



**TØI rapport
376/1997**

Massetransport ved byggeprosjekter

Knut Sandberg Eriksen

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

ISSN 0802-0175
ISBN 82-480-82-480-0031-1

Oslo, desember 1997

Tittel: *Massetransport ved byggeprosjekter*

Forfatter: *Knut Sandberg Eriksen*

TØI-rapport 376/1997
Oslo, desember 1997
28 sider
ISSN 0802-0175
ISBN 82-480-0031-1

Finansieringskilde: Selvaagbygg A.S.

Prosjekt: O2197 Masseuttak ved byggeprosjekter

Prosjektleder: Knut Sandberg Eriksen, cand oecon

Kvalitetsansvarlig: Harald Minken, forskningsleder

Emneord: Massetransport
Bedriftskostnader
Samfunnsøkonomiske kostnader
Eksterne kostnader

Sammendrag:

Beregninger basert på tre eksempler viser at offentlige myndigheters krav om at bygninger skal bygges dypere i bakken enn bygningsteknisk nødvendig, øker de samfunnsøkonomiske og bedriftsøkonomiske kostnadene ved byggeprosjekter betydelig. Slike reguleringer gjøres av hensyn til naboers krav om utsyn, miljø og estetikk.

Tomtekostnadene øker i disse tre eksemplene med fra 25 prosent til mer enn en fordobling sammenliknet med situasjonen dersom massebalanse var det styrende prinsippet. De bedriftsøkonomiske kostnadene utgjør fra 75 til 80 prosent av de totale samfunnsøkonomiske kostnadene. Massetransport og deponering utgjør størstedelen av bedriftskostnadene.

Lokal forurensing og støy er de faktorene som bidrar mest til de samfunnsøkonomiske kostnadene, men også veislitasje, bilkø, tilsøling og ulykker er faktorer som inngår.

Title: *Transport of masses from building sites*

Author: *Knut Sandberg Eriksen*

TØI report 376/1997
Oslo, December 1997
28 pages
ISSN 0802-0175
ISBN 82-480-0031-1

Financed by: Selvaag Homes A.S.

Project: O2197 Transport of masses of stone and clay from building-sites

Project manager: Knut Sandberg Eriksen, Research Economist

Quality manager: Harald Minken, Chief Research Officer

Key words: Mass transportation
Enterprise costs
Society costs
External costs

Summary:

Municipality regulations of building heights and how deeply into the ground new buildings should be dug, lead to increased costs for the society and for the enterprises. This is shown by calculations based on three case studies. Regulations are given to secure neighbours' rights to a nice view and a good environment.

In these three examples the cost of preparing the building sites increases between 25 per cent and 130 per cent compared to the situation if zero transport of masses from the site was sought for. Construction firms bear 75 to 80 per cent of the total costs of society. Mass transport and depot costs are the most important factors.

Local pollution and noise are the factors contributing most heavily to the external costs. Also contributing are road wear, congestion, soiling and accidents.

Language of report: Norwegian

*Rapporten kan bestilles fra:
Transportøkonomisk institutt, biblioteket,
Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - Telefax 22 57 02 90
Pris kr 100,-.*

*The report can be ordered from:
Institute of Transport Economics, the library,
PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02 90
Price NOK 100,-.*

Forord

Transport av store mengder masse i forbindelse med byggeprosjekter har i de senere år vist en tiltakende tendens. Hensyn til naboer og andre berørte fører til krav om at bygninger senkes dypere i bakken enn det som er byggeteknisk nødvendig.

På bakgrunn av de kostnadene dette er antatt å påføre samfunnet og de berørte bedrifter har Transportøkonomisk institutt (TØI) fått i oppdrag å utrede bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske konsekvenser av en slik praksis. Oppdragsgiver har vært Selvaagbygg AS. Kontaktperson for Selvaagbygg AS har vært sivilingeniør Ola Thorsnes. Prosjektet har hatt en styringsgruppe som har bestått av adm dir Erik Anskau, Landsforeningen for bygg og anlegg, spesialrådgiver Øivind Saxegaard, Oslo kommune, Byrådsavdeling for miljø og samferdsel og seksjonsleder Jon Ellefsen, Oslo kommune, Plan- og bygningsetaten. Sistnevnte trakk seg underveis i prosjektet.

Prosjektleder ved TØI har vært cand oecon Knut Sandberg Eriksen, som også har skrevet denne rapporten. Cand oecon/cand real Peter Christensen har skrevet vedlegget. Forskningsleder, cand oecon Harald Minken har hatt ansvar for faglig kvalitetssikring. Sekretær Laila Aastorp Andersen har hatt ansvaret for den endelige tekstbehandlingen.

Oslo, desember 1997
TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

Knut Østmoe
instituttssjef

Harald Minken
forskningsleder

Innhold

Sammendrag	I
Summary	i
1. Bakgrunn og problemstilling	1
2. Metodisk opplegg	3
2.1 Samfunnsøkonomiske kostnader	3
2.2 Eksempelstudier.....	5
3. Praktisk gjennomføring	6
4. Beskrivelse av eksemplene	7
4.1 Slemdal	7
4.2 Lille Ekeberg	7
4.3 Haugerud	7
5. Kostnader og nytte ved ekstra masseuttak	8
5.1 Bedriftsøkonomiske kostnader	8
5.2 Eksterne kostnader	10
5.2.1 Slitasje	11
5.2.2 Lokal forurensing	12
5.2.3 Støy	14
5.2.4 Køkostnader	15
5.2.5 Tilsøling	16
5.2.6 Ulykkeskostnader	17
5.3 Ikke tallfestede faktorer	17
5.3.1 Generelt	17
5.3.2 Følger av å bygge i dybden	18
5.3.3 Oppsummering - måleproblemer	19
6. Oppsummering og konklusjoner	20
6.1 Oppsummering av resultatene	20
6.2 Generalisering og parametrisering	21
6.3 Konklusjoner - mulig videreføring	23
Litteratur	25
Vedlegg: Forventet forsinkelse for personbiler pga av tungtransport	27

Sammendrag:

Massetransport ved byggeprosjekter

Beregninger basert på tre eksempler viser at krav om å bygge dypere i bakken øker de samfunnsøkonomiske og bedriftsøkonomiske kostnadene ved byggeprosjekter betydelig

I byer og tettbygde strøk er det ofte restriksjoner på byggehøyder. Dette fører til at bygninger blir bygget så dypt i bakken at massetransport blir en betydelig kostnad for byggherren og for samfunnet. I tillegg er det alvorlig mangel på massedepotier rundt byene. Fyllmasse fra Oslo-området må i nær fremtid fraktes langt utenfor byområdet.

For tre eksempelprosjekter er kostnadene for samfunnet anslått i alt henholdsvis fra 654 000 kr, 771 000 kr og 1,9 millioner kr. Av dette utgjør de bedriftsøkonomiske kostnadene 75 til 80 prosent. Massetransport og deponering utgjør størstedelen av kostnadene. I alt øker tomtekostnadene med mellom 25 og 130 prosent i forhold til en løsning med full massebalanse.

Lokal forurensing og støy er de faktorene som bidrar mest til de eksterne samfunnsmessige kostnadene, men også veislitasje, bilkø, tilsøling og ulykker er faktorer som inngår.

Beregningene av de samfunnsøkonomiske kostnadene bygger på de samme kalkulasjonspriser og statistiske metoder som vanligvis anvendes ved nyttekostnadsanalyser.

Prosjektet er utført av Transportøkonomisk institutt på oppdrag fra Selvaag-gruppen AS.

Transport av masse i forbindelse med byggeprosjekter har etterhvert blitt et problem både for entreprenør, byggherre og for samfunnet forøvrig. Transportkostnadene er høye, og massetransportene påfører samfunnet ekstra kostnader i form av blant annet forurensing, støy, veislitasje, kødannelse og ulykker.

Tidligere var dette ikke noe problem, idet det foregikk lite transport av masse i forbindelse med byggeprosjekter. Man tilstrebet *massebalanse*, dvs at masse som ble gravd opp ble gjerne anvendt til andre formål på samme tomt eller like i nærheten. Dette var naturlig ut fra at det tidligere var både kostbart og vanskelig å frakte store mengder stein og løsmasse over lengre avstander.

I byer som Oslo er det knapphet på byggegrunn og dermed et sterkt press i retning av å utnytte tomtene best mulig. Ønsker om å bygge i høyden kommer ofte i konflikt med interessene til naboer og eventuelt øvrige berørte. Kommunale reguleringsmyndigheter vil derfor legge restriksjoner på å bygge i høyden. Bygningene må

Rapporten kan bestilles fra:

Transportøkonomisk institutt, Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo

Telefon: 22 57 38 00 Telefax: 22 57 02 90

i mange tilfeller senkes dypere i grunnen enn naturlig ut fra en målsetting om massebalanse. Det fører til at også veier og grøfter må senkes dypere i terrenget. Det kan som følge av dette bli nødvendig å transportere ut betydelige mengder masse. Et annet problem som kan få stor betydning på lang sikt, er mangelen på deponier for denne typen masse i og omkring hovedstaden.

Transportøkonomisk institutt (TØI) har på oppdrag fra *Selvaaggruppen AS* utredet hvordan krav til å bygge dypere i bakken påvirker kostnadene for byggeprosjekter, sett både fra entreprenør/byggherre og fra det øvrige samfunnets side. Man ønsket også en mal for hvordan slike kostnader kan beregnes.

Opplegg

Det tas utgangspunkt i tre eksempelstudier fra Oslo, der restriksjoner på byggehøyde er relativt vanlig. Sammenlikningsgrunnlaget er en situasjon med massebalanse, dvs all masse som blir tatt ut, anvendes på tomte. Eksempelene er:

- **Slemdal** består av fem boligblokker i terrasse i lett skrånende terreng. Prosjektet medfører bortkjøring av 8000 m³ masse.
- **Lille Ekeberg** består av 20 eneboliger i skrånende fjellterreng. 2800 m³ masse ble kjørt bort.
- **Haugerud** består av åtte lavblokker i lett skrånende fjellterreng. Det ble fraktet bort 3300 m³ masse.

De *bedriftsøkonomiske kostnader* utgjøres av arbeidskostnader på tomten, dvs sprenging, graving, drenering og etterarbeid pluss kostnader for transport og deponering av overskuddsmasse.

Veien fra byggeplassen fram til nærmeste deponi beregnes ved hjelp av en transportmodell, som kan minimere reisetiden (reisekostnad) mellom to punkter innenfor et gitt nettverk.

Samfunnsøkonomiske kostnader og nyttegevinster for øvrig vil være kostnader og nyttegevinster som privatpersoner, bedrifter og den offentlige sektor blir påført pga denne virksomheten, men som de ikke kan påvirke. Dette kalles ofte eksterne kostnader og gevinster. Noe av disse kostnadene kan dekkes inn ved miljøbetingede avgifter. Dette er det ikke fullt ut korrigert for i beregningene.

Der det finnes kalkulasjonspriser (kostnadssatser) som er vanlig brukte ellers ved nyttekostnadsanalyse i samferdselssektoren, blir disse benyttet. Vegdirektoratet har i sin Håndbok for konsekvensanalyser (Håndbok 140) gjengitt en del slike kalkulasjonspriser. Disse er igjen basert på betalingsvillighetsundersøkelser (intervjuer) og andre statistiske metoder. Vi har anvendt disse der de passer, men også brukt beregninger fra TØI og andre kilder.

Kostnadene vil være av følgende art:

- **Slitasje.** Veier og broer slites som følger av stor biltrafikk. Tunge biler sliter uforholdsmessig mer enn de lette. På grunnlag av budsjett og regnskapstall for veislitasje og tidligere undersøkelser av sammenheng mellom bilstørrelse og veislitasje, kan slitasjekostnadene beregnes.

