



## Miljö och klimatpåverkan från kärnkraft

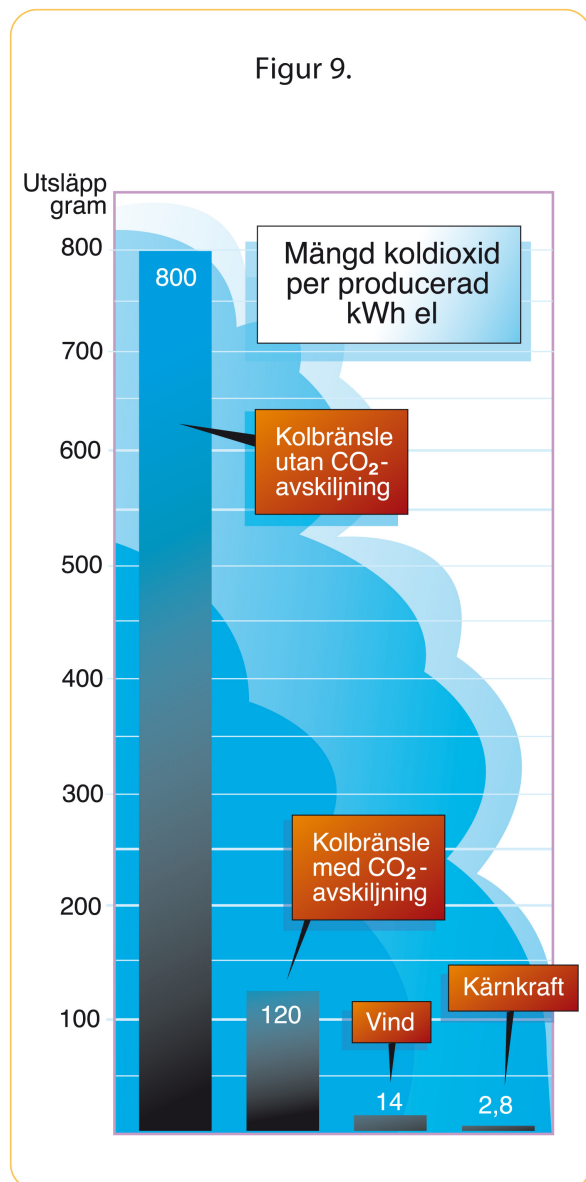
Alla former av elproduktion påverkar miljön i någon omfattning. För att få en balanserad bild av olika kraftslags miljöpåverkan, bör hela livscykeln beaktas. En livscykelanalys (LCA) kartlägger miljöpåverkan i ett helhetsperspektiv.

Livscykelanalyser har gjorts för kärnkraften som kraftslag. De visar, i jämförelse med andra kraftslag, att om man vill uppnå låga utsläpp av koldioxid, partiklar och försurande substanser, samt åstadkomma liten påverkan på stratosfärens ozonskikt, måste kärnkraft räknas som ett av de allra mest lämpliga kraftslagen, med sina närmast klimatneutrala elproduktionsformer. På följande sidor finns utdrag från oberoende källor som stödjer detta påstående.

För en översiktlig beskrivning av kärnkraftens livscykel, rekommenderas skriften *Från urberg till urberg – livscykel för kärnkraft*. Denna återfinns i sin helhet på:

