



TRONDHEIM KOMMUNE

Miljøenheten

Gjenbruk av strøsand – anbefalinger og krav basert på kornfordeling og innhold av miljøgifter

Rapport 2010/02



**TRONDHEIM KOMMUNE, MILJØENHETEN.
CITY OF TRONDHEIM, DEPARTMENT OF ENVIRONMENT**

RAPPORT, REPORT.

Tittel:

Gjenbruk av strøsand – anbefalinger og krav basert på kornfordeling og innhold av miljøgifter

Forfatter(e):

Bjørn Ove Berthelsen

Dato: 28.05.2010

Rapport nr. TM 2010/02
ISBN 978-82-7727-119-4

Sammendrag:

Trondheim kommune bruker årlig store mengder strøsand på kommunale veger, gang- og sykkelbaner, og vurderer nå gjenbruk av deler av strøstanden. Omfattende bruk av strøsand koster, det legger beslag på deponiplass (mesteparten av strøstanden samles opp igjen om våren og legges på deponi), og det er i utgangspunktet dårlig ressursutnyttelse. Det vurderes derfor gjenbruk av strøsand. Viktige forutsetninger for gjenbruk, er at den brukte sanden inneholder lite finstoff som kan bli svevestøv, og strøstanden må ikke inneholde høye nivåer av miljøgifter som tungmetaller og polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Brukt strøsand fra boligområder i Trondheim som ikke er forurensningsbelastet egner seg for gjenbruk etter grundig vasking av strøstanden, som fjerner det meste av finstoff/partikler.

Strøstanden inneholder svært lite miljøgifter, og ligger godt innenfor Tilstandsklasse 1 ("Meget god") i Klima- og forurensningsdirektoratet sin veileder Tilstandsklasser for forurenset grunn, TA-2553/2009.

Stikkord, emneord:

Strøsand
Spormetaller
Tungmetaller
Miljøgifter
PAH

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	4
INNLEDNING.....	5
RESULTAT OG VURDERING	6
VEDLEGG	9
VEDLEGG 1: PRØVEOVERSIKT	10
VEDLEGG 2: OPPARBEIDING AV PRØVER FOR KORNFORDELINGSANALYSE	11
VEDLEGG 3: KORNFORDELINGSANALYSER/SIKTEPLOTT.....	12
VEDLEGG 4: ANALYSEMETODER FOR GRUNNSTOFF OG PAH.....	21
VEDLEGG 5: RESULTATER, GRUNNSTOFFANALYSER	22
VEDLEGG 6: RESULTATER, PAH-ANALYSER	25
VEDLEGG 7: TILSTANDSKLASSER FOR FORURENSET GRUNN.....	28

SAMMENDRAG

Trondheim bydrift vurderer gjenbruk av strøsand, samlet opp fra veier/gater og gang-/sykkelveier. Gjenbruk av strøsand er i utgangspunktet god ressursutnyttelse og reduserer behovet for deponering av gammel strøsand. Noen forutsetninger må imidlertid være oppfylt for at strøsand skal brukes på nytt:

- Det må være kostnadmessig forsvarlig
- Den gjenbrukte strøanden må ikke inneholde store mengder finstoff/partikler, og den må ikke inneholde partikler med diameter mindre enn 10 mikrometer (μm), PM_{10} , som kan bidra til å forverre svevestøvproblemene i Trondheim når de fine partiklene virvles opp
- Gjenbrukt sand må ikke inneholde miljøgifter

Den foreliggende rapporten presenterer kornfordelingsanalyser, analyser av spormetaller, tungmetaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i innsamlet, brukt strøsand som er vurdert brukt på nytt. Ny strøsand er også analysert m.h.p. de samme parametrene for å undersøke om andel finstoff og nivåer av miljøgifter øker etter at strøanden har vært brukt en vinter. Både ny og brukt strøsand som brukes/skal brukes av Trondheim kommune vaskes grundig før den spres for å fjerne finstoff som ellers kan bidra til å øke svevestøvnivåene i byen. Slam fra avløpskum etter vasking av strøanden som skal gjenbrukes er også analysert m.h.p. miljøgifter for å undersøke om miljøgifter vaskes ut av den gamle strøanden og havner i avløpet. Grunnlaget for vurdering av tilstand og evt. gjenbruk av gammel strøsand er at den for alle parametre ligger innenfor tilstandsklasse *Meget god* eller *God* i.h.h.t. Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF) sine tilstandsklasser for forurenset grunn (se Vedlegg 7).

De økonomiske sidene ved gjenbruk av strøsand er ikke vurdert i denne rapporten.

- Strøsand som har ligget en vinter i bolig-gater og på gang-/sykkelveier har selv etter grundig vasking en relativt høy andel finstoff, men ikke partikler klassifisert som PM_{10} . Finstoff finnes ikke i helt ny strøsand, jfr. Trondheim kommunes kvalitetskrav til leveranse
- Nivåene av miljøgifter, både tungmetaller og PAH i gammel strøsand er svært lave; alle prøvene ligger innenfor tilstandsklasse *Meget god*
- Slam fra avløpskum etter vasking av gammel strøsand inneholder også lave til svært lave nivåer av miljøgifter. Det betyr at brukt strøsand ikke inneholder forhøyede nivåer av miljøgifter som vaskes ut gjennom vaskeprosessen

Den brukte strøanden undersøkt er samlet inn i bolig-gater og gang-/sykkelveier på Heimdal der forurensningsnivåene generelt er svært lave.

Anbefalinger:

- Strøsand brukt én vinter fra boligområder eller andre områder med lite trafikk, lav forurensningsbelastning i grunnen eller fra industrielle eller lignende kilder kan gjenbrukes. Dersom den skal brukes enda flere år, må sanden analyseres m.h.p. kornfordeling først. Inneholder den PM_{10} -partikler etter vasking bør den ikke brukes på nytt
- Brukt strøsand fra sentrum og andre potensielt forurensede områder i byen må først analyseres m.h.p. miljøgifter og vurderes i.h.h.t. nasjonale tilstandsklasser før den brukes på nytt.
- Det bør gjennomføres undersøkelser av brukt sand etter at den er lagt ut, med vurdering av sikkerhet; gir brukt sand like god friksjon som ny sand?

Det iverksettes nå tilsvarende undersøkelser av brukt strøsand samlet inn fra flere lokaliteter i Trondheim, med fokus på forurensede sentrumsområder.

