

Framskrivning av avfallsmengder i Norge

Annegrete Bruvoll og Karin Ibenholt

Artikkelen presenterer framskrivninger av dagens statistikker over avfall i Norge, basert på den generelle likevektsmodellen MSG-EE. Framskrivningene baserer seg stort sett på de samme forutsetningene for økonomisk utvikling som de som ligger til grunn for Langtidsprogrammet 1994-97 (Finans- og tolldepartementet, 1993). Genererte avfallsmengder vokser over tid både pr. produsert enhet og pr. innbygger. Dette til tross for at det er forutsatt teknisk framgang i MSG-EE, noe som trekker i retning av reduserte avfallsmengder pr. produsert enhet. Avfallsmengdene i produksjonssektorene er generelt knyttet til bruken av materielle innsatsfaktorer, dvs. bruken av vareinnsats. Vareinnsats forventes å bli relativt billigere enn andre innsatsfaktorer over tid, og dermed lønner det seg å substituere andre innsatsfaktorer med vareinnsats. Substitusjonen er i de fleste produksjonssektorene sterkere enn den tekniske framgangen og derfor kommer avfallsmengdene til å øke mer enn produksjonen. Økningen i avfallsmengdene fram til 2010 ligger i store trekk i intervallet 35 - 60 prosent.

1. Innledning

Store mengder avfall har betydelig ombruksverdi og representerer sløsing med fornybare og ikke-fornybare ressurser. Deponering og forbrenning av avfall fører til utslipp av giftige forurensende gasser og klimagasser, og sivevann forurenser grunnvann og vassdrag. Det økte innslaget av tungmetaller og løsemidler i avfallet representerer en akutt fare for skade på mennesker, dyr og vegetasjon. Disse miljøgiftene vil i tillegg kunne akkumuleres i næringskjedene og utgjør også et framtidig miljøproblem. Avfallsfyllinger legger dessuten beslag på store arealer for lang tid. Mest mulig kunnskap om mulig utvikling i mengder og sammensetning av avfall er viktig bakgrunnsinformasjon i arbeidet med avfallsproblemene.

Økonomiske makromodeller kan brukes til å anslå utviklingen i de sentrale økonomiske variablene som forklarer avfallsmengdene. I denne analysen er variabler fra MSG-EE brukt for å framskrive utviklingen i ulike avfallstyper fram til år 2010. For en beskrivelse av MSG-EE se Alfsen, Bye og Holmøy (1995). De valgte makroøkonomiske variablene er vareinnsats, produksjon og privat konsum. Vareinnsats som forklaringsfaktor ivaretar også hensynet til teknisk framgang. Det er for hver enkelt avfallstype og avfallsgenererende sektor gjort en vurdering av hvilken variabel som forklarer utviklingen i avfallsmengder best. I framskrivningene er det også tatt hensyn til politiske vedtak, der man med en viss sikkerhet kan anslå konsekvensene for avfallsmengdene.

Framskrivningene omfatter tre avfallsgrupper: innlevert kommunalt avfall, innlevert spesialavfall og avfall generert i industrivirksomheter. Det skilles altså mellom innlevert avfall på den ene siden og generert avfall på den andre, samtidig som avfallsmengdene er avdekket bare for et fåtall sektorer. De tre gruppene avfall er derfor delvis over-

lappende, men ikke altomfattende. Valg av avfallsgrupper er begrunnet utfra tilgjengelig statistikk.

Avsnitt 2 tar for seg statistikken som ligger bak framskrivningene. Avsnitt 3 oppsummerer hovedresultatene. I avsnitt 4 diskuteres hvordan forutsetningene i MSG-modellen og valg mellom produksjon og vareinnsats som forklaringsfaktorer påvirker framskrivningene av avfall. Avsnitt 5 diskuterer hvordan politiske beslutninger er innarbeidet i analysene. Avsnitt 6 konkluderer og oppsummerer.

2. Datagrunnlag og avfallsmodell

2.1 Avfallsstatistikk

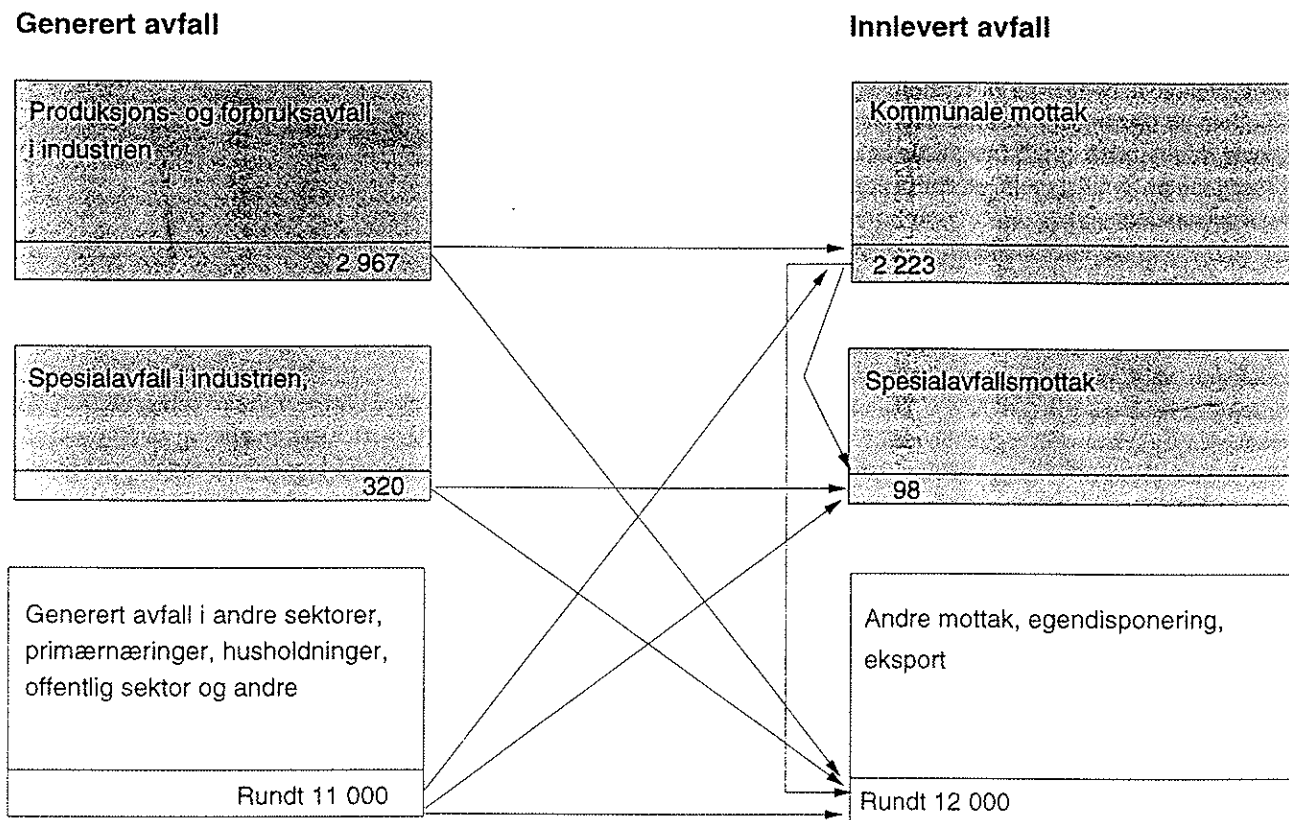
Ved tolkningen av resultatene er det viktig å være klar over at avfallsstatistikken som utgjør grunnlaget for framskrivningene ikke omfatter alt avfall som blir generert eller innlevert. Utfra dagens statistikker er det ikke mulig å si noe om de totale avfallsmengdene, og dermed ikke noe om totale mengder i år 2010.

