

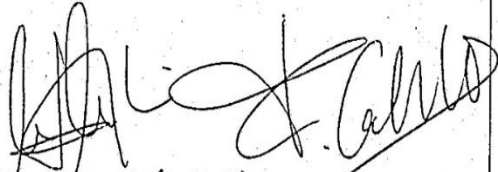
Títol del treball: Anàlisi de la sostenibilitat mitjançant la petjada de carboni en la implantació d'un nou sistema de gestió dels fangs de depuradora al Maresme.

Estudiant: Berta Alarcón Padilla
Correu electrònic: bertaalarcon15@gmail.com

Grau en Ciències Ambientals

Tutor: Maria Martín
Cotutor*: Fernando Cabello
Empresa / institució: Consell Comarcal del Maresme

Vistiplau tutor (i cotutor*):



Nom del tutor: Maria Martín
Nom del cotutor*: Fernando Cabello
Empresa / institució: Consell Comarcal del Maresme
Correu(s) electrònic(s): maria.martin@udg.edu
fcabello@ccmaresme.cat

*si hi ha un cotutor assignat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació: 21 de juliol de 2016

Anàlisi de la sostenibilitat mitjançant la petjada de carboni en la implantació d'un nou sistema de gestió dels fangs de depuradora al Maresme

CIÈNCIES AMBIENTALS



Berta Alarcón Padilla
22 de juliol de 2016
Treball Final de Grau
4t Ciències Ambientals

ÍNDEX

1. RESUM	2
2. INTRODUCCIÓ	4
3. GENERACIÓ I GESTIÓ D'EDAR	5
4. OBJECTIUS	7
5. MATERIALS I MÈTODES	8
5.1 L'Anàlisi de Cicle de Vida	8
5.2 Abast de l'estudi	9
5.2.1 Situació geogràfica	9
5.2.2 Unitat funcional	9
5.2.3 Models i escenaris	9
5.3 Mètodes de càlcul de les emissions de GEH i coeficients seleccionats	14
6. RESULTATS I DISCUSSIÓ	17
6.1 Emissions per al transport	17
6.2 Emissions en la gestió dels fangs	18
6.3 Limitacions generals	20
6.3.1 Transport	20
6.3.2 Compostatge	20
6.3.3 Digestió anaeròbia	21
6.4 Sostenibilitat	23
7. CONCLUSIONS	23
8. BIBLIOGRAFIA	25

1. RESUM

L'objectiu d'aquest estudi és avaluar les emissions d'efecte hivernacle a partir de l'Anàlisi de Cicle de Vida (ACV), per tal de comparar la petjada de carboni de dos sistemes de gestió de fangs de depuradora a la comarca del Maresme. Aquesta avaluació és impulsada pel Consell Comarcal del Maresme (en endavant, CCM). El primer escenari que es planteja és el que es duu a terme actualment, que consisteix en la distribució dels llots de depuració a plantes externes de compostatge. El segon escenari, el que es pretén implantar en un futur proper, s'ocuparà del tractament dels fangs a la nova planta de digestió anaeròbia de l'Estació Depuradora d'Aigües Residuals (en endavant, EDAR) de l'Alt Maresme Nord, en la que hi ha dos digestors anaerobis amb la suficient capacitat per processar tots els fangs de la comarca. Es produeix en aquest procés una estabilització dels fangs i una transformació de la matèria orgànica en biogàs, un gas amb alt poder calorífic, fet que pot ser utilitzat per generar calor i electricitat. En tots dos tractaments es produeix la reducció de volum dels fangs, dels quals en resultarà una fracció que podrà utilitzar-se com adob a l'agricultura com a disposició final per a ambdós casos. L'abast de l'estudi es basa estrictament en el transport i l'energia utilitzada en cadascun dels escenaris, fet que provoca que hi hagi molts elements importants al marge. Els resultats mostren una gran quantitat d'emissions de CO₂ evitades per al nou tipus de gestió degut al tractament i a l'estalvi de recorregut en la distribució afavorit per la unificació del destí. Tot i així, hauria de fer-se un estudi molt més extens sobre les limitacions que hi ha per cada una de les tecnologies i els avantatges, ja que segons l'abast i el tipus de metodologia la quantificació de les emissions pot generar grans canvis. A més, és important tenir en compte totes les categories de l'ACV per poder fer una avaluació sobre tots els impactes ambientals i no només sobre el canvi climàtic ja que podria haver altres impactes que no estan essent detectats. Malgrat tot, es pot concloure que els fangs de depuradora poden esdevenir en un futur un nou recurs molt beneficiós per abastir-nos d'energia, ja que les noves tecnologies permeten que hi hagi una gran perspectiva de millora.

RESUMEN

El objetivo de este estudio es evaluar las emisiones de efecto invernadero a partir del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), con el fin de comparar la huella de carbono de dos sistemas de gestión de lodos de depuradora en la comarca del Maresme. Esta evaluación impulsada por el Consell Comarcal del Maresme (en adelante, CCM). El primer escenario que se plantea es el que se lleva a cabo actualmente, que consiste en la distribución de los lodos de depuradora a plantas externas de compostaje. El segundo escenario, el cual se pretende implantar en un futuro próximo, se ocupará del tratamiento de los lodos en la nueva planta de digestión anaerobia de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (en adelante, EDAR) del Alt Maresme Nord, en la que se dispone de dos digestores anaeróbicos con la suficiente capacidad para procesar todos los lodos de la comarca. Se produce en este proceso una estabilización de los lodos y una transformación de la materia orgánica en biogás, un gas con alto poder calorífico, echo que puede ser utilizado para generar calor y electricidad. En ambos tratamientos se produce la reducción de volumen de los lodos, de los que resultará una fracción que podrá utilizarse como abono en la agricultura como disposición final para ambos casos. El alcance del estudio se basa estrictamente en el transporte y la energía utilizada en cada uno de los escenarios, lo que provoca que haya muchos elementos importantes al margen. Los resultados muestran una gran cantidad de emisiones de CO₂ evitadas para el nuevo tipo de gestión debido al tratamiento y al ahorro de recorrido en la distribución favorecido por la unificación del destino. A pesar de todo, debería hacerse un estudio mucho más extenso sobre las limitaciones que existen para cada una de las tecnologías y las ventajas, ya que según el alcance y el tipo de metodología la cuantificación de las emisiones puede generar grandes cambios. Además, es importante tener en cuenta todas las categorías del ACV para poder hacer una evaluación sobre todos los impactos ambientales y no sólo sobre el cambio climático ya que podría haber otros impactos que no están siendo detectados. Así y todo, se puede concluir que los lodos de depuradora pueden convertirse en un futuro, en un nuevo recurso muy beneficioso para abastecernos de energía, ya que las nuevas tecnologías permiten que haya una amplia perspectiva de mejora.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the greenhouse gas emissions with the Life Cycle Analysis (LCA), in order to compare the carbon footprint of both management systems of sewage sludge in the region of Maresme. This evaluation driven by the Maresme Regional Council (hereinafter CCM). The first scenario that arises is what is done currently, which consists of the distribution of the sewage sludge to composting plants that don't belong to the organization. The second scenario is intended to implement a new system in the near future and take care of the management of the new sludge anaerobic digestion plant Wastewater Treatment Plant (hereafter WWTP) at Alt Maresme Nord that has two anaerobic digesters with the sufficient capacity to process all the sludge in the region. The process that takes place is a sludge stabilization and transformation of organic matter into biogas, a gas with a high calorific value, which later on can be used to generate heat and electricity. In both treatments there is a reduction of sludge volume, which will result in a section that can be used as fertilizer in agriculture as a final disposal for both cases. The scope of the study is based strictly on the transport and energy used in each of the scenarios, which means that there are many other important elements left out. The results show a large amount of CO₂ emissions avoided for the new type of treatment and management due to savings in the itinerary of the distribution unification favoured by the final destination point. However, there should be a much more extensive study on the constraints that exist for each of the technologies and their benefits, because depending on the scope and type of emissions quantification methodology it could generate major changes. It is important to consider all categories of LCA to make an assessment of all environmental impacts not only on climate change as there may be other impacts that are not being detected. However, it can be concluded that the sludge could become in a near future a new beneficial resource to supply us with energy, especially with the new technologies' improvement possibilities.