- **Lokal forurensing.** Lokalt virkende gasser, bly, støv og skitt på grunn av biltrafikken er til plage i lokalmiljøet, i sær i tettbygde strøk. Ved hjelp av en spesiell intervjueteknikk er oslofolks betalingsvillighet for å redusere utslippene med f eks 20 prosent beregnet. Betalingsvilligheten kan regnes om til kostnad pr kjørte km.
- **Tilsøling.** Transport av løsmasse fører ofte til tilsøling av veier og tilgrensende eiendommer. I mangel av betalingsvillighetsundersøkelser på dette området bruker vi rengjøringskostnader for lastebiler pr lass, som er en fast sats.
- **Støy.** På samme måte som for lokal forurensing er betalingsviljen for å unngå støy også målt ved hjelp av intervjuer. Støyen knyttes til endringer i trafikkmengden via en bestemt formel. Endringen i støyen er svært følsom for hvor mye trafikk det var i vedkommende gate fra før.
- **Køkostnader.** Saktekjørende lastebiler med massetransport lager kø på smale veier rundt byggeplasser og deponier. Gjennomsnittlig forsinkelsestid for den vanlige trafikken kan regnes ut ved hjelp av en statistisk modell. Ved hjelp av Vegdirektoratets anbefalte satser for ulike trafikantgruppers tidskostnader beregnes forsinkelseskostnader for den øvrige trafikken.
- **Ulykkeskostnader.** Ved ulykker påfører store lastebiler andre trafikanter materielle og helsemessige skader og tap av liv. En del av disse kostnadene er innkalkulert i bilforsikringen, men den resterende delen er en ekstern kostnad som det fins en egen beregningsprosedyre for, basert bl a på betalingsvillighetsundersøkelser.
- **Ikke tallfestede faktorer.** Pålegg fra kommunale myndigheter om å bygge i dybden er blant annet fattet ut fra hensynet til naboer og lokalmiljøet og antas å være en gevinst for disse sammenliknet med fullstendig massebalanse. Disse nyttegevinstene er ikke tallfestet, men må vurderes særskilt. Følgende argumenter vektlegges vanligvis: Lys og utsikt, estetikk, natur, utnyttingsgrad. For de som skal bo i bygningene, kan nedsenking i visse tilfeller være et nyttetap.

Sluttvurderingen består i at tallfestede og ikke tallfestede nytte og kostnadselementer må vurderes opp mot hverandre for å gi et totalt bilde av situasjonen. På den måten blir dette en ufullstendig nyttekostnadsanalyse, fordi hovedsakelig bare kostnadene er tallfestet.

Bedriftsøkonomiske kostnader

Ved overgang fra massebalanse til den pålagte løsningen får vi følgende økning i bedriftsøkonomiske kostnader. Anleggskostnadene for Slemdal øker fra 192 600 kr til 643 000 kr, mens anleggskostnadene for Lille Ekeberg øker fra 205 000 kr til 414 000 kr. og tilsvarende for Haugerud fra 770 000 til 958 000 kr. Det vil si at økningen i forhold til full massebalanse varierer fra 24 prosent til mer enn fordobling.

Transport- og deponeringskostnader kom på tilsammen 949 000 kr for Slemdal, 223 000 kr for Lille Ekeberg og 276 000 kr for Haugerud. Legger vi dette sammen med differensen mellom anleggskostnadene med og uten krav til bygging i dybden, får vi disse forskjellene i bedriftsøkonomiske kostnader:

Slemdal:	1 400 000 kr
Lille Ekeberg:	636 000 kr
Haugerud:	486 000 kr

Samfunnsøkonomiske kostnader forøvrig

Samfunnsøkonomiske kostnader omfatter de bedriftsøkonomiske kostnadene pluss de øvrige samfunnsøkonomiske kostnaden. Når det gjelder de øvrige samfunnsøkonomiske kostnadene, de eksterne kostnadene, har vi at lokal forurensing og støy begge har varierende størrelse og utgjør fra 30 til 50 prosent av de samlede eksterne kostnadene. Kjøpkostnader, veislitasje og tilsøling utgjør fra 5 til 9 prosent, mens trafikkulykkeskostnadenes andel ligger på omlag 4 prosent. I alt får vi følgende eksterne kostnader:

Slemdal:	486 000 kr
Lille Ekeberg:	135 000 kr
Haugerud:	167 000 kr

Oppsummering

Totalt får vi da følgende tallfestede kostnader ved pålegg om å bygge i dybden:

Slemdal:	1 886 000 kr
Lille Ekeberg:	771 000 kr
Haugerud:	654 000 kr

Det vil si at for Slemdal utgjør de eksterne kostnadene 26 prosent av de totale samfunnskostnadene, for Lille Ekeberg 18 prosent og for Haugerud 26 prosent. Det må understrekes at vi bare ser på differenseprosjektet, dvs forskjellen mellom det realiserte prosjektet og «massebalanseprosjektet». De kravene til bygging i dybden som følger av dette, medfører ekstrakostnader som for disse prosjektene går fra 0,65 mill. kroner opptil 1,9 mill. kroner.

På grunnlag av de tre eksempelstudiene er det også anslått en enkel beregningsformel, som kan brukes til å anslå de eksterne kostnadene når man kjenner omfanget av masseuttak, hvor langt massen må transporteres og hvor stor del av denne veistrekningen som er smale veier i boligstrøk, eventuelt også antall personer som er berørt. Bedriftsøkonomiske kostnader forutsettes kjent.

Disse beregningene kan være et element i grunnlaget for en fremtidig beregningsrutine for en eventuell avgift på massetransport fra byggeplasser.

En *fullstendig* nyttekostnadsanalyse vil være vanskelig, men måtte i så fall basere seg på et større antall eksempler og på tallfesting av nytten for samfunnet av at det bygges dypere i bakken enn bygningsteknisk nødvendig. Betalingsvillighetsundersøkelser er en mulig metode for tallfesting av gevinsten av den gjeldende praksis.

Summary:

Transport of Masses from Building Sites

Calculations based upon three case studies show that regulations given by municipal authorities leading to buildings being placed deeper into the ground, will contribute to substantially increased costs to the enterprise and to the society.

Background

In Norwegian cities and built-up areas there are often restrictions on building heights. Regulations are given to secure neighbours' rights to a nice view and a good environment. The restrictions are said to lead to the placing of buildings so deeply into the ground that transportation of excavated masses becomes a considerable cost to the businesses involved and to society. In addition there is a serious lack of depot for masses, especially in the Oslo area, where excavation masses soon will have to be transported far away from the city-area.

Formerly mass transport from building sites was no problem. Small quantities of masses were transported. Mass balance was considered the ideal condition, which means that the masses dug up also should be used for other purposes at the same building site. This was at that time natural, taking into consideration that it was very expensive to transport large quantities of stone and masses over long distances.

Results

For three case studies the costs to society are estimated to be 650 thousands NOK, 770 thousand NOK and 1900 thousand NOK. Of this, the costs to the private enterprises make 75 to 80 per cent. Transport and deposit cost make most of these costs. The total costs associated with earth and rockwork in these three cases will increase somewhere between 25 per cent and 130 per cent compared with the solution of a total mass balance.

Local pollution and noise are the factors that contributes most heavily to the external costs to the society. However factors like *road wear, congestion, making the environment muddy and dirty* and *traffic accidents* are also contributing to the external costs.

Methods

Private Costs consist of wages (including social costs) for the work on the site. That is the costs for making the site ready for construction plus costs for transportation and depositing masses.

The distance between the building site and the nearest depot for masses is calculated by means of a transport model, that minimises travelling time between origin and destination within a given road network.

Other Costs to the Society are costs and benefits that private persons, enterprises and the public sector have because of this activity, the level of which they are not able to influence. This is what we call *external costs and benefits*.

Where there are calculation prices (unity costs) that are frequently used in comparable cost benefit analyses, these have been applied. Several of these prices are based on willingness-to-pay analyses and other statistical methods.

The case studies are connected to three projects:

- a terraced low rise condominium project
- a detached housing project
- another low rise condominium project with external galleries

The Institute of Transport Economics (TØI) has performed this study for *Selvaaggruppen AS, Oslo*.

1. Bakgrunn og problemstilling

Restriksjoner på byggehøyder i byer har ført til at bygninger bygges så dypt i bakken at betydelig uttransport av masse blir resultatet. Dette antas å medføre betydelige kostnader og ulemper for entreprenør, byggherre og for det øvrige samfunnet. Dessuten er det alvorlig mangel på deponier i Oslo-området.

På bakgrunn av dette har Selvaaggruppen AS gitt TØI i oppdrag å utrede hvordan krav til å bygge dypere i bakken påvirker byggeprosjektene samfunnsøkonomiske, herunder bedriftsøkonomiske kostnader. Prosjektet skal danne grunnlag for en mal for beregning av slike kostnader i Oslo.

I tidligere tider foregikk det lite transport av masse i forbindelse med byggeprosjekter. Prosjektene var ofte lagt opp slik at masse som ble gravd opp ved et byggeprosjekt, ble anvendt til andre formål ved det samme prosjektet eller like i nærheten. Dette førte også til lite inntransport av masse. En fikk på den måten det en kunne kalle en naturlig massebalanse. At massetransporten ble holdt på et minimum var naturlig ut fra at det tidligere var både kostbart og vanskelig å frakte store mengder stein og løsmasser over lengre avstander.

I en by eller et annet tettbygd område med knapphet på byggegrunn vil det være et press i retning av å utnytte tomtene best mulig. Ønsket om å bygge i høyden kommer ofte i strid med naboers interesse av fri sikt til åpen himmel, pen utsikt og følelse av «alburom». Kommunale reguleringsmyndigheter vil derfor i mange tilfeller være restriktive i forhold til planer om å bygge i høyden. Alternativet for byggherren blir da å senke bygningene dypere i grunnen enn opprinnelig planlagt. Dette fører også i mange tilfeller til at også veier, grøfter og terreng må senkes dypere. Alt i alt kan det derfor bli nødvendig å transportere ut betydelige mengder masse. Dette kan medføre betydelige kostnader både for de involverte byggherrer og entreprenører og for samfunnet for øvrig.

Deponier i Oslo-området er i ferd med å fylles opp. Økende miljøbevissthet generelt, og spesielt skjerpede krav til landskapsvern, har medført en økende skepsis til utfyllinger ved hjelp av masser fra byggeområder. Disse tendensene trekker i retning av at overskuddsmasser fra byggeområder i framtida vil måtte fraktes over lengre avstander. De framtidige kostnadene ved dette er trolig ikke gjenspeilet i dagens deponeringsavgifter, som hovedsakelig er ment å dekke driftskostnadene. Fra et samfunnsøkonomisk synspunkt, og spesielt fra et bærekraftighetssynspunkt, er dette imidlertid kostnader som en bør ta hensyn til ved dagens beslutninger om massebalansen i byggeprosjekter.

Dette danner noe av bakgrunnen for at AS Selvaagbygg har gitt Transportøkonomisk institutt (TØI) i oppdrag å utrede hvordan krav til å bygge dypere i bakken påvirker kostnadene for byggeprosjektet sett både fra entreprenør/-byggherres side og fra samfunnets side for øvrig. For klarhets skyld vil sam-

menlikningsgrunnlaget være en situasjon med fullstendig massebalanse. I praksis vil dette sjelden bli fremmet som forslag, da det anses å ha liten sannsynlighet for å bli godtatt av bygningsmyndighetene.