I figur 1 antydes totale størrelser for generert avfall og hvor avfallet havner. De fargede boksene viser de mengdene det finnes statistikker for, og som er framskrevet i artikkelen. Det genereres om lag 3 millioner tonn produksjons- og forbruksavfall i industrien årlig. Samtidig mottas nær 200 tusen tonn industriavfall av kommunale mottak. Det er knyttet stor usikkerhet til det kommunale industriavfallet, og det er ikke gitt at det kommunale industriavfallet stammer direkte fra generert industriavfall. Forøvrig går generert industriavfall til disponering utenom kommunal regi (gjenvinning, energitutting, fyllmasse og deponering).

Videre genererer industrien vel 300 tusen tonn spesialavfall. Fra de samme næringene registreres om lag 20 tusen tonn i Norsas' statistikk over spesialavfall¹. Feilkilder i sta-

¹ Norsas AS, Norsk kompetansesenter for avfall og gjenvinning, eies av Staten ved Miljøverndepartementet, Kommunenes sentralforbund og Næringslivets Hovedorganisasjon. Norsas' oppgaver innenfor spesialavfallsområdet er administrasjon, informasjon, kompetanseoppbygging og kvalitetssikring. Alle som driver mottak, innsamling eller som behandler spesialavfall må ha tillatelse fra SFT og samarbeidsavtale med Norsas (Norsas, 1995).

Figur 1. Forholdet mellom generert og innlevert avfall i framskrivningene. Mengder og strømmer. Mengder i 1000 tonn, 1993 (1992 for kommunale mottak).



tistikkene gjør at man ikke kan kople disse avfallsmengdene direkte opp mot hverandre. Forøvrig leveres en del spesialavfall til kommunale anlegg, resten til annen offentlig godkjent behandling, eksport og ukjent disponering. Deler av spesialavfallet levert til kommunale mottak blir videregitt til mottak for spesialavfall og dermed registrert i begge statistikkene. Rundt 14 millioner tonn avfall genereres årlig (Statens forurensningstilsyn, 1994). Dette er meget usikre tall, men tilsier at det utenom de genererte mengdene i industrien genereres 11 millioner tonn som man ikke har statistikker for.

På mottakssiden registreres vel 2 millioner tonn som kommunalt avfall og nær 100 tusen tonn som spesialavfall. Over 4 millioner tonn disponeres utenom det kommunale systemet, det meste fra industrien og bygge- og anleggsbransjen. I tillegg kommer gruveavfall, som utgjør mer enn de andre avfallstypene til sammen (Statens forurensningstilsyn, 1995). Med en antagelse om en total generert mengde på 14 millioner tonn, er rundt regnet 12 millioner tonn disponert utenom det registrerte kommunale avfallet og spesialavfallsmottakene.

De totale mengdene avfall er altså ikke avdekket i dagens statistikker. Da framskrivningene er en videreføring av dagens statistikker, vil man ikke kunne bruke framskrivningene til å si noe om framtidige totale avfallsmengder.

For kommunalt avfall er Statistisk sentralbyrås data fra 1992 brukt, da denne statistikken omfatter alle kommunale renovasjonsverk (for årene 1993 og 1994 finnes bare utvalgsdata), Statistisk sentralbyrå (1994). For spesialavfall er brukt Norsas' data for innlevert spesialavfall til spesialavfallsmottakene i 1994, Norsas (1995). For avfall generert i industrivirksomheter er det brukt en utvalgsbasert undersøkelse fra Statistisk sentralbyrå for 1993, Kaurin (1993).

All avfallsstatistikk er inndelt i produksjonssektorer i følge ISIC-standard, FNs internasjonale grupperingsstandard. Disse tallene skal så framskrives på bakgrunn av data fra MSG-modellen, men MSGs sektorinndeling samsvarer ikke helt med ISIC-standard. ISIC-sektorene er derfor dekomponert til MSG-sektorer; avfallsmengdene er fordelt på MSG-sektorene på grunnlag av detaljerte historiske tall for vareinnsats og produksjon fra Nasjonalregnskapet og mer detaljert statistikk over levert spesialavfall.

En svakhet ved framskrivningen i forhold til statistikkgrunnlaget er at enkelte typer av avfall kommer fra noen få næringer, mens sektorinndelingen i MSG-EE er relativt aggregert. Forholdet mellom generert/innlevert avfall og den forklarende faktoren blir for disse avfallstypene følsomt for endringer i den næringsspesifikke teknologien eller politiske tiltak som ikke fanges godt opp av MSG-EE.

For mer informasjon om avfallsstatistikk fra Statistisk sentralbyrå vises til Austbø og Busengdal (1995), Busengdal (1994) og Kaurin (1995).