<http://www.okg.se/upload/Miljö/Livscykelanalys%20för%20kärnkraft.pdf>

## MÄNGD KOLDIOXID PER PRODUCERAD KILOWATTIMME EL

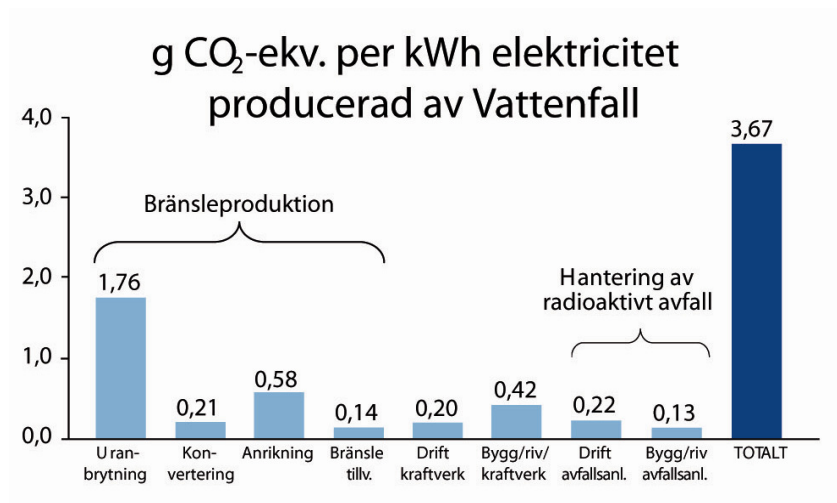


*Elforsk (Svenska elföretagens forsknings- och utvecklings AB) har i flera rapporter beskrivit olika tekniker för att avskilja och lagra koldioxid i samband med elproduktion. För anläggningar som använder kol som bränsle blir koldioxidutsläppet 100 - 130 g/kWh om CO<sub>2</sub> avskiljs och cirka 800 g/kWh utan denna möjlighet, se figur 9. Vind- och kärnkraft har dock betydligt lägre utsläpp av koldioxid även jämfört med kolkraftverk med CO<sub>2</sub> - avskiljning.*

KÄLLA: Miljöstyrningsrådets hemsida (<http://www.msr.se>)

När det gäller att bedöma de miljömässiga konsekvenserna av olika produktionsformer för el, så har man stor nytta av att utgå från så kallade klimatdeklarationer. Klimatdeklarationer bygger på vetenskapligt säkrade metoder. De är en vidareutveckling av miljövarudeklarationer. Deklarationerna baseras på en livscykelanalys och utförs enligt det internationella standardiseringsorganet ISO:s standarder inom miljöområdet; för livscykelanalyser (ISO 14040 och 14044) och för miljödeklarationer (ISO 14025). Klimatdeklarationer granskas och godkänns av en oberoende verifierare. Vidare så

granskas och registerhålls de i Sverige av Miljöstyrningsrådet, från vars hemsida information hämtats om el från kol-, vindkraft- och kärnkraftsanläggningar, se figur 9. Att kärnkraft ger mycket låga utsläpp av koldioxid, visar även en klimatdeklaration från Vattenfall AB. Nedan följer ett utdrag från denna deklaration, som även visar de olika livscykelfasernas utsläpp av koldioxid för kärnkraft.

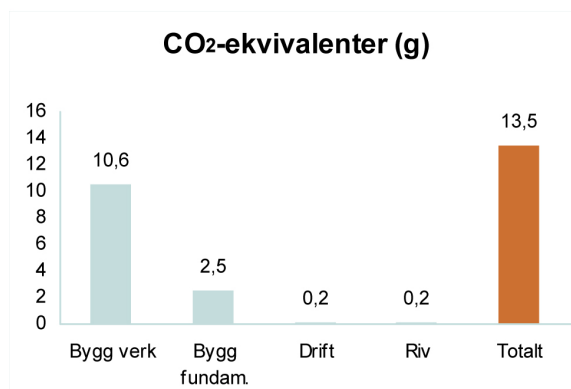


Det totala utsläppet av koldioxid är här 3,67 CO<sub>2</sub> – ekvivalenter per producerad kWh.

