



# Anàlisi del cicle de vida de les tecnologies de control d'emissions. Una mirada holística

*Miquel Andon (IRTA), Ariadna Bàllega (IRTA),  
Assumpció Anton (IRTA), **Marta Ruiz-Colmenero**  
(IRTA), Miriam Cerrillo  
(IRTA), August Bonmati Blasi (IRTA)*

**JORNADA TÉCNICA**

19 de Julio, 2023

Introducció

Metodologia

Resultats & Interpretació

Conclusions

**Objectiu:** avaluar el comportament de les solucions estudiades per a la reducció d'emissions (NH<sub>3</sub>, GEI, MP y VOCs, compostos orgànics volàtils) i identificar el millor escenari ambiental des d'un punt de vista global.

### Escenaris a avaluar:



1) Referència sense tecnologies de reducció.



2) Wet scrubber



3) Dry scrubber

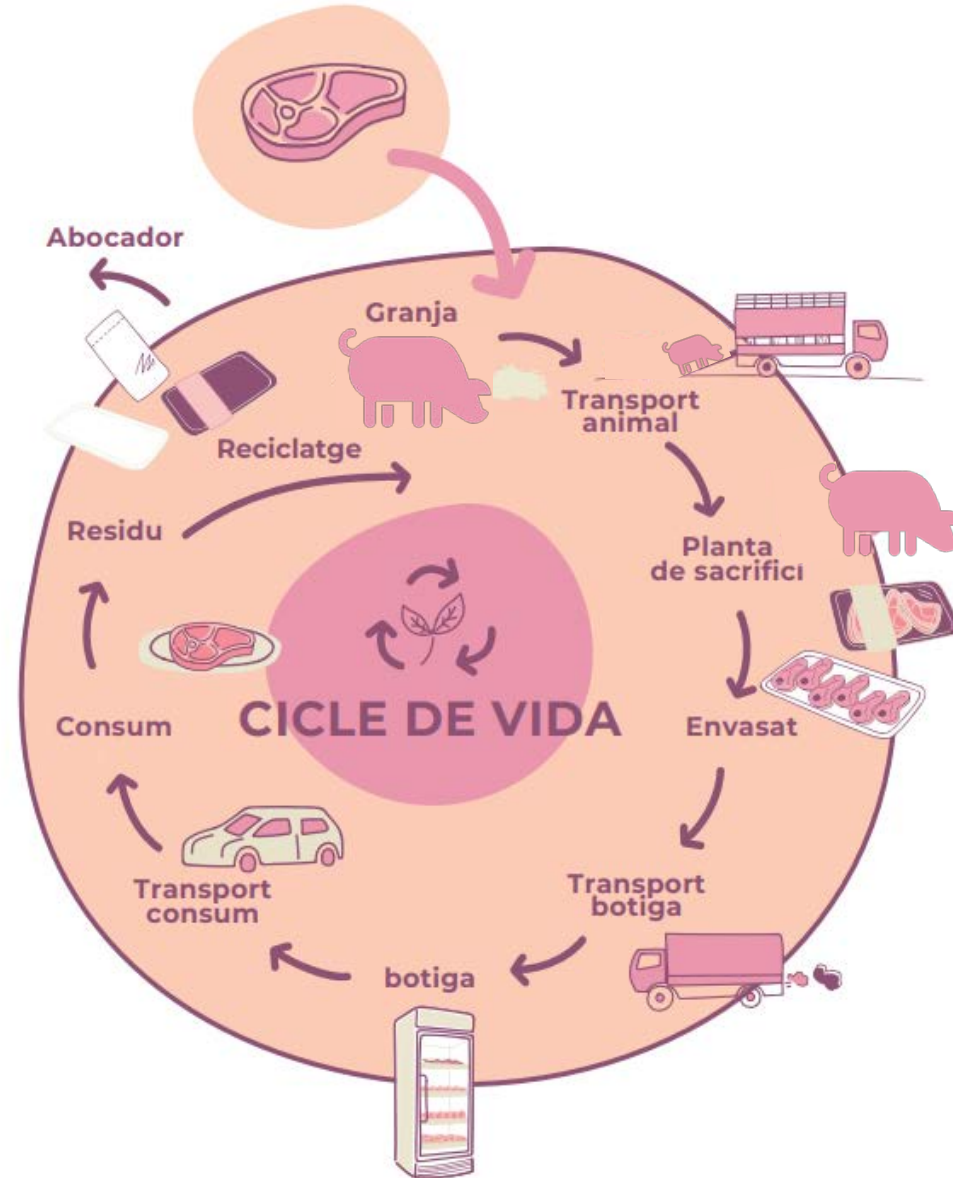
Introducció

**Metodologia**

Resultats & Interpretació

Conclusions

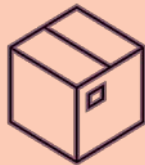
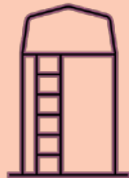
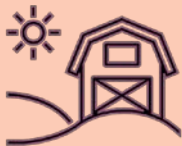
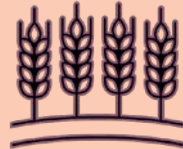
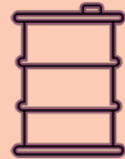
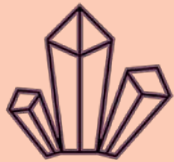
# Metodologia: anàlisi de cicle de vida



# INVENTARI

## ENTRADES

(recursos, materials, energia,...)



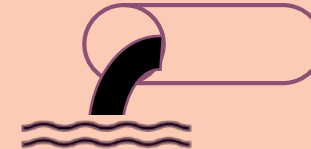
## SORTIDES

(emissions, residus,...)

CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>

EMISSIONS AIRE

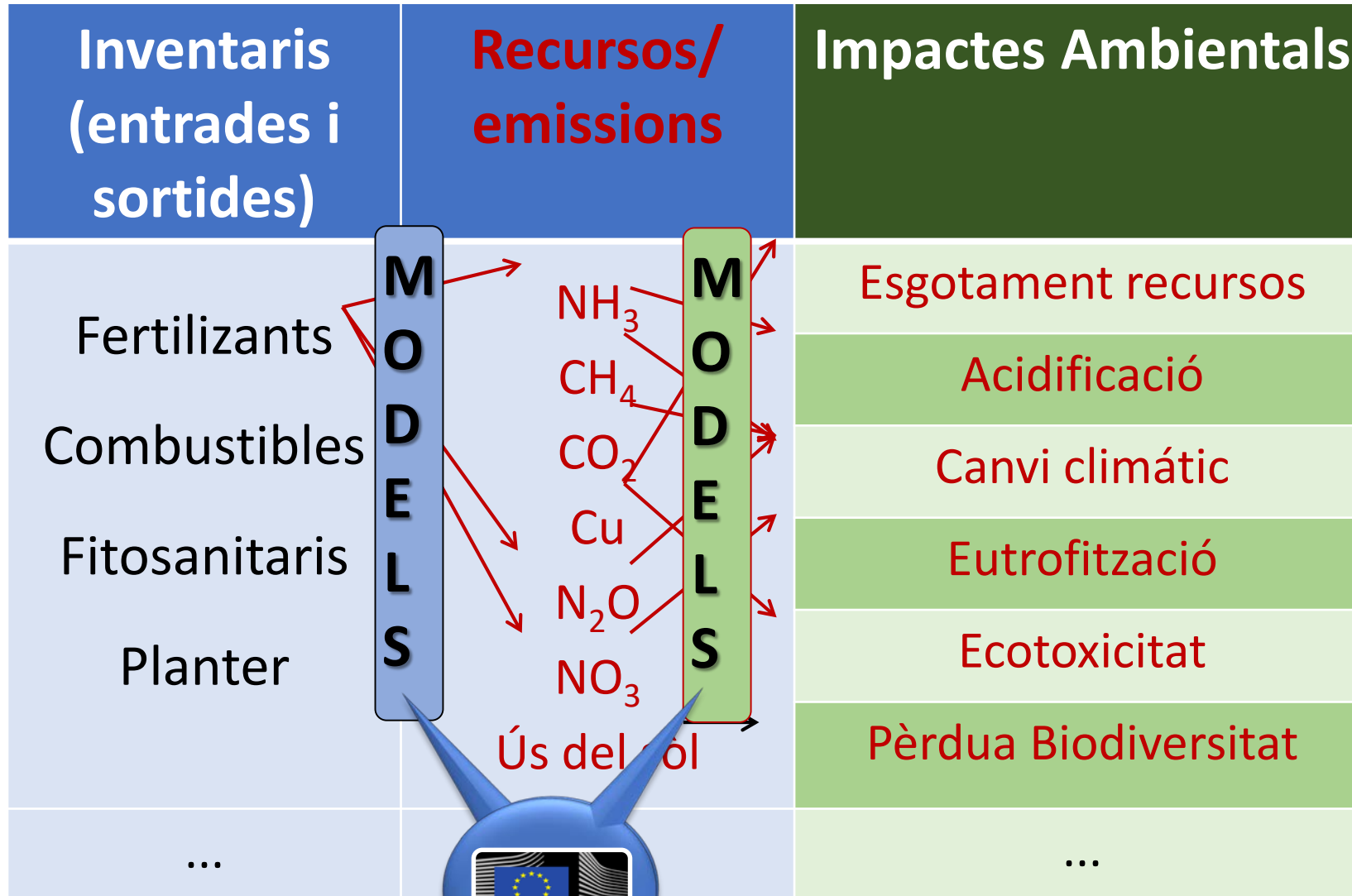


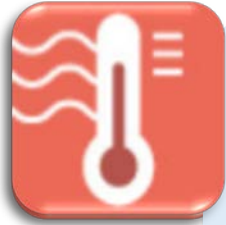
EMISSIONS  
AIGUA

EMISSIONS  
SÒL

RESIDUS







Canvi climàtic



Salut humana,  
micro-  
partícules



Eutrofització  
terrestre



Ús del sòl



Esgotament  
capa ozó



Salut humana,  
radiació  
ionitzant



Eutrofització  
aigua dolça



Ús d'aigua



Salut humana,  
contaminants  
cancerígens



Formació  
fotoxidants



Eutrofització  
marina



Esgotament  
recursos  
minerals i  
metalls



Salut humana,  
contaminants  
no cancerígens



Acidificació

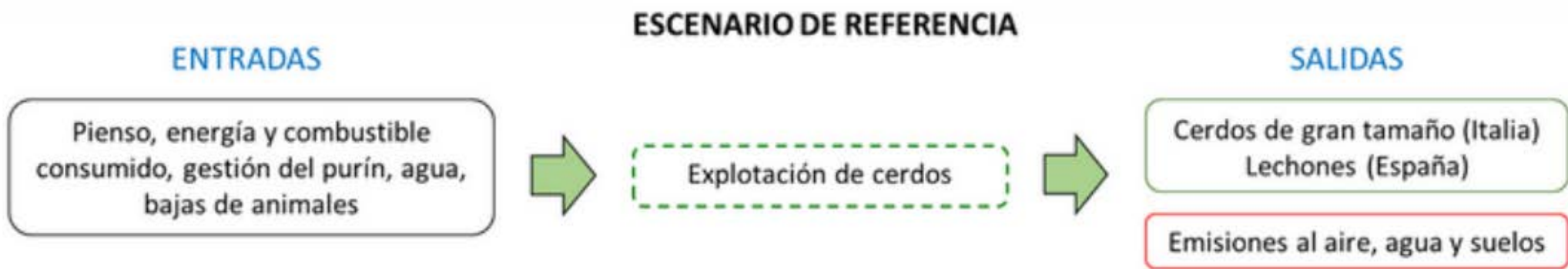


Ecotoxicitat  
aigua dolça



Esgotament  
recursos fòssils







Wet scrubber



Dry scrubber

Infraestructura  
Electricitat  
Àcid cítric  
Aigua



Wet scrubber



2000kg acer i 30m tub de polietilè corrugat com a conducte de ventilació per a l'entrada i sortida d'aire. 10 anys vida.



Consum horari mitja 0,48 kWh / scrubber



Aigua: 279,42 dm<sup>3</sup>/kg of removed NH<sub>3</sub>



Àcid cítric: 13,81 kg/kg of removed NH<sub>3</sub>



Wet scrubber



Dry scrubber

Infraestructura  
Electricitat



Fibra polièster i metal  
estructura, velocitat  
flux 3000-6000m<sup>3</sup>/h.  
10 anys vida.

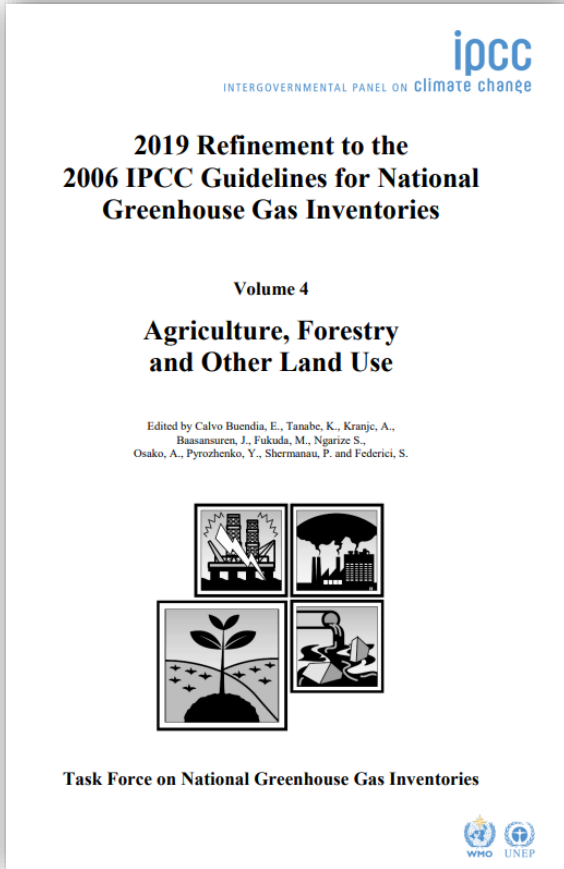


Consum horari mitja  
0,55 kWh / scrubber



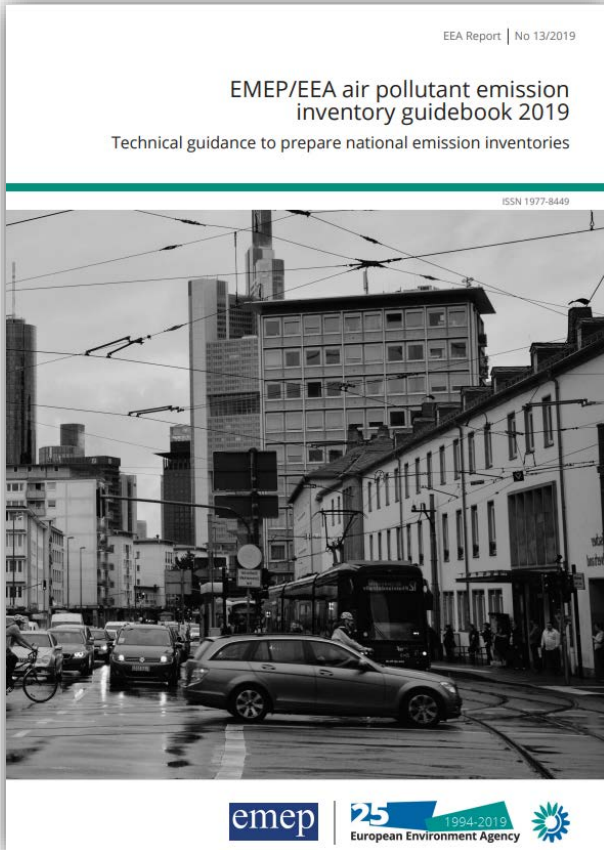
Dry scrubber

**EMISSIONS FROM LIVESTOCK AND MANURE MANAGEMENT**



| Fonts d'emissió      | Emissió                      | Font:           |                                       |
|----------------------|------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| Fermentació entèrica | CH <sub>4</sub>              | Eq 10.19        | IPCC 2019, vol. 4, cap. 10, Tier I-II |
|                      | CH <sub>4</sub>              | Eq. 10.22       | IPCC 2019, vol. 4, cap. 10, Tier I-II |
| Gestió dejeccions    | N <sub>2</sub> O, directes   | Eq. 10.25       | IPCC 2019, vol. 4, cap. 10, Tier I-II |
|                      | N <sub>2</sub> O, indirectes | Eq. 10.26-10.29 | IPCC 2019, vol. 4, cap. 10, Tier I-II |