2.2 Avfallsmodellen

Framskrivningene bygger på en forutsetning om at forholdet mellom de faktorene som antas å forklare genererte avfallsmengder og selve avfallsmengdene er konstant over tid. Mengden av avfallstype j i sektor i i år t , $A_{ij}(t)$, beregnes utfra formelen:

$$(1) \quad A_{ij}(t) = U_{ij}(t) \cdot A_{ij}(t_0) \cdot \delta_{ij}(t)$$

$U_{ij}(t)$ er en indeks for veksten i aktuell forklaringsfaktor (produksjon, vareinnsats, konsum) for avfallstype j generert i sektor i fra basisåret t_0 til år t , $U_{ij}(t_0) = 1$. Med hjelp av parameteren $\delta_{ij}(t)$ kan man legge inn eksogene skift i avfallsmengden, f.eks. effekter av forskjellige politiske tiltak som påvirker genereringen av avfall. $U_{ij}(t)$ er hentet fra MSG-EE og $A_{ij}(t_0)$ er hentet fra statistikken nevnt ovenfor. t_0 er lik 1992 for innlevert kommunalt avfall, 1993 for avfall generert i industrien og 1994 for innlevert spesialavfall. Forklaringsfaktorer er produksjonsverdi, verdien av vareinnsats eller verdien av konsum av varer, alt målt i faste priser, og vurdert for hver avfallstype. Den samlede mengden av avfallstype j er lik summen over alle sektorene:

$$(2) \quad A_j(t) = \sum_i A_{ij}(t)$$

Framskrivningene baserer seg på at prognosene for den økonomiske utviklingen gitt fra MSG-EE realiseres og at utviklingen i avfall og de valgte modellvariablene samvarierer som forutsatt. Gitt dagens kunnskaper og usikkerheten knyttet til de nevnte forutsetningene, gir de foreliggende framskrivningene et best mulig bilde av framtidig utvikling av avfallsmengdene.

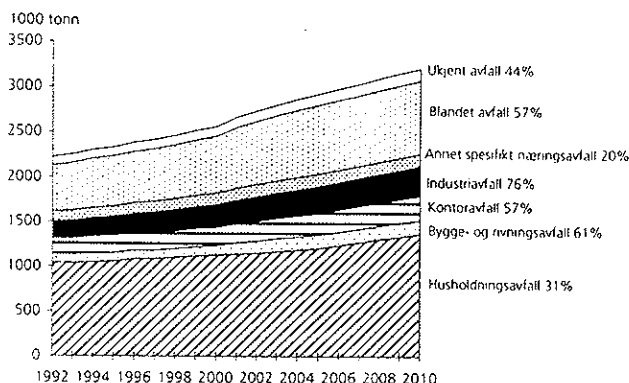
3. Resultater

Under oppsummeres resultatene av framskrivningene. For informasjon om de enkelte avfallstypene innen gruppene, se Bruvoll og Ibenholt (1995). Økningen i avfallsmengdene fra 1994 til 2010 ligger i store trekk i intervallet 35 - 60 prosent. Ser man på veksten i bruttonasjonalprodukt i samme periode er den lavere; 29 prosent, mens veksten i samlet vareinnsats er 52 prosent. Som vi vil komme tilbake til i avsnitt 4, trekkes veksten i avfallsmengdene opp av at man i produksjonen substituerer seg over mot vareinnsats fra andre innsatsfaktorer som blir relativt dyrere.

3.1 Innlevert kommunalt avfall

Figur 2 viser utviklingen i de forskjellige typene innlevert kommunalt avfall og i den samlede innleverte mengden.

Figur 2. Vekst i kommunalt avfall. 1000 tonn



Kommunalt avfall øker i følge framskrivningene fra 2,2 til 3,2 mill. tonn fra 1992 til 2010, en økning på 44 prosent. De siste 15 år har veksten i kommunalt avfall vært på nær 50 pst.

Av de ulike gruppene kommunalt avfall øker industriavfallet mest, med 76 prosent, grunnet en relativt sterk vekst i enkelte næringer². Annet spesifikt næringsavfall, som blant annet omfatter primærnæringsene og bergverksdrift, øker minst med kun 20 prosent. Veksten i bygge- og rivningsavfallet reflekterer en ventet vekst i aktiviteten i byggebransjen etter årtusenskiftet. Blandet avfall er blandet og ukjent næringsavfall som ikke kan spesifiseres nærmere, og dette avfallet vokser med samme rate som summen av de andre gruppene av næringsavfall: industriavfall, annet spesifikt næringsavfall, bygge- og rivningsavfall og kontoravfall. Husholdningsavfallet, som utgjør 45-50 prosent av kommunalt avfall, er ventet å øke med 31 prosent. I 1993 utgjorde husholdningsavfallet pr. innbygger 244 kilo, i 2010 har husholdningsavfallet pr. innbygger vokst til 296 kilo, hvilket skyldes at konsum pr. innbygger øker.

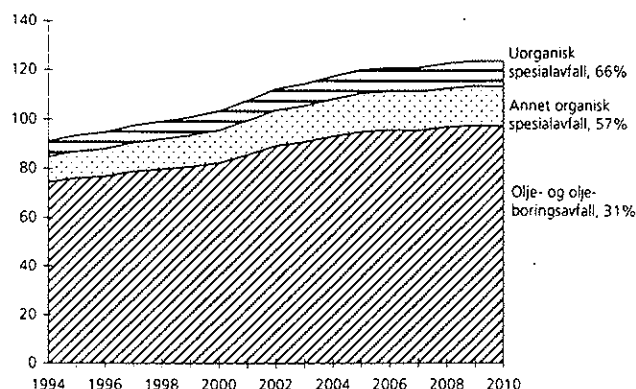
Statistikken som ligger til grunn for framskrivningene omfatter alt avfall levert til kommunale avfallsanlegg og forbruksavfall levert direkte til materialgjenvinning, dvs. avfall som inngår i de kommunale renovasjonsordningene. I 1993 ble 68 prosent av dette avfallet lagt direkte på fylling, 20 prosent brent, 11 prosent sortert og gjenvunnet og 1 prosent biologisk behandlet (Statens forurensningstilsyn, 1995). De aktuelle politiske tiltakene og frivillige ordningene retter seg først og fremst mot økt gjenvinning og det er derfor sannsynlig at andelen gjenvunnet avfall vil øke i forhold til andelen lagt på fylling.