Klimatdeklarationen återfinns i sin helhet på:

<http://www.klimatdeklaration.se/Documents/decl/CD21se.pdf>

Vattenfall AB har även gjort en motsvarande klimatdeklaration för vindkraft enligt samma kriterier. Motsvarande tabell (som ovan) för koldioxid från vindkraft ser ut enligt följande (per producerad kWh):

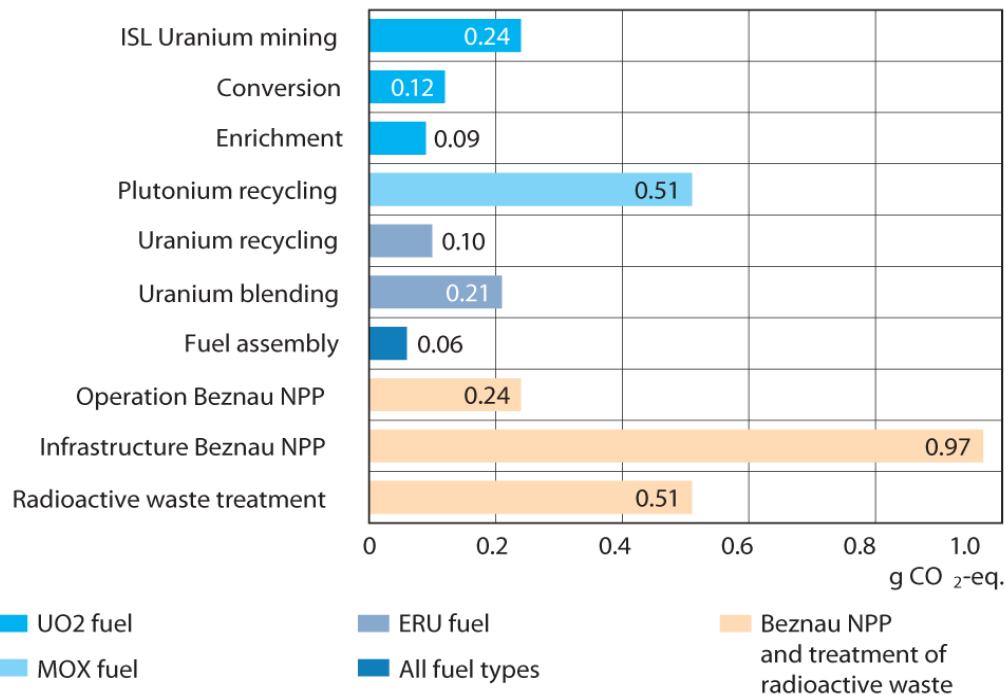


Klimatdeklarationen återfinns i sin helhet på:

<http://www.klimatdeklaration.se/Documents/decl/CD115se.pdf>

Även andra företag har genomfört klimatdeklarationer enligt samma kriterier. En liknande klimatdeklaration för kärnkraft har exempelvis genomförts av Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK) i Schweiz.

### Greenhouse gas emissions per kWh: Total 3.04 g CO<sub>2</sub>-eq.



Deklarationen återfinns i sin helhet på:

<http://www.klimatdeklaration.se/Documents/decl/CD144.pdf>

I en LCA-studie från 1999 (E.ON. LIVSCYKELANALYS - Miljöpåverkan från Sydkrafts elproduktion 1999), så jämförs olika kraftslags miljöpåverkan sett ur ett livscykelperspektiv. En av slutsatserna är "att vattenkraft och kärnkraft, som står för den helt dominerande delen av elproduktionen [i Sverige], är en produktionsmix som har små specifika bidrag till miljöpåverkanskategorierna växthuseffekt, försurning och övergödning sett i ett livscykelperspektiv". Studien och rapporten, som oberoende granskats av CIT Ekologik, Stiftelsen CHALMERS INDUSTRITEKNIK, omfattade kraftslagen vattenkraft, kärnkraft, oljekondens, reservkraft (gasturbiner), naturgaseldad kraftvärme och vindkraft. Studiens syfte är bland annat att utgöra underlag för miljövarudeklarationer.