2. INTRODUCCIÓ

En els darrers anys, ha crescut la importància de la problemàtica ambiental a nivell mundial degut a l'increment de temperatura observat al planeta. L'anomenat efecte hivernacle s'ha anat fent ressò i ha posat de manifest la urgència de minimitzar les emissions de CO₂ que s'emeten a l'atmosfera any rere any. En aquest sentit, a principis de desembre de 2015 s'ha celebrat una Cimera a París, la COP21, on s'ha arribat a un acord històric en el qual 195 països han signat un acord per reduir les emissions contaminants que agreugen el canvi climàtic (Sánchez, 2015).

L'avaluació de l'impacte de la pressió humana sobre els ecosistemes mundials és molt important per poder adoptar mesures que el minimitzin. Una eina molt útil i utilitzada actualment per tal de mesurar aquest impacte és la petjada ecològica, la qual estableix una metodologia de càlcul que permet obtenir una estimació expressada com una àrea. És a dir, és una visió global de l'impacte de les accions de l'ésser humà o qualsevol forma de vida sobre el medi que indica la superfície d'aire, aigua i terra ecològicament productius necessaris per produir els recursos consumits per una població o grup i assimilar-ne els seus residus. (Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, 2002).

La petjada ecològica es compon de diferents indicadors, cadascun dels quals analitza un vector diferent. Un d'aquests indicadors és la petjada de carboni, la qual es basa en l'avaluació i quantificació de les emissions de gasos efecte hivernacle (en endavant, GEH) (Colorado, 2012).

La petjada de carboni és una mesura de la quantitat total d'emissions de CO₂ i altres GEH tals com CH₄ i òxids de nitrogen, expressada en tones, causada de forma directa i indirecta, per un individu, activitat, organització o producte al llarg del seu cicle de vida (Rozas, 2011). L'Anàlisi de Cicle de Vida (en endavant, ACV) és un tipus de metodologia útil per interpretar els resultats ordenadament des de l'obtenció de matèries primeres fins al tractament dels seus residus, i altres etapes intermèdies tals com la distribució i permet extreure'n conclusions, ja que duent a terme el seu mètode es pot elaborar un inventari de l'energia i materials rellevants, a més de les emissions al medi ambient. A través d'aquests anàlisis, les organitzacions poden reduir els nivells de contaminació dels impactes ambientals generats a partir d'un càlcul estandarditzat que segueix normatives internacionals tals com l'ISO 14040, ISO 14064-1, PAS 2050 o GHG Protocol, entre d'altres (Vallejo, 2014).

En el present treball, la petjada de carboni serà utilitzada per fer una comparació entre les emissions de CO₂ de dos sistemes de gestió dels fangs generats a les estacions depuradores d'aigües residuals (en endavant, EDAR) del Maresme, deixant de banda la comptabilització

d'altres GEH com el CH₄ i el N₂O . Es pretén així, comparar el tractament actual basat en portar els fangs a plantes de compostatge externes amb la nova gestió que suposa estabilitzar els fangs produïts mitjançant un procés de digestió anaeròbia on es genera biogàs. L'interès en la producció de biogàs a partir d'aquest procés s'ha incrementat en els últims anys per tal de generar calor i electricitat com a substituïts dels combustibles fòssils (Fantin et al., 2015). Aquest canvi en la gestió és possible perquè es disposa d'una EDAR, la de l'Alt Maresme Nord, la qual té dos digestors anaerobis sobredimensionats per a la producció de fang de la pròpia EDAR. En comptes de dur els fangs de la resta d'EDAR a compostatge, es planteja de portar-los a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord per barrejar-los amb els de la pròpia EDAR i sotmetre'ls tots a una digestió anaeròbia. Els fangs digerits, ja estabilitzats, poden ser emprats directament en agricultura com adob. El Consell Comarcal del Maresme (en endavant, CCM) és l'administració que gestiona totes les EDAR de la comarca del Maresme. Aquesta administració ha estudiat i impulsat aquest canvi en la gestió dels fangs per tal d'obtenir un estalvi econòmic i, si aquest es demostra, implantar una nova gestió dels fangs més sostenible pel que fa a les emissions de CO₂, que esdevindrà alhora una millora per al canvi climàtic.

3. GENERACIÓ I GESTIÓ D'EDAR

- *EDAR*: Estació depuradora d'aigües residuals. En aquesta instal·lació es tracta l'aigua residual. Concretament s'eliminen les matèries en suspensió, la matèria orgànica i els nutrients per tal de poder reutilitzar l'aigua o perquè pugui ser retornada una altra vegada al medi. En aquest procés es generen els fangs, també anomenats biosòlids, els quals provenen de la contaminació de l'aigua. Aquests fangs han de rebre un tractament d'estabilització abans de la seva destinació final. Els tractaments d'estabilització més emprats a Catalunya són el compostatge i la digestió anaeròbia. Aquests dos processos d'estabilització permeten que els fangs perdin la seva capacitat de fermentació, que no facin olor, que no continguin microorganismes patògens i que puguin ser revaloritzats, principalment com a adob en agricultura o com a font d'energia (Serra i Sala, 2003). En la *Figura següent (Figura 1)* es pot observar un esquema típic d'EDAR en aquest cas, amb digestió anaeròbia.