3.2 Innlevert spesialavfall

Spesialavfall er avfall som ikke hensiktsmessig kan håndteres sammen med forbruksavfall fordi det kan medføre alvorlige forurensninger eller fare for skade på mennesker eller dyr. Virksomheter som har mer enn 1 kilo spesialavfall

2 Industrien omfatter MSG-sektorene 15-50, og som framgår av tabell 1 er veksten i flere av disse sektorene sterk. Samtidig genererer noen av de sterkeste voksende sektorene en stor del av det kommunale industriavfallet, det gjelder f.eks. Produksjon av vareinnsats- og investeringsvarer.

Figur 3. Vekst i innlevert spesialavfall. 1000 tonn



av noen spesialavfallstypen i løpet av et år har plikt til å levere dette til godkjent ordning. Det er stor forskjell på hvor farlige de enkelte typene spesialavfall er. Noen kan gi akutte skader som forgiftninger og etseskader, mens andre, som f.eks. løsemidler, kan gi kroniske skader på sentralnervesystemet. Andre igjen kan forårsake langtidsvirkninger som kreft, fosterskader og nedsatt fruktbarhet. Enkelte spesialavfallstyper er på grensen til å regnes som spesialavfall, f.eks. regnes ikke enkelte syrer som spesialavfall dersom de er nok uttynnet i vann. Ved vurdering av utviklingen i farlige stoffer må man se på spesialavfallstypene enkeltvis.

Framskrivningene baserer seg på statistikk over avfall innlevert til spesialavfallssystemet³ og utviklingen i vareinnsetts og produksjon, og viser utviklingen i innleverte mengder gitt at andelen innlevert avfall i forhold til generert avfall ikke endrer seg. Eventuelle tiltak som kan øke den innleverte andelen av de genererte mengdene er ikke innarbeidet, med unntak av refusjon av smørøljevgiften (se avsnitt 5).

Spesialavfallet er delt inn i tre hovedgrupper: olje- og oljeboringsavfall, annet organisk spesialavfall og uorganisk spesialavfall. Organisk avfall er i prinsippet brennbart, mens uorganisk avfall er ikke-brennbart materiale. Olje- og oljeboringsavfall holdes utenom det organiske spesialavfallet da det utgjør en dominerende andel av innlevert spesialavfall, og i stor grad er avhengig av utviklingen i oljesektoren. Det er forventet en økt aktivitet i oljesektoren fram til årtusenskiftet, men deretter redusert aktivitet til 1990-nivå rundt 2010. Det er imidlertid relativt stor usikkerhet knyttet til utviklingen i olje- og gassektoren, f.eks. kan nye funn i Nordsjøen fort endre dette scenariet.

Figur 3 viser en vekst i innleverte mengder spesialavfall på 36 prosent fra 1994 til 2010. Veksten trekkes mye ned da veksten i oljesektoren er langt lavere enn i andre sektorer i økonomien; olje- og oljeboringsavfall øker med 31 prosent, mens veksten i annet organisk spesialavfall er på 57

prosent, fra 10 til 16 tusen tonn, og veksten i uorganisk spesialavfall er på 66 prosent, fra 6 til 11 tusen tonn.

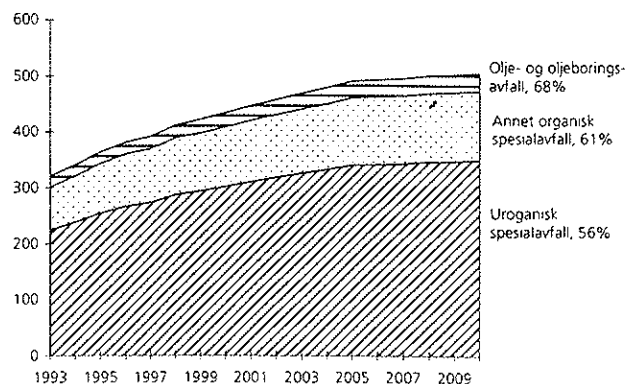
I 1994 utgjorde olje- og oljeboringsavfall 82 prosent av alt innlevert spesialavfall, men veksten fram til 2010 er lavere for denne gruppen enn for de andre gruppene av spesialavfall, hvilket betyr at andelen olje- og oljeboringsavfall kommer til å reduseres.

Mange av de produktene som i dag ender opp som spesialavfall forsøker industrien å bytte ut med mindre miljø- og helseskadelige substitutter. Dette gjelder f.eks. organiske løsemidler med halogen. Framskrivningen av disse avfallstypene kan derfor tolkes som en framskrivning av produkter som er likeverdige i bruk, men som i framtiden ikke nødvendigvis klassifiseres som spesialavfall.

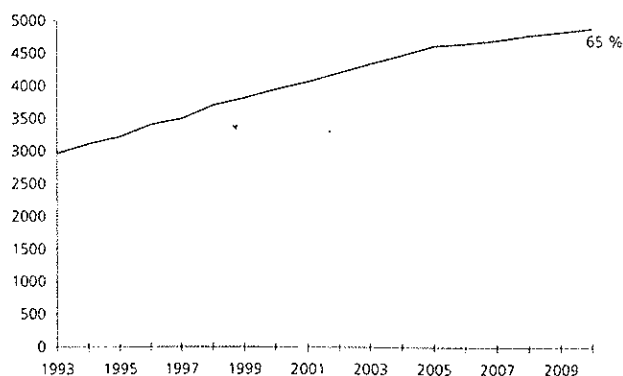
3.3 Avfall generert i industrien

Figurene 4 og 5 viser utviklingen i avfall generert i industrien. Som nevnt i avsnitt 2 er innlevert avfall ikke det samme som generert avfall. På genererings-siden har vi bare hatt tilgang til statistikk over avfall fra industrivirksomheter, som kun utgjør en del av alle avfallsgenererende sektorer i økonomien. Figur 4, spesialavfall generert i indu-

Figur 4. Vekst i generert spesialavfall i industrien. 1000 tonn



Figur 5. Vekst i generert produksjons- og forbruksavfall i industrien. 1000 tonn



3 Denne statistikken inneholder ikke de mengdene som bedrifterne har konsesjon til å behandle selv eller som blir deponert ulovlig.

strien, avviker derfor sterkt både i nivå og utvikling i forhold til figur 3, innlevert spesialavfall fra alle næringer.

