

NGU Rapport 2006.049

Analyse av mineralinnholdet i støvprøver fra
asfaltkjerner

Rapport nr.: 2006.049		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Analyse av mineralinnholdet i støvprøver fra asfaltkjerter				
Forfatter: Eyolf Erichsen, Henrik Schiellerup og Andreas Grimstvedt		Oppdragsgiver: NTNU, NGU.		
Fylke:		Kommune: Trondheim, Oslo		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 27	Pris: 100,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 20. juni 2006	Prosjektnr.: 2633.00	Ansvarlig:
Sammendrag:				
<p>På oppdrag fra NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport, er seks prøver analysert mineralogisk. Prøvematerialet består av støv (< 10µm) som er produsert ved slitasje av asfaltkjerter med et Trøger apparat. Formålet har vært å sammenholde støvets mineralinnhold med bergartssammensetningen til de ulike asfaltreseptene.</p> <p>Resultatet fra de mineralogiske undersøkelsene av støvprøver fra asfaltkjerter viser rimelig bra samsvar med mineralinnholdet i steinmaterialene som er blitt benyttet som tilslag i asfaltreseptene. Det er for enkelte av mineralfasene og for enkelte av lokalitetene et visst avvik, men dette må sees i forhold til at det er en stor grad av usikkerhet knyttet til tilslagsammensetning i asfaltreseptene og dermed beregningen av potensiell støvsammensetning.</p> <p>Tidligere undersøkelser viser, for to av de totalt seks undersøkte prøvene, tilsvarende rimelig samsvar i mineralsammensetning med innsamlet svevestøv (nedfallsstøv) langs veg. Teknikken med framstilling av kunstig produsert støv fra asfaltkjerter ved hjelp av Trøger apparat gir dermed et rimelig godt bilde over hva slags mineralinnhold man kan forvente opptrer i naturlig svevestøv som følge av slitasje av vegdekket. Det bør dog utføres flere forsøk der man sammenholder Trøger produsert støv opp mot mineralinnholdet til støv innsamlet langs veg og som kan relateres til vegslitasjen.</p>				
Emneord: Mineraler		Asfalt	Trøger	
Støv		Miljøanalyse		

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. KONKLUSJON	5
3. PRØVEMATERIALE OG ANALYSEMETODER.....	6
4. ANALYSERESULTATER.....	6
4.1 XRD analyser	7
4.2 SEM analyser	8
4.3 Beregning av andel mineralsk støv ut fra tilslagssammensetningen	10
5. VURDERING AV ANALYSERESULTATENE I FORHOLD TIL BERGARTS- OG MINERALSAMMENSETNING I ASFALTRESEPTENE	11
6. REFERANSE.....	15

VEDLEGG

Vedlegg 1. Asfaltresepter fra Trondheim.

- " 2. Asfaltresepter fra Oslo.
- " 3. XRD analyse - påviste og mulige mineraler.
- " 4. SEM analyser. Analysekontrakt 2006.0028
- " 5. SEM analyser. Analysekontrakt 2006.0233
- " 6. Bergart og mineralinnhold (%) for tilslagsmateriale som er blitt benyttet i Oslo.
- " 7. Tynn- og planslip av bergarter fra asfaltkjerner prøvetatt i Trondheim.

1. INNLEDNING

På oppdrag fra NTNU, institutt for bygg, anlegg og transport, er seks prøver analysert mineralogisk. Prøvematerialet består av støv ($< 10\mu\text{m}$) som er produsert ved slitasje av asfaltkjerne med et Trøger apparat [1]. Formålet med denne rapporten er å sammenholde støvets mineralinnhold med bergartssammensetningen til de ulike asfaltreseptene.

2. KONKLUSJON

Resultatet fra de mineralogiske undersøkelsene av støvprøver fra asfaltkjerner viser rimelig bra samsvar med mineralinnholdet i steinmaterialene som er blitt benyttet som tilslag i asfaltreseptene. Det er for enkelte av mineralfasene og for enkelte av lokalitetene et visst avvik, men dette må sees i forhold til at det er en stor grad av usikkerhet knyttet til tilslagssammensetning i asfaltreseptene og dermed beregningen av potensiell støvsammensetning. En annen mulig forklaring er at slitesterkt mineral blir underrepresentert i fint støv (svevestøv) i forhold til myke/bløte mineral til tross for at er det slitesterke mineralet dominerende ut fra asfaltresepten.

Tidligere undersøkelser [2] viser, for to av de totalt seks undersøkte prøvene, tilsvarende rimelig samsvar i mineralsammensetning med innsamlet svevestøv (nedfallsstøv) langs veg. Teknikken med framstilling av kunstig produsert støv fra asfaltkjerner ved hjelp av Trøger apparat [1] gir dermed et rimelig godt bilde over hva slags mineralinnhold man kan forvente opptrer i naturlig svevestøv som følge av slitasje av vegdekket. Det bør dog utføres flere forsøk der man sammenholder Trøger produsert støv opp mot mineralinnholdet til støv innsamlet langs veg og som kan relateres til vegslitasjen.

3. PRØVEMATERIALE OG ANALYSEMETODER

Asfaltkjernene er tatt fra seks forskjellige vegstrekninger (tabell 1) henholdsvis tre fra Trondheim (vedlegg 1) og tre fra Oslo (vedlegg 2). For to av lokalitetene fra Oslo (Bygdøy Allé og Steingrimsveien) mangler asfaltreseptene og det er kun oppgitt fra hvilken forekomst alt eller noe av steinmaterialet kommer fra.

Tabell 1. Prøvelokaliteter og tilslagssammensetning i asfaltresepten.

Sortering	Prøvelokaliteter					
	Elgeseter gate (2003)*	Prinsens gate	Omkjøringsveien	Bygdøy Allé	Enebakkveien	Steingrimsveien
11/16 mm	-	-	35% Halsetåsen	Steinskogen	-	Aremoen
8/11 mm	47% Ottersbo	45% Ottersbo	27% Halsetåsen		45% Huken	
4/8 mm	-	-	7% Vassfjellet		18% Huken	
0/11 mm	29% Lia	17% knust grus	-		-	
0/8 mm	17% natursand	30% Ottersbo	13% grus		-	
0/4 mm	-	-	16% Vassfjellet		31% Huken	
Kalkfiller	7%	8%	2%		6%	

* Det ble tatt ut asfaltkjerner i Elgeseter gate både 01.04.2003 og 22.04.2004. Dette pga. at den undersøkte strekningen ble reasfaltert sommeren 2003. Det er uvisst hvile kjerner som ble benyttet i dette forsøket. Den oppgitte asfaltresepten er fra reasfalteringen sommeren 2003. Det er usikkert hva som var tilslagssammensetningen for dekket før reasfalteringen. Ulike strekninger langs Elgeseter gate ble reasfaltert i 2000, 2001 og 2002 med noe ulik resept for hvert år. Det er uvisst hvilken resept som ble benyttet på de ulike strekningene og om noen av disse i det hele tatt ble benyttet på det aktuelle prøvestedet.

Det utseparerte støvet (< 10µm) er analysert ved NGU ved både XRD analyse (vedlegg 3) og SEM analyse (vedlegg 4 og 5). Støvet er produsert kunstig av NTNU [1] fra asfaltkjerner med et Trøger apparat etter en teknikk utviklet av NTNU. Opplysninger fra NGUs Pukkdatabase er benyttet for å bestemme bergartstype og mineralinnhold for de tre prøvene fra Oslo (vedlegg 6), mens prøvene fra Trondheim er tidligere analysert [2] ved tynn- og planslip av asfaltkjerner (vedlegg 7).