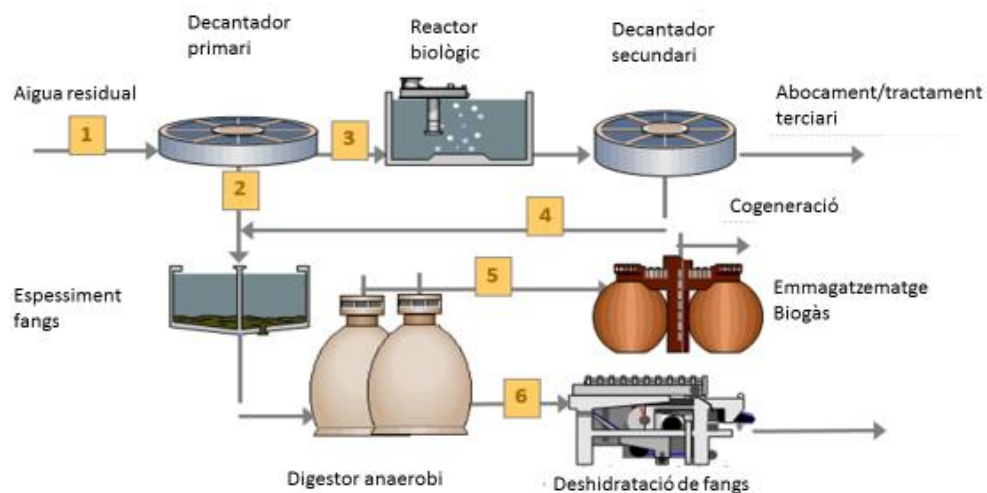


Figura 1: Esquema d'una EDAR amb els respectius processos. Des de l'arribada de l'aigua residual, passant per l'eliminació de sòlids en suspensió i l'eliminació de la matèria orgànica en el reactor biològic, fins al posterior espessiment dels fangs i tractament dels mateixos per estabilitzar-los.

- Digestió anaeròbia:** Procés biològic que, en condicions d'absència d'oxigen, permet l'estabilització dels fangs a partir de la fermentació de la matèria orgànica. Com a conseqüència, es produeix una degradació de la matèria orgànica i l'eliminació dels microorganismes patògens que conté el fang. El procés de digestió per a aquest cas es realitza en tancs tancats (digestors) colonitzats per un complex ecosistema de microorganismes. No totes les EDAR disposen d'aquest tipus de tractament i, generalment, està reservat a aquelles instal·lacions d'una elevada capacitat de tractament. Entre els bacteris més importants hi ha els productors d'àcids i els productors de metà (Molina, 1985). Aquests últims actuen sobre els productes intermedis generats pels primers, transformant-los en un gas anomenat biogàs, format principalment per metà i diòxid de carboni. El gas obtingut té un alt poder energètic i pot tenir varies aplicacions. Entre les més importants, destaquen la crema del gas en el mateix digestor per tal d'escalfar els fangs i la valorització del biogàs per a la producció d'energia elèctrica i tèrmica, com s'observa a la *Figura 1*. És un procés lent que requereix unes condicions estables determinades, per tant, una energia constant. A part de l'estabilització dels fangs, uns dels avantatges de la digestió anaeròbica és la reducció del volum inicial dels fangs. La producció d'energia en el propi tanc autoabasteix d'energia el sistema de digestió anaeròbica per mantenir les condicions mesofíliques

que són requerides. Per tant, hi ha emissions que són evitades ja que no es necessita crema de combustibles fòssils per tal de generar electricitat addicional (Cortacáns, 2011). Per últim, hi ha una part líquida que surt com a residu que s'anomena digestat, i té un alt contingut en metà i òxids de nitrogen, per tant, el seu tractament pot esdevenir grans emissions a l'atmosfera. A part, també en resultaran els fangs digerits, aquests ja estabilitzats i d'aspecte pastós, amb un alt contingut en nutrients, que podran ser utilitzats com adob en l'agricultura i jardineria (Kupper i Fuchs, 2007).

- *Compostatge*: El compostatge és la descomposició biològica de la matèria orgànica per microorganismes sota condicions aeròbiques controlades que converteixen aquesta matèria en un material semblant a l'humus, relativament estable i anomenat compost (Martin, 2015). Aquest procés aconsegueix també una reducció de la massa i del volum del residu (ja que redueix la matèria orgànica total i la humitat del producte final), estabilitza la matèria i produeix la higienització del compost. La despesa energètica és deguda a l'operació dels materials i a l'aportació d'aire, ja que l'energia consumida en l'evaporació de l'aigua prové de la descomposició de la matèria orgànica (Blancafort, Rubirola i Tarragó, 2012). El compostatge aconsegueix una reducció mitjana del 76% de la massa dels fangs segons les dades de les plantes públiques l'any 2007, degut al procés de fermentació termòfila aeròbia de la fracció orgànica d'un substrat en condicions controlades. El producte final és utilitzat principalment per a l'ús en jardineria (ACA, 2008).

4. OBJECTIUS

In this report, there is a comparison between the greenhouse gases emissions generated from two different ways of management of the wastewater treatment plant (WWTP) sewage sludge in the region of Maresme: the current one and the one in development that is based in an anaerobic digestion. The main objective of this project is to evaluate the sustainability of this change of management taking into account the carbon footprint; this carbon footprint has been calculated by the LCA analysis.

This main objective includes the following specific points:

- Compare the amount of CO₂ generated from the two different ways of management.
- Discuss and justify the quality of the approximations made in the calculation

5. MATERIALS I MÈTODES

5.1 L'Anàlisi de Cicle de Vida

L'objectiu d'aquest estudi és analitzar l'impacte ambiental de les emissions d'efecte hivernacle per als dos sistemes proposats a continuació i la seva sostenibilitat, utilitzant la perspectiva de l'Anàlisi de Cicle de Vida (ACV). L'avaluació va des de l'obtenció de les matèries fins al seu processament, la fabricació, la distribució, l'ús i la gestió com a residu. Hi ha molts estudis d'ACV previs per als sistemes que s'analitzen en el present treball, però la utilització dels seus resultats és complicada degut a que cada anàlisi es basa en objectius i escenaris diferents. En aquest cas, es pretén utilitzar l'ACV per a la comparació de dos processos, el que significa que no és necessari avaluar totes les etapes, ja que hi ha que són iguals en ambdós casos i comptabilitzar-los no esdevindria cap indicador.

L'ACV es regeix per la norma ISO 14040, la qual estableix una metodologia concreta amb 4 fases a seguir: la definició d'objectius i abast de l'estudi, la realització d'un inventari dels consums (matèria i energia) i les respectives emissions, l'avaluació dels impactes que generen els consums i les emissions al medi i per últim la interpretació dels resultats finals (Puig et al., 2002).

Pel que fa a la tercera fase, consta de la avaluació dels impactes en diferents categories. Aquestes són: contribució a l'efecte hivernacle, disminució de l'ozó estratosfèric, pluja àcida, eutrofització de les aigües, toxicitat i exhauriment de recursos. Però l'única categoria que s'analitzarà és la contribució a l'efecte hivernacle que és la que té a veure amb la petjada de carboni.

Així doncs, per als càlculs que es presenten es segueixen un conjunt de normatives i les millors dades d'activitat disponibles en el moment de l'elaboració per a utilitzar els factors d'emissió i conversió adequats. Aquests són oficials publicats i les hipòtesis de càlculs combinen la Norma PubliclyAvailableSpecification 2050:2011 (PAS 2050:2011), criteris de l'Oficina Catalana de Canvi Climàtic (OCCC), metodologia de projectes de tractament de residus del Fondo de Carbono para una Economía Sostenible (FES-CO2) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), eines del Protocol de Càlcul de la Petjada de Carboni de Enterprises pour l'Environment (EPE) i d'altres institucions importants com l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) i l'IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía). A més, també hi ha dades basades en resultats experimentals de la pròpia institució, degut a que no sempre es poden aplicar les dades publicades en estudis actuals d'ACV perquè no avaluen el mateix exactament.