Generert oljeavfall har en høyere vekst enn innlevert oljeavfall, da oljesektoren ikke er inkludert i industrisektorene for hvilke det finnes statistikk over generert avfall. Totalt øker generert spesialavfall med 58 prosent; oljeavfallet med 68 prosent, annet organisk spesialavfall med 61 prosent og uorganisk spesialavfall med 56 prosent.

Forbruks- og produksjonsavfall fra industrivirksomhetene øker fra 3 millioner tonn til 4,9 millioner tonn, eller med 65 prosent. Hovedbestanddelene i denne avfallsgruppen er treavfall, mat-, slakte- og fiskeavfall, papir, papp og kartong og slagg og slam. Til sammen utgjør disse avfallstypene om lag 70 prosent av den totale mengden produksjons- og forbruksavfall i industrien. Totaltallene sier i seg selv lite om miljøproblemene, da det er stor forskjell på hvor stor miljøbelastning de forskjellige avfallstypene representerer. I denne avfallsgruppen inngår f.eks. både kjemikalier og grus, som representerer svært forskjellige miljøbelastninger og behandlingskostnader pr. tonn.

Totalt øker de samlede mengdene spesialavfall og produksjons- og forbruksavfall generert i industrivirksomheter med 64 prosent i perioden 1993 - 2010.

4. Metodediskusjon

4.1 Forklaringsvariabler

Når man skal framskrive mulig utvikling i genererte avfallsmengder må man gjøre valg med hensyn til forklaringsfaktorer. Det er tidligere gjort en framskrivning av avfall basert på produksjonsutvikling og konsumutvikling gitt fra MSG-EE, se Bruvoll og Spurkland (1995). For husholdningsavfall er konsum av varer fortsatt den mest opplagte forklaringsfaktoren, men for næringsavfall har valget i framskrivningen stått mellom utviklingen i produksjon eller i bruk av vareinnsats i de enkelte sektorene. For å illustrere tanken bak valg av forklaringsfaktor vil vi gi et eksempel:

I grafisk bransje utgjør papir og kjemikalier (f.eks. framkallingsvæsker og trykkfarger) viktige innsatsvarer, samtidig med at det genereres relativt mye papiravfall og kjemisk avfall. Genererte avfallsmengder henger i stor grad sammen med størrelsen på produksjonen, men produksjon er ikke den eneste faktoren. Hvis teknisk framgang i bransjen resulterer i bedre trykkemaskiner som minsker antall feiltrykk eller utnytter papiret bedre kan antall produserte bøker øke samtidig med at mengden papir er uforandret. Teknisk framgang kan også føre til at mengden kjemikalier reduseres i forhold til produsert mengde ved maskiner med bedre utnyttelse av trykkfarger og fotokjemikalier. Det er altså rimelig å anta at avfallsmengdene ikke nødvendigvis øker like mye som produksjonen over tid, men at forholdet kan reduseres ved at vareinnsatsen blir brukt mer effektivt.

Endrede priser på vareinnsats i forhold til andre innsatsfaktorer, f.eks. arbeidskraft og realkapital, kan også bidra til endret innsats av papir og kjemikalier pr. produsert bok. Hvis bedriften skal investere i en ny trykkemaskin er prisen på papir en relevant faktor å ta hensyn til. Ventet papiret å være en relativt dyr innsatsfaktor, kan det lønne seg for bedriften å investere i en dyr trykkemaskin som gir mindre spillpapir. Men er papiret billig i forhold til andre innsatsfaktorer, lønner det seg å satse på den billigere trykkpressen til tross for at den genererer mer avfall. Hvis arbeidskraft er relativt billig og fotokjemikalier dyre, kan det lønne seg å ha hyppige manuelle kontroller for å sikre minst mulig spill av kjemikalier, men hvis arbeidskraften blir dyrere i forhold til fotokjemikalier, kan økt spill aksepteres utfra en bedriftsøkonomisk betraktning.

Relative prisendringer på innsatsfaktorene medfører altså endret forhold mellom innsatsfaktorer pr. produsert enhet. Substitusjon mellom innsatsfaktorer ved endrede priser kan lede til at mengden papir og kjemikalier, og dermed mengden papir- og kjemikalieavfall, endres uavhengig av produsert mengde.

Resonnementet ovenfor tyder på at det finnes to faktorer, foruten produsert mengde, som påvirker mengden papir og kjemikalier brukt i grafisk bransje: teknisk framgang og prissubstitusjon. Den første faktoren virker nesten uten unntak til å redusere vareinnsatsen, mens den andre faktoren kan virke i begge retningene. Utfra en generell betraktning er det ikke mulig å si om faktorene forsterker hverandre eller trekker i ulik retning, og eventuelt hvilken som er sterkest. Med hjelp av en makroøkonomisk modell som tar hensyn til teknisk framgang og prissubstitusjon og samspillet mellom forskjellige sektorer kan man imidlertid anslå en sannsynlig utvikling. Ved å bruke MSG-EE regner vi med å ha fått en mest mulig realistisk utvikling i produksjon og bruk av innsatsfaktorer frem mot år 2010. Generelt regnes avfallet som proporsjonalt med vareinnsatsen.

4.2 MSG-EE

MSG-EE er en flersektors likevektsmodell der veksten i totalproduksjonen i stor grad er bestemt av teknologisk endring, vekst i realkapital, arbeidskraft og tilgang til råvarer og naturressurser. Modellen, som er en variant av MSG-5⁴, er utviklet for å være et verktøy ved analyse av sammenheng mellom økonomisk aktivitet, bruk av energi og visse aspekter ved miljøet (Alfsen, Bye og Holmøy, 1995). Basisåret i MSG-EE er 1988, og modellen er simulert for perioden 1988-2030.

Modellen spesifiserer 33 produksjonssektorer og 48 varer, hvorav 10 er ikke-konkurrerende importvarer og 4 er offentlige varer. Modellen er en generell likevektsmodell, hvilket blant annet betyr at etterspørsel er lik tilbud i alle sektorer. Videre kreves det at innenlandske produsentpriser er lik sektorenes enhetskostnad i de fleste sektorer, dvs. at det ikke forekommer renprofitt. Sektorer vokser eller av-

4 I Nordén (1994) finnes en mer detaljert gjennomgang av MSG-5.

tar i modellen som en følge av reallokering av faktorer mellom sektorene.