4. ANALYSERESULTATER

Det er tidligere [2] observert til dels betydelig avvik mellom oppgitt tilslagsinnhold i asfaltresepten med analyser av plan- og tynnslip av asfaltkjerner fra den aktuelle vegsterkningen (vedlegg 1). Det gjør at det er en viss usikkerhet mht. bedømmelse av mineralinnholdet i støvet sammenholdt med oppgitt tilslagssammensetning i resepten. Spesielt vil dette gjelde for de to prøvene fra Oslo der asfaltreseptene mangler. Kontroll av resepten oppnås best ved å analysere bergartssammensetningen i plan- og tynnslip av asfaltkjerner fra vegstrekningen. For Elgeseter og Omkjøringsveien er de nye analysene sammenholdt med tidligere XRD og SEM analyser. SEM analysen for Omkjøringsveien ble reanalysert med nytt prøvemateriale pga. åpenbar feil i den første prøven (prøve 3 i vedlegg 4). Den nye SEM analysen (vedlegg 5) stemmer bedre overens med XRD analysen og asfaltresepten, som domineres av jaspis og skal dermed inneholde mest kvarts. I og med at XRD analysen stemmer godt overens med asfaltresepten har ikke feilen vært i det opprinnelige prøvematerialet, men at dette materialet enten har blitt forurenset eventuelt feil materiale har blitt preparert for SEM analysen.

4.1 XRD analyser

Resultatene fra XRD analysene, både for de seks nye prøvene (vedlegg 3) og tre som ble analysert i 2004 [2], av støv produsert kunstig med Trøger apparat er gitt i tabell 2.

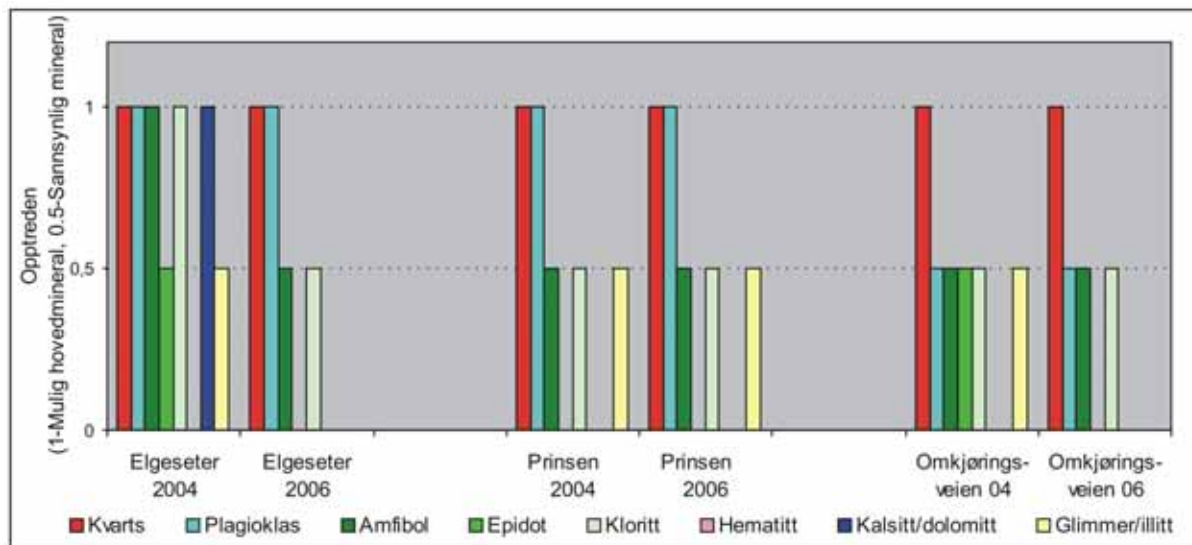
Tabell 2. Røntgendiffraksjon (XRD) analyser.

Observerte mineraler	Prøvelokaliteter								
	Elgeseter 2004	Elgeseter 2006	Prinsen 2004	Prinsen 2006	Omkjøringsveien 04	Omkjøringsveien 06	Bygdøy Allé	Enebakkveien	Steingrimsveien
Kvarts	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Plagioklas	X	X	X	X	x	x	x	X	X
Amfibol	X	x	x	x	x	x	x	X	x
Epidot	x				x				
K-feltpat									
Kloritt	X	x	x	x	x	x	x	(x)	(x)
Hematitt							x	x	
Kalsitt/dolomitt	X	(x)					x	(x)	
Glimmer/illitt	x	(x)	x	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)
Pyroksen		(x)				(x)	(x)	(x)	(x)
Svovelkis						(x)			
Serpentin		(x)		(x)		(x)	(x)	(x)	(x)
Annet		Palygorskite-Sepiolite	halitt (strøsalt)		hematitt, turmalin				

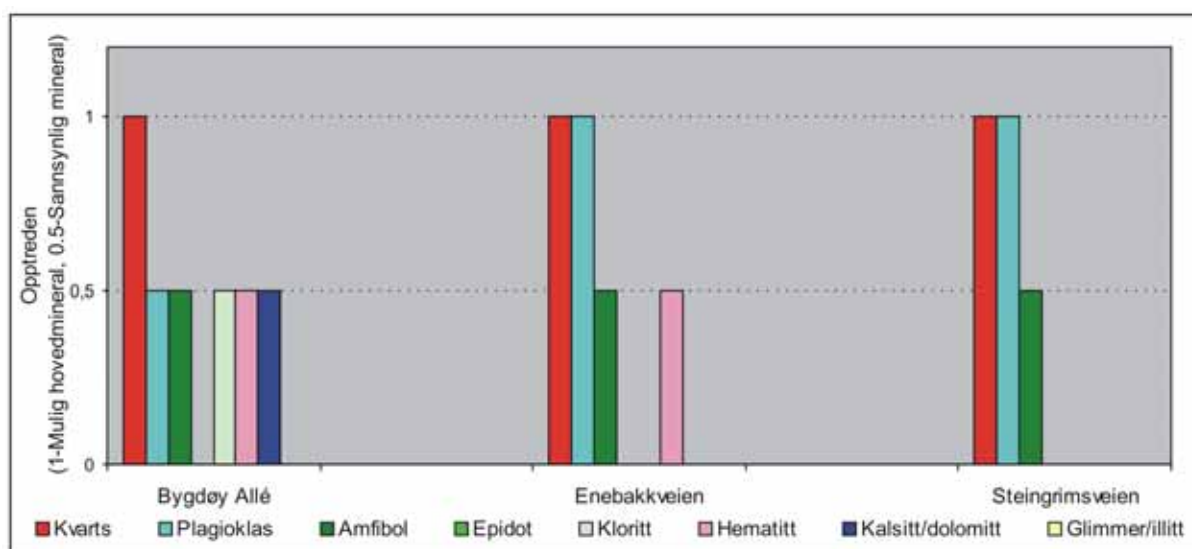
X – Mulige hovedmineraler, x – sannsynlige mineraler, (x) – andre mulige mineraler.

Analysene er en tolkning av hvilke mineraler som kan opptre i prøvene. XRD analysene fungerer i første rekke som støtte for SEM analysene slik at disse resultatene skal bli sikrere. Av figur 1 framkommer at det er ett visst avvik i fordelingen mellom mulig hovedmineral og sannsynlig mineral for de to XRD analysene fra Elgeseter gate. Analysene fra Prinsens gate er identiske, mens det er et mindre avvik for de to prøvene fra Omkjøringsveien analysert i henholdsvis 2004 og 2006. Noe av avviket kan muligens tilskrives at støvprøvene er framskaffet fra forskjellige kjøring på Trøger apparatet på ulike kjerner, men prøvetatt samtidig på samme lokalitet.

Tolket mineralinnhold for prøvene fra Oslo er vist i figur 2.



Figur 1. Parallell XRD analyser utført i henholdsvis 2004 og 2006 for prøvelokalitetene i Trondheim.



Figur 2. XRD analyser utført i 2006 for prøvelokalitetene i Oslo.

4.2 SEM analyser

Det filtrerte støvet produsert med Trøger apparatet ble støpt inn i epoksy og analysert med SEM-EDS (energi-dispersiv røntgenspektrometri) (vedlegg 4 og 5). Det ble analysert mellom 1547 og 8141 korn innenfor et gitt område. Alle korn innenfor disse områdene ble analysert og forsøkt identifisert med støtte i XRD data. Resultatene fra tidligere [2] og nye SEM analyser er gitt i tabell 3.