5.2 Abast de l'estudi

5.2.1 Situació geogràfica

La zona d'estudi comprèn la comarca del Maresme, donant rellevància a les poblacions on es centralitzen les EDAR que rebran les aigües residuals de les poblacions veïnes. Aquestes EDAR es mostren a la *Taula 1*.

Taula 1: Poblacions on hi ha les EDAR a la comarca del Maresme i les tones de fang que se'n generen l'any 2014.

EDAR	Fangs generats (Tm/any)
Alt Maresme Nord	4.265
Arenys de Mar	4.566
Mataró	9.938
Sant Andreu de Llavaneres	1.787
Sant Pol de Mar	686
Teià	6.902
Tordera	1.237

L'EDAR de l'Alt Maresme Nord es troba ubicada a la Pedrera de Montpalau al terme municipal de Tordera i tracta les aigües de Pineda de Mar, Calella, Santa Susanna, Malgrat de Mar i Palafolls.

5.2.2 Unitat funcional

Durant aquest treball es té en compte com a unitat funcional la tona mètrica de fangs, així doncs, tots els càlculs sobre les emissions de CO₂ són estimats a partir d'aquesta unitat per a l'any 2014 a partir de les dades proporcionades pel CCM en la gestió de fangs.

5.2.3 Models i escenaris

Com s'ha dit en l'apartat 4.1, l'ACV és una eina útil per analitzar i comptabilitzar els impactes ambientals en un sistema. En aquest cas, les emissions de carboni a l'atmosfera per tal de conèixer la petjada de carboni.

Per a la situació en qüestió, es plantegen dos escenaris diferenciats, els quals convergeixen en algunes etapes. Per tant, totes les operacions comunes a les dues situacions plantejades queden excloses de quantificar, ja que al ser una comparació només es volen saber les emissions de més en el canvi en la gestió. A partir d'aquesta premissa, es fa una estimació per a l'escenari que es

duu a terme actualment i per al que es durà a terme en un futur pròxim, on la quantificació de les emissions de CO₂ en ambdós difereix bàsicament en el transport i el consum energètic dels tractaments respectius.

- **Elements exclosos**

En el càlcul de les emissions de GEH en la gestió de fangs, s'han considerat les emissions de CO₂ produïdes en les següents etapes:

1. Distribució dels fangs de les diverses EDAR a compostatge
2. Procés de compostatge
3. Procés de tractament de la digestió anaeròbia i impacte en l'obtenció d'electricitat
4. Distribució de fangs de les diferents EDAR fins a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord
5. Distribució de l'EDAR de l'Alt Maresme Nord a destí per a l'agricultura
6. Distribució de l'EDAR de Mataró fins al destí per a l'agricultura

Les emissions que no han estat contemplades dins l'abast del factor d'emissió de GEH del cicle de la gestió de fangs són les següents:

- Etapes comunes en ambdós tipus de gestió o que no canvien com la depuració d'aigües residuals a cadascuna de les EDAR, l'agricultura final i el procés de generació de fangs en cada EDAR.
- Emissions de l'extracció, producció i transport dels combustibles fòssils utilitzats en les etapes de la gestió dels fangs.
- Emissions de la fabricació i transport dels materials i additius necessaris per a la gestió dels fangs (en el compostatge i la digestió anaeròbia).
- Construcció de les instal·lacions de les plantes de compostatge, EDAR i obres associades, inclosa la maquinària i instal·lacions elèctriques (ja hi eren al marge d'aquest projecte).
- Construcció del tanc de digestió anaeròbia i les obres associades (ja hi eren al marge d'aquest projecte).
- Remodelació de la planta de digestió anaeròbia de l'Alt Maresme Nord (es considera menyspreable degut a la seva extensa duració futura).
- Emissions i reduccions d'emissió (emissions evitades) de l'ús del fang en agricultura (fertilitzants) i en la utilització com a energia i calor (s'eviten energia i la seva fabricació).
- Emissions generades pel digestat de la digestió anaeròbia, líquid que té alt contingut en CH₄ i N₂O i s'ha de tractar quan surt de la digestió com a residu.
- Emissions generades en la digestió anaeròbia en els processos previs i posteriors com l'essament i la deshidratació, respectivament.

- Distribució dels fangs resultants del compostatge als camps d'agricultura corresponents.
- Emissions difuses de CH₄ i N₂O.

Totes aquest seguit d'emissions i etapes que no s'han tingut en compte, són explicades més endavant, a l'apartat de discussió, on hi ha altres conceptes importants que ajuden a entendre la complexitat de la quantificació real de les emissions d'efecte hivernacle, CO₂ per al cas que ens pertoca.

• Situació actual

El sistema que contempla la situació actual, per a comptabilitzar les emissions de CO₂, consta des de que els fangs surten de les EDAR respectives fins que es duu a terme el compostatge, formant part així també el seu transport. Algunes depuradores com Mataró i l'Alt Maresme Nord, comptabilitzen també el procés de digestió anaeròbia, i el seu posterior enviament al destí final, camps per a l'agricultura. En el cas de Mataró, com s'observa a la *Figura 2*, hi ha una part que continua essent enviada a compostatge, ja que el tanc que hi ha a Mataró per a la digestió no disposa de suficient volum d'emmagatzematge.

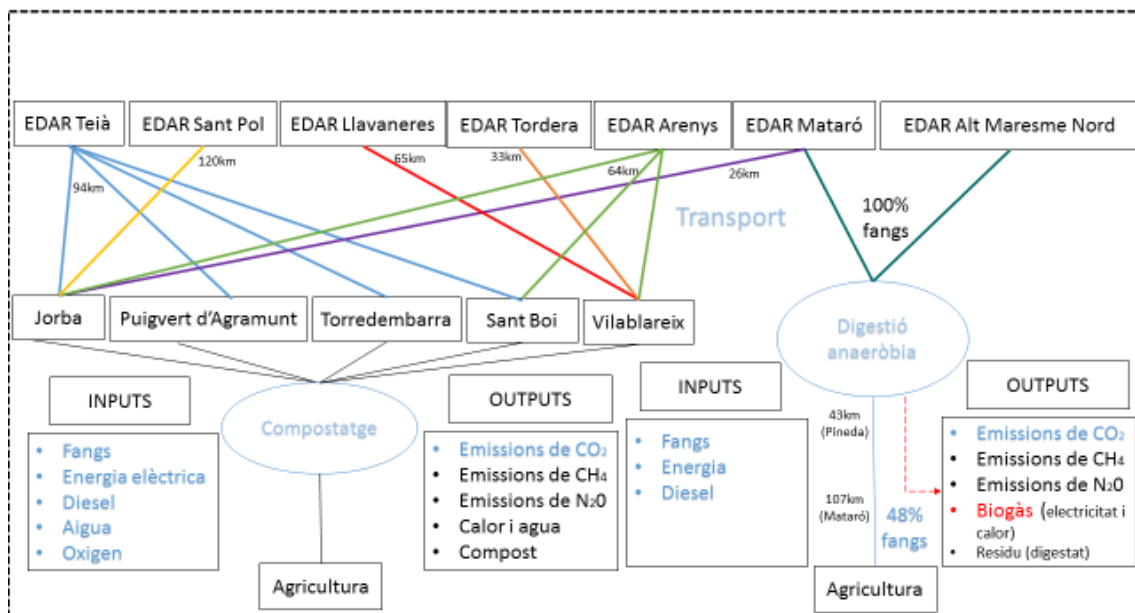


Figura 2: Esquema sobre la situació actual en la gestió dels fangs de depuradora al Maresme. Està dins de l'abast el que hi ha marcat en blau i les distàncies que hi ha en diferents colors (blau, groc, vermell, taronja, verd fosc i clar i lila).