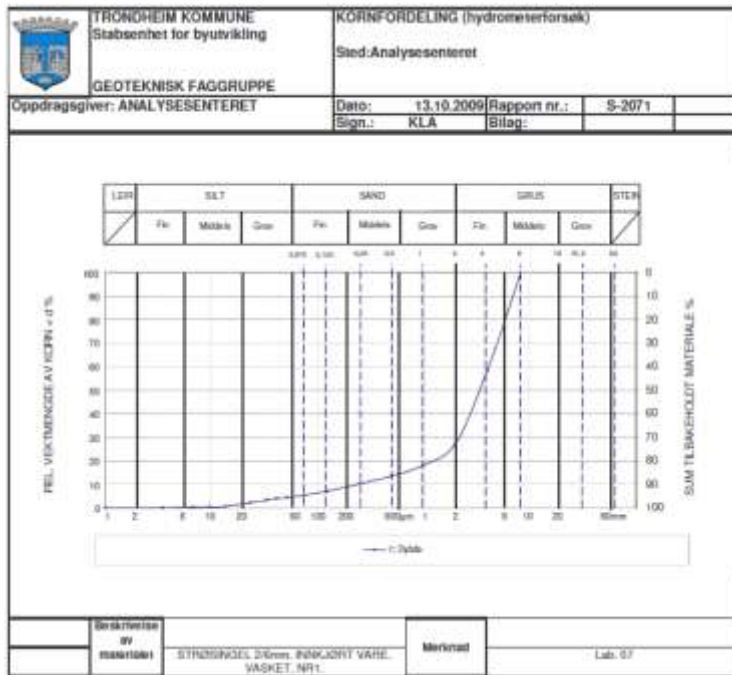
INNLEDNING

Trondheim bydrift la vinteren 2009/2010 ut ca. 13.500 tonn strøsand til en verdi av ca. 945.000 kroner. Strøsanden fjernes hver vår og legges på deponi. Dersom brukt strøsand kan gjenbrukes, vil dette være god ressursutnyttelse. Gjenbruk vil dessuten dempe presset på eksisterende masedeponier, og det kan spare kommunen for kostnader. En viktig forutsetning for gjenbruk, er at den gamle sanden ikke inneholder finstoff, og spesielt ikke partikler med diameter mindre enn 10 μm (PM_{10}), som kan bidra til å øke svevestøvnivåene i byen. Det er heller ikke holdbart å spre strøsand i byen som inneholder miljøgifter. Brukt strøsand kan potensielt inneholde miljøgifter som er tilført i løpet av vinteren og våren bl.a. fra biltrafikk, industrielle kilder og fyring.

Hensikten med den foreliggende undersøkelsen er, basert på kornfordelingsanalyser og kjemiske analyser av en rekke miljøgifter og andre spor- og tungmetaller av brukt strøsand, å komme med en anbefaling om hvor vidt brukt strøsand kan gjenbrukes.

RESULTAT OG VURDERING

Resultater fra kornfordelingsanalyser av ny og brukt strøsand er vist i Figur 1 og 2. Alle kornfordelingskurver er vist i Vedlegg 3.



Figur 1 Kornfordelingskurve for vasket strøsand brukt i bolig-gater og på gang-/sykkelveier i boligstrøk på Heimdal.



Figur 2. Kornfordelingskurve for ny, vasket strøsand.

Ny, vasket strøsand inneholder ingen korn/partikler mindre enn ca. 1,5 mm i diameter (Figur 2). Når strøanden har ligget ute på veier og gang-/sykkelveier over vinteren, males en del av strøanden opp. Vasking bidrar ikke til å fjerne alt finstoff i den brukte sanden (Figur 1), men sanden inneholder likevel ikke partikler definert som svevestøv (partikler med diameter mindre enn 10 µm, PM₁₀). Det er en viss risiko for at den gjenbrukte sanden males ytterligere opp, men det vurderes likevel som forsvarlig å bruke sanden på nytt. Finstoff fra gjenbrukt strøsand vil bidra marginalt til svevestøvnivåene i uteluft.

Gjennomsnittsverdier fra analyse av spor- og tungmetaller av ny strøsand, brukt strøsand og slam fra avløpskum etter vasking av brukt strøsand er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Konsentrasjoner av spor- og tungmetaller i ny strøsand, brukt strøsand og slam fra vaskekum (avløpskum) i mg stoff pr. kg tørrstoff. Tilstandsklasse er vist med farge for de stoffene som er underlagt grenseverdier (se Vedlegg 7 for tilstandsklassene); blå = Meget god

	Ny sand	Brukt sand	Slam-vaskekum
Bly	0,55	1,76	2,77
Kobber	13,3	18,2	43,0
Nikkel	16,0	19,9	28,4
Yttrium	2,31	4,30	5,90
Sink	7,72	20,62	23,62
Vanadium	15,5	28,1	47,7
Krom	21,3	25,4	48,5
Kobolt	6,3	8,9	16,6
Arsen	1,97	2,09	6,07
Barium	2,38	11,59	10,44
Strontium	20,5	27,5	21,1
Kadmium	0,016	0,047	0,035
Molybden	0,08	0,52	0,32
Vismut		0,25	
Palladium	0,05		
Kvikksølv		0,007	0,013
Magnesium	4448	5703	9150
Kalsium	7747	15723	12483
Titan	311	670	1657
Jern	7558	13267	19767
Aluminium	3538	6085	10155
Mangan	149	259	299
Silisium	73	164	183
Natrium	24	68	89

Gjennomsnittsverdier for 16 forskjellige PAH-forbindelser og sum PAH-16 (også for karsinogene/kreftkremkallende PAH'er) i brukt sand er vist i Tabell 2. Nivåene av PAH i ny sand og slam fra avløpskum var ikke målbare.

Tabell 2. Gjennomsnittsverdier av 16 ulike PAH-forbindelser og SUM PAH-16 (mg stoff pr. kg tørrstoff). Ikke målbare verdier (verdier under deteksjonsgrensen) er angitt med <DG. Tilstandsklasse er vist for Sum PAH-16 (se Vedlegg 7 for tilstandsklassene).

PAH	Brukt sand
Naftalen	<DG
Acenaftylen	<DG
Acenaften	<DG
Fluoren	<DG
Fenantren	<DG
Antracen	<DG
Fluoranten	0,008
Pyren	0,011
Benso(a)antracen	<DG
Krysen	0,015
Benso(b)fluoranten	<DG
Benso(k)fluoranten	<DG
Benso(a)pyren	<DG
Dibenso(ah)antracen	<DG
Benso(ghi)perylene	0,009
Indeno(123cd)pyren	<DG
Sum PAH-16	0,035
Sum PAH-16 Karsinogene	0,015

Maksimumsverdi for henholdsvis Sum PAH-16 og Sum PAH-16 Karsinogene er 0,063 og 0,019 mg/kg tørrstoff.

Nivåene av spor- og tungmetaller og PAH er noe høyere i brukt enn i ny sand. Nivåene i brukt sand er imidlertid svært lave, og tilfredsstillende for alle parametre kravene til Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF) sin strengeste tilstandsklasse *Meget god*. Brukt strøssand fra boligområder på Heimdal kan derfor klassifiseres som rene masser.

Det er små forskjeller mellom brukt strøssand og slam fra avløpskum når det gjelder nivåer av miljøgifter og tungmetaller. Det viser at brukt strøssand fra Heimdal ikke inneholder forhøyede nivåer av miljøgifter som skylles ut i avløpet under vasking av strøssanden.