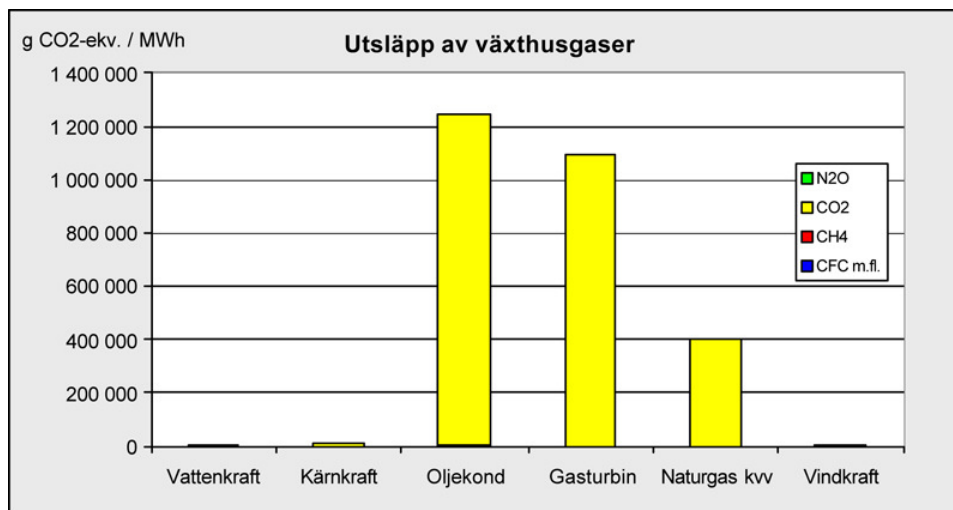
Rapporten återfinns på:

[http://www.barsebackkraft.se/files/livscykelanalys\\_sydkraft.pdf](http://www.barsebackkraft.se/files/livscykelanalys_sydkraft.pdf)

På följande sidor följer rapportens resultat (bilaga 1.2 och bilaga 1.3) samt en sammanställning av bilaga 1.1 – 1.6, som visar miljöpåverkansbedömningen för samtliga kraftslag i studien. I rapporten beräknas det totala utsläppet av koldioxid från kärnkraftens livscykel till 14000 g CO<sub>2</sub> – ekvivalenter per MWh, vilket ger 1,40 CO<sub>2</sub> – ekvivalenter per kWh.

Det finns olika orsaker till att emissionerna från kärnkraften varierar i olika redovisningar. Enbart i denna presentation varierar koldioxidemissionerna mellan 1,40 – 3,67 CO<sub>2</sub> – ekvivalenter per kWh. Olika avgränsningar och antaganden, såsom kraftslagets genomsnittliga årliga drifttid, kraftslagets livslängd, tillgänglighet osv. spelar in. Vidare så beror den totala miljöpåverkan på hur mycket de olika kraftslagen utnyttjas. Exempelvis så används gasturbiner sällan (i Sverige) och deras påverkan på omgivningen blir därför liten, trots de höga relativa utsläppen. För kärnkraftens vidkommande så spelar exempelvis val av anrikningsmetod (gasdiffusionsprocess eller gascentrifugprocess) in. Idag räknar många anläggningsägare också, på grund av moderniseringar, med en livslängd på 60 år mot tidigare 40 år på reaktorsystemen, vilket även kan påverka resultaten i någon mån.

Den sammantagna bedömningen av resultaten i denna presentation är, att de ger en aktuell helhetsbild över miljöpåverkan från el producerad med kärnkraft, samt att de visar att el producerad med kärnkraft ger liten klimatpåverkan.