Prosjektet har følgende formål:

1. Tilveiebringe generell kunnskap om hvordan krav til senking av byggeprosjekter påvirker kostnadene for bedrifter og samfunn.
2. Tilveiebringe tilsvarende kunnskap om hvordan disse kravene påvirker kostnadene for prosjekter innenfor Oslo by.
3. Bearbeide den ervervede kunnskap på en slik form at den kan være et hjelpemiddel i praktisk planlegging av byggeprosjekter innenfor Oslos grenser.
4. Det utarbeides en mal for hvordan slike kostnader kan beregnes ved de enkelte byggeprosjekter i Oslo.
5. Prosjektet kan *danne et grunnlag for* beregning av en avgift på dårlig massebalanse og for utarbeidelse av retningslinjer for konsekvensanalyser av byggeprosjekter der det kreves ekstra masseuttak.

Å utføre slike beregninger er ikke inkludert i prosjektet.

I denne rapporten presenterer vi først, i kapittel 2, det metodeverktøyet som skal anvendes. Dette er stort sett det samme som for nyttekostnadsanalyser forøvrig, med unntak for at nyttesiden er summarisk behandlet og ikke forsøkt tallfestet. Det er valgt tre eksempler eller casestudier som det gjennomføres beregninger for. Nyttesiden ved disse prosjektene beskrives generelt og med ord. Dette gjøres i kapittel 4. De bedriftsøkonomiske og de eksterne kostnadene ved de enkelte eksempel-prosjektene beregnes i kapittel 5. Det vil til slutt, i kapittel 6, bli gjort forsøk på å generalisere denne undersøkelsen for å danne en mal for beregning av slike kostnader ved fremtidige byggeprosjekter.

2. Metodisk opplegg

De samfunnsøkonomiske kostnadene består av kostnader for bedriften og for det øvrige samfunnet. Entreprenørens oppgaver legges hovedsakelig til grunn for beregning av de bedriftsøkonomiske kostnadene.

For de øvrige samfunnsøkonomiske kostnadene er følgende forhold med i beregningen: *Vegslitasje, lokal forurensing, tilsøling, støy, bilkøer og trafikkulykker*. Disse kostnadene er beregnet ved hjelp av de samme kalkulasjonspriser og statistiske metoder som vanligvis anvendes ved nyttekostnadsanalyser.

Det er gjennomført tre eksempelstudier fra byggeprosjekter i Oslo.

2.1 Samfunnsøkonomiske kostnader

De samfunnsøkonomiske kostnadene beregnes ut fra et vanlig opplegg for samfunnsøkonomiske kalkyler. Se f.eks. Eriksen, Killi og Minken (1994). Kostnadene for samfunnet kan her hensiktsmessig deles inn i kostnader for de deltakende bedrifter og kostnader for samfunnet for øvrig. De *bedriftsøkonomiske* kostnadene utgjør trolig en vesentlig del av totalen. Her vil de bedriftsøkonomiske kostnadene stort sett utgjøres av grave- og anleggskostnader og kostnader ved ekstra transport i den forbindelse. Samfunnsøkonomiske kostnader for øvrig vil være kostnader for den offentlige sektoren og kostnader som påføres privatpersoner og bedrifter generelt, uten at det er resultatet av deres egen markedstilpasning. Dette kalles gjerne de eksterne kostnadene. I den grad betalte avgifter gjelder miljøeffekter, som også er innregnet i de øvrige samfunnsøkonomiske kostnadene, burde disse egentlig vært trukket fra. Det antas imidlertid å utgjøre svært lite.

Med hensyn til bedriftenes kostnader vil vi legge deres egne oppgaver til grunn når det gjelder de rene anleggskostnadene. For transportkostnadene vil vi basere oss på Lastebilkostnadsundersøkelsen 1988. I denne er det beregnet gjennomsnittlige faste og løpende kostnader for ulike typer transport, deriblant massetransport. Det må understrekes at vi benytter modellberegnete kostnader og ikke de «virkelige» (bokførte) kostnadene.

Ved hjelp av en transportmodell, EMME/2, kan korteste (raskeste) vei fra byggeplassen til alle aktuelle deponier beregnes. Det mest gunstige alternativet velges.

De eksterne samfunnsøkonomiske kostnader vil være kostnader som offentlige og private aktører blir påført på grunn av denne virksomheten, men som de ikke kan påvirke gjennom markedstilpasning. Eksempler på dette vil være forurensingskostnader og støykostnader som den ekstra biltransporten påfører omgivelsene, slitasjekostnader, køkostnader m.v. Kostnader som antas dekket inn ved gebyrer, f.eks. deponeringskostnader, er ikke med blant de eksterne kostnadene.

Nedenfor vil vi kort nevne beregningsmetodene for de ulike typene eksterne kostnader:

- **Slitasje.** Veger og annen infrastruktur slites som følge av stor biltrafikk. Slitasjen øker med størrelsen på kjøretøyet. Ved TØI er det gjort en del beregninger av kjørevegskostnader på veg. Vi skal her basere oss på Eriksen og Hovi (1995), som bygger på tidligere arbeider. Framgangsmåten er å anslå den trafikkvolumavhengige delen av Vegvesenets vedlikeholdskostnader. Deretter brukes en amerikansk undersøkelse (AASTHO 1974) for å fordele de bærevneavhengige kostnadene etter kjøretøystørrelse. De øvrige kostnadene fordeles etter faste nøkler på grunnlag av antakelser om hvordan slitasjen fordeler seg etter biltyper.
- **Lokal forurensing.** Lokalt virkende gasser som SO_2 , NO_x , CO mv samt bly, støv og skitt er til plage i tettbygde strøk. Betalingsviljen for å redusere den lokale forurensingen er undersøkt av Sælensminde og Hammer (1994). Ved hjelp av såkalte samvalgsanalyser eller intervjuspill har de forsøkt å få et utvalg av personer i Oslo og Akershus til å avsløre sin betalingsvilje for en bestemt reduksjon (eller unngå en bestemt økning) i lokale utslipp. Metoden går ut på å stille ulike alternativer eller «pakker» opp mot hverandre. Disse pakkene inneholder ulike størrelser på miljøfaktorer til ulike priser (i form av skatter eller transportkostnader). Betalingsviljen for en bestemt prosentvis endring kan regnes om til en kostnad pr kjørt km for ulike kjøretøystyper, slik det er gjort i Eriksen og Hovi (1995).
- **Støy.** Sælensminde og Hammers undersøkelse omfatter også betalingsviljen for å unngå sjenerende trafikkstøy. Omregning for vår bruk blir imidlertid mer komplisert i dette tilfellet. En bestemt subjektivt følt støyendring må regnes om til tilsvarende trafikkendring etter en logaritmisk formel. En bestemt trafikkendring regnet i antall kjøretøy vil gi en svært ulike støyendring i ulike gater alt etter som hvor mye trafikk vedkommende gate hadde i utgangspunktet. Det er klart at kostnaden ved et visst antall lastebiler i tillegg blir langt større i en gate som fra før er relativt stille enn på en trafikkert motorvei. Betalingsviljen må derfor beregnes for hver eneste veilenke i forhold til hvor mange som bor ved veien (antall plagede) og summeres sammen for hele reiseruten fra byggeplass til deponi.
- **Køkostnader.** Vanligvis regner vi med at bilene bidrar til kø ved sitt antall. I dette prosjektet er det imidlertid ikke dette som er karakteristisk, men at de tilkommende kjøretøyene er relativt saktekjørende, slik at de bidrar til å sinke trafikken for de bilene som vanligvis trafikkerer området. Jo smalere vei og jo flere biler i utgangspunktet, jo lettere vil det bli dannet kø. Vi har ved TØI¹ formulert en statistisk modell der både anleggslastebiler og øvrig trafikk (hovedsakelig personbiler) ankommer en bestemt veilenke tilfeldig, men etter en viss lovmessighet, som er beskrevet ved en sannsynlighetsfordeling. Gjennomsnittlig forsinkelseskostnader kan da regnes ut når vi forutsetter kjennskap til gjennomsnittshastighet for de to kjøretøysgruppene og tidskostnadene for de øvrige trafikantene.

¹ Utledet og beregnet av Peter Christensen. Se vedlegg.

- **Tilsøling.** Transport av løsmasse fører ofte til tilsøling av veier og eiendommer i nærheten av anleggsområdet. Dette vil ofte føles plagsomt for folk som bor i nærheten eller som trafikkerer området. Ulempen ved dette burde egentlig også måles ved hjelp av en betalingsvillighetsundersøkelse, men det vil føre for langt her. Et minimumsanslag for kostnadene vil være rengjøringskostnader for bilene. I mangel av bedre kunnskap vil vi benytte dette her.
- **Ulykkeskostnader.** Store biler som ferdes i trafikken vil kunne påføre andre trafikanter store kostnader ved sin størrelse. En del av ulykkeskostnadene vil gjennom forsikringer og fortjenestemarginer være inkludert i de ordinære transportkostnadene som lastebileieren/sjåføren har. Det vil i tillegg være en ekstern kostnadsandel ved trafikkulykker. Denne påføres andre trafikanter eller samfunnet generelt. Denne kostnaden består i helsemessige og materielle tap som andre enn lastebileieren/sjåføren må betale for, enten i form av penger eller fysisk lidelse eller annet nyttetap. Materielle og medisinske kostnader kan anslås greit fra statistikken, mens kostnadene ved tapte liv og nedsatt helse/-førighet kan beregnes ved hjelp av undersøkelser av betalingsvillighet for å unngå slike ulykker.

Det er også vanlig å ta med CO₂-utslipp blant de eksterne effektene. Usikkerhet og til dels også faglig uenighet om hvordan kostnadene ved slike utslipp skal beregnes, har gjort at vi har holdt denne faktoren utenfor. Den nylig inngåtte klimavtalen har imidlertid aktualisert at CO₂-utslipp kostnadsfestes på en standardisert måte ved fremtidige analyser.

Ser vi på dette som en nyttekostnadsanalyse for restriksjoner på hvor høyt man kan bygge på den enkelte byggegrunn, vil det ovenfor beskrevne representere kostnadssiden. Nyttensiden lar seg beskrive, og muligens også tallfeste, i hvert fall i prinsippet. Slik tallfesting kan f.eks. skje ved betalingsvillighetsundersøkelser. Det faller imidlertid utenfor rammen av dette prosjektet, hvor vi vil begrense oss til å *beskrive* disse fordelene, basert på skriftlig materiale om bakgrunnen for regelverket samt intervjuer med forvalterne av regelverket. Brukerne av analysen må dermed selv ta stilling til verdien av å ha restriksjoner av ovenfornevnte type.

2.2 Eksempelstudier

Etter som det er umulig å beregne eller anslå de totale kostnadene for et geografisk område - her Oslo kommune - ved å ha slike restriksjoner, nøyer vi oss med å utføre beregninger for tre eksempler eller case-studier. Meningen er imidlertid at disse eksemplene skal kunne gi en generell innsikt i størrelsene på disse kostnadene ved ulike prosjekter. Eksemplene er derfor valgt for å dekke ulike typer av prosjekter. Det er imidlertid klart at med bare tre eksempler dekkes bare et lite spekter av de ulike typer av prosjekter.

Vi har forsøkt å ta hensyn ulike hustyper, ulik geografisk plassering innenfor Oslos grenser og ulik massebalanse for prosjektene. Eksemplene er valgt ut for oss av Selvaagbygg med disse hensyn for øye. Dette er selvsagt en begrensning, men er det mest praktiske med hensyn til å få tilgang til bedriftsøkonomiske opplysninger.

3. Praktisk gjennomføring

Opplysninger vedrørende eksempelprosjektene bygningstekniske forhold og kostnader er gitt av Selvaagbygg. Oslo kommune, Etat for Miljørettet helsevern og Plan- og Bygningsetaten har bidratt med opplysninger om henholdsvis støybelastning i enkeltgater og om grunnlaget for restriksjonene på byggehøyder. En transportmodell (EMME/2) brukes for å beregne kjøreruter for massetransportene fra byggeplasser til deponi.