Tabell 3. Tidligere og nye SEM analyser av filtrert støv produsert med Trøger apparatet. Prosentvis mineralkorninnhold.

Observerte mineraler	Prøvelokaliteter							
	Elgeseter 2004	Elgeseter 2006	Prinsen	Omkjøringsveien 04	Omkjøringsveien 06	Bygdøy Allé	Enebakkveien	Steingrimsveien
Kvarts	22.9	18.6	27.5	45.2	32.8	7.6	12.2	8.9
Plagioklas	23.5	25.6	27.8	14.9	19.6	32.0	40.6	32.3
Amfibol	7.4	18.9	3.5	5.3	7.3	3.7	14.9	30.9
Epidot	13.7	8.2	8.7	8.0	5.7	6.4	4.0	5.4
Kalifeltspat	5.2	5.5	11.7	3.7	4.7	8.8	10.1	0.8
Kloritt	8.8	12.4	11.2	3.4	9.0	4.0	4.8	5.9
Hematitt	2.6	0.7	0.4	9.6	1.1	7.8	6.1	1.1
Karbonat	4.2	0.4		5.0	0.8	1.2		0.2
Muskovitt	2.2	1.2	3.7	0.6	2.2	0.6	0.6	1.4
Biotitt	1.4	0.7	2.1	0.3	1.9	3.1	1.4	3.1
Titanitt	2.6	3.4	1.2	0.9	1.4	8.6	3.5	0.8
Granat						8.7		
Ilmenitt	0.2	0.2		1.2		0.1	0.1	3.7
Pyroksen	2.4	1.6			2.6	1.1	0.6	2.7
Apatitt		0.5	0.5		0.1	2.5	0.4	0.7
Zirkon		1.2	0.8		6.1	2.0	0.2	0.4
Rutil		x		0.3	0.1	0.1	0.1	0.2
Svovelkis		0.3					0.1	0.1
Serpentin		0.1				x		0.2
Spinell			0.1					
Olivin								1.0
Kalsiumsilikat	1.6							
Aluminiumsilikat		0.2			3.6			
Aluminium metall		x						
Stål								
Uidentifisert	1.3	0.1	0.8	1.6	1.0	1.5	0.2	0.4
Sum	100	100	100	100	100	100	100	100

X – Ubetydelige mengder.

For Trøger produsert materiale fra Elgeseter og Omkjøringsveien som ble analysert med SEM både i 2004 og 2006 (tabell 3, figur 3 og 4) er det et lite avvik for enkelte av mineralene. Som for XRD analysene kan noe av avviket muligens tilskrives at støvprøvene er framskaffet fra forskjellige kjøringene på Trøger apparatet på ulike kjerner, men prøvetatt samtidig på samme lokalitet.

Følgende punkter må bemerkes:

- Kalifeltspat er ikke bestemt med XRD, men inngår i signifikante mengder i alle prøver ifølge SEM-analysene. Adskillelsen av kalifeltspat og muskovitt baserer seg vesentlig på Si/Al forholdet og er noe usikker.
- Serpentin, som er anmerket som mulig fase i XRD-analysene, synes ikke å opptre i vesentlig mengde i prøvene.
- Epidot er ikke bestemt med XRD. Det ble valgt som den mest sannsynlige fase i SEM-analysene for et Mg-fritt Ca-Al-Fe silikat.

- Ca-frie Mg-Fe-Al silikater er klassifisert som kloritt, men noen av variantene kan være granater. Granat er imidlertid ikke bestemt med XRD.
- For prøven fra Elgeseter gate er det forsøkt å se på om det opptrer systematiske forskjeller i mineralsammensetningen avhengig av kornstørrelsen. Hele prøven omfatter analyserte korn med lengdeaksler fra 1,3 til 38,6 µm og inneholder kvarts i en relativ mengde på 18,6 %. Fraksjonen under 3 µm (43 % av prøven) inneholder tilsvarende 19,6 % kvarts.
- En korntype er identifisert som "Al-silikat". Dette er en klasse som tilsynelatende ikke inneholder andre kationer enn Al og Si. En oppkonsentrasjon av denne fasen i <10 µm fraksjonen i forhold til prøven som helhet indikerer at fasen sannsynligvis er kaolinitt.

4.3 Beregning av andel mineralisk støv ut fra tilslagssammensetningen

Potensiell mineralisk støvsammensetning for de 6 prøvelokalitetene (tabell 4) er beregnet ut fra hvilke tilslag som inngår i asfaltresepten med en veid faktor ut fra prosentvis andel i resepten (tabell 1). Mineralsammensetningen for tilslagsmaterialet for de ulike forekomstene er gitt i vedlegg 5 og 6.

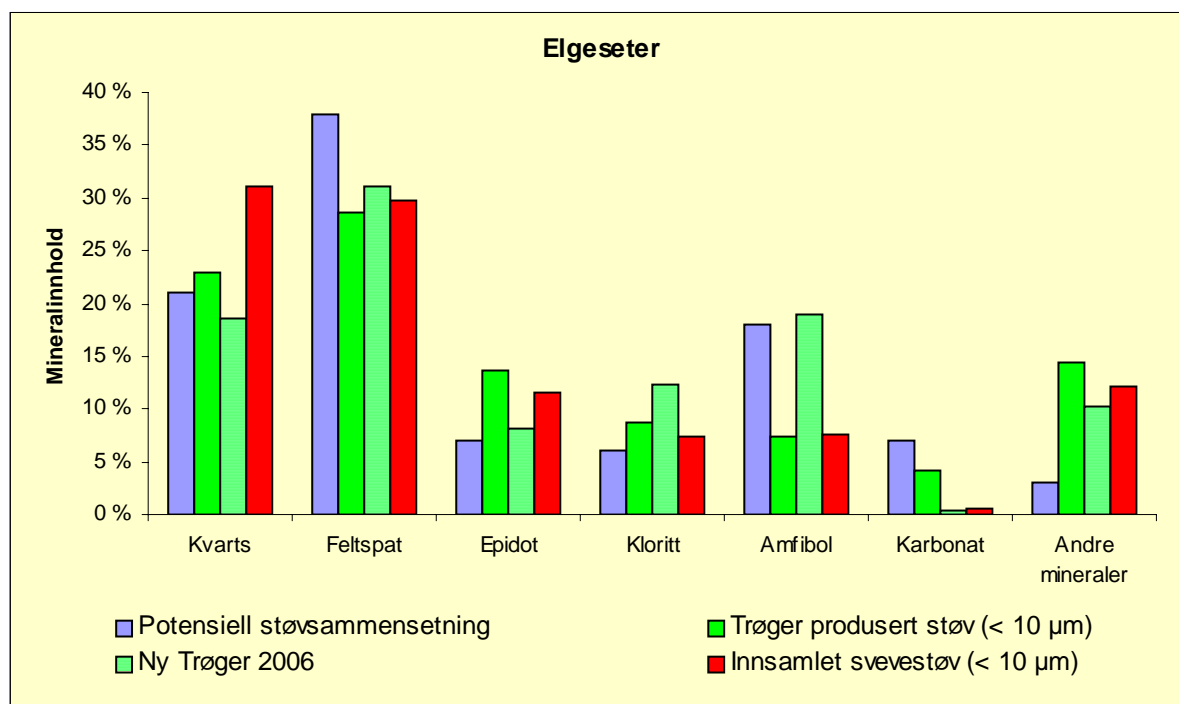
Tabell 4. Potensiell støvsammensetning (%) ut fra tilslagssammensetningen i asfaltresepten.