For de fleste private tjenestesektorene, tilvirkende industri og primærnæringer er det i modellen antatt konstant skautbytte, og produktfunksjonene kan uttrykkes:

$$(3) \quad y_i = F_i(K_i, L_i, V_i, U_i, T_i),$$

hvor y_i er produksjon i sektor (industri) i , K_i er innsats av realkapital unntatt transportkapital, L_i er innsats av arbeidskraft, V_i er vareinnsats, U_i er innsats av energi unntatt transportbrensel og T_i er innsats av transporttjenester. Forbruket av hver innsatsfaktor bestemmes slik at totale produksjonskostnader minimeres. Vareinnsats og realkapital er aggregater av modellens varer. Energi er et CES-aggregat av fossile brensel (unntatt brensel til transport) og elektrisitet. Innsatsfaktoren transport består av tre transportkapitaltilganger (biler, båter, fly) og transportbrensel.

Etterspørselen etter de forskjellige innsatsfaktorene uttrykkes med etterspørsel pr. produsert enhet:

$$(4) \quad z_f = Z_f(EP, PK, PL, PV, PU, PT)$$

EP er parameteren for teknisk framgang, P_f er netto kjøperkostnad for faktor f , $f=K,L,V,U,T$. Ved estimering av disse funksjonene er det brukt tidsserier fra Nasjonalregnskapet for perioden 1962-1989. Alle priser og kvanta, unntatt for arbeidskraft og kapital, er normalisert til 1 i basisåret (1988).

Den tekniske framgangen antas i utgangspunktet å være Hicks nøytral innenfor hver sektor, dvs. at EP -parameteren er lik for samtlige innsatsfaktorer i en og samme sektor og dermed påvirker den ikke forholdene mellom de forskjellige innsatsfaktorene innenfor en sektor. Det er imidlertid mulig å legge inn faktorspesifikk teknisk framgang, f.eks. slik at vareinnsatsen kan brukes relativt mer effektivt enn de andre innsatsfaktorene.

Referansebanen som er brukt ved avfallsframskrivningen er omtrent den samme som i Langtidsprogrammet⁵, men med noe annen transporttilpasning. I denne banen ligger den gjennomsnittlige tekniske framgangen i produksjonssektorene på om lag 1 prosent årlig, dvs. at etterspørselen etter vareinnsats pr. produsert enhet reduseres med 1 prosent årlig alt annet gitt. Prissubstitusjon mellom innsatsfaktorer gir imidlertid ulike utslag i de forskjellige sektorene slik at samlet effekt av teknisk framgang og prissubstitusjon varierer.

I resultatet fra framskrivningene viser det seg at veksten i avfallsmengdene er gjennomgående høyere enn produksjonsveksten. Det tyder på at vareinnsats blir relativt billigere enn andre innsatsfaktorer og at vi får en substitusjon over til vareinnsats. Tabell 1 viser veksten i produksjon og vareinnsats i noen MSG-sektorer i simuleringssperioden.

Ved å sammenligne disse vekstbanene kan man utlede den samlede effekten av teknisk framgang og prissubstitusjon i de aktuelle sektorene. Hvis produksjonen vokser mer enn vareinnsatsen virker enten de to effektene i samme retning, eller er den tekniske framgangen sterkere enn prissubstitusjonen. I motsatt tilfelle virker prissubstitusjonen i motsatt retning av teknisk framgang og er i tillegg sterkere. Det er relativt stor variasjon mellom de forskjellige sektorene, men generelt kan man konkludere med at effekten av teknisk framgang er svakere enn prisseffekten i de fleste sektorer. For eksempel er produksjonsveksten i sektoren Produksjon av vareinnsats- og investeringsvarer, som grafisk branse er en del av, 94 prosent fra 1993 til 2010, mens tilsvarende vekst i vareinnsats er på 117 prosent.

Hva er så grunnen til at de prisene endrer seg i retning av relativt billigere vareinnsats? For å forklare disse effektene, må man gå nærmere inn på forutsetningene bak referansebanen i MSG.

Tabell 1. Produksjon og vareinnsats i utvalgte MSG-sektorer fram til år 2010, 1993 = 1,00

MSG-sektor	Produksjon	Vareinnsats
15 Produksjon av konsumvarer	1,62	1,65
25 Produksjon av vareinnsats- og investeringsvarer	1,94	2,17
34 Produksjon av treforedlingsprodukt	1,31	1,21
37 Produksjon av kjemiske råvarer	2,07	1,70
40 Raffinering av jordolje	0,98	0,98
43 Produksjon av metall	1,49	1,41
45 Produksjon av verkstedprodukt	2,27	2,34
50 Produksjon av skip og oljeplattformer	0,84	0,83
64 Råolje og naturgass, utvinning og transport	0,96	1,42
74 Produksjon av innenlandske transporttjenester	1,38	1,28
81 Varehandel	1,55	1,63
83&85 Produksjon av boligjenester, annen privat tjenesteproduksjon	1,35	1,43
92S Forsvar	1,88	1,94
95K Annen kommunal tjenesteproduksjon	1,47	2,49

5 Til Langtidsprogrammet ble MSG-5 brukt.

4.3 Substitusjon mot vareinnsats

At etterspørsel skal være lik tilbud i alle sektorer impliserer at alle innsatsfaktorene blir brukt fullt ut, f.eks. full syssetting i arbeidsmarkedet. Med en produksjonsvekst på 1,7 prosent pr. år for perioden 1988-2010 samtidig med en betydelig mindre vekst i effektive timeverk, 0,3 prosent pr. år, kommer prisen på arbeidskraft til å gå opp. Tilsvarende gjelder for energi, der man antar økte elektrisitetspriser p.g.a. felles nordisk marked og CO₂-avgift på kullbasert elektrisitetsproduksjon i andre nordiske land⁶. I modellens basisår hadde man en overkapasitet i det norske kraftmarkedet, dvs. at prisen på elektrisk kraft var så lav at kapasitetsutbygging ikke lønte seg. Et felles nordisk marked antas å gi en etterspørselsøkning etter norsk vannkraft, og man vil etter noen tid ønske å bygge ut kapasiteten. Økte grensekostnader ved vannkraftutbygging og økt skattelegging av fossile brenslers vil på lang sikt medføre økte elektrisitetspriser (Nærings- og Energidepartementet, 1993).

