel: +46 31 725 62 00  
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult  
Aneboda, Lammhult  
Tel: +46 472 26 77 80  
Fax: +46 472 26 77 90

[www.ivl.se](http://www.ivl.se)