Observerte mineraler	Prøvelokaliteter					
	Elgeseter	Prinsen	Omkjøringsveien	Bygdøy Allé *	Enebakkveien	Steingrimsveien *
Kvarts	21	23	67	9		
Feltspat	38	43	12	38	56	39
Epidot	7	9	3	19	5	2
Kloritt	6	8	1			
Amfibol + Pyroksen	18	5	12		9	39
Karbonat	7	8	3	20	6	2
Andre mineraler	3	4	2	14	24	18
Sum	100	100	100	100	100	100

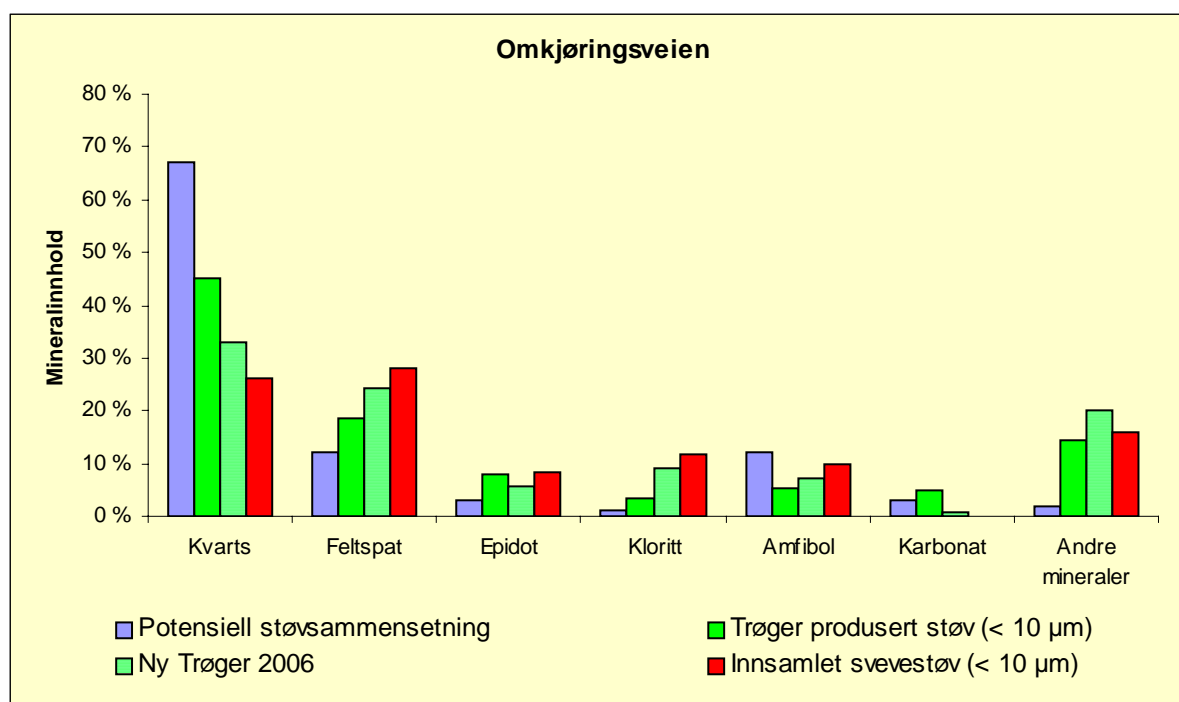
* - Asfaltresepten mangler. Det er kun oppgitt fra hvilken forekomst alt eller deler av tilslagsmaterialet kommer fra.

5. VURDERING AV ANALYSERESULTATENE I FORHOLD TIL BERGARTS- OG MINERALSAMMENSETNING I ASFALTRESEPTENE

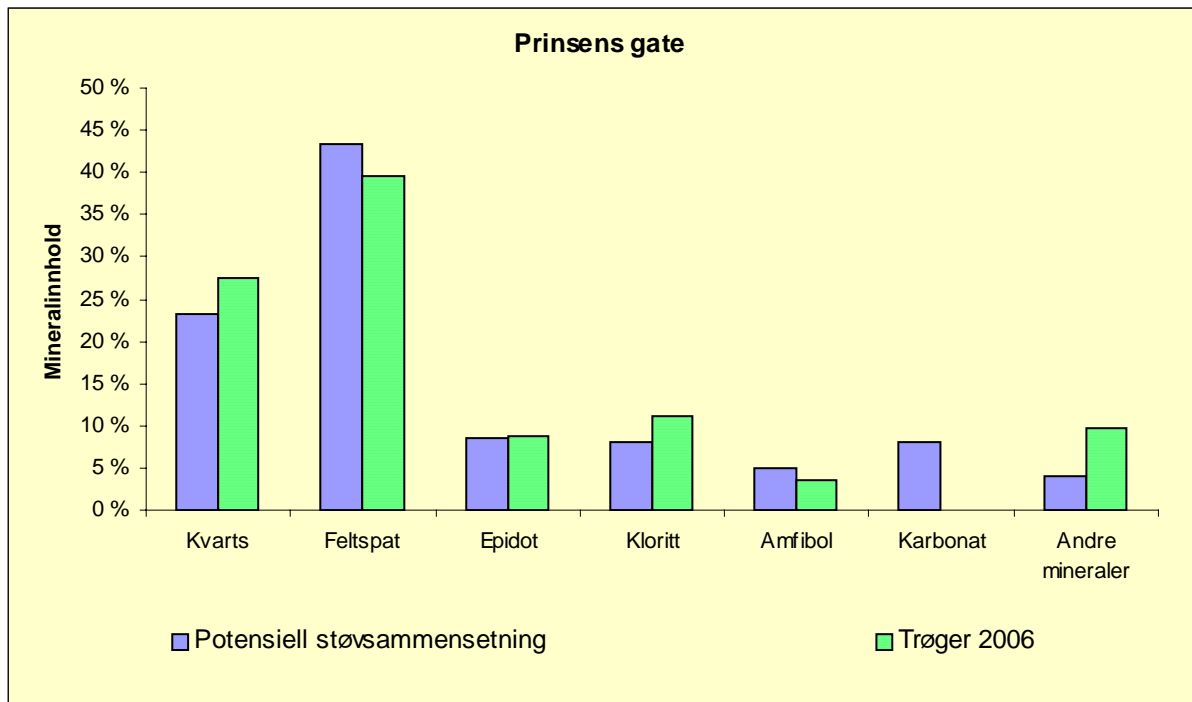
Resultatene av SEM analysene for Trøger produsert støv er sammenholdt mot potensiell støvsammensetning ut fra tilslagssammensetningen i asfaltreseptene og er vist på figurene 3 til 8. For lokalitetene ved Elgeseter og Omkjøringsveien er det i tillegg vist mineralfordelingen for SEM analyser av innsamlet svevestøv (nedfallsstøv) langs veg [2].



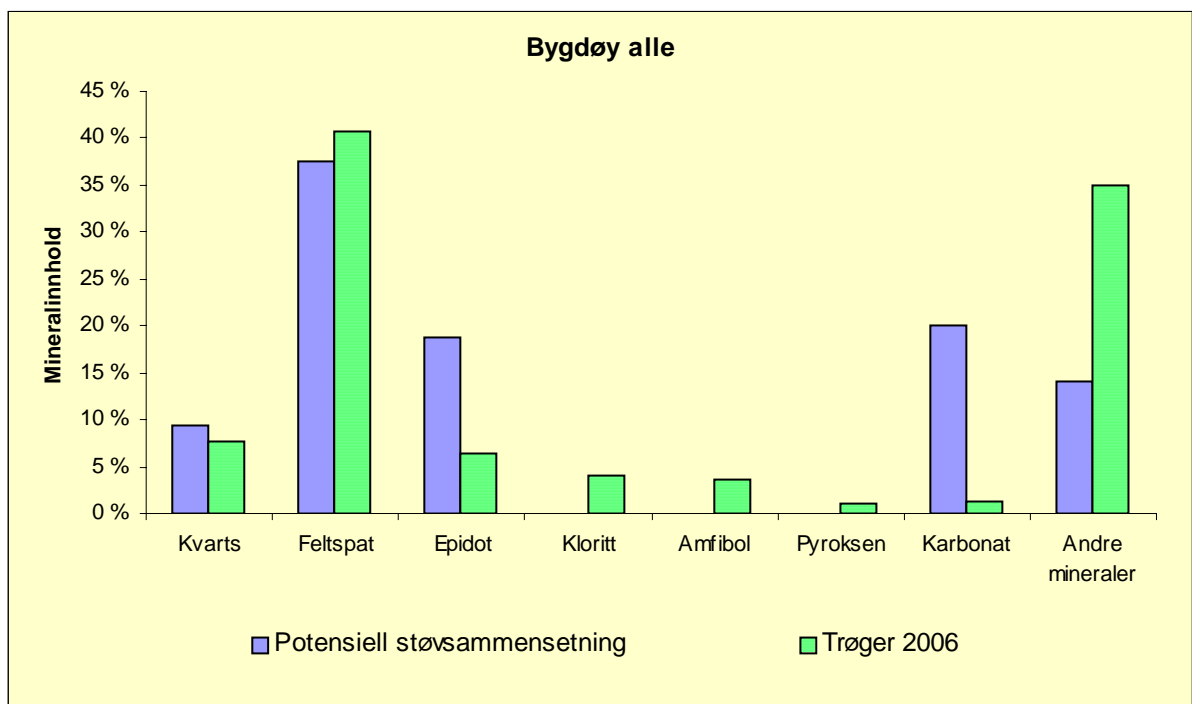
Figur 3. Sammenligning av mineralinnholdet i støv fra Elgeseter gate.