### 3.B Manure management



|                          | Emissió         | Metodologia       | Font                                 |
|--------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------------|
| <b>Gestió dejeccions</b> | NH <sub>3</sub> | EEA 2019, Tier II | Equation 15 (housing) & 32 (storage) |
|                          | NMVOC           | EEA 2019, Tier II | Equation 57 (housing) & 58 (storage) |
|                          | PM              | EEA 2019, Tier I  | Table 3.5                            |

Introducció

Metodologia

**Resultats & Interpretació**

Conclusions



# Reducció emissions potencial: NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, PM



# DRY SCRUBBER



Salut humana,  
contaminants  
cancerígens



Esgotament  
recursos  
minerals i  
metalls



Salut humana,  
radiació  
ionitzant



Esgotament  
capa ozó



Esgotament  
recursos fòssils

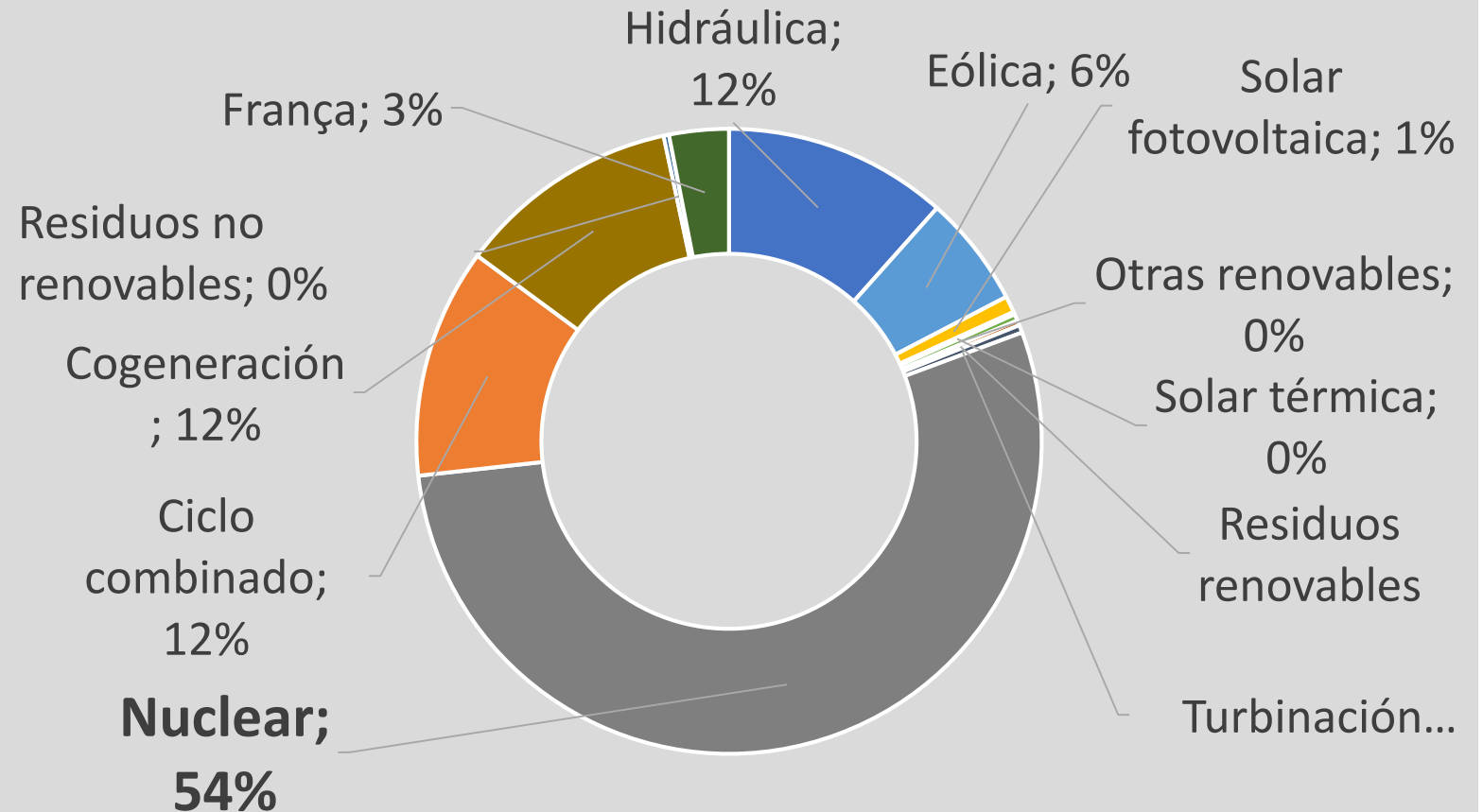
## Consum elèctric



Salut humana,  
radiació ionitzant

La **radiació ionitzant**: fotons o partícules que en interaccionar amb la matèria canvien el perfil d'àtoms que la componen, ionitzant-la. En darrer terme poden afectar a la salut humana.