På grunnlag av kjemiske analyser og kornfordelingsanalyser kan det konkluderes med at brukt strøssand fra boligområder eller andre områder med lav forurensnings- og trafikkbelastning kan disponeres fritt, og gjenbrukes som strøssand minst ett år til. Før strøssand fra lite forurensede områder gjenbrukes må de underlegges kornfordelingsanalyser for evt. å avdekke om sanden inneholder finpartikler som kan virvles opp av trafikk og vind og danne svevestøv. Dersom brukt strøssand etter vasking inneholder PM₁₀-partikler, bør den ikke brukes på nytt.

VEDLEGG

- Vedlegg 1 Prøveoversikt
- Vedlegg 2 Opparbeiding av prøver for kornfordelingsanalyse
- Vedlegg 3 Kornfordelingsanalyser/Sikteplott
- Vedlegg 4 Analysemetoder for grunnstoff og PAH
- Vedlegg 5 Resultater, grunnstoffanalyser
- Vedlegg 6 Resultater, PAH-analyser
- Vedlegg 7 Tilstandsklasser for forurenset grunn

Vedlegg 1: Prøveoversikt

Det ble tatt ut to prøver (dubletter) av alle typer prøvemateriale unntatt slam fra sandfangkum,

Lab. nr	Prøvetype	Merknad
1	Vasket slam fra kum nr. 1	Avløpskum for vaskevann fra vasking av strøsand
2	Vasket slam fra kum nr. 2	Avløpskum for vaskevann fra vasking av strøsand
3	Strøsingel ubehandlet nr. 1	Strøsand rett fra knuseprosessen
4	Strøsingel ubehandlet nr. 2	Strøsand rett fra knuseprosessen
5	Strøsingel m/overkorn. Ferdig vare. Vasket nr. 1	Strøsand klar til utlegging i gater; vasket ihht. Trondheim kommunes kvalitetskrav
6	Strøsingel m/overkorn. Ferdig vare. Vasket nr. 2	Strøsand klar til utlegging i gater; vasket ihht. Trondheim kommunes kvalitetskrav
7	Strøsingel 2/6 mm. Innkjørt vare. Vasket nr. 1	Strøsand brukt én sesong; vasket og klar til bruk
8	Strøsingel 2/6 mm. Innkjørt vare. Vasket nr. 2	Strøsand brukt én sesong; vasket og klar til bruk
9	Slam fra kum	Fra avløpskum for vaskevann

Vedlegg 2: Opparbeiding av prøver for kornfordelingsanalyse

Prøveuttaking:

Prøvene ble tømt ut i en haug på en stor plastsekk, og et "kakestykke" ble tatt ut; dette for å få en så representativ prøve som mulig. Alle prøvene ble tørket i varmeskap over natten og underlagt kornfordelingsanalyse i en siktemaskin. Siktingen av prøven pågikk i 10 min, for deretter å summasjonsveie gjenværende materiale på de enkelte sikt.

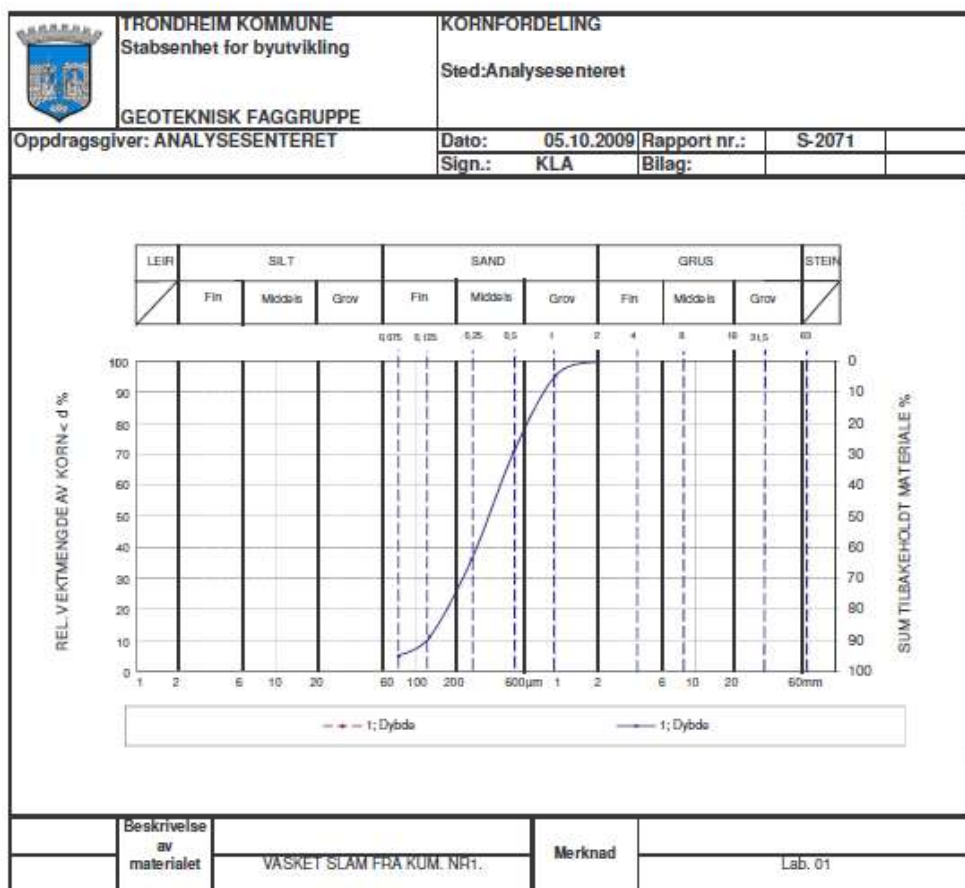
Slammet fra kum, som var veldig hardt, ble forsøkt tatt ut en så representativ prøve som mulig av. Denne prøven måtte bløtes godt og siktes gjennom en 75mm sikt. Materiale større enn 75mm ble tørket og det ble utført en kornfordelingsanalyse. Av materialet mindre enn 75mm, ble det tatt ut en representativ prøve og utført en slemmeanalyse på. Materiale mindre enn 75mm ble tørket og lagt til i beregningene.

Vedlegg 3: Kornfordelingsanalyser/Sikteplott

Det er ikke gjennomført kornfordelingsanalyser for partikkelstørrelser mindre enn 75 µm for vasket slam fra kum nr. 1 og 2. Kornfordeling mindre enn 75 µm krever tilleggsanalyse (slemmeanalyse), og det ble ikke ansett som vesentlig å kjenne til hele kornfordelingskurven for vasket slam. For prøvene av innkjørt, vasket sand som skal brukes på nytt, var slemmeanalyser viktig. Inneholder denne strøsingelen mye finstoff, vil den ikke være egnet for gjenbruk.