Fra Selvaagbygg er det stilt til rådighet opplysninger om eksempelprosjektene. Geografisk lokalisering, plassering i terrenget, en rekke bygningstekniske opplysninger samt kostnadsdata i forbindelse med arbeid med byggetomta framgår av dette materialet. Dataene beskriver to situasjoner, fullstendig massebalanse og den løsningen som blir gjennomført etter at plan- og bygningsetatens endringspåbud er tatt til følge. I praksis vil det ofte være forhandlinger mellom plan- og bygningsetaten og entreprenøren med den hensikt å komme fram til en praktisk gjennomførbar løsning. Derfor fremmes gjerne et forslag man tror kan bli godtatt. Av disse dataene vil spreng-, grave- og byggekostnader både for den forslåtte og den pålagte løsningen framgå. På grunnlag av dette materialet kan også bedriftenes transportkostnader beregnes.

Før noen transportkostnader kan beregnes, må imidlertid deponi og kjørerute fram til deponiet bestemmes ved hjelp av transportmodellen EMME/2. Lengden på de alternative kjøreruter bestemmes. Det velges i eksemplene bare ett deponi, selv om flere kan være aktuelle i virkeligheten. Dernest må kjøreruten kartlegges i detalj, dvs ned på lenkenivå. På grunnlag av et gateregister opprettet av Oslo kommune, Etat for Miljørettet Helsevern, kan vi legge inn informasjon for hver enkelt lenke om gjennomsnittlig døgntrafikk over året (ÅDT), antall bosatte langs lenken (og om ønskelig også støybelastning i decibel (dbA)). Lengden på hver enkelt lenke legges også inn der det er behov for det.

De øvrige kostnadskomponentene i den samfunnsøkonomiske kalkylen kan beregnes på grunnlag av de foreliggende opplysningene.

Beskrivelsen av de ulike elementene på nyttesiden vil være basert på intervjuer med Plan- og Bygningsetaten i Oslo Kommune og på studier av det regelverket som foreligger.

4. Beskrivelse av eksemplene

Eksempelstudiene omfatter *Slemdal*, med boligblokker, *Lille Ekeberg* med eneboliger og *Haugerud* med lavblokker. Fra de tre prosjektene blir det fraktet ut henholdsvis 8000, 2800 og 3300 kubikkmeter masse.

4.1 Slemdal

Feltet består av fem fireetasjers boligblokker i Trosterudveien på Slemdal. Husene er bygd i terrasse med garasje i sokkeletasjen i lett skrånende terreng. Bruttoarealet på utbyggingsområdet er 4188 m². Blant annet på grunnlag av protester fra naboen er innretningen på husene endret noe i forhold til himmelretningene, og de er senket fra 30 cm til 1 m dypere i terrenget enn opprinnelig foreslått. Eksemplet med full massebalanse er basert på disse masseuttakene, men det forutsettes at massen forblir på utbyggingsområdet, noe som ikke opprinnelig var foreslått. Dette gjelder alle tre eksemplene.

Pålegget medfører utsprengning av 5330 m³ stein og utgraving av 1330 m³ løsmasse, mot 1900 m³ stein og 1900 m³ løsmasse i en løsning med full massebalanse. Det ble fraktet bort 8000 m³ masse. Dette medfører en ekstra anleggskostnad i form av graving, sprenging og tilleggsarbeid på 450 300 kr i forhold til en løsning med full massebalanse.

4.2 Lille Ekeberg

Feltet består av 20 eneboliger i Vårsvingen og Enoks vei på Lille Ekeberg. Husene er bygd i nokså skrånende fjellterreng med stort behov for utsprengning. I alt ble det utsprengt 5100 m³ stein og masse mot 3500 m³ i det opprinnelige forslaget. Det ble fraktet bort 2800 m³ masse. I alt medførte dette en ekstra anleggskostnad til graving, sprenging og tilleggsarbeid på 414 000 kr i forhold til en løsning med massebalanse.

4.3 Haugerud

Feltet består av åtte rekker med leiligheter i lavblokk med svalgang i Landeroveien på Haugerud. Husene er bygd i delvis skrånende fjellterreng med moderat behov for utsprenging. I det opprinnelige forslaget var det tilnærmet massebalanse. Det vil si at mesteparten av den utsprengte massen skulle anvendes på tomte. Etter pålegg fra Plan- og bygningsetaten er det sprengt og gravd ut 3988 m³, mot 2554 m³ i det opprinnelige forslaget. Det ble fraktet bort 3300 m³ masse. Dette medførte i alt ekstra anleggskostnader på 212 000 kr i forhold til full massebalanse.

5. Kostnader og nytte ved ekstra masseuttak

Differanseprosjektet mellom det gjennomførte prosjektet og det tilsvarende prosjektet forutsatt full massebalanse har bedriftsøkonomiske kostnader for *Slemdal* på 1 400 000 kr, for *Lille Ekeberg* på 636 000 kr og *Haugerud* på 486 000 kr. Dette er anleggskostnader, transportkostnader og deponeringskostnader.

De eksterne samfunnsøkonomiske kostnadene utgjør for *Slemdal* 486 000 kr, for *Lille Ekeberg* 135 000 kr og for *Haugerud* 167 000 kr. Av dette utgjør lokal forurensing og støykostnader mest, begge med 30 til 50 prosent. Kjøpkostnader, veislitasje og tilsøling utgjør fra 5 til 9 prosent, mens trafikkulykkeskostnadenes andel ligger på omlag 4 prosent.

Det er andre forhold som ikke er tallfestet, men som likevel påvirker samfunnets nytte av å bygge med massebalanse eller å bygge dypere i terrenget. Det kan tenkes at en del ikke tallfestede faktorer vil telle til fordel for at bygningene skal bygges lavere i terrenget. Det kan være tilgang på solinnfall og utsikt, estetiske hensyn og naturvern. På den annen side vil naturinngrepene i mange tilfeller bli mindre ved massebalanse. Opprinnlig grunnvannstand og vegetasjon kan i mange tilfeller bevares i større grad. Det vil være ulikt syn på vektleggingen av ikke tallfestede faktorer.

5.1 Bedriftsøkonomiske kostnader

Anleggskostnader

Med bedriftsøkonomiske kostnader mener vi her de kostnadene som påhviler entreprenøren og dermed i siste instans som regel byggherren i forbindelse med pålegg om å endre byggeplanene i forhold til et alternativ med fullstendig massebalanse. Tilleggs kostnader for ekstra utgraving av løsmasser, sprenging og utgraving av fjellmasser, ekstra fylling, eventuelt også vann- og avløpsgrøfter og terrengsluk. I tillegg kommer bortkjøring av overskuddsmasse og fratrek for eventuell innkjøring av underskuddsmasse av andre typer. Transportkostnadene behandles imidlertid separat nedenfor. Det må understrekes at vi ikke kjenner de totale bedriftsøkonomiske kostnadene ved prosjektet. Vi kan derfor ikke her beregne prosentvis kostnadsøkning for totalprosjektet. Det vi kjenner er kun anleggskostnadene i førsituasjonen. Vi kan si at vi beregner et «differanseprosjekt», som er lik forskjellen mellom det gjennomførte prosjektet (pålagt prosjekt) og massebalanseprosjektet.

Tabell 5.1 viser entreprenørens kalkulerte (ikke bokførte) anleggskostnader før og etter kommunens pålegg om endringer.

Tabell 5.1. Anleggskostnader ved foreslåtte og pålagte løsninger. Etter prosjekt og kostnadstype. Kr.

Grunnarbeid Type	Slemdal			Lille Ekeberg			Haugerud		
	Masse- balanse	Pålagt	Pål. - Mas.	Masse- balanse	Pålagt	Pål. - Mas.	Masse- balanse	Pålagt	Pål. - Mas.
Utgraving av løsmasser	31500	46550	15050	70000	140000	70000	10850	23065	12215
Sprengning og utgraving	85500	506350	420850	47500	104500	57000	118180	316255	198075
Fylling	756000	72000	-3600	87300	162000	74700	62700	7830	-54870
Innkjøring	-	-	-	-	160000	160000	-	24000	24000
Vann- og avløpsgrøft	-	12000	12000	-	20000	20000	579000	579000	-
Terrangsluk	-	-	-	-	14000	14000	-	21000	21000
Murer	-	6000	6000	-	18000	18000	-	12000	12000
Sum	192600	642900	450300	204800	618500	413700	770730	958150	212400

Det framgår av tabell 5.1 at pålegg fra kommunen i to av tilfellene øker anleggskostnadene for tomtearbeidene med 100 til 130 prosent i forhold til en løsning med massebalanse, mens det i tilfellet med lavest pålegg bare øker det opprinnelige forslaget med 24 prosent. Det er hovedsaklig utgraving og sprengning som utgjør merkostnadene, mens kostnadene til fylling blir lavere i to av de tre tilfellene.

Transport- og deponeringskostnader

Som nevnt har vi valgt å kalkulere bortkjørings- og innkjøringskostnader på vår egen måte. Lastebilkostnadsundersøkelsen gir en kilometerkostnad for massetransport med mellomtungte biler (15 - 20 tonn) på kr 17,16 i 1988. Oppjustert til prisnivået i 1995 gir dette kr 21,50 pr km. Lastebilkostnadsundersøkelsen omfatter i prinsippet alle direkte kostnader ved lastebilkjøring, kapitalkostnader, forsikring, lønninger, drivstoff, dekkslitasje, reparasjoner mv.

Det er i modellen regnet med tre mulige deponier:

- Oslo Pukkverk, Huken, Grorud
- Grønmo fyllplass
- Holm fylling, Nittedal

Transportmodellen EMME/2 beregner korteste kjørevei mellom de tre byggeprosjektene og hvert av de tre pukkverkene. Vi velger da bare å se på det gunstigste alternativet for hvert av de tre byggeprosjektene. Dermed kommer vi fram til følgende rutevalg :

1. Trosterudveien, Slemdal - Oslo Pukkverk, Huken: 12,2 km.
2. Enoks vei, Lille Ekeberg - Grønmo fyllplass: 6,6 km.
3. Landeroveien, Haugerud - Oslo Pukkverk, Huken: 8,3 km.

Egentlig burde vi ha som kriterium å velge det alternativet som minimerer samlede deponeringskostnader, dvs transportkostnader pluss deponering, men i de konkrete tilfellene vi ser på her forskjellen i gebyret for liten til at det spiller noen rolle. Noe annet er at entreprenøren ikke forventes å inkalkulere de eksterne kostnadene. Hadde han gjort det ville betydningen av gebyret blitt relativt mindre.

For inntransport av underskuddsmasse har vi bygd på bedriftens egne kalyler med en pris på 80 kr pr m³. Det er ikke helt sammenliknbart, idet dette er masse av annen type (finsprengt) som det ofte må betales for å kjøpe.

For de tre prosjektene får vi da følgende kostnader:

For **Slemdal** har vi beregnet at det blir fraktet ut ekstra 1277 lass med overskuddsmasse. Med tur- og returtransport er beløpet for uttransportkostnadene da regnet til å bli: 623 176 kr. Det er ingen inntransport av underskuddsmasse.

For **Lille Ekeberg** blir det fraktet ut 448 lass med overskuddsmasse. Til og fra deponiet blir transportkostnadene da 148 736 kr. Inntransport av underskuddsmasse kommer på 160 000 kr.

Fra prosjektet på **Haugerud** blir det fraktet ut 528 lass. Uttransportkostnadene blir da på 139 392 kr. Kostnadene for inntransport av underskuddsmasse blir 24 000 kr.

Oslo Pukkverk og Holm fylling tar 17 kr pr tonn i deponeringsavgift. På Grønmo er prisen 10 -12 kr pr tonn. Vi har regnet med 11 kr. Ett lass er beregnet å veie i gjennomsnitt 15 tonn. For de enkelte prosjektene får vi da beregnet disse deponeringskostnadene:

Slemdal: 19155 tonn á 17 kr = 325 635 kr.