### Producció elèctrica a Catalunya



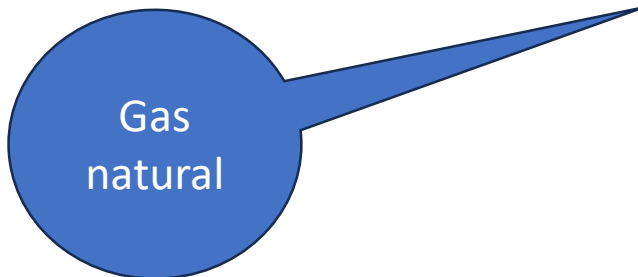


Esgotament  
capa ozó

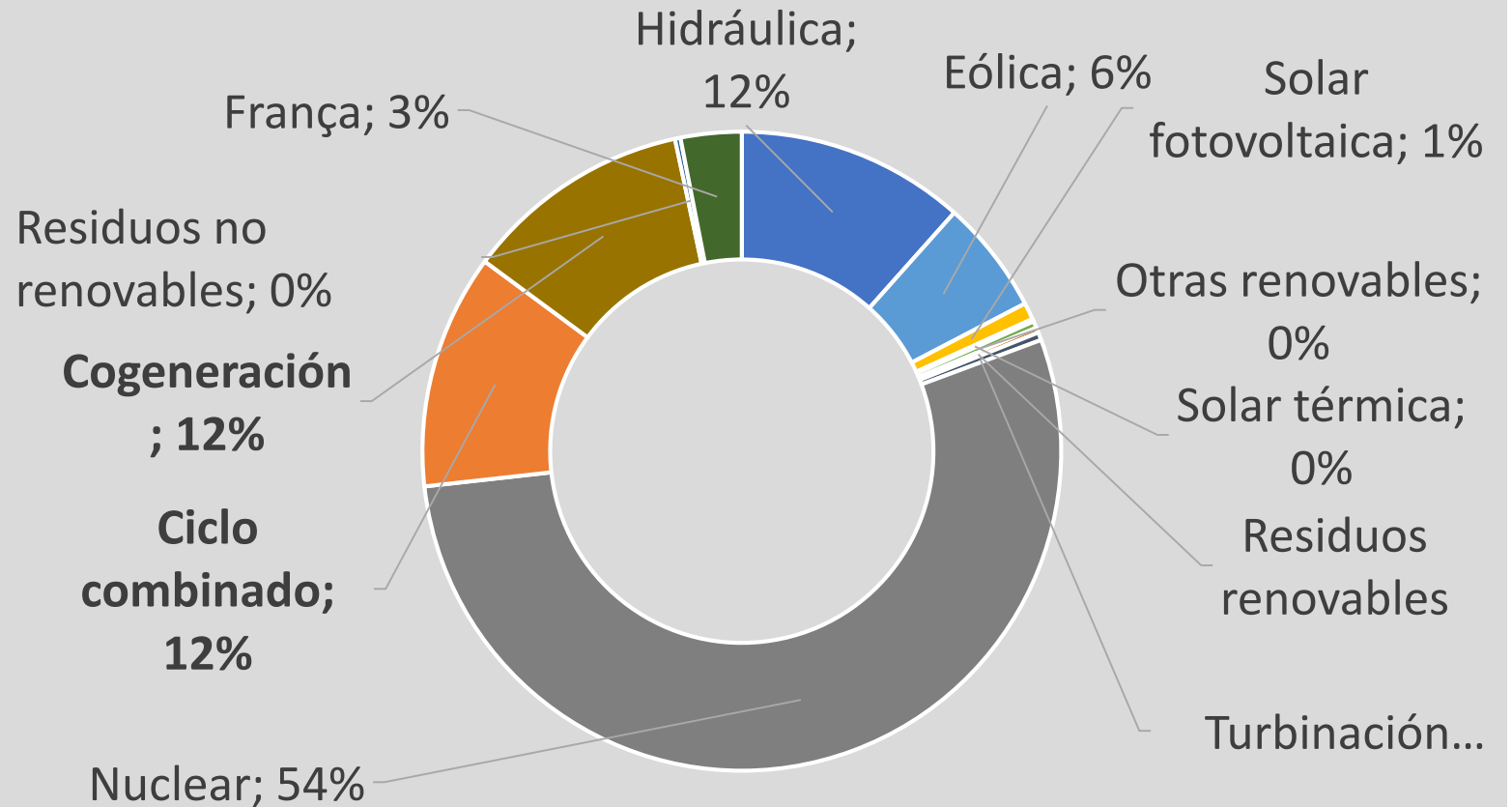
## Consum elèctric



La **disminució de la capa d'ozó** present a l'estratosfera provoca un increment de la quantitat de radiació UV que arriba a la superfície de la terra. Aquestes radiacions són causa d'un augment d'algunes malalties en humans, i afecten als ecosistemes



### Producció elèctrica a Catalunya



[Per més informació veure: Institut Català d'Energia \(gencat.cat\)](http://gencat.cat)

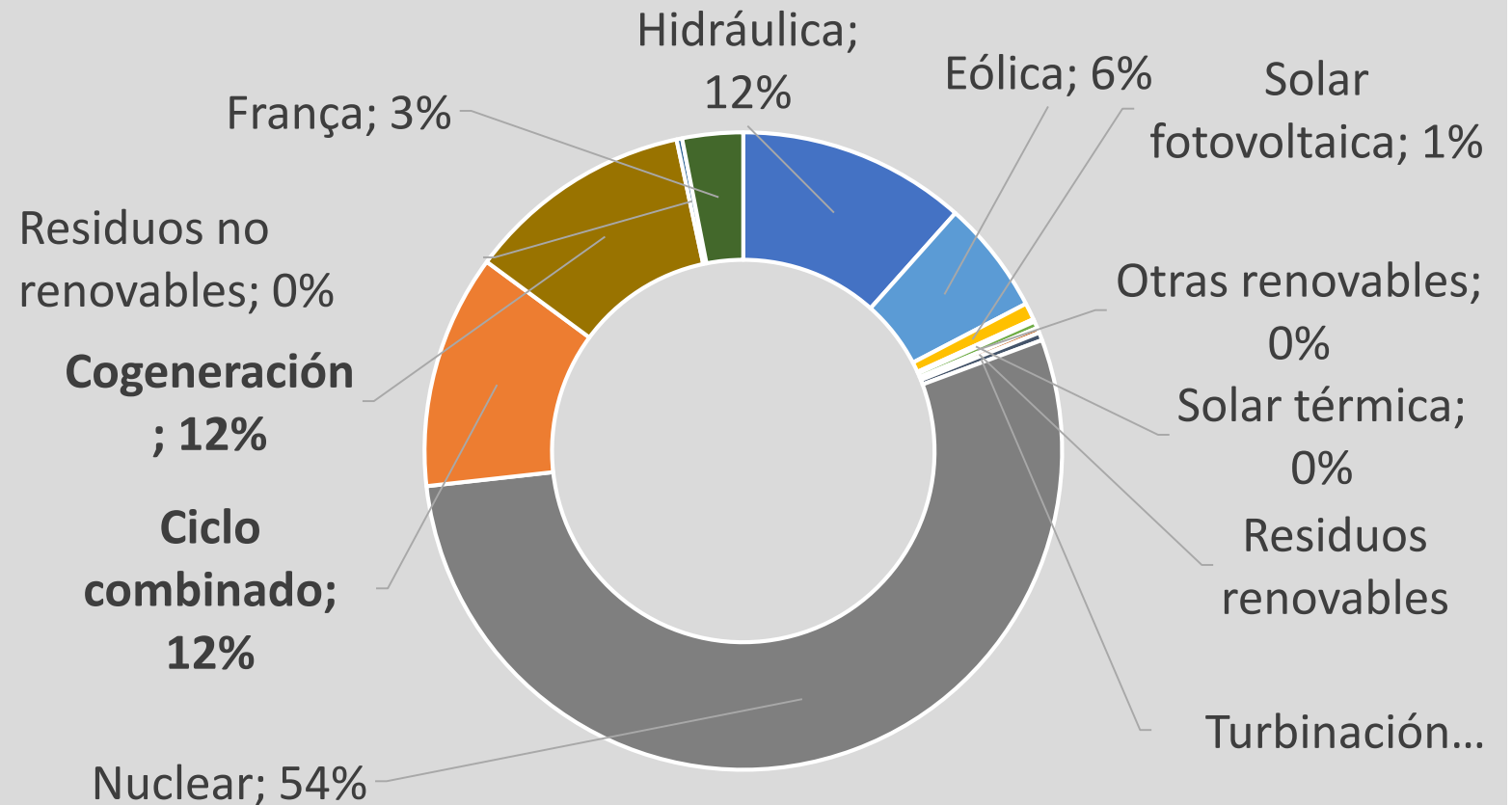
## Consum elèctric



Esgotament recursos fòssils

Disminució de la **disponibilitat de recursos fòssils**, que s'utilitzen com fonts d'energia no renovables (carbó, els productes del carbó, el gas natural, el gas derivat, el cru, els productes derivats del petroli i els residus no renovables) Aquests combustibles provenen de plantes i animals que van existir en el passat geològic (per exemple, fa milions d'anys).