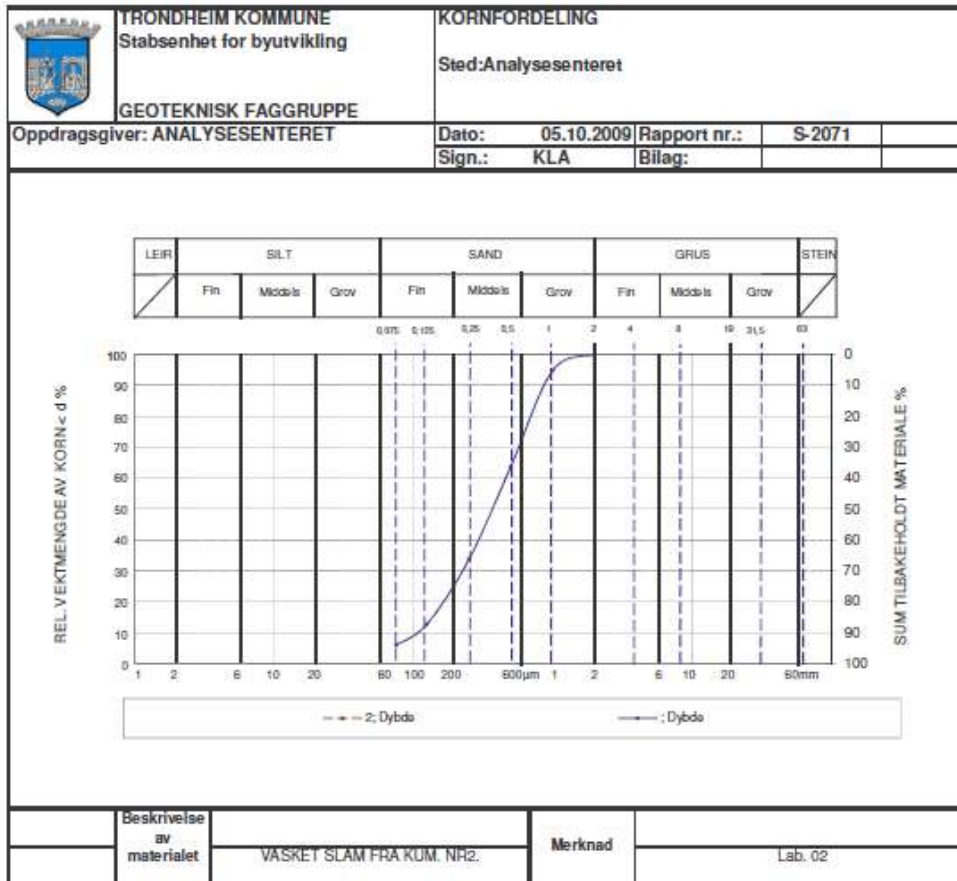
Tabellen til høyre for hver kornfordelingskurve angir størrelsen på siktet i millimeter, rest angir mengde masse som blir igjen på hvert sikt, og % angir mengde stoff igjen på hvert sikt i prosent av total mengde stoff innveid. Differanse mellom mengde og % på 0,075 sikt og "bunn" angir mengde stoff som går gjennom det fineste siktet på 0,075 mm.

Vasket slam fra kum nr. 1.

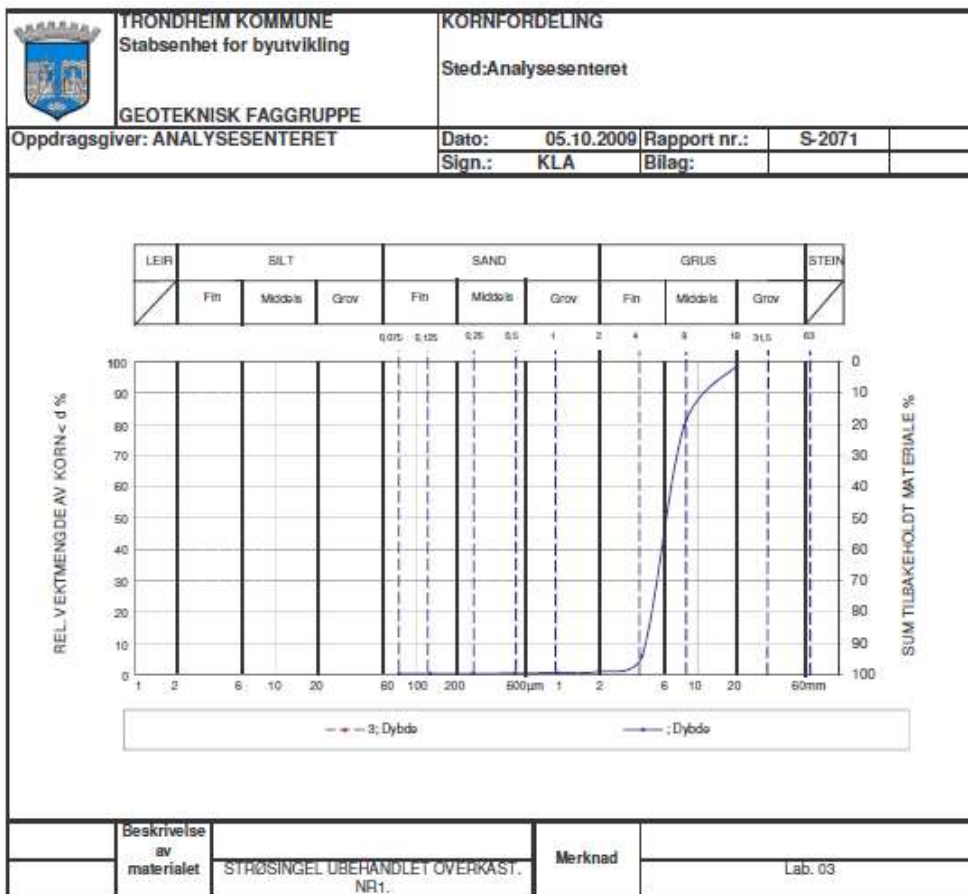


Sikt	Avlest	
	Rest	%
63,0		
31,5		
19,0		
8,0		
4,0		
2,0	0,5	0,10
1,0	23,0	4,63
0,5	146,1	29,41
0,25	317,5	63,92
0,125	442,1	89,01
0,075	472,2	95,07
Bunn	496,7	100,00
Totalt	496,7	100,00