En un primer moment, totes les EDAR envien els seus fangs a una o a varies plantes de compostatge, segons el volum de fangs generats, sent les més habituals Jorba, Sant Boi i Vilablareix. Després de sotmetre's al tractament, els fangs que en surten seran utilitzats per a adobar camps, però no es tindran en compte aquestes emissions ja que com s'ha dit anteriorment, a partir d'aquest punt les dues opcions de gestió són coincidents. La distribució a l'agricultura no es té en compte en el cas del que surt del compostatge, ja que es considera menyspreable degut a la proximitat dels seus destins. Però sí que es comptabilitzen com es veu a la *Figura 2*, els km transcorreguts després de la digestió anaeròbia.

L'EDAR de l'Alt Maresme Nord envia els seus fangs a Vilablareix una vegada ha fet la digestió en la pròpia ubicació, on hi ha una empresa que els deriva a diferents camps de conreu. És la mateixa empresa que també té una planta de compostatge, i per tant, gestiona grans quantitats de fangs procedents d'altres EDAR. Com es veu a la *Figura 2*, hi ha els km marcats des de cada EDAR al destí de tractament corresponent. Aquests km corresponen a mitjanes ponderades per a cada depuradora, ja que en facilita el càlcul.

A l'EDAR de Mataró, la majoria de fangs es digereixen. La fracció que no es pot digerir, per manca de suficient capacitat del digestor, es destina a compostatge (Jorba). La fracció que és digerida, un cop tractada, es destina com a adob a parcel·les diverses i és difícil comptabilitzar les distàncies exactes del recorregut del transport, ja que dependrà de l'època de l'any i del tipus de cultiu. Aquests fangs s'apliquen a moltes parcel·les, que poden estar en zones geogràfiques molt disperses. És per això, que s'ha dotat d'una distància mitjana ponderada per a aquests casos, com s'observa a la *Figura 2* amb la dada de 107 km. Per a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord, el destí d'agricultura està a 43 km (*comunicació verbal del CCM*).

Pel que fa al tractament, s'observa en el mateix esquema, com per al compostatge i per a la digestió anaeròbia hi ha una sèrie d'entrades i sortides. Els primers, corresponen a les matèries i energia que es necessiten per produir-se la estabilització, i els segons corresponen al que s'extreu o en resulta. En el compostatge, es tenen en compte totes les entrades, ja que formen part de la tècnica i són importants per al càlcul (aigua que serà evaporada, gasoil per a la maquinària que mou les piles, energia per establir la temperatura necessària, oxigen perquè hi hagi la reacció aeròbia, etc.) en canvi de sortides només es comptabilitzen les emissions de CO₂. En aquest cas no fa falta saber la quantitat del compost, ja que és indiferent les Tm que en resultin, perquè no es comptabilitzarà el transport posterior com ja s'ha comentat anteriorment. Per a la digestió anaeròbia, també es compten tots els inputs perquè formen part del càlcul que es durà posteriorment, i amb les sortides només es farà esment a les emissions de carboni. A

més, hi ha una fletxa discontinua en vermell que marca com una part del biogàs que se'n genera és reutilitzat per al propi tractament, així no és necessari utilitzar tanta energia. Això s'ha tingut en compte també alhora de fer els càlculs, ja que s'ha comptabilitzat la energia interna que es gasta en els motors de l'EDAR de Mataró.

- **Situació futura**

La nova gestió dels fangs consisteix en portar a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord tots els fangs que actualment s'estan duent a compostatge, per a que puguin ser tractats en el procés de digestió anaeròbia. Així doncs, els fangs s'hauran de transportar a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord, on hi ha la suficient capacitat de tractament per a tots els fangs generats al Maresme. Es comptabilitza aquí, com es pot observar a la *Figura 3*, el transport des de cadascuna de les EDAR, fins a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord, i posteriorment, el tractament de digestió i el seu transport fins a la disposició final, l'agricultura. A més, també continuarà havent la fracció de fangs de Mataró corresponent que sigui tractada a la pròpia EDAR de Mataró. Per tant, s'ha de comptabilitzar les emissions de CO₂ que corresponguin al tractament i al transport que s'ha vist en la *Figura 2* pel que fa al destí agrícola de Mataró.

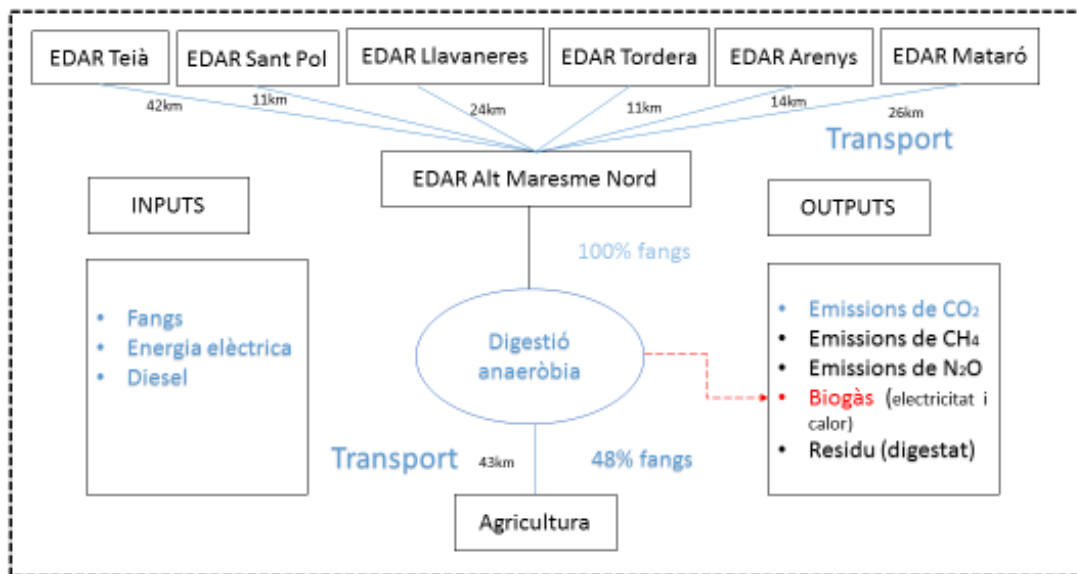


Figura 3: Situació futura que es durà a terme a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord. Es té en compte tot el que està marcat en blau.