Källa: E.ON. LIVSCYKELANALYS - Miljöpåverkan från Sydkrafts elproduktion 1999

## Inventeringsresultat – Kärnkraft

Resursförbrukning och utsläpp per MWh el	Bygg/riiv	Bränsle	Drift	Avfall	Summa
<b>Förnybara materialresurser</b>					
Trä [g]	13	1,7	0,076	0,021	14
Vatten <sup>1</sup> [g]	0	1700	0	0	1700
<b>Icke förnybara materialresurser</b>					
Kopparmalm 0,35 % Cu [g]	610	0	220	2200	3000
Kopparmalm 0,7 % Cu [g]	2,7	2,6	1,8	0,65	7,7
Sand [g]	720	0,00060	8,7	49	780
Kalksten [g]	310	170	4,1	25	510
Sten [g]	440	0	5,3	30	480
Järnmalm [g]	110	7,2	19	23	160
Svavel [g]	0,02	89	0,29	0,00014	90
Råolja, feedstock [g]	37	0,19	3,7	4,3	45
Kol, feedstock [g]	28	0	0,35	1,9	31
<b>Återvunna materialresurser</b>					
Stål och järn, åv [g]	58	3,8	9,9	12	84
Koppar, åv [g]	0,95	0	0,34	3,4	4,6
Aluminium, åv [g]	0,063	0	0,023	0,0022	0,089
<b>Förnybara energiresurser</b>					
Vattenkraft [MJ]	4,5	3,8	9,9	12	84
Biomassa [g]	23	4,7	16	5,7	50
<b>Icke förnybara energiresurser</b>					
Uranmalm, -0,3% U, huvudflöde [g]	0	5800	0	0	5800
Uranmalm, -1,6% U, huvudflöde [g]	0	680	0	0	680
Kol [g]	71	5400	26	16	5500
Råolja [g]	120	450	150	31	750
Naturgas [g]	12	190	85	2,2	290
<b>Återvunna energiresurser</b>					
Återvunnen energi, ospec. [MJ]	0,0009	0,0008	0,0005	0,000004	0,0022
<b>Inflöden ej följda till vaggan</b>					
Fyllnadsmaterial [g]	570	0	0	10	580
Bentonit [g]	0	0	0	38	38
Brunsten [g]	0	25	0	0	25
Fotogen [g]	0	20	0	0	20
Kvävgas [g]	0	10	0	0	10
Kiselsyra [g]	6,2	0	0,074	0,42	6,7
Syrgas [g]	1,4	1,4	0,99	0,35	4,2
<b>Utsläpp till luft</b>					
CO <sub>2</sub> [g]	500	10000	620	100	11000
CH <sub>4</sub> [g]	0,50	43	0,46	0,092	44
NO <sub>x</sub> [g]	1,5	31	1,8	0,40	35
SO <sub>x</sub> [g]	0,57	33	0,46	0,23	34
Stoft [g]	0,27	9,7	0,20	0,064	10
CO [g]	2,3	4,6	0,78	0,51	8,2
NMVOOC [g]	0,19	3,3	0,62	0,073	4,2
HC [g]	0,072	0,20	0,036	0,019	0,33

<sup>1</sup> Vattenförbrukning avser endast vattenförbrukning i område med potentiell risk för vattenbrist.