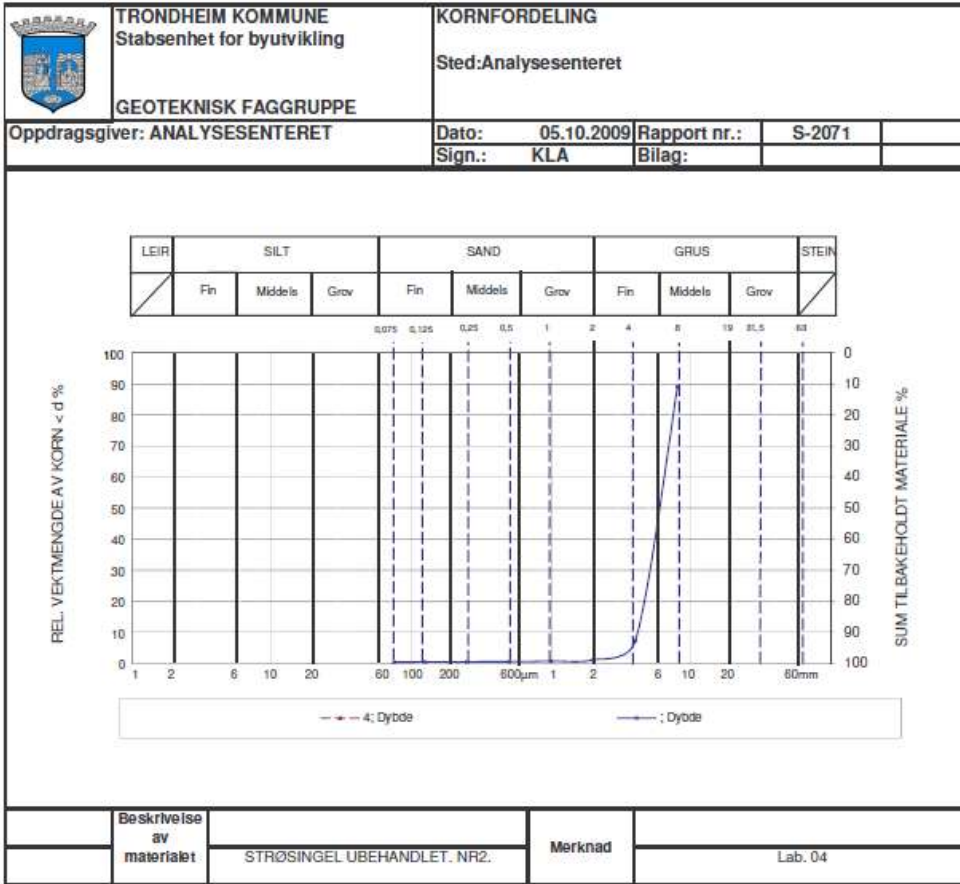
Vasket slam fra kum nr. 2.



Strøsingel ubehandlet nr. 1



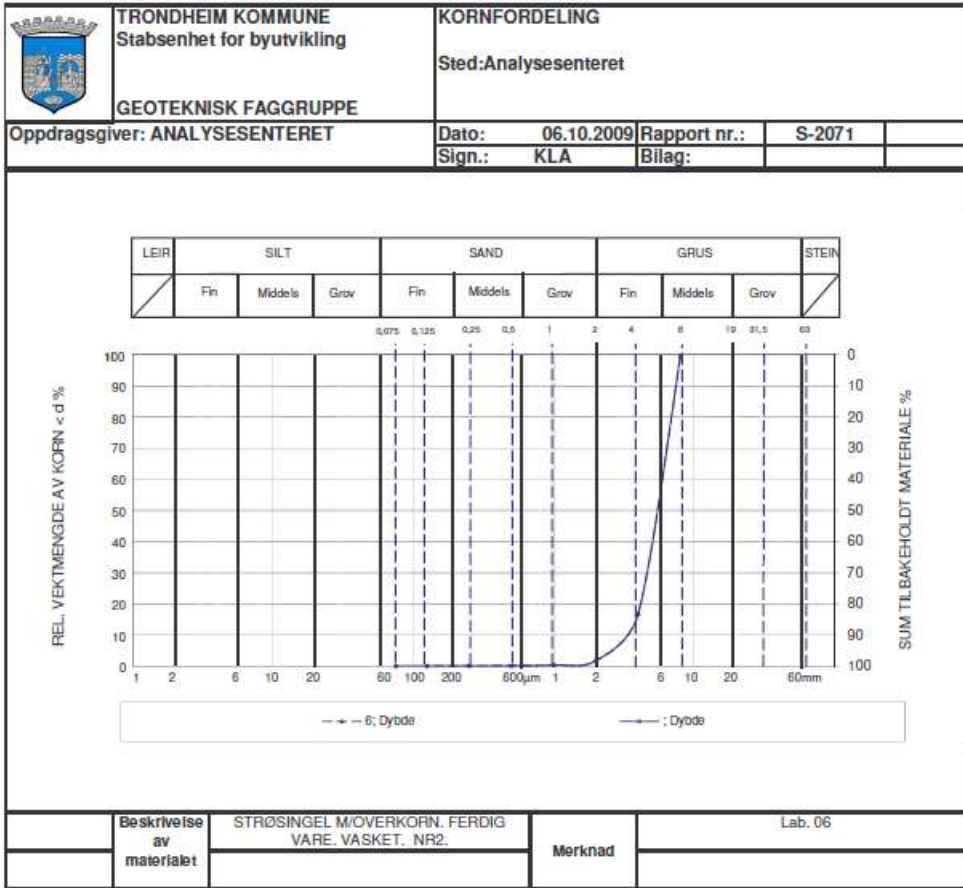
Strøsingel ubehandlet nr. 2.