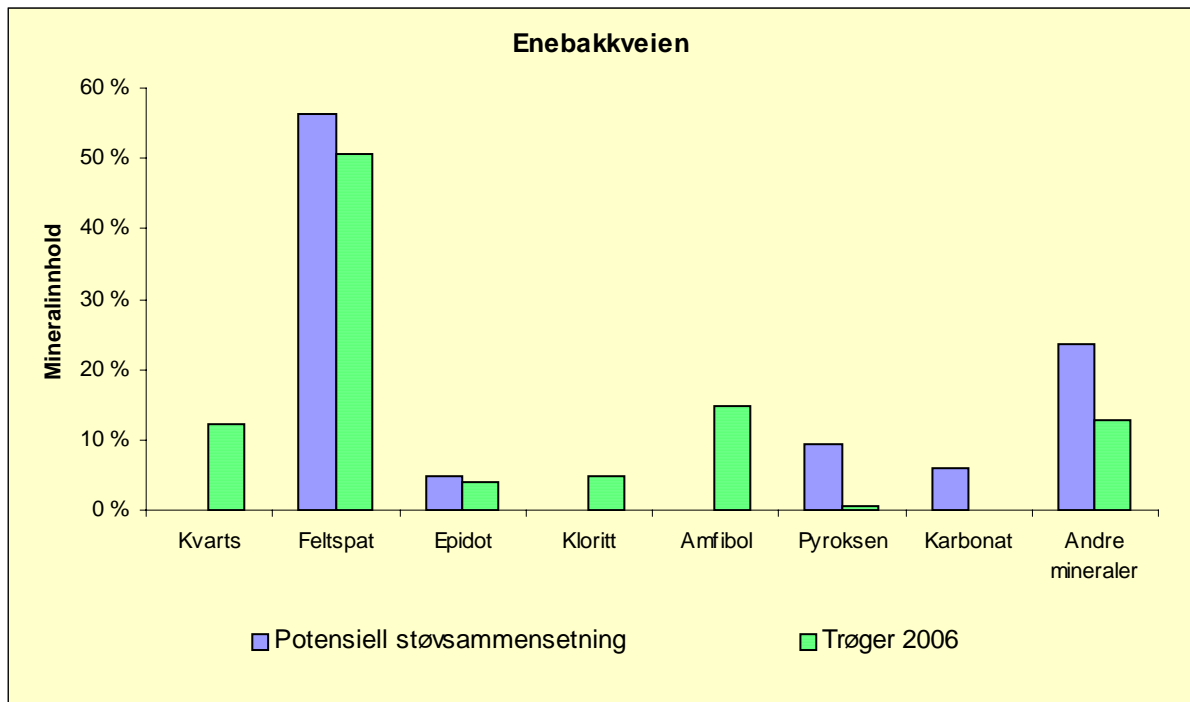
Figur 4. Sammenligning av mineralinnholdet i støv fra Omkjøringsveien.



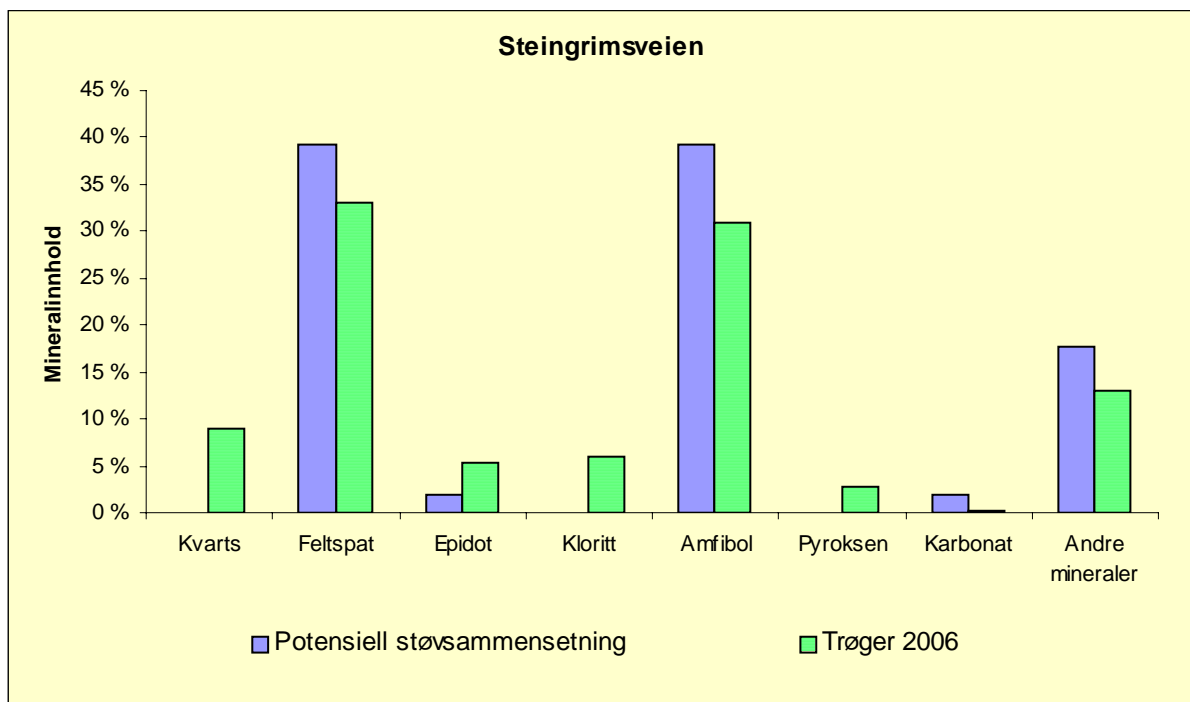
Figur 5. Sammenligning av mineralinnholdet i støv fra Prinsens gate.



Figur 6. Sammenligning av mineralinnholdet i støv fra Bygdøy alle.



Figur 7. Sammenligning av mineralinnholdet i støv fra Enebakkveien.



Figur 8. Sammenligning av mineralinnholdet i støv fra Steingrimsveien.

For enkelte av mineralene er det et visst avvik mellom beregnet andel mineralsk støv ut fra tilslagssammensetningen i asfaltresepten i forhold til mineralinnholdet i det Trøger produserte støvet analysert ved SEM. Til tross for dette avviket er det for de fleste av lokalitetene rimelig godt samsvar for de mineralene som det opptrer mest av (> 10%). I tabell 5 er differansen mellom potensiell støvsammensetning og støv produsert med Trøger beregnet.

Tabell 5. Differanse mellom potensiell støvsammensetning og støv produsert med Trøger.