Per a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord, només s'ha comptabilitzat la distància fins a Vilablareix, que és on està l'empresa que gestiona els fangs que com s'observa a la *Figura 3* està a 43 km, i no el destí final, degut a que aquesta distància, a banda de ser molt difícil de conèixer, diferirà molt poc amb la destinació actual. Per tant, quan es fa referència a la situació futura, s'ha de sumar la distància que hi ha de cada EDAR a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord, a més de la distància

fins a Vilablareix, on aquests tornaran a ser transportats a parcel·les properes per a l'agricultura. Pel que fa al tractament, les entrades i sortides són les mateixes explicades amb anterioritat. Entra la totalitat dels fangs de depuradora del Maresme exceptuant aquells que ja són digerits a Mataró, i es duu a terme una barreja. Es produeix la digestió, i fa que en resultin 48% dels fangs estabilitzats, la resta s'ha transformat en emissions, biogàs o residus líquids com el digestat.

5.3 Mètodes de càlcul de les emissions de GEH i coeficients seleccionats

Taula 2: Inventari de dades que es tenen en compte alhora de calcular les emissions de GEH i els coeficients.

Referència	Tractament o ítem	Petjada CO ₂
<i>Oficina Catalana del Canvi Climàtic</i>	Compostatge	20207 gCO ₂ /Tm (2015)
<i>ACR</i>		0,300 kgCO ₂ /KWh (2012)
<i>Oficina Catalana del Canvi Climàtic</i>	Mix elèctric	0,267 kgCO ₂ /KWh (2015)
<i>IDAE</i>		0,33 kgCO ₂ /KWh (2011)
<i>Botiguers del país. Consell de gremis de Comerç, Serveis i Transport de Barcelona</i>		573, 59 gCO ₂ /km velocitat mitja (2015)
<i>Oficina Catalana del Canvi Climàtic</i>	Transport	658,98 gCO ₂ /km camió dièsel entre 16 i 23 Tn (2015)
<i>Oficina Catalana del Canvi Climàtic</i>		607,1 gCO ₂ /km camió dièsel articulat entre 20 i 28 Tn en zona interurbana (2015)

- **Factor d'emissió per al transport**

El transport és una de les variables que té més rellevància en aquest treball. Per a l'estimació de les seves emissions, s'ha tingut en compte un seguit de premisses:

- Capacitat de transport per viatge: es transporten **23 Tm** en cada viatge, es considera la càrrega completa però no es valora la tornada. Així doncs, es divideixen les Tm de fang que surten de cada EDAR per el nombre de Tm que es poden transportar en un viatge. Aleshores es calculen el **nombre de viatges** que cal fer per transportar la totalitat del fang. Per saber els **km totals**, es multiplica el número de viatges per la distància (en km) del destí al qual es porten els fangs.
- Factor d'emissions degudes al transport: per a obtenir un valor d'emissió (gCO₂/km) s'ha efectuat una mitjana de diversos valors obtinguts que es mostren a la Taula 1, en el quals es valorava entre un camió de gasoil d'entre 16 i 23 Tm (658,98 gCO₂/km), un camió dièsel articulat d'entre 20 i 28 Tm per zona interurbana (607,1 gCO₂/km) i un camió a velocitat mitjana (573,59 gCO₂/km). El valor final que serveix com a factor d'emissió, és de **613,22 g CO₂/km**.

Els kg de CO₂ /any per cada recorregut, es calculen a partir de la següent equació:

$$\frac{kgCO_2}{any} = (factor\ d'emissió * km\ totals)/1000$$

- **Factor d'emissió per al compostatge**

Per a aquest factor, no hi ha gaire certesa ja que hi ha poques dades publicades, o les dades que hi ha fan referència a diferents maneres de dur a terme el compostatge. Per això, s'utilitza una dada proporcionada per l'OCCC, on aquest òrgan estima les emissions de CO₂ generades pel consum elèctric i gasoil de la maquinària que mou les piles de matèria orgànica per tal que sigui un procés airejat i no hi hagi putrefacció a més de tenir en compte l'addició d'aigua que serà evaporada en el procés. La dada que proporciona és de **20.207 g CO₂/Tm fang**. Aquesta dada es basa en la informació pública de les plantes de compostatge de Catalunya, on s'incorporen dades de factor d'emissió del gasoil i de l'energia elèctrica segons les Tm que entren cada any en cadascuna de les plantes i se'n fa un càlcul i una estimació aproximada.

La conversió que s'ha de fer per tal d'obtenir els kg de CO₂/any és la següent:

$$\frac{kgCO_2}{any} = \frac{X Tmfang}{any} * \frac{20207gCO_2}{Tmfang} * \frac{1kgCO_2}{1000gCO_2}, \text{ essent X les Tm que arriben a compostatge}$$

- **Factor d'emissió de la digestió anaeròbia**

Per a la digestió anaeròbia, el factor d'emissió que s'estableix prové de càlculs estimats a partir de dades proporcionades pel CCM del procés de digestió anaeròbia de l'EDAR de Mataró.

- El factor d'emissió que en resulta s'ha utilitzat també per a la digestió a l'Alt Maresme Nord. Així doncs, el consum de l'EDAR de l'Alt Maresme Nord per l'any 2014 és de **2.970.434 kWh/any** de la qual, s'estima que un 5% d'aquesta energia es consumeix en el procés de digestió anaeròbia. Aquest percentatge és una dada proporcionada pel CCM calculada a partir de la potència instal·lada dels equips. La dada que en resulta és de **14.852 kWh/any**.
- Es divideix aquest número per la quantitat de fangs que s'han portat aquest any a l'EDAR Alt Maresme Nord (4.265 Tm), per saber quina és la relació per unitat de massa de fang. Aquesta equival a **3,5 kWh/Tm fang**.
- Una altra dada necessària és el factor d'emissió atribuïble al subministrament elèctric, anomenat també mix elèctric, que correspon a **0,267 kg CO₂/kWh** al 2014, dada que correspon a la xarxa elèctrica peninsular i d'acord amb les metodologies internacionals de GHG Protocol i la norma ISO/TR 14069 inclouen el conjunt de centrals productores de la xarxa. Com s'observa a la *Taula 2*, és la dada recomanada a seguir per l'OCCC al 2015 per al mix de producció bruta d'energia elèctrica, que no té en compte energia generada per energies renovables. Els altres valors trobats per al mix elèctric, no difereixen gaire, però aquest és el més fiable.
- El factor del mix elèctric es multiplica amb la relació 3,5 kWh/Tm abans trobada, i s'obté un resultat que correspon al factor d'emissió de la digestió anaeròbia equivalent a **0,93 kgCO₂/Tm fang digerit**.
- Una dada important és que l'eliminació de sòlids en el procés de digestió anaeròbia fa que els fangs resultants siguin el **48%** dels inicials, percentatge estimat segons Cao i Pawlowsky (2013), on es transforma entre el 40 i 50% de la matèria orgànica dels fangs a biogàs. Per tant, en els fangs resultants de la digestió hi ha una reducció molt important de la seva quantitat, que és la que s'haurà de transportar fins al destí de l'agricultura. És rellevant pel fet que s'haurà de recalculer el nombre de viatges en funció de les Tm resultants.

6. RESULTATS I DISCUSSIÓ

Resultats obtinguts a partir de les aproximacions i exclusions per manca de dades i anàlisi corresponent.