### Producció elèctrica a Catalunya



[Per més informació veure: Institut Català d'Energia \(gencat.cat\)](http://gencat.cat)

# WET SCRUBBER



Ús d'aigua



Salut humana,  
contaminants  
cancerígens



Esgotament  
recursos  
minerals i  
metalls



Salut humana,  
radiació  
ionitzant

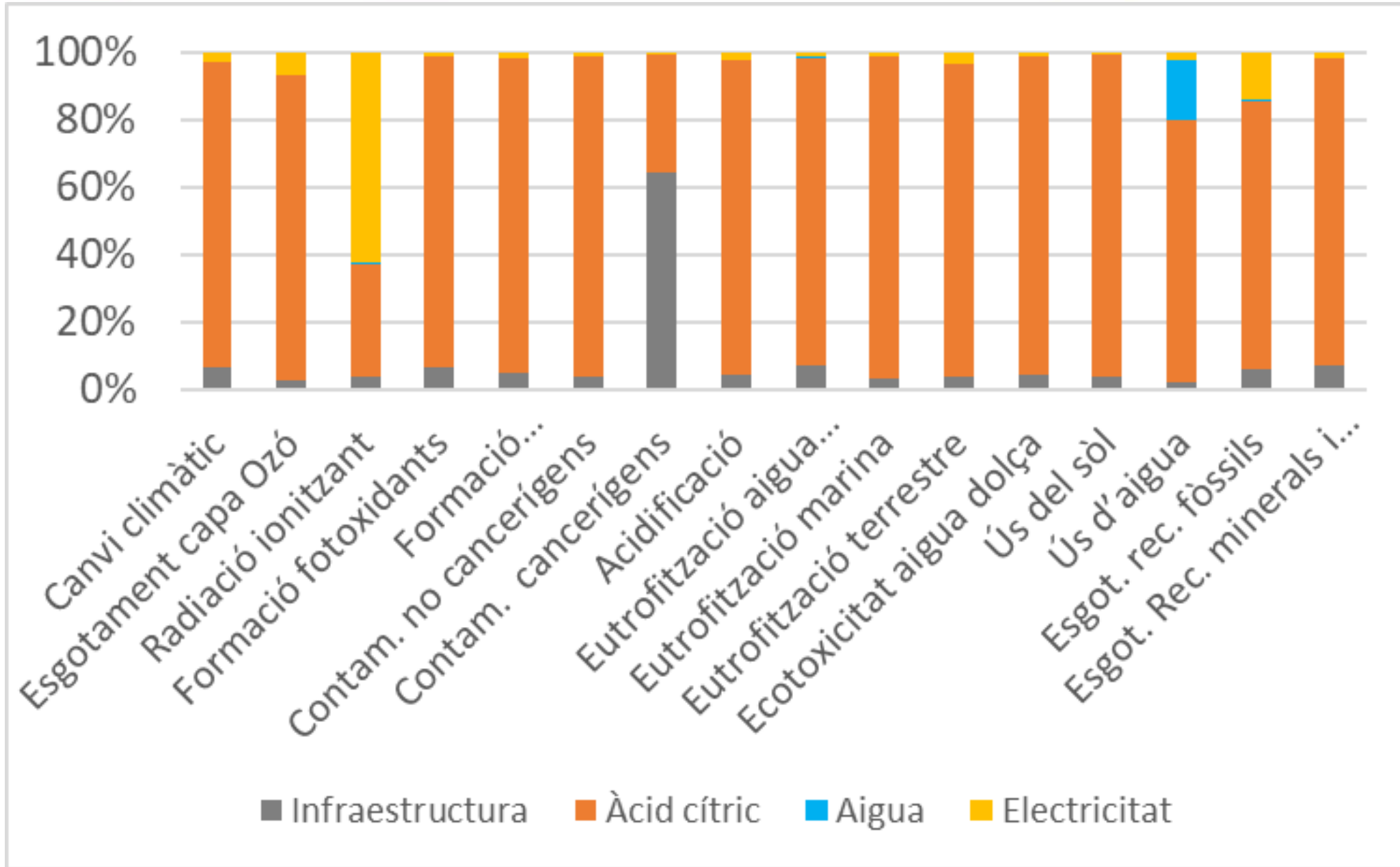


Esgotament  
capa ozó



Esgotament  
recursos fòssils

# WET SCRUBBER



Reduïció emissions



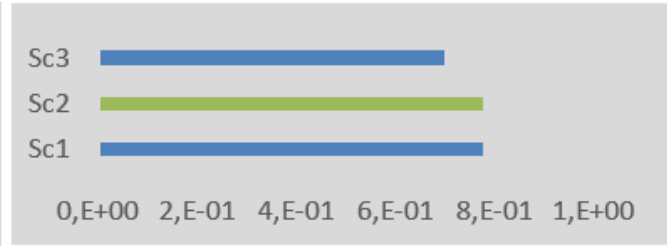
Augment recursos



|  | Unitats                | Eficiència de reducció d'emissions respecte a l'escenari de referència (potencial màxim) |                        |
|--|------------------------|--|------------------------|
|  |                        | Wet scrubber   | Dry scrubber           |
|  |                        | Canvi en resultats (%)   | Canvi en resultats (%) |
| <b>Canvi climàtic</b>                            | kg CO <sub>2</sub> eq  |  |                        |
| Esgotament capa Ozó                              | kg CFC-11 eq           |  |                        |
| Radiació ionitzant                               | kBq U-235 eq           |  |                        |
| <b>Formació fotoxidants</b>                      | kg NMVOC eq            |  |                        |
| <b>Formació de micropartícules</b>               | disease inc.           |  |                        |
| <b>Salut humana, contaminants no cancerígens</b> | CTUh                   |  |                        |
| Salut humana, contaminants cancerígens           | CTUh                   |  |                        |
| <b>Acidificació</b>                              | mol H <sup>+</sup> eq  |  |                        |
| Eutrofització aigua dolça                        | kg P eq                |  |                        |
| <b>Eutrofització marina</b>                      | kg N eq                |  |                        |
| <b>Eutrofització terrestre</b>                   | mol N eq               |  |                        |
| <b>Ecotoxicitat aigua dolça</b>                  | CTUe                   |  |                        |
| Ús del sòl                                       | Pt                     |  |                        |
| Ús d'aigua                                       | m <sup>3</sup> depriv. |  |                        |
| Esgotament recursos fòssils                      | MJ                     |  |                        |
| Esgotament recursos minerals i metalls           | kg Sb eq               |  |                        |