Strøsingel ferdig vare; vasket nr. 1



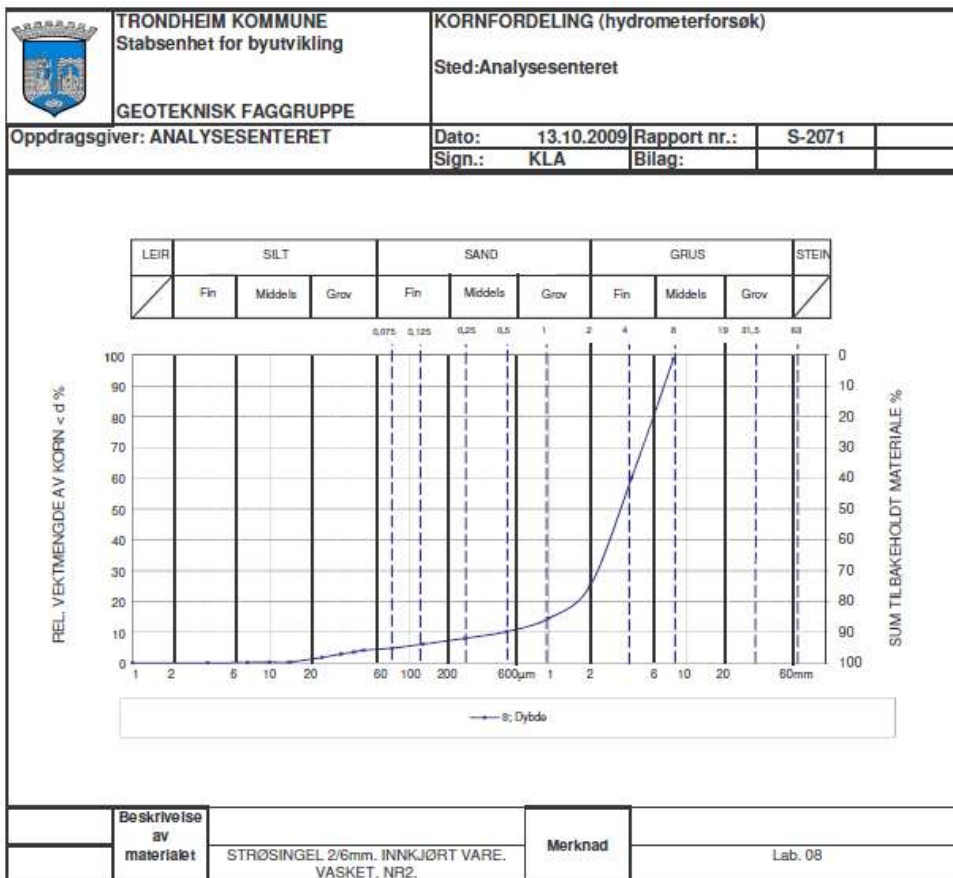
Strøsingel ferdig vare; vasket nr. 2



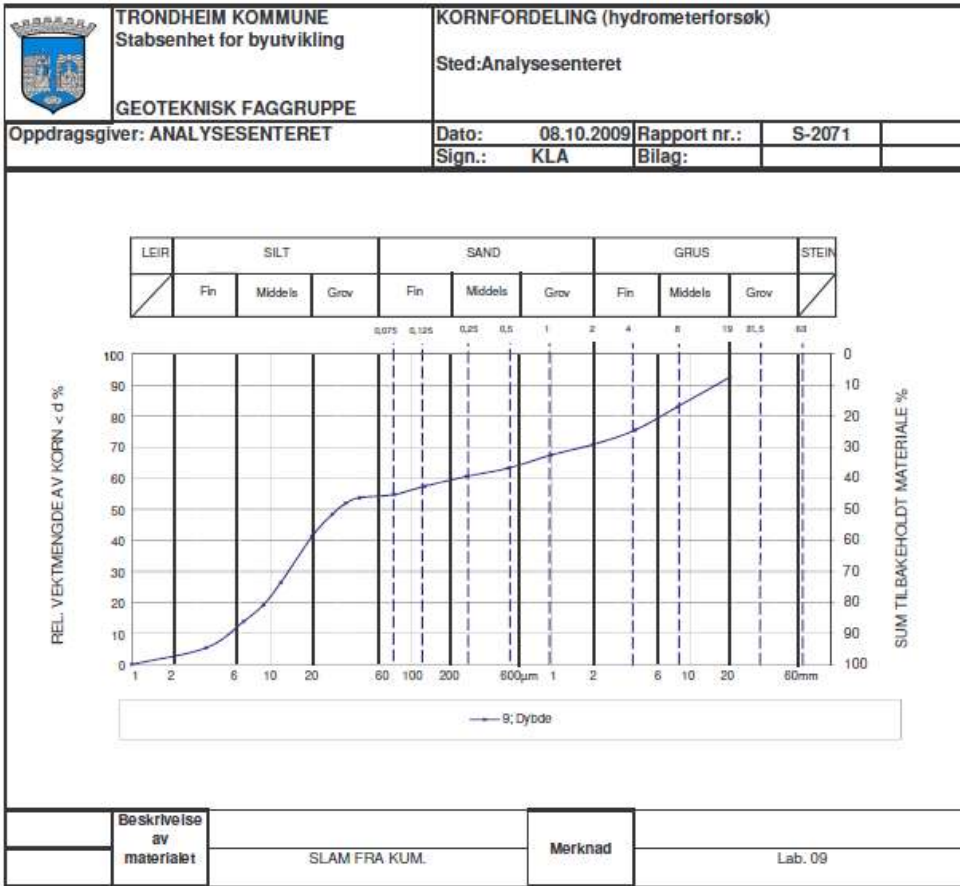
Strøsingel; innkjørt vare nr. 1.



Strøsingel; innkjørt vare nr. 2.



Slam fra kum.



Vedlegg 4: Analysemetoder for grunnstoff og PAH

Grunnstoffanalyser er utført av Analysesenteret, Trondheim kommune

PAH-analyser er utført av ALS Scandinavia.

Stoff	Symbol	Analysemetode	Stoff	Symbol	Analysemetode
Tinn	Sn	ICP-MS fast stoff	Antimon	Sb	ICP-MS fast stoff
Kadmium	Cd	ICP-MS fast stoff	Strontium	Sr	ICP-MS fast stoff
Bly	Pb	ICP-MS fast stoff	Palladium	Pd	ICP-MS fast stoff
Kobber	Cu	ICP-MS fast stoff	Platina	Pt	ICP-MS fast stoff
Nikkel	Ni	ICP-MS fast stoff	Kvikksølv	Hg	AAS - kalddampeteknikk
Yttrium	Y	ICP-MS fast stoff	PAH		GC-MS
Molybden	Mo	ICP			
Sink	Zn	ICP-MS fast stoff			
Natrium	Na	ICP			
Magnesium	Mg	ICP			
Vismut	Bi	ICP-MS fast stoff			
Silisium	Si	ICP-MS fast stoff			
Kalsium	Ca	ICP			
Titan	Ti	ICP-MS fast stoff			
Vanadium	V	ICP-MS fast stoff			
Krom	Cr	ICP-MS fast stoff			
Mangan	Mn	ICP-MS			
Jern	Fe	ICP			
Kobolt	Co	ICP			
Arsen	As	ICP			
Aluminium	Al	ICP-MS fast stoff			
Barium	Ba	ICP-MS			

Vedlegg 5 Resultater, grunnstoffanalyser

Det ble tatt ut 6 prøver av hver prøvetype for analyse. Gjennomsnitt er aritmetisk middelværdi; SE angir standardfeil. Alle tall i mg stoff pr. kg tørrstoff. Tørrstoffandel er oppgitt i vekt-% for hver enkelt prøve. Verdier under deteksjonsgrensen er vist i rødt. Det oppgitte tallet i rødt er deteksjonsgrensen for den enkelte analysen. For parametre der noen verdier er over og noen under deteksjonsgrensen, er analyseverdier under deteksjonsgrensen satt til halve deteksjonsgrensen. Tilstandsklasse er angitt for hver enkelt analyseverdi (se Vedlegg 7 for tilstandsklassene). For grunnstoffene der tilstandsklasse ikke er angitt, foreligger det ingen grenseverdi.

Vasket, UBRUKT strøsand.