Lille Ekeberg: 6720 tonn á 11 kr = 73 920 kr.

Haugerud: 7920 tonn á 17 kr = 134 640 kr.

Det samlede resultat for de bedriftsøkonomiske kostnadene er gjengitt i tabell 5.2.

Tabell 5.2. Bedriftsøkonomiske kostnader. Kr.

	Slemdal	Lille Ekeberg	Haugerud
Sprenging, graving, tomtearbeid	450300	413700	212420
Bortkjøring av masser	623176	148736	139392
Deponeringsgebyr	325635	73920	134640
Sum	1399111	636356	486452

5.2 Eksterne kostnader

De eksterne kostnadene vi vil beregne her, er de ekstra kostnadene samfunnet påføres ved at vi går over fra det foreslåtte utbyggingalternativet til det pålagte alternativet. Dette gjelder som nevnt bare kostnader som ikke er resultat av aktørens egne økonomiske tilpasninger. Vi beregner denne differensen direkte i den grad dette er mulig for å spare beregningsarbeid.

5.2.1 Slitasje

Slitasje på veier og infrastruktur er beregnet med utgangspunkt i slitasjen på riksveinettet som helhet og er dermed ikke helt utrepresentativ for Oslos gate- og veinett, men vi antar at forskjellen ikke er svært stor. Drifts- og vedlikeholdskostnader slik de er oppgitt i Vegvesenets budsjett og regnskap, er fordelt i *trafikkvolumavhengige*, *øvrige trafikkavhengige* og *faste kostnader*. Av de volumavhengige kostnadene er piggdekkslitasjen beregnet særskilt. En andel av de trafikkavhengige, men ikke volumavhengige kostnadene (f.eks. trafikkmerking) er sammen med de trafikkvolumavhengige kostnadene regnet å utgjøre slitasjekostnadene.

Slitasjen på vegkropp, bruer m v og en del av vegdekkekostnadene utgjør de bæreevneavhengige kostnadene. Disse er fordelt etter akseltrykk omregnet til personbilkvivalenter. Grunnlaget for denne omregningen er en amerikansk undersøkelse fra 70-årene, (AASTHO 1974) som fortsatt benyttes.

Den bæreevneavhengige slitasjen er fordelt på kjøretøyer etter deres bæreevnekvivalensfaktor. Denne er beregnet etter følgende formel:

$$R = \left(\frac{P}{0,5} \right)^a \quad (5.1)$$

Her er:

R = bæreevnekvivalensfaktoren i forhold til personbil

p = akseltrykk

a = eksponent avhengig av vegens bæreevne

Verdien 0,5 indikerer antatt akseltrykk for personbiler. Vi antar som en tilnærming at alle aktuelle kjøretøyer har to aksler. Eksponenten a er svært avgjørende, og verdien på den er svært omdiskutert selv om den som regel måles med utgangspunkt i AASHO-undersøkelsen (AASTHO 1974). Verdien ligger gjerne mellom 2 og 4,5, og vi har her valgt 3.

Tabell 5.3 viser personbilaksekvivalenter og vedlikeholdskostnader pr km for godsbiler etter nyttelast og totalvekt. Alle trafikkvolumavhengige kostnader er med, også de som ikke er avhengig av akseltrykket. Vi ser at forskjellen i vedlikeholdskostnader ved akseltrykk 2,5 og akseltrykk 3 ikke er så dramatisk som forskjellen i personbilaksekvivalentens tallverdi tyder på ved første blick.

Det at kostnadene er ikke er mer avrundet, gir på ingen måte uttrykk for nøyaktighetsgraden i beregningene. Dette skulle klart framgå av ovenstående.

Med eksponent 3 får vi da for en massetransportbil av mellomstor eller stor type kostnader på kr 1,29 pr kilometer fullastet og kr 0,81 ved tomkjøring.

For **Slendal** gir da 1277 ekstra lass med masse kjørt 15 579 vognkm tilsammen og med like lang tomtransport tilbake en ekstrakostnad på **32 631 kr**.

For **Lille Ekeberg** blir det tilsvarende 3718 ekstra kjørte vognkm uttransport av masse tilsammen hver veg. For inntransport av masse blir det 326 vognkm hver veg. Tilsammen blir det **8459 kr.**

Fra **Haugerud** ble det transportert bort ekstra masse tilsvarende 3485 vognkilometer og inn masse tilvarende 48 vognkm. Tilsammen gir det en tilleggs kostnad på **7400 kr.**

Gitt at modellen gir et forholdsvis realistisk bilde, ser vi at vegslitasje neppe kan sies å utgjøre betydelige summer for noen av de tre prosjektene.

Tabell 5.3. Personbilakselekvivalenter og veivedlikeholdskostnader etter nyttelast, totalvekt og akseltrykk.

Nyttelast Tonn	Totalvekt Tonn	Typiske akseltrykk		Pers.bilaksel-ekv. Personbil =1		Vedlikeholdskostnader Kr/km	
		Foraksel	Bakaksel	Eksp. 2,5	Eksp. 3,0	Eksp. 2,5	Eksp. 3,0
1-1,9	3-4	1	2	24.7647	51.2	0.043	0.026
2-2,9	4-5	2	3	50.8374	118.5	0.089	0.061
3-3,9	5-8	3	4	98.0258	261.4	0.171	0.134
4-4,9	8-10	4	5	166.402	490.85	0.290	0.251
5-5,9	10-12	5	6	240.604	779.75	0.420	0.399
6-6,9	12-14	5	8	386.563	1408.59	0.674	0.721
7-7,9	14-16	6	8	428.517	1578.24	0.747	0.808
8-8,9	16-17	6	10	457.229	1731	0.798	0.886
9-9,9	17-18	5	12 B	386.563	1408.59	0.674	0.721
10-11,9	18-20	6	12 B	428.517	1578.24	0.747	0.808
12-14,9	20-22	6	16 B	457.229	1731	0.798	0.886
15 og over	22 og over	10	16 B	631.901	2512.6	1.102	1.286
Varebil over 1 tonn		1	2	24.7647	51.2	0.043	0.026

5.2.2 Lokal forurensing

Som nevnt under kapittel 2.1 er det betalingsvillighetsundersøkelser som er utgangspunktet for verdsetting av kostnadene ved lokal forurensing. Det vil si at vi ser på de samlede kostnadene av lokal luftforurensing pga avgasser og partikler fra drivstoffet og pga støv og skitt fra veislitasje. Beregningene er imidlertid gjort etter samme opplegg for 'lokal luftforurensing fra drivstoff' og 'støv og skitt fra veislitasje'.

Utslipp fra drivstoff i form av gasser og partikler er i Sælensminde og Hammers (1994) undersøkelse verdsatt til 2450 kr pr plaget for å unngå en 10 prosent økning i utslippet. Utslippsøkningen er her målt på en ikke definert måte, men vi antar at dette er knyttet direkte til drivstofforbruket med samme prosentvise endring.

I det første alternativet (**Alt. 1**) antar vi at beboerne i de enkelte gater og veier som rammes av denne anleggstrafikken, har den samme verdsettingen av en prosentvis forverring som gjengitt over, dvs 245 kr pr prosentenhet. Oslo Kommunes gateregister har gjennomsnittlig døgntrafikk (ÅDT) for hver enkelt veglenke og antall personer som bor inntil hver veglenke. Vi kan dermed beregne trafikken som skyldes det opprinnelige forslaget og den vedtatte utbyggingen. Trafikkendringen for hver enkelt veglenke beregnes i prosent. Dersom vi antar at alle som bor inntil vedkommende vei er plaget, kan total betalingsvilje langs hele

kjøreruten for å unngå utslippsøkning beregnes som summen av betalingsviljen for alle veilenker. Utslippskostnaden pr kilometer blir da sterkt avhengig av trafikken i utgangspunktet og antall bosatte og kan variere sterkt fra veilenke til veilenke. Resultatene framgår av tabell 5.4 nedenfor.

Det kan imidlertid være problematisk med svært store forskjeller i kalkulert forurensningskostnader pr km for veglenker som tross alt ligger nært hverandre. Kostnadene blir også tildels ganske høye. I en alternativ beregning (**Alt. 2**) har vi derfor valgt å stille alle veglenker likt. Vi antar her at den prosentvise endringen i seg selv ikke har betydning i hver, men derimot den absolutte endringen i gass og partikkelutslipp beregnet pr utkjørt kilometer. Verdsettingen er satt lik den gjennomsnittlige betalingsviljen pr kilometer utkjørt i tettbygde strøk vektet etter drivstofforbruk. Dette gir en kilometerkostnad for gasser på kr 4,34. Se tabell 5.3 for resultater.

Støv og skitt fra vegslitasje behandles helt parallelt med øvrig lokal forurensing. Betalingsviljen er på tilsvarende måte målt av Sælensminde og Hammer (1994) til 850 kr pr person i året for å unngå 10 prosents forverring av spredningen av støv og skitt.

I **alternativ 1** legger vi til grunn antatt betalingsvilje for de personer som bor i de aktuelle gater og veier. Prosentvis endring antas å være den samme som for utslipp av gasser og partikler. Betalingsviljen for å unngå en prosents forverring er 85 kr.

I **alternativ 2** har vi på samme måte som over beregnet en gjennomsnittlig kostnad pr km for alle seks prosjektene. Denne er beregnet til kr 2,53.

Tabell 5.4 Verdsetting av lokal forurensing ved uttransporter. Kroner, avrundet.

		Slemdal	Lille Ekeberg	Haugerud
Alt. 1. Relativ kmkostnad	Gasser og partikler	422100	118900	232000
	Støv og skitt	145100	40900	79700
	Sum	567200	159800	311700
Alt 2. Fast kmkostnad	Gasser og partikler	135300	32300	30300
	Støv og skitt	78700	18800	17600
	Sum	214000	51100	47900

Sett på bakgrunn av at økningen i lokal forurensing er relativt kortvarig kan det tenkes at det er urealistisk å legge samme betalingsvilje til grunn som ved en tilstandsending som er ventet å vare i all overskuelig framtid. Folks toleranse for plager er gjerne større når man vet at tilstanden er midlertidig. Dette taler til fordel for å legge det laveste alternativet, alternativ 2, til grunn. De store forskjellene i gjennomsnittsverdi for de enkelte veilenkene taler mot alternativ 1.

Ovenfor gjengitte beregningsresultater gjelder bare for uttransporter. Inntransporter kommer i tillegg. Dette impliserer i alternativ 2 et tillegg i forurensningskostnader med 4396 kr for Ekebergprosjektet og 659 for Haugerudprosjektet. I alt blir kostnadene for lokal forurensing for alternativ 2 når inntransporter er tatt med: For Slemdal 214 000 kr, for Lille Ekeberg 55 500 kr og for Haugerud 48 500 kr. Som det framgår av tabell 5.4 ville tallene for alt 1 blitt langt høyere, men de skal ikke gjengis her, siden vi velger å legge alternativ 2 til grunn.

5.2.3 Støy

For støyplagen er kostnaden som nevnt i avsnitt 2.1, beskrevet etter en relativt komplisert modell. Som for lokal forurensing fra drivstoff og veistøv tar vi utgangspunkt i trafikken (ÅDT) i hver enkelt veilenke og antall personer som er bosatt ved disse veilenkene. Trafikken som ville skyldes det opprinnelige utbyggingsforslaget legges i bunnen, og trafikkøkningen som skyldes pålegget fra de kommunale myndigheter beregnes som tillegg til dette. Den prosentvise trafikkendringen dette medfører for hver enkelt veilenke, regnes om til en subjektiv (følt) støyendring etter følgende tilnærmede formel:

$$\frac{\log(A \cdot SUB)}{\log 2} = \frac{\log \text{ÅDT}}{\log 10} \quad (5.2)$$

Her er SUB subjektivt støynivå, ÅDT er gjennomsnittlig døgnetrafikk og A er en vilkårlig konstant og indikerer at skalaen for støymålingen kan velges fritt så lenge den endres med en proporsjonal faktor. Uttrykket impliserer at når trafikknivået multipliseres med 10, fordobles den subjektive støyen.