**Inventeringsresultat – Kärnkraft, forts.**

NH3 [g]	0,0030	0,25	0,00038	0,00066	0,25
CFC [g]	0	0,20	0	0	0,20
N2O [g]	0,0015	0,11	0,0014	0,00016	0,12
HCFC [g]	0	0	0,0083	0	0,0083
HCFC-22 [g]	0	0,000071	0,000032	0	0,00010
CFC/HCFC [g]	8,5E-07	4,7E-06	1,7E-06	3,5E-09	7,3E-06
CHC13 [g]	0	0	6,8E-07	0	6,8E-07
Radioaktivitet (kBq)	0	1500	2600	320	4400
<b>Utsläpp till vatten</b>					
COD [g]	0,037	0,014	0,16	0,0066	0,22
NH4+ [g]	0,00093	0,063	0,00027	0,0025	0,066
NH4-N [g]	0,0083	0,012	4,2E-06	0,00065	0,021
NH4NO3 [g]	0,012	0,0067	8,1E-08	0,00096	0,020
NO3- [g]	0,0011	0,26	0,00035	0,0034	0,27
NO3-N [g]	0,0093	0,0050	6,5E-08	0,00072	0,015
Tot-N [g]	0,020	0,046	0,023	0,0054	0,095
Tot-P [g]	0,00016	0,00068	0,0043	0,000026	0,0052
Heat loss [kWh]	0	0	2000	0,24	2000
Radioaktivitet [kBq]	0	580	98	0,110	680
<b>Avfall</b>					
Farligt avfall [g]	34	17000	36	1,8	17000
Högaktivt avfall [g]	0	0	3,32	0	3,32
Medelaktivt avfall [g]	0	0	7,2	0	7,2
Lågaktivt avfall [g]	0	0	10	0	10
Övrigt avfall [g]	56000	17000	730	5000	79000
<b>Material till återvinning</b>					
Betong [g]	1200	0	0	60	1200
Stål [g]	69	0	12	3,0	85
Koppar [g]	2,5	0	12	3,0	3,4
Ospec. Mtrl till åv [g]	0	2,1	0	0	2,1
Isolering [g]	1,0	0	0,37	0,064	1,5
Bly [g]	0,68	0	0,25	0	0,93
Aluminium [g]	0,15	0	0,054	0,0043	0,21
<b>Övrig information</b>					
Markanvändning [m <sup>2</sup> ]	0,00017	0,00070	0	0,000030	0,00090

## Resultat miljöpåverkansbedömning – Kärnkraft

Notera att inventeringsresultat för respektive emission finns redovisat i tabell ovan.

Föroreningsutsläpp Per MWh el	Bygg/riv	Bränsle	Drift	Avfall	Summa
<b>Växthusgaser [g CO2-ekv.]</b>					
CO2	500	10000	620	100	11000
CFC/HCFC	0,0014	1700	0,0029	6,0	1700
CH4	11	900	9,6	1,9	920
N2O	0,48	36	0,42	0,050	37
HCFC	0	0,12	14	0	14
HFC	0,0068	0	0,26	0,17	0,50
CHC13	0	0	0,0027	0	0,0027
<b>Totalt</b>	<b>510</b>	<b>12700</b>	<b>650</b>	<b>100</b>	<b>14000</b>
<b>Ozonnedbrytande gaser [g CFC-11-ekv.]</b>					
CFC	0	0,20	0	0	0,20
HCFC-22	0	0,000010	0,0012	0	0,0012
CFC/HCFC	0,00012	0,00066	0,00024	0,0000005	0,0010
<b>Totalt</b>	<b>0,0000012</b>	<b>0,20</b>	<b>0,0012</b>	<b>5E-10</b>	<b>0,20</b>
<b>Försurande gaser [mol H+]</b>					
SO2	0,018	1,0	0,014	0,0073	1,1
NOx	0,033	0,68	0,040	0,0088	0,76
NH3	0,00018	0,015	0,000022	0,000039	0,015
HF	0,0000025	0,00061	0,0000047	0,00000062	0,00062
HC1	0,000018	0,017	0,000028	0,000067	0,017
H2SO4	1,7E-8	9,6E-8	3,1E-8	7,2E-11	0,00000014
<b>Totalt</b>	<b>0,051</b>	<b>1,7</b>	<b>0,055</b>	<b>0,016</b>	<b>1,9</b>
<b>Gaser som bidrar till bildning av marknära ozon [g eten-ekv.]</b>					
HC	0,024	0,067	0,012	0,0064	0,11
NMVOC	0,079	1,5	0,26	0,031	1,8
VOC	0,016	0,34	0,016	0,0033	0,37
CH4	0,0030	0,26	0,0028	0,00055	0,26
Aromatiska HC	0,000016	0,0031	0,000026	0,000014	0,0034
Övriga org. Ämnen	0,00024	0,0061	0,00050	0,00012	0,006
<b>Totalt</b>	<b>0,12</b>	<b>2,1</b>	<b>0,29</b>	<b>0,041</b>	<b>2,6</b>
<b>Utsläpp som bidrar till övergödning [g O2-ekv.]</b>					
NOx (luft)	9,2	190	11	24	210
NH3 (luft)	0,048	4,0	0,0061	0,011	4,1
Tot-N (vatten)	0,39	0,92	0,47	0,11	1,9
NO3 (vatten)	0,19	1,3	0,0015	0,029	1,5
NH4 (vatten)	0,18	1,2	0,0041	0,050	1,4
Tot-P (vatten)	0,022	0,095	0,61	0,0036	0,73
NH4/NO3 (vatten)	0,18	0,10	0,0000012	0,014	0,3
COD (vatten)	0,037	0,014	0,16	0,0066	0,22
<b>Totalt</b>	<b>10,3</b>	<b>190</b>	<b>12</b>	<b>2,6</b>	<b>220</b>