Observerte mineraler	Prøvelokaliteter					
	Elgeseter	Prinsen	Omkjøringsveien	Bygdøy Allé *	Enebakkveien	Steingrimsveien *
Kvarts	2	-4	34	2	-12	-9
Feltspat	7	4	-12	-3	6	6
Epidot	-1	0	-3	12	1	-3
Kloritt	-6	-3	-8	-4	-5	-6
Amfibol + Pyroksen	-3	1	2	-5	-6	6
Karbonat	7	8	2	19	6	2
Andre mineraler	-6	-6	-16	-21	11	5

* - Asfaltresepten er usikker. Det er kun oppgitt fra hvilken forekomst alt eller deler av tilslagsmaterialet kommer fra.

Hovedmineraler som opptrer med mer enn 10% ut fra potensiell støvsammensetning er markert med rødt.

Med få unntak varierer differansen for hovedmineralene (> 10%) i tallverdi fra 2 til 7 (karbonat og andre mineraler er ikke vektlagt her). Tallmessig anses dette som et akseptabelt avvik. Det må legges til grunn at det er en stor grad av usikkerhet knyttet til tilslagsinnholdet i asfaltreseptene og dermed beregningen av potensiell støvsammensetning.

Omkjøringsveien er unntaket der andelen kvarts er alt for lavt for Trøger prøvene og feltspat noe for høyt sammenholdt mot potensialet. I forhold til SEM analysen av innsamlet svevestøv viser den nye SEM analysen av Trøger produsert støv bedre samsvar enn analysen fra 2004. Tidligere [1] ble avviket for denne lokaliteten forklart med at vegdekket ved målestasjonen var blitt nedslitt slik at et underliggende dekke rikt på gabbro ble eksponert. Dette ble benyttet som en forklaring på det forhøyete feltspat innholdet på bekostning av i første rekke kvarts. Med den nye SEM analysen av Trøger støvet blir denne forklaringen nå usikker. En annen mulig forklaring er at slitesterkt mineral, som kvarts ved Omkjøringsveien, blir underrepresentert i fint støv (svevestøv) i forhold til myke/bløte mineral til tross for at er det slitesterke mineralet dominerende ut fra asfaltresepten.

6. REFERANSE

- [1] Horvli, I. 2004: Forprosjekt. Piggdekkbruk og svevestøv i Trondheim – Testing av asfaltdekker i Trøgerkammer. SINTEF Rapport nr. STF22 F04330.
- [2] Erichsen, E. et al 2004: Vegstøv i Trondheim – En analyse av mineralinnholdet i svevestøv. NGU Rapport 2004.037.

Vedlegg 1. Asfaltresepter fra Trondheim [2].

For Elgeseter gate ble strekningen ved prøvelokaliteten reasfaltert sommeren 2003 med følgende resept;

Vegstrekning: Elgeseter gate		År: 2003	
Reseptnr.: 521002701		Entreprenør: NCC Roads AS	
Resept dato: 18.02.03		Dekketype: Ska 11	
		Blandeverk: Ranheim	
Tilslag	Forekomst	Sortering	Andel (vekt %)
Pukk – mylonitt	Ottersbo	8/11mm, knust	47
Pukk - grønnstein	Lia	0/11mm, knust	29
Grus/sand	Ekle	0/8mm, natursand	17
Filler – kalkstein	Tromsdal, Hylla	0/1mm, knust	7
Sum			100
Bindemiddel: B85	Annen tilsetning: Fiber (5%) og WETFIX N (0,3%)		

Ved uttak av borekjerner ble det observert innslag av enkelte bergartskorn med jaspis i den groveste sorteringen. Sannsynligvis har det vært noe restmateriale / "forurensing" i lagerhaugene, eventuelt i blandeverket, av denne bergarten, som er lett gjenkjennelig.

I Prinsens gate ved svømmehallen er følgende resept oppgitt;

Vegstrekning: Prinsens gate		År:	
Reseptnr.: 27940102		Entreprenør: Kolo-Veidekke	
Resept dato:		Dekketype: SKA 11	
		Blandeverk: Skjøla	
Tilslag	Forekomst	Sortering	Andel (vekt %)
Pukk – mylonitt	Ottersbo	8/11mm, knust	45
Pukk – mylonitt	Ottersbo	0/8mm, knust	30
Grus	Heggberget	0/11mm, knust	17
Filler - kalkstein	Tromsdal, Hylla		8
Sum			100
Bindemiddel: 70/100	Annen tilsetning: Fiber (5%) og AMIN (0,3%)		

For Omkjøringsveien ble strekningen Sluppen-Moholt asfaltert i 2001 med følgende resept;

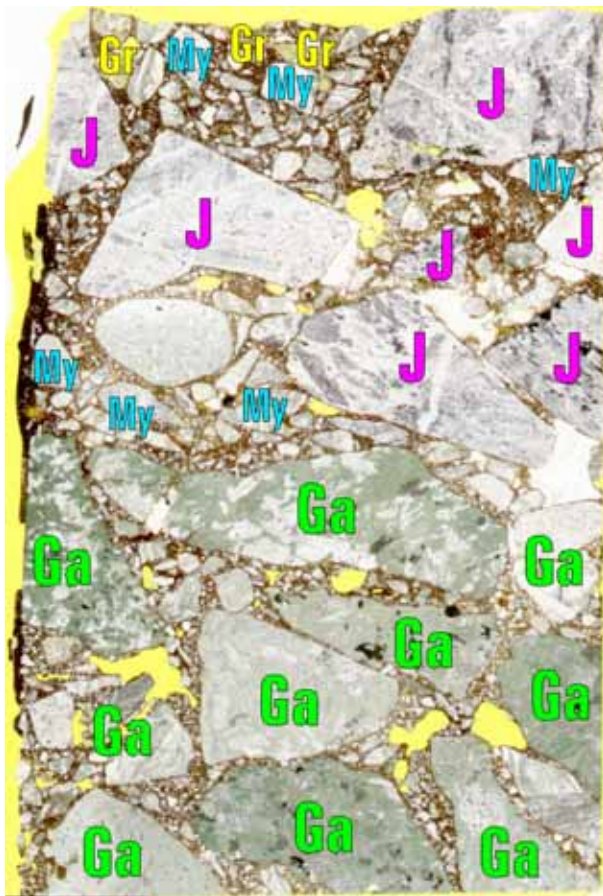
Vegstrekning: Sluppen-Moholt		År: 2001	
Reseptnr.: 521008311		Entreprenør: NCC Asfalt	
Resept dato: 08.06.01		Dekketype: No.chip16	
		Blandeverk: Ranheim	
Tilslag	Forekomst	Sortering	Andel (vekt %)
Pukk - jaspis	Halsetåsen	11/16mm, knust	35
Pukk - jaspis	Halsetåsen	8/11mm, knust	27
Grus	Søberg	0/8mm, naturgrus	13
Pukk - gabbro	Vassfjell pv.	0/4mm, knust	16
Pukk - gabbro	Vassfjell pv.	4/8mm, knust	7
Filler - kalkstein	-		2
Sum			100
Bindemiddel: Bitulastic	Annen tilsetning: WETFIX N (0,9%)		

Plan- og tynnslip av asfaltkjerner / asfaltresept – avvik i tilslagssammensetningen

Plan- og tynnslip av asfaltkjerner er på flere måter et nyttig verktøy, bl.a. for å registrere tilslagssammensetningen.

For Omkjøringsveien er det funnet avvik mellom oppgitt asfaltresept og observasjoner i tynnslip av asfaltkjernen (figur 1). I det øverste laget består grovtilslag av jaspis som oppgitt i resepten, mens fintilslaget som kan observeres i slipet består av mylonitt og ikke gabbro. Det må tas flere kjerner/slip for å avgjør om dette resultatet er representativt for det utlagte dekket. I det underliggende laget består grovtilslaget av gabbro.

For Elgeseter er det ikke funnet avvik mellom tilslagsinnholdet oppgitt i asfaltresepten med observasjoner i plan- og tynnslip av prøvetatt asfaltkjerne.