# Dades normalitzats i ponderats

Valors normalitzats i ponderats

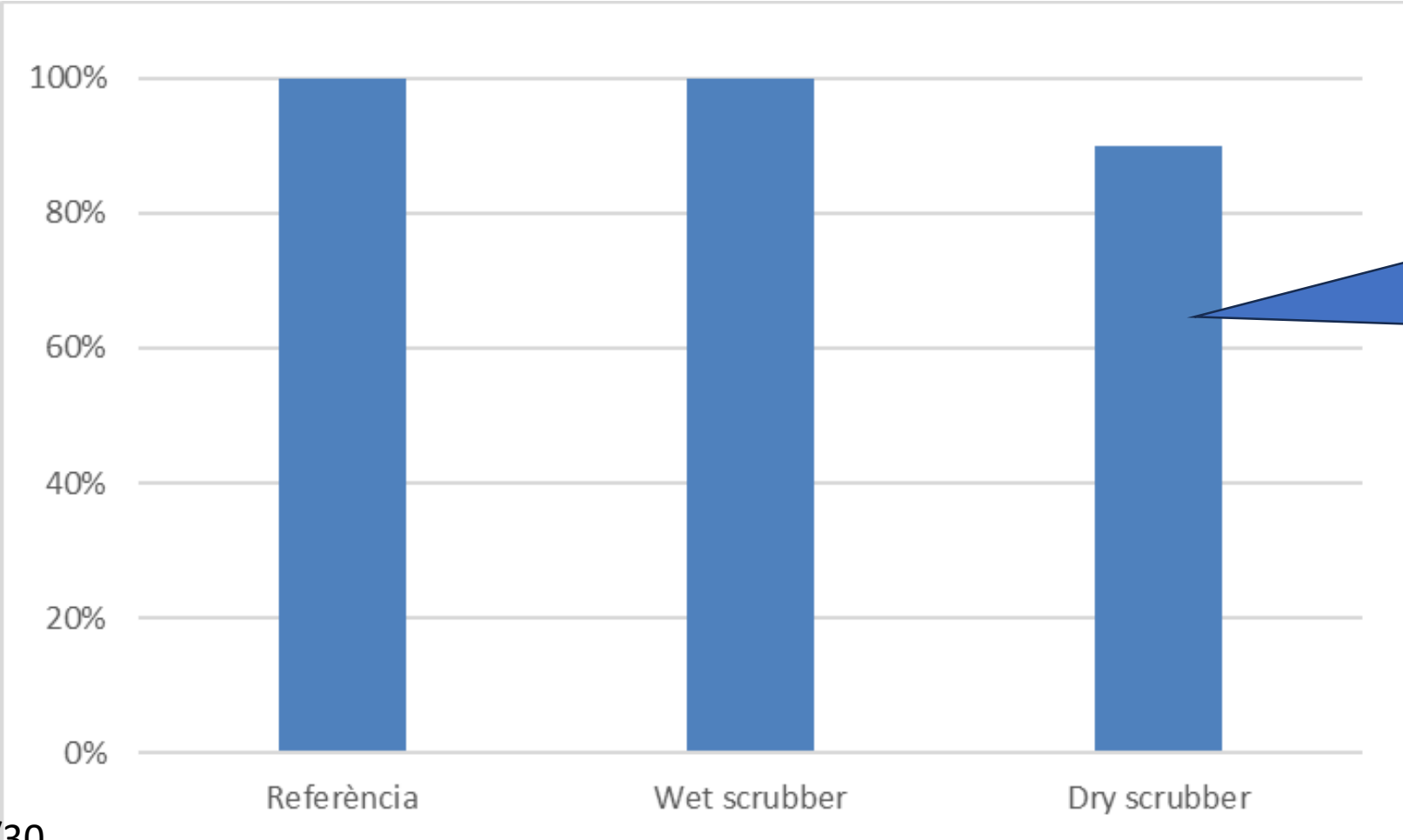


7,77E-01

7,77E-01

6,98E-01

KPt



Reducció 10% impacte global amb el "Dry scrubber"

Introducció

Metodologia

Resultats & Interpretació

**Conclusions**

# Conclusions

- Ambdues tecnologies han mostrat el seu potencial per reduir les emissions a l'allotjament dels animals, i per tant, interessants quan aquest sigui un problema a prioritzar.
- El “dry scrubber” sembla oferir millors resultats globals. Quants més processos afegim, més recursos (infraestructura, àcid cítric, aigua) i energia (electricitat), més impacte acumulat.

- Seria interessant valorar la viabilitat de la recuperació del nitrogen al àcid i la seva utilització per fertilització. A aquest cas es podria quantificar l'impacte evitat ja que reduiria l'ús de fertilitzants minerals
- S'han de seleccionar acuradament les fonts d'energia i materials (alternatives a l'àcid cítric, recirculació de l'aigua, us de acer reciclat per la infraestructura, energia fotovoltaica)
- Wet scrubber disseny prototip, hi ha espai per optimitzar-lo i millorar la seva eficiència

# Moltes gràcies

[marta.ruiz@irta.cat](mailto:marta.ruiz@irta.cat)

“WE SHARE OUR SCIENCE  
TO FEED THE FUTURE”



**IRTA**<sup>R</sup>

Institut  
de Recerca i Tecnologia  
Agroalimentàries



# Categories d'impacte ambiental

| Categoria d'impacte                    | Sigles | Unitat                  | Breu explicació   |
|--|--------|-------------------------|---|
| Canvi climàtic                         | CC     | kg CO <sub>2</sub> eq   | La terra retorna l'energia solar absorbida en forma de radiació tèrmica. Part d'aquesta radiació és absorbida pels gasos existents a l'atmosfera provocant l'escalfament del planeta. Per la caracterització de l'impacte s'empra el model desenvolupat per l'IPCC, utilitzant el CO <sub>2</sub> com unitat equivalent a la qual es referencia el potencial d'escalfament dels gasos amb efecte hivernacle.  |
| Esgotament capa Ozó                    | EO     | kg CFC-11 eq            | La disminució de la capa d'ozó present a l'estratosfera provoca un increment de la quantitat de radiació ultraviolada que arriba a la superfície de la terra. Aquestes radiacions són causa d'un augment d'algunes malalties en humans, afecten als ecosistemes i l'agricultura. El model emprat es basa en els potencials d'esgotament dels diferents gasos implicats i definits per la WMO, utilitzant el CFC-11 com unitat equivalent.   |
| Radiació ionitzant, humans             | RI     | kBq U <sub>235</sub> eq | La radiació ionitzant és radiació formada per fotons o partícules que en interaccionar amb la matèria canvien el perfil d'àtoms que la componen, ionitzant-la, que en darrer terme poden afectar a la salut humana. S'utilitza kBq d'Urani 235 com unitat equivalent de les diferents emissions involucrades  |
| Formació fotoxidants                   | FO     | kg NMVOC eq             | Sota la influència de la llum solar els òxids de nitrogen reaccionen amb els compostos orgànics volàtils per produir ozó troposfèric. Aquest pot resultar perjudicials per a la salut humana, els ecosistemes i els propis cultius.   |
| Toxicitat humana, no càncer.           | THnc   | CTU <sub>h,nc</sub>     | Potencials efectes que sobre la salut dels humans tenen les emissions dels diferents contaminants, l'indicador emprat és unitats de casos tòxics, CTU, amb efecte no cancerigen i cancerigen respectivament.  |
| Toxicitat humana, càncer.              | THc    | CTU <sub>h,nc</sub>     |   |
| Formació micropartícules               | MP     | DALY                    | Quantificació de l'impacte de mort prematura o discapacitat que sobre la població tenen les micropartícules, PM, utilitzant com a referència PM <sub>2.5</sub> . Inclou la valoració de PM primàries (PM <sub>10</sub> i PM <sub>2.5</sub> ) i secundàries (creació de PM secundari a causa de les emissions de SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> i NH <sub>3</sub> ) i CO.   |
| Acidificació                           | AC     | molc H <sup>+</sup> eq  | L'acidificació es produeix principalment per les emissions a l'aire de NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> i SO <sub>x</sub> . Les unitats equivalent de dites emissions s'expressen en mols de càrrega (molc H <sup>+</sup> ) per unitat de massa emesa.   |
| Eutrofització aigua dolça              | ED     | kg P eq                 | L'increment de macronutrients en els ecosistemes pot conduir a un augment de la producció de biomassa no desitjada i que en darrer terme pot portar a unes condicions anaeròbies en els sistemes aquàtics amb el consegüent dany ambiental derivat. Els models d'indicadors emprats per quantificar aquest dany es basen en expressió del grau en què els nutrients emesos arriben al compartiment final (superació de la càrrega crítica de macronutrients per eutrofització terrestre, el fòsfor considerat com a factor limitant en l'aigua dolça i el nitrogen considerat com a factor limitant en l'aigua marina). |
| Eutrofització marina                   | EM     | kg N eq                 |   |
| Eutrofització terrestre                | ET     | molc N eq               |   |
| Ecotoxicitat aigua dolça               | EC     | CTU <sub>e</sub>        | Potencials efectes tòxics sobre els ecosistemes aquàtics <sup>1</sup> de les substàncies tòxiques existents en l'ambient. Es comptabilitzen com fracció d'espècies potencialment afectades per cada unitat de volum i temps expressat com unitats de casos tòxics, CTU <sub>e</sub> .   |
| Consum aigua                           | CA     | m <sup>3</sup> eq       | Definit com l'aigua disponible per unitat d'àrea (país o conca hidrogràfica) que queda després de restar el consum d'aigua dels humans i requeriment ambiental per mantenir els ecosistemes. Aquest índex es normalitza en relació a una mitjana mundial, la qual cosa dona idea del grau de risc per cada àrea en particular.  |
| Esgotament recursos minerals i metalls | RM     | kg Sb eq                | Disminució de la disponibilitat de recursos naturals. Utilitzant-se com recurs referència l'antimoni.   |
| Esgotament recursos fòssils            | RF     | MJ                      | Disminució de la disponibilitat de recursos fòssils.  |
| Ús del sòl                             | US     | Pt                      | Basat en l'impacte sobre la qualitat del sòl tenint en compte diferents índexs relacionats <sup>32</sup> amb serveis ecosistèmics: erosió, producció biòtica, recarrega aigües subterrànies i filtració mecànica  |