Anvender vi logaritmer med grunntall 10 (benevnt lg) og sløyfer skalafaktoren, blir uttrykket noe enklere, og den relative endringen i subjektiv støy kan beskrives ved følgende uttrykk der fotskrift 0 og 1 indikerer situasjonen før og etter endringen:

$$\Delta \lg SUB = \lg SUB_1 - \lg SUB_0 = \lg 2 (\lg \text{ÅDT}_1 - \lg \text{ÅDT}_0) \quad (5.3)$$

Som vi ser blir den relative endringen antilogartimen til dette uttrykket:

$$\frac{SUB_1}{SUB_0} = 10^{\Delta \lg SUB} \quad (5.4)$$

Denne subjektivt følte støyendringen er i Sælensminde og Hammers (1994) betalingsvillighetsundersøkelse verdsatt til 1250 kr for å unngå en 10 prosents forverring, eller 125 kr pr prosentenhets forverring. Vi antar at de tunge massetransportbilene har en støyverdi på 10 ganger støyverdien til en personbil. Hadde det i utgangspunktet bare vært personbiler som kjørte i vedkommende veilenke, vil en prosents økning i lastebiltrafikken kostet 1250 kr. Imidlertid tyder statistikken på at det i utgangspunktet er en tungtrafikkandel på gjennomsnittlig 5 prosent. Av praktiske årsaker antar vi at det gjelder for alle veilenker. Det vil si at en prosents økning i massetransporten tilsvarer mellom seks og syv prosents forverring regnet i personbilekvivalenter.

Store ulikheter mellom veilenkene mht trafikken i førsituasjonen gjør at forskjellene i støykostnadene blir svært store. Like viktig er store forskjeller i tallet på bosatte inntil veien. Vi har likevel valgt å legge de relative endringene til grunn for støykostnadsberegningene. Årsaken til denne vurderingen er at støy er en enda mer lokal og «subjektiv» plage. Vi regner med lite forskjell i effekt av at tilstanden varer kort eller lenge. Nedenfor i tabell 5.5 er beregnet støykostnad for de valgte rutealternativer for de tre prosjektene gjengitt. Merk at de relative forholdene mellom alternativene blir omtrent som ved lokal forurensing, alternativ 1.

Tabell 5.5. Verdsetting av støykostnader. Kr avrundet.

	Slemdal	Lille Ekeberg	Haugerud
	Trosterudveien - Huken	Enoks vei - Grønmo	Landerovn - Huken
Støykostnader	152700	45200	84300

5.2.4 Køkostnader

Som nevnt i kapittel 2.1 er den typen køkostnader vi beregner egentlig forsinkelseskostnader ved at noen kjøretøyer kjører sakte og dermed sinker andre. Vi antar at dette bare er et problem i de veiene og gatene som er nært inntil enten byggeplassen eller deponiet. Dette er gjerne smale veier med bare ett felt i hver retning. På hovedveiene, dvs firefeltsveier og brede tofeltsveier, regner vi med at problemet er neglisjerbart.

Den gjennomsnittlige forsinkelsen som en av de vanlige trafikantene gjennomsnittlig blir utsatt for, vil være avhengig av hyppigheten av massetransportbiler og hyppigheten av de «ordinære» bilene. Med ordinære biler mener vi her en bilstrøm med samme sammensetning som trafikkerte området også *før* byggeperioden. Fordelingen av ankomsten til disse bilene er hver for seg beskrevet av en Poisson-fordeling med gjennomsnittlig hyppighet som parameter. Den samlede lengden på veien fram til nærmeste hovedvei eller fra hovedveien til bestemmelsesstedet er av stor betydning for størrelsen på disse forsinkelseskostnadene. Gjennomsnittlig hastighet i veier med fartsgrense 40 km/t er satt til 20 km/t for massetransportbiler og 40 km/t for øvrige biler. For veier med fartsgrense på 50 km/t er det antatt at massetransport holder 25 km/t i gjennomsnitt og for en vei med 60 km/t-grense 35 km/t, idet vi antar at øvrig trafikk i gjennomsnitt holder fartsgrensen akkurat. Dette kan virke lavt for massetransportene, men dette er ofte smale veier, og langsom aksellerasjon ved oppstart og senket hastighet ved avkjøring for disse store bilene bidrar til å senke gjennomsnittshastigheten på de relativt korte lenkene.

Forventet tidstap blir det samme for alle de «ordinære» bilene, men deres tidskostnader vil variere med type kjøring. Vanligvis bruker en her Vegvesenets håndbok i nyttekostnadsanalyser (Statens Vegvesen 1995). Nye oppjusterte tall til bruk i Vegvesenets nyttekostnadsberegninger opererer med følgende tidskostnader pr bil pr time: Personbiler til og fra arbeid: 85 kr, Personbiler og andre lette biler, tjenestekjøring: 203 kr og Tunge biler: 260 kr. (Jfr Odeck 1997). Disse tallene kan bli revidert på grunnlag av en ny tidsverdistudie som ennå ikke er slutført. Antar vi at arbeidsreiser utgjør 65 prosent, tjenestereiser 30 prosent og tunge biler 5 prosent, får vi at gjennomsnittlig tidsverdi for disse «ordinære» bilene blir 130 kr, avrundet. Dette er den kostnad ved tidstap som vi vil bruke i disse beregningene.

Andel av ÅDT som foregår innenfor arbeidstiden på byggeplassene er antatt å være 62,5 prosent. Dette bygger på en TØI-undersøkelse av variasjoner i biltrafikken over døgnet (Vibe 1993). Som tidligere nevnt bygger ÅDT-tallene på Oslo Kommunes gateregister. Lengden på de enkelte veglenkene er anslått fra gate/veikart for Oslo.

Beregningsresultatene går fram av tabell 5.6. Vi ser at tallene er forholdsvis lave sammenliknet med de kostnadskomponentene vi har sett på tidligere. Lengden på tilførselsveiene fram til hovedveien og trafikken på disse veien er svært avgjørende for størrelsen på køkostnadene. Dette er forhold som vil variere mye mellom de ulike lokalområdene. Beregningene vil også være følsomme for feil og endringer i tallgrunlaget.

Tabell 5.6 Beregnete køkostnader. Kr avrundet.

	Slemdal	Lille Ekeberg	Haugerud
Køkostnader	40500	11600	11700

5.2.5 Tilsøling

Kostnadene ved tilsøling er beregnet etter nokså enkel metode, nemlig kostnadene for rengjøring av bilen, pr lass. Dette kan betraktes som et minimumsanslag, i det det kan tenkes at ulempene for de omkringboende og andre trafikanter tilsvarer større kostnader enn renholdet av bilene utgjør. På den andre siden er støv og skitt medregnet ovenfor under lokal forurensing. Vi antar at dette dekker ordinær tilsmussing fra gjennomsnittlige store biler. Den ekstra tilsøling som oppstår pga disse massetransportene antar vi i hvert fall delvis motsvarer kostnadene ved rengjøring av bilene før transporten starter. Nå er det klart at slik rengjøring bare finner sted når forholdene er ekstra ille. De berørte naboer og trafikanter blir derfor faktisk påført en del ekstra ulemper på grunn av tilsøling. Om dette tilsvarer den potensielle rengjøringskostnaden vet vi ikke, men det er det nærmeste vi kommer her.

Rengjøringskostnadene for et enkelt lass er anslått til kr 20. Basert på beregnet antall lass for hvert prosjekt som er gjengitt i kapittel 5.1, finner vi følgende kostnader:

Tabell 5.7 Beregnete kostnader ved tilsøling. Kr.

	Slemdal	Lille Ekeberg	Haugerud
Rengjøringskostnader	25 500	9 000	10 600

Vi ser at tilsølingskostnadene, slik de er beregnet her, ikke er store i forhold til de øvrige lokale ulempekostnadene, faktisk noe lavere enn køkostnadene.

Det må bemerkes at denne metoden nok er for enkel og er anvendt i mangel av noe bedre. Det er fare for kostnadene her kan være betydelig undervurdert. Egentlig burde forurensings- og tilsølingskostnader bli anslått samlet ved hjelp av en betalingsvillighetsundersøkelse som omfattet begge forhold.

5.2.6 Ulykkeskostnader

Kostnader ved veitrafikkulykker består i to hovedtyper av kostnader: 1) kostnader ved tap av liv og redusert helsetilstand og 2) kostnader ved inntektstap og økte utgifter i forbindelse med ulykken. De partene som berøres av ulykkeskostnader er de trafikkskadde, trafikkskaddes pårørende, øvrige private og den offentlige sektor. Tilsammen utgjør kostnadene for disse de samfunnsøkonomiske kostnadene ved trafikkulykker. Den «håndfaste» delen av disse kostnadene, medisinske kostnader, materielle kostnader, administrative kostnader og produksjonsbortfall, lar seg beregne på grunnlag av eksisterende statistikk. Kostnader ved øket risiko for tapt liv og nedsatt helsetilstand er beregnet på grunnlag av «oversetting» til norske forhold av resultatene fra en rekke betalingsvillighetsundersøkelser fra mange land.

Disse beregningene er utført av Elvik (1993). Han kommer fram til en kostnad på 15 655 000 kr for et trafikkdødsfall, hvorav to tredjedeler er ikke-materielle kostnader, og 10 725 000 kr for en meget alvorlig personskaade, Ca halvparten er ikke-materielle kostnader.

Imidlertid er det bare en del av disse kostnadene som overføres til andre. Noen av kostnadene bæres av skadeforvolderen ved eget erstatningsansvar, egen forsikring og egen skade. Den eksterne kostnaden er enkelt sagt den delen av kostnadene som overføres parter som ikke er årsak til skaden. Denne kostnadsandelen overføres andre personer eller samfunnet forøvrig, og er den vi vil benytte i våre beregninger. Elvik har beregnet denne andelen til 0,42 for veitrafikken (Elvik 1994).

På grunnlag av de ulike kostnadselementene har vi kommet fram til en ulykkeskostnad for store lastebiler på 0,32 kr pr vognkilometer. For de tre byggeprosjektene gir det følgende forventede ulykkeskostnader:

Tabell 5.8 Beregnete ulykkeskostnader. Kr.

	Slemdal	Lille Ekeberg	Haugerud
Døds- og personskaadeulykker	20 600	5 300	4 700

Vi ser at ulykkeskostnadene ut fra disse beregningene er en nokså liten del av de totale kostnadene, og det klart minste av de kostnadselementene vi har tatt med.

5.3 Ikke tallfestede faktorer

5.3.1 Generelt

Det er ikke praktisk mulig eller ønskelig å tallfeste alle effekter ved et prosjekt, jfr kapittel 2.1 om CO₂-utslipp.

I en nyttekostnadsanalyse skal både nytte- og kostnadssiden ved et prosjekt belyses. Som tidligere nevnt vil vi i dette prosjektet kun ha mulighet for å tallfeste kostnadssiden ved et tenkt prosjekt. Dette prosjektet er forskjellen mellom et byggeprosjekt med god massebalanse («massebalanseprosjektet») og det samme prosjektet med myndighetenes pålegg om dypere plassering («pålagt prosjekt») med masseoverskudd. Utnyttingsgraden er forutsatt å være høy i begge tilfeller.

Samfunnsmessige hensyn slik de er definert av myndighetene vil føre til at det i mange tilfeller er nødvendig å grave tomta dypere enn ønskelig sett fra utbyggers og entreprenørs synsvinkel.