Når arbeidskraft og energi blir dyrere vil man søke mot relativt billigere innsatsfaktorer i produksjonen. Prisene for transport øker i prinsippet like mye for alle sektorene, men i noen sektorer mer enn prisene på vareinnsats og i andre sektorer mindre. Prisen på realkapital forventes imidlertid å øke minst av innsatsfaktorene i de fleste sektorer, dvs. at denne innsatsfaktoren blir relativt billigst. Det viser seg imidlertid at bruken av vareinnsats vokser mer enn realkapital totalt hvilket indikerer at det er lettere å substituere de innsatsfaktorene som blir relativt dyrere med vareinnsats enn med realkapital. I eksemplet ovenfor velger man å bruke mer papir og fotokjemikalier framfor å investere i nye maskiner som kan overta det arbeidet ansatte tidligere utførte. Dette kan skyldes at maskinene er for dyre i forhold til den oppgaven de skal overta (p.g.a. tilleggsfunksjoner som bedriften ikke har behov for).

Under forutsetning av at avfallet først og fremst er knyttet til innsatsfaktoren vareinnsats, vil en slik økonomisk utvikling medføre at avfallet øker mer enn produksjonen i en rekke sektorer. Den tekniske framgangen i seg selv bidrar til reduserte avfallsmengder gitt *alt annet likt* (alle andre innsatsfaktorer konstante). Men generelt er økningen i bruk av vareinnsats som følge av substitusjon mellom innsatsfaktorer større enn reduksjonen som følge av teknisk framgang.

Generelt framskrives avfallet med vekstbanene for vareinnsats, mens produksjonsutviklingen brukes der avfallet er et restprodukt av eller på annen måte er nærmere knyttet til produksjonen enn bruken av vareinnsats. For noen sektorer som inneholder flere typer produksjonsbedrifter forklares avfallet med bruken av vareinnsats for en del av bedriftene og med produksjonen for de andre. Her er det på grunnlag av mer detaljerte historiske nasjonalregnskapstall⁷ beregnet hvor stor andel hver produksjonsbedrift utgjør av total produksjon i sektoren. Disse tallene danner så grunnlag for hvor mye av avfallet i sektoren som skal framskrives med

produksjonsutviklingen og hvor mye som skal framskrives med utviklingen i bruk av vareinnsats.

5. Politiske tiltak

I forbindelse med framskrivningen av avfallsmengdene, er det gjort en vurdering av konsekvensene av avfallsreduserende politiske tiltak. St.meld. nr. 44 (1991-92) sier at hovedmålet er at avfallsproblemene skal løses slik at avfallet blir til minst mulig skade og ulempe for mennesker og naturmiljø, samtidig som avfallet og håndteringen av dette legger minst mulig beslag på samfunnets ressurser. Regjeringens hovedstrategi er å hindre at avfall oppstår og redusere skadelige stoffer i avfallet, fremme ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse, og sikre en miljømessig forsvarlig sluttbehandling av restavfallet (Miljøverndepartementet, 1995).

Konklusjonen så langt er at de fleste tiltakene er rettet mot de siste punktene i hovedstrategien nevnt ovenfor. Hittil er det få tiltak som berører genererte mengder direkte. Det er vanskelig å si noe om langtidsvirkningene av politiske tiltak rettet mot behandlingsmåten og hvordan de vil påvirke genererte og innleverte mengder. For eksempel vil bransjeorganiserte innsamlings- og gjenvinningssystemer for emballasje øke kostnadene for de som bruker emballasje, og trolig føre til reduserte mengder generert avfall. Videre vil økte kostnader ved levering av kommunalt avfall p.g.a. krav om kostnadsdekking av renovasjonstjenestene i kommunene trolig påvirke hvilke produkter som etterspørres og i neste omgang genereringen av avfall. Omfanget av slike effekter er usikre, og de er derfor ikke innarbeidet i analysen. Det er imidlertid viktig å ha disse i tankene i ettertid, slik at man eventuelt kan korrigere foreliggende materiale når effekten blir kjent.

For kommunalt avfall er det ikke gjort noen korrigeringer, til tross for at det siden 1992 er opprettet bransjeorganiserte innleveringsordninger for flere typer av avfall med sikte på gjenvinning. Dette gjelder f.eks. brunt papir og bildekk som er inkludert i 1992-statistikken, men som nå ikke lenger registreres av kommunale mottak og dermed ikke lenger er å finne i statistikk over kommunalt avfall. Slike bransjeorganiserte ordninger er og vil bli opprettet også for andre typer avfall med samme konsekvenser for kommunale avfallsstatistikker.

Det er tre grunner til at det ikke er tatt hensyn til slike avtaler i framskrivningene: For det første sikter man ikke mot å si noe om hvordan avfallet blir sluttbehandlet, men om hvor store mengder som blir generert. Om avfallet blir sluttbehandlet av kommunale eller private selskaper har ikke direkte betydning for miljøproblemene knyttet til avfallsmengdene. For det andre er det trolig viktig i debatten om framtidig sluttbehandling og avfallsgenererende mottiltak å vite konsekvensene av dagens politikk. De analysene som presenteres her kan tolkes som utfallet dersom tiltak

⁶ En felles nordisk marked fører til at likevektsprisen i Norden bestemmer den norske kraftprisen.

⁷ Gjennomsnitt for årene 1980-1991.

ikke hadde blitt innført, dvs. som en form for referansebane ved vurdering av antatt avfallsreducerende tiltak. For det tredje kan framskrivningene for avfall registrert i kommunale renovasjonssystemer korrigeres i ettertid, når man utfra erfaringer kan si noe om eventuelle konsekvenser for genererte og innleverte mengder. Framskrivningen av kommunalt avfall viser da veksten i den delen av genererte mengder som kommunal renovasjon hadde ansvaret for i 1992.