# Reducció emissions

| Contaminant   | Máx.  | Mediana |
|---------------|-------|---------|
| Nitrous Oxide | -23%  | -12%    |
| Ammonia       | -79%  | -42%    |
| NMVOC         | N/A   | N/A     |
| PM10          | -100% | -100%   |

Emissions

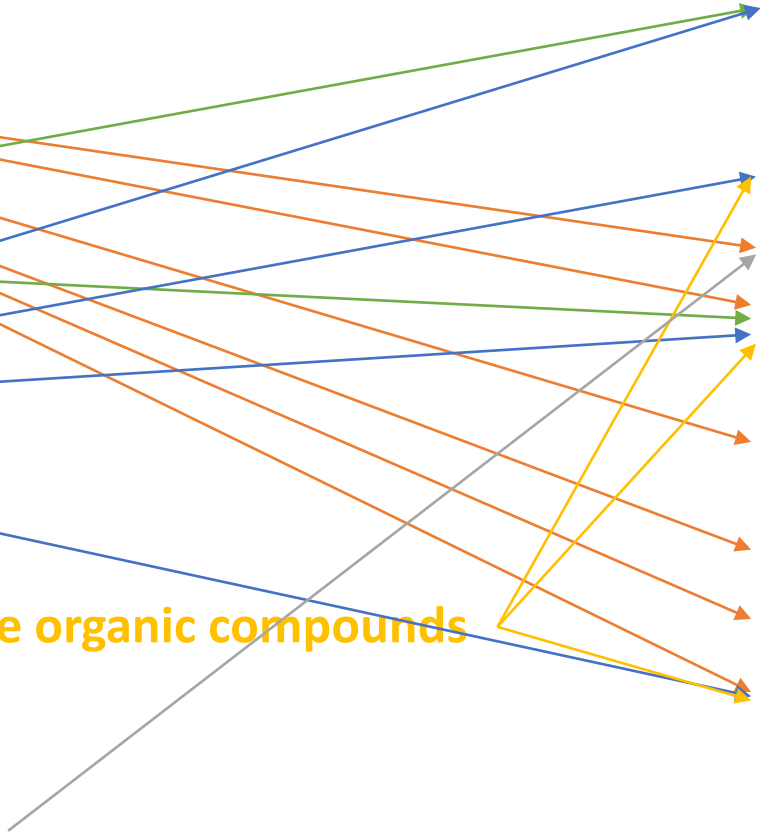
$\text{NH}_3$

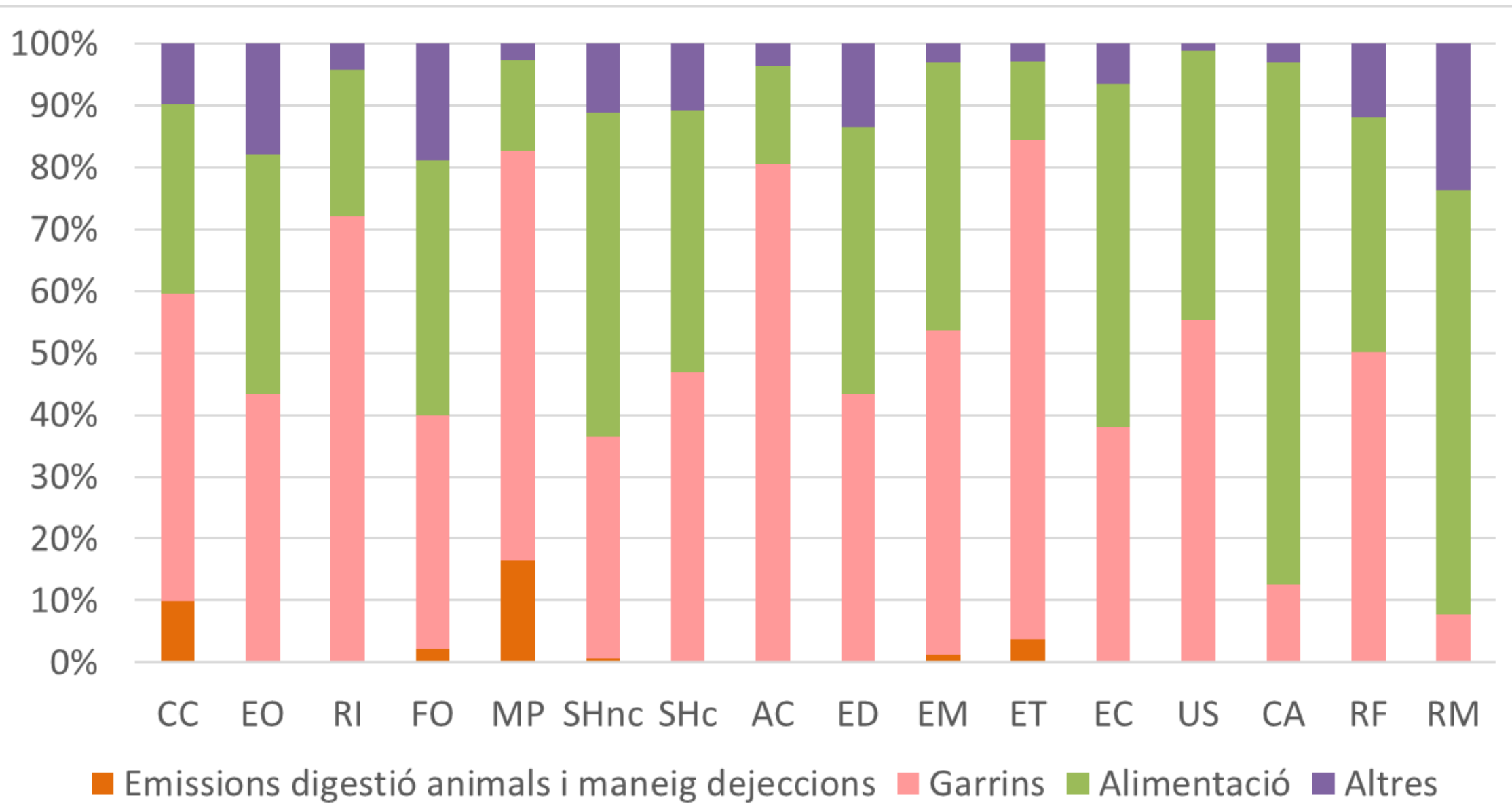
$\text{N}_2\text{O}$

$\text{CH}_4$

NMVOOC, non-methane volatile organic compounds

Micropartícules (PM)