Figur 1. Tynnslip av asfaltkjerne fra Omkjøringsveien. To markerte lag; øverst med jaspis (J) som grovtilslag og mylonitt (My) som fintilslag. Nederst gabbro (Ga) som grovtilslag. I øvre lag er det ansamling av en del finstoff (Gr). Utsnittet er på 30*45 mm.

Vedlegg 2. Asfaltresepter fra Oslo [1].

For Enebakkveien gate er følgende resept oppgitt;

Vegstrekning: Enebakkveien		År: 2004	
Reseptnr.: 243821		Entreprenør: Oslo Vei AS	
Resept dato: 07.01.04		Blandeverk: Huken	
Dekketype: Ska 11			
Tilslag	Forekomst	Sortering	Andel (vekt %)
Pukk - basalt	Huken	8/11mm, knust	45
Pukk - basalt	Huken	4/8mm, knust	18
Pukk - basalt	Huken	0/4mm, knust	31
Filler – miljøkalk DA	?	0/1mm, knust	6
Sum			100
Bindemiddel: 70/100	Annen tilsetning: Fiber – cellulose (0,3%)		

Asfaltresepten for Bygdøy Allé og Steingrimsveien er ikke kjent, det er bare oppgitt at tilslagsmaterialet kommer fra henholdsvis Steinskogen og Aremoen [1].

Vedlegg 3. XRD analyse - påviste og mulige mineraler.

Prøvelokalitet	Mulige hovedmineraler/ sannsynlige mineraler	Andre mulige mineraler
Elgeseter gate	<u>Kvarts</u> , <u>Plagioklas</u> (eks. albite), Amfibol (eks. tremolite), Kloritt (eks. clinochlore)*	Serpentin (eks. fraipointite)* Karbonat (eks. kalsitt), Glimmer (eks. muscovite) Palygorskite-Sepiolite Grp. (eks. palygorskite), Pyroksen (eks. diopside)
Prinsens gate.	<u>Kvarts</u> , <u>Plagioklas</u> (eks. albite), Amfibol (eks. richterite), Kloritt (eks. clinochlore)*, Glimmer (eks. muscovite)	Serpentin (eks. clinochrysotile)*
Omkjøringsveien	<u>Kvarts</u> , Plagioklas (eks. albite), Amfibol (eks. tremolite), Kloritt (eks. clinochlore)*,	Serpentin (eks. clinochrysotile)*, Glimmer (eks. muscovite), Pyritt Grp. (eks. pyrite), Pyroksen (eks. diopside)
Bygdøy Allé	<u>Kvarts</u> , Karbonat (eks. calcite), Plagioklas (eks. albite), Amfibol (eks. actinolite), Corundum Grp (eks. hematite), Kloritt (eks. clinochlore)*,	Serpentin (eks. clinochrysotile)*, Glimmer (eks. illite), Pyroksen (eks. diopside)
Enebakkveien	<u>Kvarts</u> , <u>Plagioklas</u> (eks. albite), Amfibol (eks. pargasite), Corundum Grp (eks. hematite),	Serpentin (eks. clinochrysotile)*, Kloritt (eks. clinochlore)*, Glimmer (eks. illite), Pyroksen (eks. diopside), Karbonat (eks. calcite)
Steingrimsveien	<u>Kvarts</u> , <u>Plagioklas</u> (eks. anorthite), Amfibol (eks. pargasite)	Serpentin (eks. amesite)*, Kloritt (eks. clinochlore)*, Glimmer (eks. muscovite), Pyroksen (eks. diopside)

* Kloritt og serpentin har til dels sammenfallende utslag på røntgenmålingene. Basert på opptakene vil det være rimelig å anta at prøvene inneholder både kloritt og serpentin.

Prøve 1: Elgsetergate

mineral	antall	%	id. fakt.
Al-silikat	13	0.2	Al (Si)
aluminium	2	0.0	Al (-Si)
amfibol	1538	18.9	Mg,Fe,Ca (Si)
apatitt	44	0.5	Ca,P (-Si)
biotitt	61	0.7	K,Mg,Al,-Ca (Si,Fe)
epidot	667	8.2	Ca,Fe,Al,-Mg (Si)
hematitt	55	0.7	Fe
ilmenitt	15	0.2	Fe,Ti,-Si
kalifeltspat	450	5.5	K,Al,Si/Al>2 (Si)
karbonat	34	0.4	Ca (-Si)
kloritt (inkl. evt. granat)	1012	12.4	Mg,Al,Fe,-Ca (Si)
kvarts	1517	18.6	Si
muskovitt	97	1.2	K,Al,Si/Al<2 (Si)
plagioklas	2086	25.6	Na,Al,-Mg (Si)
pyritt	21	0.3	S,Fe
pyroksen	131	1.6	Mg,Fe,Ca,-Al (Si)
rutil	2	0.0	Ti,-Ca,-Si
serpentin	12	0.1	Mg,-Ca,-Al,-Fe (Si)
titanitt	279	3.4	Ti,Ca (Si)
zirkon	100	1.2	Zr (Si)
uidentifisert	5	0.1	
total	8141	100	

Uthevet tekst viser mineraler som er påpekt som sannsynlige/mulige faser med XRD.

Prøve 2: Prinsensgate

mineral	antall	%	id. fakt.
amfibol	54	3.5	Mg,Fe,Ca (Si)
apatitt	7	0.5	Ca,P (-Si)
biotitt	32	2.1	K,Mg,Al,-Ca (Si,Fe)
epidot	135	8.7	Ca,Fe,Al,-Mg (Si)
hematitt	6	0.4	Fe
kalifeltspat	181	11.7	K,Al,Si/Al>2 (Si)
kloritt (inkl. evt. granat)	173	11.2	Mg,Al,Fe,-Ca (Si)
kvarts	425	27.5	Si
muskovitt	57	3.7	K,Al,Si/Al<2 (Si)
plagioklas	430	27.8	Na,Al,-Mg (Si)
spinell	2	0.1	Mg,Fe,-Si
titanitt	19	1.2	Ti,Ca (Si)
zirkon	13	0.8	Zr (Si)
uid	13	0.8	
Total	1547	100	

Utthevet tekst viser mineraler som er påpekt som sannsynlige/mulige faser med XRD.

Prøve 3: Omkjøringsveien

mineral	antall	%	id. fakt.
amfibol	113	6.3	Mg,Fe,Ca (Si)
apatitt	37	2.1	Ca,P (-Si)
biotitt	15	0.8	K,Mg,Al,-Ca (Si,Fe)
epidot	136	7.5	Ca,Fe,Al,-Mg (Si)
hematitt	123	6.8	Fe
ilmenitt	1	0.1	Fe,Ti,-Si
kalifeltspat	143	7.9	K,Al,Si/Al>2 (Si)
karbonat	10	0.6	Ca,-Si,-P
kloritt (inkl. evt. granat)	190	10.5	Mg,Al,Fe,-Ca (Si)
kvarts	221	12.3	Si
muskovitt	23	1.3	K,Al,Si/Al<2 (Si)
plagioklas	531	29.4	Na,Al,-Mg (Si)
pyritt	5	0.3	Fe,S
pyroksen	47	2.6	Mg,Fe,Ca,-Al (Si)
rutil	2	0.1	Ti,-Ca,-Si
<i>serpentin</i>	2	0.1	Mg,Si,-Al
spinell	3	0.2	Mg,Fe,-Si
STÅL	1	0.1	Cr,Mn,Fe
titanitt	120	6.7	Ti,Ca (Si)
zirkon	11	0.6	Zr (Si)
uidentifisert	70	3.9	
Total	1804	100	

Uthevet tekst viser mineraler som er påpekt som sannsynlige/mulige faser med XRD.

NB!

Denne analysen stemmer dårlig med XRD analysen og asfaltresepten og ble dermed reanalysert. Pga. manglende prøvemateriale ble det laget nytt materiale til SEM analysen av prøve merket: 3. Omkjøringsveien F 347 (se vedlegg 5).