## Sammanställning miljöpåverkansbedömning/jämförelse olika kraftslag

(Föroreningsutsläpp per MWh el)

Växthusgaser [g CO <sub>2</sub> -ekv.]	Bygg/riv	Bränsle	Drift	Avfall	Summa
Totalt - Kärnkraft	510	12700	650	100	14000
Totalt - Vattenkraft	4900	0	190	0	5100
Totalt - Oljekondens	1700	43000	1200000	0	1240000
Totalt - Gasturbiner	13000	76000	1000000	0	1100000
Totalt - Naturgaseldad kraftvärme	350	27000	374000	0	402000
Totalt - Vindkraft	6000	0	750	0	6750
<b>Ozonnedbrytande gaser [g CFC-11-ekv.]</b>					
Totalt - Kärnkraft	0,00000012	0,20	0,0012	5E-10	0,20
Totalt - Vattenkraft	1,3 E-7	0	7,8 E-8	0	2,1 E-7
Totalt - Oljekondens	0	0,00052	0,00026	0,00026	0,00078
Totalt - Gasturbiner	0,0000007	0,00058	0,0000003	0	0,00059
Totalt - Naturgaseldad kraftvärme	0	0,00004	0,000001	0	0,00004
Totalt - Vindkraft	0,000031	0	0,000006	0	0,000037
<b>Försurande gaser [mol H<sup>+</sup>]</b>					
Totalt - Kärnkraft	0,051	1,7	0,055	0,016	1,9
Totalt - Vattenkraft	0,16	0	0,025	0	0,18
Totalt - Oljekondens	0,24	9,4	45	0	55
Totalt - Gasturbiner	2,1	14	72	0	88
Totalt - Naturgaseldad kraftvärme	0	3,2	11	0	15
Totalt - Vindkraft	0,753	0	0,108	0	0,861
<b>Gaser som bidrar till bildning av marknära ozon [g eten-ekv.]</b>					
Totalt - Kärnkraft	0,12	2,1	0,29	0,041	2,6
Totalt - Vattenkraft	0,39	0	0,12	0	0,51
Totalt - Oljekondens	0,29	18	60	0	79
Totalt - Gasturbiner	5,0	57	8,8	0	71
Totalt - Naturgaseldad kraftvärme	0,13	6,9	0,06	0	7,1
Totalt - Vindkraft	1,61	0	0,33	0	1,94
<b>Utsläpp som bidrar till övergödning [g O<sub>2</sub>-ekv.]</b>					
Totalt - Kärnkraft	10,3	190	12	2,6	220
Totalt - Vattenkraft	36	0	4,6	0	41
Totalt - Oljekondens	51	1300	6000	0	7300
Totalt - Gasturbiner	320	2300	15000	0	17000
Totalt - Naturgaseldad kraftvärme	15	720	2200	0	3000
Totalt - Vindkraft	106	0	12	0	118