Nedenfor vil momenter som taler *for* en restriktiv linje bli nærmere redegjort for. Selv om vi har mottatt argumenter fra flere kilder, er vi selv ansvarlig for formuleringene.

Det kan synes hensiktsmessig å dele argumentene for gjeldende praksis inn i flere grupper etter formål. Vi vil gruppere argumentene inn i hensyn til:

- lys og utsikt
- estetikk
- natur
- utnyttingsgrad

Bakgrunnen for myndighetenes krav om å legge bygningene dypere enn det som tilsvarer massebalanse, er belyst i de følgende avsnitt.

5.3.2 Følger av å bygge i dybden

Tilgang på lys og utsikt

Hensynet til at naboene ikke skal sjeneres unødige av ny bebyggelse vil være tungtveiende. Naboene til et nytt byggeprosjekt vil gjerne at utsikten skal være så fri og uhindret som mulig. Tilgang på sollys på egen eiendom kan være viktig særlig for de som har et uteareal som blir berørt. I tillegg kan nært naboskap av høye bygninger i seg selv virke beklemmende. Muligheten for uønsket innsyn fra naboer blir også større.

Dersom «alle» bygde med massebalanse, ville slike forhold jevne seg ut over tid. Men man kan ikke se bort fra at i første omgang vil markedsverdien av den berørte eiendommen bli lavere når naboen bygger høyere.

Selv om forskjellen mellom det opprinnelige forslaget til byggeprosjekt og det som til slutt blir resultatet, kanskje ikke er svært stor, er det ofte slik at den marginale forskjellen kan føles svært irriterende for den som rammes. De mange nabostrider her i landet om slike forhold vitner om dette.

Estetisk inntrykk

Både naboene, forbigående trafikanter og beboerne selv rammes hvis bygninger og uteområder har fått en estetisk lite tiltalende utforming.

Hensynet til bymiljøet og det estetiske inntrykket som byrommet gir, blir tillagt vekt av mange. Det kan imidlertid være ulikt syn på hva som er stygt og hva som er pent i denne sammenheng. Noen vil f.eks. mene at tomten skal tilpasses bygningene som står på den, mens andre mener at tomten skal være mest mulig urørt. Noen liker at bygninger faller naturlig inn i terrenget, mens andre synes at fritt og høytliggende byggverk er bra.

Garasje på første etasjenivå i en boligblokk under leilighetene kan for noen virke skjemmende, særlig hvis utformingen blir dominerende. Mange parkeringsplasser på en tomt kan også være skjemmende. Dette taler for at garasjene graves ned under huset. På den andre side fører kjellergarasjer til store masseuttak og ekstra kostnader til drenering og terrengsluk. Bratte skjæringer kan også virke unaturlig.

Spredning av overskuddsmasse på tomta kan også virke skjemmende dersom det blir mye av det. Endring av den naturlige topografien blir av mange betraktet som stygt.

Natur

Dette momentet har klar sammenheng med det foregående, men går noe videre. Bevaring av den opprinnelige vegetasjonen på tomta kan være enklere hvis biloppstillingsplasser og boder kan plasseres i dybden. Dette kan sies å ha en verdi i seg selv. Spredning av overskuddsmasse på tomta endrer i mange tilfeller den opprinnelige topografien som også har en egenverdi for mange.

Redusert graving og utsprenning, som vil være resultatet av massebalanse, vil føre til mindre dype sår i naturen. Dyp plassering vil også ofte føre til dypere grøfter og senking av grunnvannstand. Dette kan være uheldig for vegetasjonen.

Selve deponiet representerer også naturinngrep. Etablering av nye deponier representerer særlig store inngrep. Mangelen på deponier er et betydelig problem i Oslo-området.

Utnyttingsgrad

I våre sammenlikninger mellom dyp plassering av bebyggelse og plassering som medfører massebalanse, er graden av utnyttelse forutsatt å være den samme.

Det synes å være generell enighet om at utnyttingsgraden ikke skal endres som følge av de kommunale pålegg. Uenigheten går på hvordan dette skal implementeres. Både grunneier, utbygger og kommunen vil være interessert en god utnyttelse av ressursene. Synet på hvilken grad av utnyttelse som er riktig kan imidlertid variere.

Nytten av en høy utnyttingsgrad i forhold til en lavere lar seg, i hvert fall teoretisk, beregne i form av verdien på den økede bygningsmassen minus ulempekostnaden av ulempene ved en høy utnyttingsgrad.

5.3.3 Oppsummering - måleproblemer

Det er ikke lett å tallfeste nytteverdien eller ulempekostnadene av de forholdene som er nevnt foran.

En mulig måte er å intervju representanter for alle berørte parter om deres betalingsvillighet for den ene løsningen i forhold til den andre. Det må i så fall gjelde beboerne av vedkommende utbyggingsfelt, naboer og andre nærtboende og forbi-passerende som får sitt nærmiljø berørt. Selv om det finnes gode intervjuteknikker (stated preference analyse) for å kartlegge slike forhold, er det likevel problematisk å få til brukbare resultater som også kan generaliseres.

6. Oppsummering og konklusjoner

De samlede samfunnsøkonomiske kostnadene utgjør for Slemdal 1885 000 kr, for Lille Ekeberg 771 000 kr og for Haugerud 654 000 kr. Av dette utgjør de bedriftsøkonomiske kostnadene 74 til 82 prosent, og følgelig de eksterne samfunnsøkonomiske kostnadene 18 til 26 prosent.

På grunnlag av eksemplene er det anslått en enkel beregningsformel. Her kan anslag for de eksterne kostnadene beregnes når man kjenner omfanget av uttransport masse, hvor langt massen må transporteres og hvor mye av denne vegstrekningen som er smale veier i bostrøk, eventuelt også antall belastede personer.

Disse beregningene kan eventuelt være et element i grunnlaget for en fremtidig beregningsrutine for en avgift på uønsket massetransport fra byggeplasser.

6.1 Oppsummering av resultatene

De samlede resultatene fra beregninger av bedriftsøkonomiske og øvrige samfunnsøkonomiske kostnader framgår av tabell 6.1 nedenfor. Vi ser at de øvrige samfunnsøkonomiske kostnadene, som vi her kaller de eksterne kostnadene, i alle tre tilfellene utgjør mellom 18 og 26 prosent av de totale samfunnsøkonomiske kostnadene.

Tabell 6.1. Samfunnsøkonomiske kostnader. Kr, avrundet.

	Slemdal		Lille Ekeberg		Haugerud	
	Kr	Prosent	Kr	Prosent	Kr	Prosent
Bedriftsøkonomiske kostnader	1399100	74	636400	82	486500	74
Øvrige samfunnsøk. Kostnader	485900	26	135100	18	167200	26
I alt	1885000	100	771500	100	653700	100

Av de bedriftsøkonomiske kostnadene synes bortkjøringen av masse å være den gjennomgående største posten. Deponeringskostnadene er imidlertid også betydelige. Begge disse kostnadskomponentene er beregnet av oss og kan selvfølgelig avvike noe fra hva man har betalt i virkeligheten. Dette går fram av tabell 5.2 i forrige kapittel.

Oppsummering av de ulike typer eksterne kostnader går fram av tabell 6.2. Lokal forurensing er den største av enkeltpostene i to av tre tilfeller, mens støykostnader også utgjør en betydelig andel av de samlede kostnadene. Lavest er ulykkeskostnadene som utgjør bare rundt fire prosent av totalkostnadene, mens tilsøling utgjør mellom fem og syv prosent av de eksterne kostnadene. Til sammen utgjør

forurensing og støy omlag 80 prosent av de eksterne kostnadene. Legg merke til at for Haugerud er støykostnadene en betydelig høyere andel av totalkostnadene enn hva gjelder for de to andre prosjektene. Dette er et viktig del av forklaringen til at de eksterne kostnadene for Haugeruds del er relativt høye i forhold til de to andre prosjektene, slik det er referert ovenfor.

Denne tabellen vil også bli nærmere kommentert i neste kapittel.

Tabell 6.2 Samlede eksterne kostnader.

	Slemdal		Lille Ekeberg		Haugerud	
	Kr	Prosent	Kr	Prosent	Kr	Prosent
Vegslitasje	32600	7	8500	6	7400	4
Lokal forurensing	214000	44	55500	41	48500	29
Støykostnader	152700	31	45200	33	84300	50
Køkostnader	40500	8	11600	9	11700	7
Tilsøling	25500	5	9000	7	10600	6
Ulykkeskostnader	20600	4	5300	4	4700	3
I alt	485900	100	135100	100	167200	100

6.2 Generalisering og parametrisering

Som det framgår av resultatene ovenfor, er det klare fellestrekk mellom kostnadsstrukturen i de tre eksempelprosjektene, men det er også noen betydelige forskjeller mellom dem. Det er ganske naturlig at de bedriftsøkonomiske kostnadene varierer i størrelse, ettersom både prosjektenes art (eneboliger, rekkehus, leiligheter) og naturforholdene på tomten varierer. Siden de eksterne kostnadene ikke er bokførte kostnader, men beregnet av oss etter et standardisert opplegg, er det naturlig at det blir en viss grad av likhet i strukturen. I det de følgende resonnementene vil vi legge til grunn at forurensingskostnadene er konstante pr utkjørt kilometer.

Som tidligere nevnt viser bl a tabell 6.2 at støykostnadene er den faktoren som får Haugerudprosjektet til å skille seg ut fra de to andre prosjektene. Det som gjør utslaget er sterk trafikkøkning i gater med *lav trafikk fra før og mange bosatte inntil gaten*.

Vi ser av beregningene og de forutsetningene de hviler på at totalt antall utkjørte kilometer i massetransport er en svært viktig forklaringsvariabel for mange av kostnadskomponentene. For tre av faktorene er det en lineær avhengighet. Dette gjelder vegslitasje, lokal forurensing (gasser, partikler, støv og skitt) og ulykkeskostnader. For tilsmussing er det antall lass som teller, men antall utkjørte kilometer tur/retur er en funksjon av antall lass ($\text{kjørte km} = 2 \cdot \text{lass} \cdot \text{avstand}$). Også for støykostnader og for køkostnader vil avstand være av stor betydning for kostnadene, men her er det bare veistrekninger med liten trafikk i førsituasjonen og mange bosatte som er av praktisk betydning. Tilleggsstøyen fra den ekstra massetransporten blir ubetydelig på sterkt trafikkerte veier. Køkostnader pga «vår» massetransport regnes ikke å forekomme på hovedveier og veier med fire felter eller mer.

På bakgrunn av dette kan man forsøke å lage en forenklet beregningsformel for de eksterne kostnadene. De bedriftsøkonomiske kostnadene vil, som nevnt ovenfor, i stor grad være avhengig av lokale forhold, og er derfor vanskelig å innpasse i en generalisert formel.

Dersom en kjenner alle de opplysningene vi har bygd på ovenfor i de enkelte prosjektene, ville det enkleste være å sette dem inn i et standard regneark av samme oppbygning som vi har brukt ved disse beregningene. I noen tilfeller har en ikke disse opplysningene, og byggeherre eller entreprenør ønsker å gjøre raske beregninger av størrelsene på de eksterne kostnadene. En annen anvendelse kan være å tjene som beregningsmåte for en eventuell miljøavgift for anlegg av denne typen. Det må understrekes at det følgende er et "uvitenskapelig" forsøk på å komme fram til noen enkle regneformler.

Summerer vi verdien av alle eksterne kostnadskomponenter som i vår modell er eksakt lineært avhengig av antall utkjørte kilometer, kommer vi til kr 9,62 pr km fra byggeplassen tur/retur deponiet (kun transporter fra byggeplassen medregnet). I tillegg kommer tilsøling som er avhengig av antall lass med 20 kr pr lass. For de tre prosjektene kommer vi til at de lineære faktorene for Slemdal forklarer 62 prosent av de totale kostnadene. For Lille Ekeberg forklarer de 53 prosent og for Haugerud 40 prosent av totalen.