	I	II	III	IV	V	VI	Gjennomsnitt	SE
Tinn	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	
Kadmium	0,030	0,030	0,005	0,005	0,005	0,020	0,016	0,005
Bly	0,89	0,39	0,34	0,62	0,29	0,76	0,55	0,09
Kobber	12,3	9,5	19,6	10,2	18,6	9,6	13,3	1,7
Nikkel	12,9	28,8	10,2	10,1	10,0	24,0	16,0	3,1
Yttrium	2,76	1,93	2,01	2,16	2,25	2,72	2,31	0,13
Molybden	0,10	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,02
Sink	9,00	9,25	6,45	6,88	7,86	6,90	7,72	0,44
Natrium	38	12	25	12	27	31	24	4
Magnesium	4110	6480	3120	3510	4070	5400	4448	470
Vismut	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	
Silisium	75	62	61	76	99	66	73	5
Kalsium	12300	7600	8160	5820	6490	6110	7747	896
Titan	283	294	350	322	355	260	311	14
Vanadium	17,2	12,9	13,6	17,0	15,2	16,8	15,5	0,7
Krom	26,2	27,6	15,3	12,5	16,7	29,3	21,3	2,7
Mangan	182	145	147	129	146	147	149	7
Jern	8750	6930	7040	7560	8050	7020	7558	270
Kobolt	6,3	7,0	5,9	6,2	6,1	6,2	6,3	0,1
Arsen	1,16	3,37	1,55	2,59	1,57	1,60	1,97	0,31
Aluminium	3970	3100	3170	3380	4020	3590	3538	147
Barium	2,40	1,22	1,88	2,91	2,80	3,05	2,38	0,26
Antimon	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	
Strontium	56,6	24,0	12,7	12,0	7,6	9,9	20,5	6,9
Palladium	0,14	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02
Platina	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	
Kvikksølv	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Tørrstoff	98,9	99,2	98,9	98,8	99,1	98,9		

Vasket, BRUKT strøsand

	I	II	III	IV	V	VI	Gjennomsnitt	SE
Tinn	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	
Kadmium	0,05	0,08	0,03	0,01	0,08	0,03	0,05	0,01
Bly	2,51	2,02	1,28	1,42	1,89	1,42	1,76	0,18
Kobber	18,9	14,6	25,6	18,2	18,3	13,3	18,2	1,6
Nikkel	20,9	22,6	24,8	16,4	18,7	15,7	19,9	1,3
Yttrium	4,83	4,33	3,54	3,45	4,17	5,49	4,30	0,29
Molybden	0,5	0,3	0,2	0,3	1,5	0,3	0,5	0,2
Sink	29,1	19,2	19,0	16,2	18,3	21,9	20,6	1,7
Natrium	102	64	65	55	64	55	68	7
Magnesium	6100	6260	5780	4950	4840	6290	5703	243
Vismut	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
Silisium	142	159	140	185	172	186	164	8
Kalsium	7820	50700	7880	5480	9760	12700	15723	6448
Titan	939	658	612	560	586	666	670	51
Vanadium	33,9	31,7	22,6	22,8	23,7	33,9	28,1	2,1
Krom	32,1	30,3	26,1	21,9	20,2	21,8	25,4	1,8
Mangan	213	464	205	190	211	272	259	39
Jern	15700	13300	11600	10900	11900	16200	13267	830
Kobolt	9,5	8,8	11,7	7,4	7,5	8,7	8,9	0,6
Arsen	3,05	1,62	2,87	1,84	1,42	1,76	2,09	0,26
Aluminium	7420	6120	6170	4770	5300	6730	6085	356
Barium	17,10	11,1	10,9	9,72	10,1	10,6	11,59	1,02
Antimon	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	
Strontium	17,2	74,2	17,7	15,1	19,9	20,9	27,5	8,6
Palladium	<0,10	0,19	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
Platina	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	
Kvikksølv	0,005	0,0005	0,002	0,0005	0,004	0,034	0,0069	0,0050
Tørrstoff	89,5	96,7	95,7	96,0	96,3	94,2		

Slam fra kum etter vasking

	I	II	III	IV	V	VI	Gjennomsnitt	SE
Tinn	<0,25	<0,25	<0,25	0,38	<0,25	<0,25		
Kadmium	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,00
Bly	1,05	1,22	1,32	1,40	1,83	9,79	2,77	1,29
Kobber	37,6	44,6	40,5	48,3	43,0	43,9	43,0	1,4
Nikkel	25,6	28,5	30,3	28,8	29,6	27,7	28,4	0,6
Yttrium	5,86	5,60	6,06	6,09	5,85	5,96	5,90	0,07
Molybden	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,0
Sink	21,1	22,6	23,0	24,6	28,7	21,7	23,6	1,0
Natrium	84	84	90	87	92	96	89	2
Magnesium	8990	8850	9100	9680	9470	8810	9150	131
Vismut	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50		
Silisium	180	181	174	217	178	170	183	6
Kalsium	11800	12800	11900	13000	11900	13500	12483	266
Titan	1690	1650	1720	1710	1580	1590	1657	23
Vanadium	49,6	48,1	48,2	49,2	45,5	45,6	47,7	0,7
Krom	46,7	51,0	46,4	48,9	48,7	49,0	48,5	0,6
Mangan	287	293	296	314	294	309	299	4
Jern	19000	19900	19700	21000	20300	18700	19767	314
Kobolt	15,4	17,8	14,9	17,6	15,5	18,5	16,6	0,6
Arsen	5,04	7,43	3,94	7,26	4,61	8,11	6,07	0,65
Aluminium	9700	10100	10800	10300	10200	9830	10155	145
Barium	11,90	9,23	9,40	9,54	14,00	8,58	10,44	0,77
Antimon	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25		
Strontium	19,4	21,5	19,2	21,9	21,8	22,8	21,1	0,5
Palladium	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10		
Platina	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15		
Kvikksølv	0,0005	0,0005	0,0005	0,0670	0,0030	0,0050	0,0128	0,0099
Tørrstoff	91,8	91,6	93,2	91,4	90,5	89,8		

Vedlegg 6: Resultater, PAH-analyser

Det er analysert 6 paralleller av hver av de tre prøvetypene, og resultatene er vist for hver enkelt parallell. Alle tall i mg stoff pr. kg tørrstoff. Tørrstoffandel er oppgitt i vekt-% for hver enkelt prøve. Analyseverdier under deteksjonsgrensen er vist som <DG.

Deteksjonsgrensen for alle PAH-ene er 0,01 mg/kg tørrstoff. Tabellen viser også sum PAH-16 for hver enkelt prøve, som er summen av konsentrasjonene for alle PAH-ene analysert. Tilstandsklasse er angitt for hver enkelt analyseverdi (se Vedlegg 7 for tilstandsklassene)

Vasket, UBRUKT strøsand.

PAH	I	II	III	IV	V	VI
Naftalen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Acenaftylen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Acenaften	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Fluoren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Fenantren	<DG	<DG	0,01	<DG	<DG	<DG
Antracen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Fluoranten	<DG	<DG	0,016	<DG	<DG	<DG
Pyren	<DG	<DG	0,012	<DG	<DG	<DG
Benso(a)antracen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Krysen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(b)fluoranten	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(k)fluoranten	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(a)pyren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Dibenso(ah)antracen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(ghi)perylen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Indeno(123cd)pyren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Sum PAH-16	-	-	0,038	-	-	-
Sum PAH-16 Karsinogene	-	-	-	-	-	-
Tørrstoff	99,0	99,5	98,8	99,4	99,4	99,2

Vasket, BRUKT strøsand.