| Impact categories                 | Units                  | Farm                    |              |               |         |                        |         |           |         |              |  |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|---------------|---------|------------------------|---------|-----------|---------|--------------|--|
|                                   |                        | (emissions, occupation) | Farm animals | Compound feed | Diesel  | Electricity, gas & oil | Water   | Transport | Waste   | Wet scrubber |  |
| Climate change                    | kg CO <sub>2</sub> eq  | 3,9E+05                 | 2,0E+06      | 1,2E+06       | 1,7E+05 | 2,1E+03                | 1,1E+03 | 1,5E+04   | 2,1E+05 | 6,18E+04     |  |
| Ozone depletion                   | kg CFC11 eq            | 0,0E+00                 | 1,2E-01      | 1,0E-01       | 2,7E-02 | 6,3E-04                | 2,2E-04 | 3,0E-03   | 1,6E-02 | 7,20E-03     |  |
| Ionising radiation                | kBq U-235 eq           | 0,0E+00                 | 4,0E+05      | 1,3E+05       | 9,8E+03 | 6,1E+03                | 1,6E+03 | 1,3E+03   | 4,4E+03 | 7,59E+03     |  |
| Photochemical ozone formation     | kg NMVOC eq            | 2,4E+02                 | 4,1E+03      | 4,5E+03       | 1,6E+03 | 3,2E+00                | 2,9E+00 | 8,6E+01   | 3,8E+02 | 2,01E+02     |  |
| Particulate matter                | disease inc.           | 2,6E-02                 | 3,1E-01      | 6,9E-02       | 6,3E-03 | 1,0E-04                | 6,6E-05 | 1,4E-03   | 4,7E-03 | 5,94E-03     |  |
| Human toxicity, non-cancer        | CTUh                   | 5,6E-04                 | 3,6E-02      | 5,3E-02       | 5,7E-03 | 3,4E-05                | 2,2E-05 | 2,9E-04   | 5,2E-03 | 2,63E-03     |  |
| Human toxicity, cancer            | CTUh                   | 0,0E+00                 | 1,3E-03      | 1,2E-03       | 1,3E-04 | 1,1E-06                | 1,1E-06 | 2,0E-05   | 1,4E-04 | 1,26E-04     |  |
| Acidification                     | mol H+ eq              | 8,1E+01                 | 4,5E+04      | 9,0E+03       | 1,4E+03 | 1,4E+01                | 8,4E+00 | 8,0E+01   | 5,2E+02 | 5,22E+02     |  |
| Eutrophication, freshwater        | kg P eq                | 0,0E+00                 | 3,3E+02      | 3,3E+02       | 2,8E+01 | 3,4E-01                | 4,3E-01 | 2,5E+00   | 7,2E+01 | 1,99E+01     |  |
| Eutrophication, marine            | kg N eq                | 9,9E+01                 | 1,1E+04      | 8,9E+03       | 5,2E+02 | 1,4E+00                | 1,1E+00 | 2,4E+01   | 8,4E+01 | 1,16E+02     |  |
| Eutrophication, terrestrial       | mol N eq               | 3,7E+03                 | 2,0E+05      | 3,1E+04       | 5,7E+03 | 4,8E+01                | 1,8E+01 | 2,7E+02   | 9,1E+02 | 1,12E+03     |  |
| Ecotoxicity, freshwater           | CTUe                   | 1,5E+05                 | 4,7E+07      | 6,9E+07       | 2,8E+06 | 4,2E+04                | 2,2E+04 | 2,3E+05   | 5,1E+06 | 2,65E+06     |  |
| Land use                          | Pt                     | 2,8E+05                 | 1,5E+08      | 1,2E+08       | 2,7E+06 | 4,0E+03                | 6,2E+03 | 1,2E+05   | 2,8E+05 | 6,29E+05     |  |
| Water use                         | m <sup>3</sup> depriv. | 0,0E+00                 | 2,6E+06      | 1,8E+07       | 1,2E+04 | 2,7E+03                | 5,9E+05 | 8,9E+02   | 2,6E+04 | 9,45E+04     |  |
| Resource use, fossils             | MJ                     | 0,0E+00                 | 1,4E+07      | 1,1E+07       | 2,1E+06 | 1,3E+05                | 3,9E+04 | 2,2E+05   | 8,3E+05 | 6,97E+05     |  |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq               | 0,0E+00                 | 3,0E+00      | 2,6E+01       | 8,0E+00 | 2,7E-02                | 1,9E-02 | 3,4E-01   | 6,8E-01 | 1,39E+00     |  |

| Impact categories                       | Units                        | Farm (emissions, occupation) | Farm animals | Compound feed | Diesel  | Electricity, gas & oil | Water   | Transport | Waste   | Dry scrubber |
|---|------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|---------|------------------------|---------|-----------|---------|--------------|
| <b>Climate change</b>                   | <b>kg CO<sub>2</sub> eq</b>  | 2,4E+05                      | 2,0E+06      | 1,2E+06       | 1,7E+05 | 2,1E+03                | 1,1E+03 | 1,5E+04   | 2,1E+05 | 4,21E+03     |
| <b>Ozone depletion</b>                  | <b>kg CFC11 eq</b>           | 0,0E+00                      | 1,2E-01      | 1,0E-01       | 2,7E-02 | 6,3E-04                | 2,2E-04 | 3,0E-03   | 1,6E-02 | 4,21E-04     |
| <b>Ionising radiation</b>               | <b>kLq U-235 eq</b>          | 0,0E+00                      | 4,0E+05      | 1,3E+05       | 9,8E+03 | 6,1E+03                | 1,6E+03 | 1,3E+03   | 4,4E+03 | 2,47E+03     |
| <b>Photochemical ozone disease inc.</b> | <b>kg NMYOC eq</b>           | 1,9E+02                      | 4,1E+03      | 4,5E+03       | 1,6E+03 | 3,2E+00                | 2,9E+00 | 8,6E+01   | 3,8E+02 | 1,49E+01     |
| <b>Human toxicity, non-cancer</b>       | <b>CTUh</b>                  | 3,9E-02                      | 3,1E-01      | 6,9E-02       | 6,3E-03 | 1,0E-04                | 6,6E-05 | 1,4E-03   | 4,7E-03 | 5,85E-04     |
| <b>Human toxicity, cancer</b>           | <b>CTUh</b>                  | 3,6E-04                      | 3,6E-02      | 5,3E-02       | 5,7E-03 | 3,4E-05                | 2,2E-05 | 2,9E-04   | 5,2E-03 | 1,89E-04     |
| <b>Acidification</b>                    | <b>mol H<sup>+</sup> eq</b>  | 0,0E+00                      | 1,3E-03      | 1,2E-03       | 1,3E-04 | 1,1E-06                | 1,1E-06 | 2,0E-05   | 1,4E-04 | 1,06E-05     |
| <b>Eutrophication, freshwater</b>       | <b>kg P eq</b>               | 1,3E+02                      | 4,5E+04      | 9,0E+03       | 1,4E+03 | 1,4E+01                | 8,4E+00 | 8,0E+01   | 5,2E+02 | 5,95E+01     |
| <b>Eutrophication, marine</b>           | <b>kg N eq</b>               | 0,0E+00                      | 3,3E+02      | 3,3E+02       | 2,8E+01 | 3,4E-01                | 4,3E-01 | 2,5E+00   | 7,2E+01 | 1,95E+00     |
| <b>Eutrophication, terrestrial</b>      | <b>mol N eq</b>              | 1,6E+02                      | 1,1E+04      | 8,9E+03       | 5,2E+02 | 1,4E+00                | 1,1E+00 | 2,4E+01   | 8,4E+01 | 5,35E+00     |
| <b>Ecotoxicity, freshwater</b>          | <b>CTUe</b>                  | 5,9E+03                      | 2,0E+05      | 3,1E+04       | 5,7E+03 | 4,8E+01                | 1,8E+01 | 2,7E+02   | 9,1E+02 | 1,90E+02     |
| <b>Land use</b>                         | <b>Pt</b>                    | 2,3E+05                      | 4,7E+07      | 6,9E+07       | 2,8E+06 | 4,2E+04                | 2,2E+04 | 2,3E+05   | 5,1E+06 | 1,82E+05     |
| <b>Water use</b>                        | <b>m<sup>3</sup> depriv.</b> | 2,8E+05                      | 1,5E+08      | 1,2E+08       | 2,7E+06 | 4,0E+03                | 6,2E+03 | 1,2E+05   | 2,8E+05 | 1,82E+04     |
| <b>Resource use, fossil</b>             | <b>MJ</b>                    | 0,0E+00                      | 2,6E+06      | 1,8E+07       | 1,2E+04 | 2,7E+03                | 5,9E+05 | 8,9E+02   | 2,6E+04 | 1,92E+03     |
| <b>Resource use, mineral</b>            | <b>kg SL eq</b>              | 0,0E+00                      | 1,4E+07      | 1,1E+07       | 2,1E+06 | 1,3E+05                | 3,9E+04 | 2,2E+05   | 8,3E+05 | 8,45E+04     |
|   |                              | 0,0E+00                      | 3,0E+00      | 2,6E+01       | 8,0E+00 | 2,7E-02                | 1,9E-02 | 3,4E-01   | 6,8E-01 | 2,74E-01     |