6.1 Emissions per al transport

A les *Taules 3 i 4*, hi ha les emissions expressades en kg de CO₂ a l'any comptabilitzades només per al transport per les dues maneres de funcionar. Així doncs es mostra com amb la nova gestió, els kg de CO₂ emesos a l'atmosfera durant l'any disminuirien en un 14.533 kg. És a dir, en un 20 % aproximadament.

Taula 3: Emissions estimades de CO2 en el transport per a la situació actual

SITUCIÓ ACTUAL. Emissions transport						
	Tm/any	km/viatge	Viatges/any	g CO ₂ /km	km/any	kg CO ₂ /any
Teià	6.902	94	300	613	28.191	17.287
Mataró	9.938	107	432	613	46.109	28.275
Llavaneres	1.787	65	78	613	5.050	3.097
Arenys	4.566	64	199	613	12.770	7.831
Sant Pol	3.835	120	167	613	20.008	12.269
Tordera	1.237	33	54	613	1.785	1.095
Alt	4.265	43	185	613	7.991	4.900
Maresme						
Total						74.754

Taula 4: Emissions estimades de CO2 en el transport per a la situació amb digestió anaeròbia centralitzada (Gestió Intergrada de Fangs o GIF)

GIF funcionant. Emissions degudes només al transport							
	Tm/any	km/viatge al GIF	Viatges/any amb GIF	Tm després de digestió	viatge/any després de digestió	km/any	kg CO ₂ /any
Teià	6.902	42	300	3313	144	18.661	11.443
Mataró	9.110	107	396	0	0	42.473	26.045
Agricultura							

Mataró	828	26	36	397	17	1.681	1.031
Compost							
Llavaneres	1.787	24	78	858	37	3.433	2.105
Arenys	4.566	14	199	2192	95	6.926	4.247
Sant Pol	686	11	30	329	14	930	571
Tordera	1.237	11	54	594	26	1.714	1.051
Alt	11.947	0	0	11947	519	22.387	13.728
Maresme							
Total							60.221

Aquest resultat segurament és produït per la reducció de km degut a la unificació del destí a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord, a més de la reducció en la massa dels fangs en la digestió i per tant, menys Tm a transportar que es tradueix en menys viatges. La manera de transportar és la mateixa, però el nombre de km evitats són molts. Així doncs, és beneficiós per al CCM aquest canvi en el destí, ja que s'eviten aproximadament 14 t de CO₂ cada any enviades a l'atmosfera.

6.2 Emissions en la gestió dels fangs

A la *Taula 5*, hi ha quantificades les emissions per a cada tipus de tractament per a la situació actual. Com s'ha comentat amb anterioritat, en aquest moment només hi ha digestió en l'EDAR de l'Alt Maresme Nord per als seus propis fangs, i a Mataró per la parcialitat dels fangs. Així doncs, amb les aproximacions, resulten un total de 342.988 kg de CO₂ l'any.

Taula 5: Emissions estimades de CO₂ del tractament per a la situació actual

SITUACIÓ ACTUAL. Emissions degudes al tractament			
	Tm/any	kg CO ₂ /any digestió	kg CO ₂ /any compostatge
Teià	6.902	0	139.461
Mataró Agricultura	9.110	8.471	0
Mataró Compostatge	828	0	16.730
Llavaneres	1.787	0	36.106
Arenys	4.566	0	92.258
Sant Pol	686	0	13.864
Tordera	1.237	0	24.988

Alt Maresme Nord	11.947	11.109	0
Total			342.988

Taula 6: Emissions estimades de CO2 del tractament amb gestió integrada de fangs (GIF)

GIF funcionant. Emissions degudes al tractament			
	Tm/any	kg CO ₂ /any digestió	kg CO ₂ /any compostatge
Teià	6.902	6.418	0
Mataró Agricultura	9.110	8.471	0
Mataró Compostatge	828	770	0
Llavaneres	1.787	1.662	0
Arenys	4.566	4.246	0
Sant Pol	686	638	0
Tordera	1.237	1.150	0
Alt Maresme Nord	11.947	11.109	0
Total			34.463

A la *Taula 6*, s'observa com tot el que es comptabilitzava per a compostatge, ara és 0, ja que no es requereix de les plantes de compostatge externes per tal d'estabilitzar els fangs. A la planta de l'Alt Maresme Nord hi ha suficient emmagatzematge per processar tots els fangs. El resultat final anual calculat en aquest nou escenari és de 34.463 kg CO₂/any. En aquest aspecte, la diferència entre un i altre escenari és molt elevada, aquesta equival a 308.552 kg CO₂/any que correspon aproximadament al 90% de reducció en emissions.

A continuació hi ha un quadre resum de les emissions de CO₂ quantificades (*Taula 7*):

Taula 7: Quadre resum sobre les emissions de CO₂ actuals i estimades en un futur degut al canvi en la gestió.

Quadre resum			
	Transport	Tractament	Total
Situació actual	74.754	342.988	417.742
TIF funcionant	60.221	34.463	94.685

Total	134.975	377.451
	Diferència	323.057
Percentatge reducció	0,77	77%

Si es comptabilitza la diferència per a la suma dels ítems calculats, el percentatge de reducció és del 77%, que equival a un percentatge elevat.

6.3 Limitacions generals

En el següent apartat s'explicarà com pot haver afectat al càlcul de la petjada de carboni la metodologia i abast del treball.

6.3.1 Transport

Per al cas de la distribució dels fangs, el transport en aquest treball ha estat una de les claus. En tot moment, el canvi en les distàncies dels recorreguts ha estat el que ha jugat un paper més incident. Tot i que la metodologia emprada ha estat la mateixa en ambdues situacions, els km que s'estalvien en aquest nou procés produeix que les emissions de CO₂ a l'atmosfera evitades siguin molt significatives. Per aquest ítem, es podria haver tingut en compte aspectes com les emissions generades degut a la degradació dels fangs dins del camió, però s'ha considerat menyspreable ja que no arriben a generar cap impacte amb comparació de la resta d'emissions..

6.3.2 Compostatge

En el compostatge es requereixen altes temperatures i molt bona aireació perquè hi hagi una bona conversió del compost. Hi ha moltes tècniques per dur-lo a terme, mètodes d'aireació, materials, equips i escales d'operació diferent, això fa difícil la quantificació com a la resta de casos. A més, com ja s'ha dit, hi ha diferents plantes de compostatge externes al CCM on es porten els fangs. Això complica la tria d'un valor d'emissió que sigui comú per totes aquestes plantes, perquè pot ser que cadascuna d'elles utilitzi tècniques diferents, com per exemple, temperatures. A continuació es desenvolupen un seguit de mancances i aspectes importants que no s'han tingut en compte i que fan esbiaixar els resultats:

- A vegades, es necessita material addicional de carboni per a fer les interaccions necessàries per estabilitzar el fang, sinó pot produir-se una degradació que emeti més GEH de l'estimat.
- És indispensable una àrea suficient per al compostatge i el seu emmagatzematge, depèn de quin volum i superfície tinguin les plantes de compostatge externa, hi haurà unes emissions determinades.
- La creació del compost com a fertilitzant ha de ser molt precís en metodologia i seguir la normativa, ja que si no es segueixen bé les tècniques pot haver un excés de metalls pesants que poden acabar afectant als humans. Per això es recomana no abonar-ho a productes que després hagin de ser ingerits (Usapein i Chavalparit, 2015). Aquest aspecte afectaria a altres categories de l'ACV com ara la toxicitat.
- Les emissions de CH₄ i N₂O no s'han inclòs, malgrat que el compostatge dels llots pugui no ser estrictament aerobi (Fine i Hadas, 2012).
- Altres estudis com el de Ladomersky i Hroncová (2014), sostenen que incorporar carboni orgànic al terra, en aquest cas com a fertilitzants no és la millor manera d'evitar les emissions efecte hivernacle.