PAH	I	II	III	IV	V	VI
Naftalen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Acenaftylen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Acenaften	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Fluoren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Fenantren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Antracen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Fluoranten	0,012	<DG	<DG	<DG	0,014	<DG
Pyren	0,017	0,012	0,011	<DG	0,016	<DG
Benso(a)antracen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Krysen	0,019	0,017	0,015	0,014	0,011	0,013
Benso(b)fluoranten	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(k)fluoranten	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(a)pyren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Dibenso(ah)antracen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(ghi)perylen	0,015	0,011	0,01	<DG	<DG	<DG
Indeno(123cd)pyren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Sum PAH-16	0,063	0,04	0,036	0,014	0,041	0,013
Sum PAH-16 Karsinogene	0,019	0,017	0,015	0,014	0,011	0,013
Tørrstoff	92,4	92,2	93,2	94,2	94,4	94,4

Slam fra kum etter vasking

PAH	I	II	III	IV	V	VI
Naftalen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Acenaftylen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Acenaften	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Fluoren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Fenantren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Antracen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Fluoranten	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Pyren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(a)antracen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Krysen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(b)fluoranten	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(k)fluoranten	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(a)pyren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Dibenso(ah)antracen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Benso(ghi)perylen	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Indeno(123cd)pyren	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG	<DG
Sum PAH-16	-	-	-	-	-	-
Sum PAH-16 Karsinogene	-	-	-	-	-	-
Tørrstoff	90,7	90,3	92,3	91,1	90,5	90,7

Vedlegg 7: Tilstandsklasser for forurenset grunn

Tilstandsklasser for forurenset grunn. Konsentrasjonene er angitt i mg/kg tørrstoff.

Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Stoff	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig ³⁾
Arsen	< 8	8- 20	20- 50	50- 600	600- 1 000
Bly	< 60	60- 100	100- 300	300- 700	700- 2 500
Kadmium	<1,5	1,5- 10	10- 15	15- 30	30- 1 000
Kobber	<100	100- 200	200- 1 000	1 000- 8 500	8 500- 25 000
Krom-total	< 50	50-200 ²⁾	200- 500	500- 2 800	2 800- 25 000
Krom VI	< 2	2- 5	5- 20	20- 80	80- 1 000
Kvikksølv	< 1	1- 2	2- 4	4- 10	10- 1 000
Nikkel	< 60	60-135	135- 200	200- 1 200	1 200- 2 500
Sink	< 200	200- 500	500- 1 000	1 000- 5 000	5 000- 25 000
∑ PAH ₁₆	< 2	2- 8	8- 50	50-150	150- 2 500
Benzo(a)pyren	< 0,1	0,1- 0,5	0,5- 5	5- 15	15-100
∑ PCB ₇	< 0,01	0,01-0,5	0,5- 1	1- 5	5- 50
Alifater C ₈ -C ₁₀ ¹⁾	< 10	≤10	10- 40	40- 50	50- 20 000
Alifater >C ₁₀ -C ₁₂ ¹⁾	< 30	30- 60	60- 130	130- 300	300- 20 000
Alifater >C ₁₂ -C ₃₅	< 100	100- 300	300- 600	600- 2 000	2 000- 20 000

- 1) For flyktige stoffer vil gass som eksponeringsvei gi lave grenseverdier for human helse. Dersom gass i bygg ikke er en relevant eksponeringsvei kan det utføres en risikovurdering for å beregne stedsspesifikke akseptkriterier.
- 2) Dersom analysene for krom-total overskrider 100 mg/kg må det analyseres for krom VI, og grenseverdiene for krom VI trer i kraft.
- 3) Grenseverdiene for tilstandsklasse 5, svært dårlig, representerer nedre grense for når massen regnes som farlig avfall. Overskrides denne grensen må massen leveres til godkjent mottak for farlig avfall.

Tabellen er hentet fra Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF) sin veileder *Tilstandsklasser for forurenset grunn*, TA-2553/2009.

Sammenheng mellom planlagt arealbruk og tilstandsklasser i ulike dyp i Trondheim

Planlagt arealbruk	Tilstandsklasse i toppjord (< 1 m)	Tilstandsklasse i dypere liggende jordlag (>1 m)
Boligområder	<p>Tilstandsklasse 2 eller lavere.</p> <p>For dyrking av grønnsaker ved bolig/ barnehage må jorda tilfredsstillende tilstandsklasse 1 for PCB, PAH, benzo(a)pyren, cyanid og heksaklorbenzen.</p>	<p>Tilstandsklasse 3 eller lavere.</p> <p>Tilstandsklasse 4 kan aksepteres for stoffene alifater C8-C12, benzen og trikloreten, dersom det ved risikovurdering av spredning og avgassing kan dokumenteres at risikoen er akseptabel.</p>
Sentrumsområder, kontor og forretninger	<p>Tilstandsklasse 2 eller lavere.</p> <p>Tilstandsklasse 3 kan aksepteres hvis det ved stedsspesifikk risikovurdering av spredning til Nidelva, Trondheimsfjorden eller andre sårbare resipienter kan dokumenteres at risikoen er akseptabel.</p>	<p>Tilstandsklasse 3 eller lavere.</p> <p>Tilstandsklasse 4 kan aksepteres hvis det ved risikovurdering av spredning kan dokumenteres at risikoen er akseptabel.</p> <p>Tilstandsklasse 5 kan aksepteres hvis det ved risikovurdering av både helse og spredning kan dokumenteres at risikoen er akseptabel.</p>
Industri og trafikkareal	<p>Tilstandsklasse 3 kan aksepteres hvis det ved stedsspesifikk risikovurdering av spredning til Nidelva, Trondheimsfjorden, eller andre sårbare resipienter kan dokumenteres at risikoen er akseptabel.</p> <p>Tilstandsklasse 4 kan aksepteres hvis det ved risikovurdering av spredning kan dokumenteres at risikoen er akseptabel.</p>	<p>Tilstandsklasse 3 eller lavere.</p> <p>Tilstandsklasse 4 kan aksepteres hvis det ved risikovurdering av spredning kan dokumenteres at risikoen er akseptabel.</p> <p>Tilstandsklasse 5 kan aksepteres hvis det ved risikovurdering av både helse og spredning kan dokumenteres at risikoen er akseptabel.</p>

Disponering av oppgravde masser / forurensede masser

Tilstandsklasse 1: Disponering av rene masser kan i utgangspunktet disponeres fritt, men må være i tråd med plan- og bygningslovens bestemmelser om terrengendring og forurensningsforskriftens bestemmelser om bakkeplanering.

Tilstandsklasse 2, 3 og 4: Kan gjenbrukes på samme eiendom i henhold til planlagt arealbruk og tabell 2. Overskuddsmasser må disponeres på godkjent mottak for slike masser.

Tilstandsklasse 5: Oppgravde masser må disponeres på godkjent mottak.

Farlig avfall: Må fjernes fra eiendommen i sin helhet og leveres på godkjent mottak for farlig avfall