For innlevert spesialavfall er det korrigert for ventet økning i innleverte mengder spillolje som følge av ordningen med refusjon av smøreoljeavgiften ved innlevering av spillolje (dvs. brukt smøreolje) og for reduserte mengder oljeboringsavfall p.g.a. nye kjemikalier som ikke klassifiseres som spesialavfall. For generert produksjons- og forbruksavfall er det ikke gjort korreksjoner som følge av politiske tiltak.

Gjennomføring av internkontroll i bedriftene kan også føre til øket bevissthet omkring ressursbruk og avfallsgenerering. Erfaringer har vist at slik bevisstgjøring avdekker muligheter for store kostnadsreduksjoner innad i bedriftene ved avfallsreducerende tiltak. Økte leveringsgebyr og skjerpet kontroll med tilfeldig deponering vil sannsynligvis føre til avfallsreduksjoner. Omfanget av disse effektene er meget usikre, men de kan påvirke tallene merkbart for alle de gruppene av avfall som framskrivningene omfatter.

6. Konklusjoner

Økningen i avfallsmengdene fra 1994 til 2010 ligger i store trekk i intervallet 35 - 60 prosent. Mengdene kommunalt avfall har økt nær 50 prosent de siste 15 årene. De neste 15 årene anslås avfallet å øke ytterligere 44 prosent. Veksten i avfallsmengdene reflekterer i stor grad veksten i vareinnsats; den samlede veksten i vareinnsats i perioden er på 52 prosent. Ser man på veksten i bruttoproduksjonen i samme perioden er den bare på 40 prosent.

Ved å bruke MSG-modellen for å framskrive avfallsmengder, samtidig med at man forutsetter at det meste av avfallet som genereres i næringslivet stammer fra bruken av vareinnsats, har man funnet at avfallet vokser mer enn om man forutsetter et fast forhold mellom produserte mengder og generert avfall. Årsaken til denne utviklingen er at vareinnsats i de aller fleste næringer blir relativt billigere enn andre viktige innsatsfaktorer, f.eks. arbeidskraft og energi, og at det er forholdsvis lett å substituere mellom vareinnsatsen og de dyrere innsatsfaktorene.

At avfallsmengdene vokser med 35 - 60 prosent er ikke det samme som at avfallsdeponiene vokser like mye. Mange av de politiske tiltakene som allerede er gjennomført eller er på trappene retter seg mot håndteringen av avfall. Det er mer sannsynlig at mengden avfall til deponi avtar. Men det er avhengig av at mengdene til gjenvinning, biologisk behandling og forbrenning øker mer enn avfallsmengdene (35 - 60 prosent).

Mange av tiltakene kommer også til å resultere i høyere pris på innlevering av avfall, hvilket kan gi et insentiv til ulovlig deponering, men også til at man prøver å unngå avfallsgenerering. Denne effekten er det ikke tatt hensyn til da man i dag ikke har tilstrekkelig grunnlag for en slik analyse. Det er imidlertid mulig å analysere avfallsreducerende avgifter i form av avgifter på vareinnsats i modellen. Et sannsynlig resultat av dette er svakere vekst i vareinnsatsen og dermed i genereringen av avfall.

De statistikker som ligger til grunn for framskrivningene er mangelfulle, og det er bare deler av generert og innlevert avfall som dekkes av tilfredsstillende statistikk. Avfallsstatistikk er en forholdsvis ny type statistikk, samtidig med at det pågår mye arbeid nasjonalt og internasjonalt innenfor området, f.eks. med klassifisering av avfallstyper og oppbygging av et stringent begrepsapparat. Ved Statistisk sentralbyrå er det satt i gang et prosjekt for utarbeiding av avfallsregnskap som i prinsippet skal omfatte alt avfall generert og levert til sluttdisponering. Når statistikken er blitt forbedret er det mulig å gjøre nye og bedre anslag på framtidige avfallsmengder.

Referanseliste

- Alfsen, K., T. Bye og E. Holmøy (1995): *MSG-EE: An Applied General Equilibrium Model for Energy and Environmental Analyses*, kommer i serien SØS, Statistisk sentralbyrå
- Austbø, T. og A.L. Busengdal (1995): *Urvalgsundersøkelse "Kommunalt avfall 1993", Dokumentasjon og resultater*, Notater 95/10, Statistisk sentralbyrå
- Bruvoll, A. og K. Ibenholt (1995): *Norske avfallsmengder etter årtusenskiftet*, kommer i serien Rapporter, Statistisk sentralbyrå.
- Bruvoll, A. og G. Spurkland (1995): *Avfall i Norge fram til 2010*, Rapporter 95/8, Statistisk sentralbyrå.
- Busengdal, A.L. (1994): *Statistikk over "Kommunalt avfall 1992". Evaluering av undersøkelsen og forslag til forbedringer*. Notater 94/20, Statistisk sentralbyrå.
- Finans- og tolldepartementet (1993): *Langtidsprogrammet 1994-1997*, St. meld. nr. 4 (1992-93)
- Kaurin, Å (1993): *Statistikk over avfall fra næringslivet, Prøveundersøkelse*, Notater 93/43, Statistisk sentralbyrå
- Kaurin, Å (1995): *Statistikk over avfall og gjenvinning. Urvalgsundersøkelse 1994 innen oljeutvinning, bergverksdrift, industri, bygg og anlegg*, Notater 95/27, Statistisk sentralbyrå
- Miljøverndepartementet (1992): *Om tiltak for reduserte avfallsmengder, økt gjenvinning og forsvarlig avfallsbehandling*, St.meld. nr. 44 (1991-92).

Miljøverndepartementet (1995): *Miljøvernpolitisk redegjørelse 1995*.

Nordén, G. (1994): MSG-5. En likevektsmodell for norsk økonomi, *Økonomiske analyser* 1994, 3, Statistisk sentralbyrå, 27-33.

Norsas (1995): *Årbok for innlevert spesialavfall 1994*, Norsas AS.

Nærings- og energidepartementet (1993): *Fossile brenslers plass i det norske energimarkedet*, Rapport fra en arbeidsgruppe.

Statens forurensningstilsyn (1994): *Vårt felles miljø, Avfall*, TA-664.

Statens forurensningstilsyn (1995): *Forurensning i Norge 1995*.

Statistisk sentralbyrå (1994): *Avfallsstatistikk, kommunalt avfall 1992*, Norges offisielle statistikk, C 145.