Spørsmålet er å finne en eller flere enkle variable som kan fungere som substitutt for de relativt kompliserte modellene for støykostnader og køkostnader. Å regne disse også som lineært avhengige av antall utkjørte kilometer blir litt for enkelt. Det ser vi av at i så fall blir kilometerkostnadene for Slemdal Kr 16,65, for Lille Ekeberg kr 17,98 og for Haugerud Kr 24,25.

Siden de gjenværende kostnadene er sterkt relatert til områder som er sterkt plaget av støy og kø, velger vi antall «plagede» personer, dvs personer som bor inntil de støy- og køutsatte gater og veier. Vi vil også prøve å bruke lengden på det belastede veinettet som variabel og en kombinasjon av disse to.

Det viser seg at de to faktorene samlet har en ganske brukbar forklaringskraft. Vi prøver med halvparten av de ovenfor nevnte kostnadsfaktorene på hver. Det må understrekes at dette ikke er noen statistisk estimert formel, men basert på summering av faktorer som er lineært avhengig av kjørte km (TOTKM) og LASS pluss anslag for betydningen av antall plagede (PLAG) og belastet veilengde (BELKM).

Ut fra det ovenstående vil vi da foreslå følgende tilnæringsformel for beregning av eksterne kostnader:

$$(6.1) \quad \text{EKSTKOST} = 9,62 \cdot \text{TOTKM} + 20 \cdot \text{LASS} + 40 \cdot \text{PLAG} + 12 \cdot \text{BELKM}$$

Her står EKSTKOST for eksterne kostnader, TOTKM for totalt antall utkjørte kilometer, LASS for antall lass og PLAG for antall personer som bor inntil utsatte vegstrekninger og BELKM står for veistrekning belastet med støy og annen forurensning samt kø.

Dersom antall plagede ikke er kjent eller lar seg beregne på en enkel måte, kan vi alternativt benytte følgende formel:

$$(6.2) \quad \text{EKSTKOST} = 9,62 \cdot \text{TOTKM} + 20 \cdot \text{LASS} + 25 \cdot \text{BELKM}$$

Dette vil trolig gjennomgående gi et noe dårligere anslag enn formel (6.1).

Det er ikke brukt statistiske metoder for å komme fram til disse formlene, kun aritmetiske beregninger og resonnementer ut fra det beregningsopplegget som er benyttet. Med et større datamateriale ville det i prinsippet være mulig å foreta en statistisk estimering av formlene. Likevel er det usikkert hvilken verdi dette ville ha, da de beregnede eksterne kostnadene ikke er observasjoner, men bygger på tidligere estimerte verdier.

6.3 Konklusjoner - mulig videreføring

Slik vi har beregnet de eksterne kostnadene, utgjør de en ikke ubetydelig andel av de totale kostnadene ved grunnarbeidene ved byggeprosjektene med rundt 20 til 30 prosent. Dette er imidlertid helt avhengig av de forutsetninger som er lagt til grunn, blant annet med hensyn til verdsetting av de ulike kostnadskomponentene. Enhetskostnadene her bygger på tidligere utførte verdsettingsundersøkelser, og det er uklart hvor godt disse undersøkelsene lar seg overføre på vårt problem. I utgangspunktet skulle det stemme bra at undersøkelsen gjelder tettbygde strøk i Oslo og Akershus, men situasjonen kan være spesiell i en del av de strøkene det gjelder. I tillegg er undersøkelsen foretatt for noen år siden (1993), og vi vet at verdsettingsverdier kan endre seg fort. Ny kunnskap om skadevirkninger kan føre til endret verdsetting. Likevel vil vi tro at disse verdiene i hvert fall er i samsvar med hva som brukes ellers i tilsvarende verdiansettelser. Det kan imidlertid også være at faktorer som vi har neglisjert eller lagt liten vekt på, vil vise seg å være av stor betydning i fremtiden.

Prisnivået er ikke oppjustert til dagens priser, da prosjektene ble gjennomført rundt denne tiden, og de bedriftsøkonomiske kostnadene refererer seg til omlag samme kroneverdi som våre beregninger. Trafikktallene gjelder også i hovedsak årene rundt 1992.

Et annet problem er at antallet prosjekter er for lite som grunnlag for å trekke generelle konklusjoner med hensyn til størrelsen på de eksterne kostnadene i forhold til de bedriftsøkonomiske. Konklusjonene kan likevel sies å ha en viss gyldighet i Oslo-området. Siden resultatene ovenfor er direkte avledet av de forutsetningene vi har lagt til grunn, vil ikke strukturen på de eksterne kostnadene endre seg vesentlig, selv om vi får inn flere eksempler. Det relative forholdet mellom bedriftsøkonomiske kostnader og eksterne kostnader vil imidlertid være svært følsomt for endringer i størrelsen på faktorer som anleggskostnader og avstanden mellom byggeplass og deponi. De eksisterende deponier i og omkring Oslo er i ferd med å fylles opp. Dersom man i Oslo for fremtiden må benytte seg av deponier som gjennomgående ligger lenger borte fra byggeplassene enn de nåværende, kan størrelsesforholdet endres. Det samme vil være tilfellet dersom verdsetting av støy og køkostnader endrer seg mye.

Formlene (6.1) og (6.2) vil kunne endre seg vesentlig med et større antall eksempler, selv om formelene delvis er matematisk utledet og ikke statistisk. En statistisk estimering av disse formlene vil være mulig hvis et større antall casestudier tas med.

Beregningene av kostnader ved tilsøling av veier og lokalområder er gjort på en summarisk måte ved anvendelse av faste rengjøringskostnader pr lass. Ved framtidige analyser bør det gjennomføres betalingsvillighetsundersøkelser for verdien av å unngå tilgrising.

Generelt vil det være viktig å gå dypere inn i metodikken for tallfesting av de eksterne virkningene ved en eventuell videreføring av denne analysen.

Det vi har presentert her er ikke en fullstendig nyttekostnadsanalyse, men elementer av kostnadsdelen av en slik analyse. Ved en fullstendig nyttekostnadsanalyse måtte en gå dypere inn i vurdering og tallfesting av nytten av utsikt, tilgang på sol og luft og urørt natur. Selv om dette er vanskelig, burde det være mulig å komme et stykke på vei ved intervjuundersøkelser, eventuelt som betalingsvillighetsundersøkelser av samvalgstypen.

Litteratur

AASTHO (1974):

AASTHO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972. *American Association of State Highway and Transport Officials*.

Elvik R (1993): *Hvor mye er unngåtte trafikkulykker verd for samfunnet?* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 193/1993. ISBN 82-7133-818-8.

Elvik R (1993): The External Cost of Traffic Accidents: Definitions, Estimation, and Possibilities for Internalization. I *Accident Analysis and Prevention. Vol 26, 719-732*. New York.

Eriksen K S og I B Hovi (1995):

Transportmidlenes marginale kostnadsansvar. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 1019/1995.

Eriksen K S , M Killi og H Minken (1994): *Samfunnsøkonomiske analyser. En oversikt med innretning på transportsektoren*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 242/1994. ISBN 82-7133-875-7.

Odeck J (1997): Revidert metode for lønnsomhetsberegninger. *Samferdsel Nr 1*. Oslo, Transportøkonomisk institutt,

Statens Vegvesen (1995): *Håndbok 140 - Konsekvensanalyser Del I - III*. Vegdirektoratet 1995.

Sælensminde K og F Hammer (1994):

Verdsetting av miljøgoder ved bruk av samvalgsanalyse. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 251/1994. ISBN 82-7133-937-0.

Vibe N (1993): *Våre daglige reiser*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 171/1993. ISBN 82-7133-789-0.

Vedlegg

Forventet forsinkelse for personbiler pga av tungtransport

av Peter Christensen

På en vegstrekning av lengde x forekommer tungtransport. Lastebilene kommer til vegstrekningen tilfeldig fordelt slik at ankomsten av lastebiler utgjør en poisson-prosess. Intensiteten av ankomster er λ , dvs at sannsynligheten for at en lastebil skal ankomme i et lite tidsintervall dt er gitt ved λdt . Det kan da utledes (se f eks Sverdrup E: «Lov og tilfeldighet», Universitetsforlaget. 1963 og senere opptrykk) at fordelingen av tiden fra en ankomst til den neste er gitt ved $\lambda e^{-\lambda t}$. Forventet tid er $1/\lambda$.

Latebilene holder en jevn hastighet v_m .

En personbil kommer inn på vegen på et tilfeldig tidspunkt. Personbilen holder en jevn hastighet v_p . Om denne personbilen blir forsinket eller ikke, eller hvor meget den blir forsinket, avhenger av hvor lenge det er siden en lastebil kom inn på vegen. For å beregne forventet forsinkelse må man derfor kjenne sannsynlighetsfordelingen for tiden siste lastebil kom inn på vegen. På grunn av tidssymmetrien, man kan tenke seg at tiden løper bakover og poisson-prosessen vil da ha samme oppførsel, er sannsynlighetsfordelingen den samme som for tiden til den neste lastebilen. Denne er gitt ved $\lambda e^{-\lambda t}$ med forventet tid $1/\lambda$.

Det kan synes rart at forventet tid fra ankomst av en personbil til første lastebil er den samme som forventet tid mellom to lastebiler. I "gjennomsnitt" vil jo personbilen ankomme midt mellom to lastebiler slik at forventet ventetid til neste lastebil skulle være $1/2\lambda$. Dette er ikke riktig. Poisson-prosessen har ingen hukommelse, dvs sannsynligheten for nye hendelser er uavhengig av hva som har skjedd tidligere. Ventetiden fra et vilkårlig tidspunkt til første hendelse, i dette tilfellet at en lastebil ankommer, er derfor uansett gitt ved $\lambda e^{-\lambda t}$.

Dersom tiden siden siste lastebil er større en $\delta = x \frac{v_p - v_m}{v_m v_p}$ blir personbilen ikke

forsinket. Er tiden mindre blir den forsinket med $T_m - t - \frac{x}{v_p} = \frac{x}{v_m} - \frac{x}{v_p} - t$.

Forventet forsinkelse er gitt ved:

$$\begin{aligned} & \int_0^{\delta} \left(\frac{x}{v_m} - \frac{x}{v_p} - t \right) \lambda e^{-\lambda t} dt + \int_{\delta}^{\infty} 0 \cdot \lambda e^{-\lambda t} dt \\ &= \lambda \int_0^{\delta} \left(\frac{x}{v_m} - \frac{x}{v_p} \right) e^{-\lambda t} dt - \lambda \int_{\delta}^{\infty} t e^{-\lambda t} dt \\ &= \left(\frac{x}{v_m} - \frac{x}{v_p} \right) (1 - e^{-\lambda \delta}) + \delta e^{-\lambda \delta} - \frac{1}{\lambda} (1 - e^{-\lambda \delta}) \end{aligned}$$

Anta at $v_m=50$ km/t, $v_p=70$ km/t og $x=100$ km. En lastebil bruker da 2 timer på strekningen og en personbil som ikke hindres bruker 1 time og 26 minutter.

Anta at $\lambda=4$ lastebiler pr time, dvs at det gjennomsnittlig kommer en lastebil hvert 15 minutt. Forventet forsinkelse blir da 21 minutter, dvs en økning i tidsbruken på 24%. Øker λ til det dobbelte blir forventet forsinkelse 27 minutter, dvs 31%.

En lengre vegstrekning gjør at bilene blir mer forsinket. Er vegstrekningen 400 km blir forsinkelsen på 2 time og 2 minutter med 4 lastebiler pr time, dvs 36% og 2 timer og 10 minutter med 8 lastebiler pr time, dvs 38%.

Antall lastebiler pr time betyr relativt mindre jo lenger strekningen er.