Prøve 4: Bygdøylokket

mineral	antall	%	id. fakt.
amfibol	101	3.7	Mg,Fe,Ca (Si)
apatitt	67	2.5	Ca,P (-Si)
biotitt	85	3.1	K,Mg,Al,-Ca (Si,Fe)
epidot	173	6.4	Ca,Fe,Al,-Mg (Si)
granat	235	8.7	Mg,Al,Fe,-Ca (Si)
hematitt	211	7.8	Fe
ilmenitt	3	0.1	Fe,Ti,-Si
kalifeltspat	237	8.8	K,Al,Si/Al>2 (Si)
karbonat	33	1.2	Ca,-Si,-P
kloritt (inkl. evt. granat)	109	4.0	Mg,Al,Fe,-Ca (Si)
kvarts	207	7.6	Si
<i>muskovitt</i>	16	0.6	K,Al,Si/Al<2 (Si)
plagioklas	867	32.0	Na,Al,-Mg (Si)
<i>pyroksen</i>	31	1.1	Mg,Fe,Ca,-Al (Si)
rutil	4	0.1	Ti,-Ca,-Si
<i>serpentin</i>	1	0.0	Mg,Si,-Al
titanitt	233	8.6	Ti,Ca (Si)
zirkon	54	2.0	Zr (Si)
uidentifisert	41	1.5	
Total	2708	100	

Utthevet tekst viser mineraler som er påpekt som sannsynlige/mulige faser med XRD.

Prøve 5: Enebakkveien

mineral	antall	%	id. fakt.
amfibol inkl Na-varianter	236	14.9	Mg,Fe,Ca (Si)
apatitt	7	0.4	Ca,P (-Si)
biotitt	22	1.4	K,Mg,Al,-Ca (Si,Fe)
epidot	64	4.0	Ca,Fe,Al,-Mg (Si)
hematitt	96	6.1	Fe
ilmenitt	2	0.1	Fe,Ti,-Si
kalifeltspat	160	10.1	K,Al,Si/Al>2 (Si)
kloritt (inkl. evt. granat)	76	4.8	Mg,Al,Fe,-Ca (Si)
kvarts	193	12.2	Si
<i>muskovitt</i>	10	0.6	K,Al,Si/Al<2 (Si)
plagioklas	643	40.6	Na,Al,-Mg (Si)
pyritt	1	0.1	S,Fe
<i>pyroksen</i>	10	0.6	Mg,Fe,Ca,-Al (Si)
rutil	1	0.1	Ti,-Ca,-Si
titanitt	55	3.5	Ti,Ca (Si)
zirkon	3	0.2	Zr (Si)
uidentifisert	3	0.2	
total	1582	100	

Uthevet tekst viser mineraler som er påpekt som sannsynlige/mulige faser med XRD.

Prøve 6: Steingrimsvegen

mineral	antall	%	id. fakt.
amfibol inkl Na-varianter	522	30.9	Mg,Fe,Ca (Si)
apatitt	11	0.7	Ca,P (-Si)
biotitt	53	3.1	K,Mg,Al,-Ca (Si,Fe)
epidot	91	5.4	Ca,Fe,Al,-Mg (Si)
hematitt	19	1.1	Fe
ilmenitt	63	3.7	Fe,Ti,-Si
kalifeltspat	14	0.8	K,Al,Si/Al>2 (Si)
karbonat	3	0.2	Ca,-Si
kloritt (inkl. evt. granat)	99	5.9	Mg,Al,Fe,-Ca (Si)
kvarts	151	8.9	Si
muskovitt	23	1.4	K,Al,Si/Al<2 (Si)
olivin	17	1.0	Mg,Fe,-Ca,-Al (Si)
plagioklas	546	32.3	Na,Al,-Mg (Si)
pyritt	1	0.1	S,Fe
pyroksen	45	2.7	Mg,Fe,Ca,-Al (Si)
rutil	3	0.2	Ti,-Ca,-Si
serpentin	3	0.2	Mg,-Fe,-Al,-Ca (Si)
titanitt	13	0.8	Ti,Ca (Si)
zirkon	6	0.4	Zr (Si)
uidentifisert	6	0.4	
total	1689	100	

Uthevet tekst viser mineraler som er påpekt som sannsynlige/mulige faser med XRD.

Prøve F347: Omkjøringsveien. Kornstørrelse <10 µm.

mineral	antall	%	id. fakt.
Al-silikat	41	3.6	Si,Al
amfibol	84	7.3	Mg,Fe,Ca (Si)
apatitt	1	0.1	Ca,P (-Si)
biotitt	22	1.9	K,Mg,Al,-Ca (Si,Fe)
epidot	65	5.7	Ca,Fe,Al,-Mg (Si)
hematitt	13	1.1	Fe
kalifeltspat	54	4.7	K,Al,Si/Al>2 (Si)
karbonat	9	0.8	Ca,-Si
kloritt (inkl. evt. granat)	103	9.0	Mg,Al,Fe,-Ca (Si)
kvarts	376	32.8	Si
muskovitt	25	2.2	K,Al,Si/Al<2 (Si)
plagioklas	225	19.6	Na,Al,-Mg (Si)
pyroksen	30	2.6	Mg,Fe,Ca,-Al (Si)
rutil	1	0.1	Ti,-Ca,-Si
titanitt	16	1.4	Ti,Ca (Si)
zirkon	70	6.1	Zr (Si)
uidentifisert	12	1.0	
total	1147	100	

Uthevet tekst viser mineraler som er påpekt som sannsynlige/mulige faser med XRD.

Vedlegg 6. Bergart og mineralinnhold (%) for tilslagsmateriale som er blitt benyttet i Oslo.

Analysar fra NGUs Pukkdatabase.

Observerte (Bergart) Mineraler	Prøvelokaliteter						
	Aremoen (Gabbro)		Steinskogen (Basalt)	Huken (Basalt)			
	1*	2		1*	2	3	4
Kvarts		3	10		30		
Plagioklas	40	41	40	60	60	30	30
Jernoksid							
Epidot	2		20	5			
Amfibol	40	10					
Karbonat		3	15				
Kalifeltspat							
Kloritt							
Ilmenitt							
Titanitt							
Klinopyroksen		10		10			
Muskovitt							
Kalsiumsilikat							
Biotitt	6	2		5			
Rutil							
Granat		10					
Olivin		1					
Magnetkis			10				
Svovelkis	4				10	10	1
Uidentifisert	8	20	5	20		60	69
Sum	100	100	100	100	100	100	100

* - Analyse som er benyttet ved beregning av potensialet for mineralisk støv i asfaltresepten.

Vedlegg 7. Tynn- og planslip av bergarter fra asfaltkjerne prøvetatt i Trondheim [2].

Det er utført tynnslipanalyse av bergartsmateriale som benyttes som både grov- (> 8mm) og fintilslag (< 8mm) i asfaltdekker i Trondheimsområdet.

Mineralinnhold i volum % av tilslagsmaterial (pukk) som benyttes i Trondheimsområdet.

Mineralinnhold	Lokalitet/bergart			
	Ottersbo*/mylonitt	Vassfjellet/gabbro	Lia Pukkverk/grønnstein	Halsetåsen/jaspis
Kvarts	25	10	5	98
Plagioklas	40	35	30	-
K-feltspat	10	tr	5	-
Pyroksen	-	tr	tr	-
Amfibol	2	40	50	-
Glimmer/illitt	3	tr	tr?	-
Kloritt	10	3	5	tr
Epidot/klinozoisitt	10	9	5	-
Kalsitt/dolomitt	tr	3	tr	-
Annet	-	-	-	2
Aksessorisk	apatitt, allanitt	titanitt, magnetitt, apatitt	opak, allanitt, titanitt, apatitt	sideritt, pyritt, leukoksen
SUM	100	100	100	100

*Basert på geokjemiske data (Broekmans 2002; upublisert), samt tynnslipanalyse.

tr – spor mineral som opptre < 1%.