6.3.3 Digestió anaeròbia

La digestió anaeròbia segons l'escenari que s'ha plantejat, és el tipus de gestió que afavoreix més a la reducció d'emissions a l'atmosfera per a l'abast estudiat. És una de les tecnologies principals per a la estabilització dels fangs i a més, està en vies de millora ja que constantment s'estan fent estudis per millorar les eficiències i rendiments.

L'escenari contemplat ha avaluat el procés de la digestió anaeròbia a partir de les dades experimentals de l'EDAR de Mataró, el qual ha incorporat el factor d'emissió sorgit de la relació entre la quantitat de fang tractades durant l'any i el consum d'energia elèctrica interna dels equips calculat amb l'ajuda del mix elèctric requerit segons la calor. Aquesta dada ha estat extrapolada per a l'EDAR de l'Alt Maresme Nord, la qual produeix una incertesa elevada, ja que no hi ha el mateix volum en els tancs i les condicions i característiques de tractament poden ser molt diferents, fet que canviaria molt els resultats. A més, no s'ha considerat que degut a la generació de biogàs que produeix calor i electricitat hi ha un estalvi d'energia elèctrica convencional utilitzada, ja que es pot aprofitar la generada per establir les condicions mesofíliques necessàries per dur a terme la digestió. Però no s'han comptabilitzat les emissions evitades degut a aquest fet, ja que els mecanismes de quantificació són complexos i difusos i a més, actualment no s'està utilitzant aquesta energia.

Hi ha molts altres factors que fan que aquesta avaluació entre la gestió per digestió anaeròbia i el compostatge no sigui estrictament comparable, ja que hi ha molts aspectes que no s'han contemplat degut a que el rigor en els resultats requeriria un anàlisi molt exhaustiu per a la justificació d'uns altres més acurats però no resultaria una diferència significativa amb els que ja s'han demostrat en el present treball. Alguns exemples són:

- Les reduccions de gasos efecte hivernacle, són en gran mesura dependents dels sistemes locals d'energia (Uusitalo, 2014).
- La relació C/N contribueix molt a canvis en les emissions de gasos canvia segons el tipus de fang entrant, s'hauria de fer acurada un anàlisi sobre el que és més beneficiós i afegir additius per afavorir a una ratio més sostenible (Uusitalo, 2014).
- Altres estudis relacionats amb la digestió anaeròbia mostren com hi ha un risc en augmentar l'acidificació i l'eutrofització en aigua dolça i aigua de mar degut a l'ús agronòmic dels fangs ja estabilitzats. Però en aquest estudi, només s'ha tingut en compte l'indicador d'ACV per evitar l'impacte de l'efecte hivernacle (Fantin et al., 2015).
- No es contempla la degradació dels fangs en cap moment, i aquests poden despendre emissions quan encara no són estabilitzats. En altres estudis, només es considera l'etapa d'operació com en aquest cas, ja que al ser operacions de temps curt no contribueixen a possibles degradacions, com ara en les etapes d'espessiment i deshidratació (Niu, Huang, Dai i Zhao, 2013).
- Els fangs inerts, s'apliquen mesos més tard en camps de conreu i han de ser emmagatzemats, s'ha de tenir en compte el consum d'energia, la maquinària i el transport, entre d'altres i el CO₂ evitat en la confecció de fertilitzants ja que s'utilitzen els fangs que ja aporten N i P (Niu, et al., 2013).
- El calor perdut en les parets del tanc de digestió (Cao i Pawlowski, 2013).
- Quan es produeix la digestió, en resulta un residu líquid anomenat digestat, aquest té un alt contingut en els gasos CH₄, N₂O i NH₃ quan es produeix la seva degradació. Aquest digestat és un dels principals factors que afecten a la sostenibilitat de la digestió. Per tant, és important gestionar-lo correctament ja que si no se'n poden despendre moltes emissions difuses. D'una banda, el digestat és emmagatzemat i per evitar altes emissions, s'haurà de procurar que sigui en un tanc tancat. Més endavant, serà utilitzat com a fertilitzant en els camps, fet que farà disminuir emissions generades pel procés de fabricació evitat (Boulamanti, Maglio, Giuntoli i Agostini, 2013).

- La ratio de reconversió del biogàs influeix en les emissions biogèniques de CO₂. És a dir, si el percentatge de reconversió a biogàs del metà és més elevat, hi haurà més emissions evitades (Niu, et al., 2013).
- Els impactes ambientals de la construcció i obres de la planta de biogàs són menyspreables quan es comparen amb l'impacte anual de la planta (Hijazi, Munro, Zerhusen i Effenberger, 2016).

6.4 Sostenibilitat

En el present treball, es pretén assolir la comparació de la sostenibilitat mitjançant dos escenaris diferents de gestió. La petjada de carboni és una eina, que intenta quantificar les emissions de CO₂ a l'atmosfera. Això a la vegada, esdevé un indicador important, ja que per poder comptabilitzar amb un cert rigor, s'utilitza l'anàlisi de cicle de vida d'un servei, per aquest cas. Aquest fet permet fer més visible les etapes i tècniques que es porten a terme actualment i així, justificar el canvi en tècniques mal emprades i tipus de gestió amb marge de millora.

7. CONCLUSIONS

The results indicate that there is a 77% global reduction of the CO₂ emissions regarding the carbon footprint analysis: 20% of this percentage corresponds to the change of the itinerary and 90% of it to the change of management. These results are favourable to begin with the implementation of the new system of management in order to get a more sustainable system in favour of the regression of climate change.

The analysis made in this study allows us to evaluate the management in each case, but doesn't actually help us compare the sustainability between the composting and the centralized anaerobic digestion. The report proves the reduction of the environmental impact due to the optimized transport, because it's focused on the differences of the distances. When it comes to the type of management, the scope of both systems should be more thorough if we intend to have a rigorous quantifications of the emissions. Not only this, but we should also keep in mind that it's difficult to compare the systems because of their different boundaries, assumptions and the chosen methodologies for each one. The sensibility of the analysis causes the final results be highly influenced by the choice of the model and methods.

The greenhouse gas emissions generated by the sludge sewage management and the combination of the before mentioned systems have been evaluated in a simplified way, that results in an exclusion of other important aspects irrelevant in this specific study.

The results demonstrate that the sewage sludge can be a new beneficial renewable energy in the future. More studies would be necessary to delve into the new technologies and this way, take advantage of their potential. For example, a high methane recovery rate and efficiency is an attractive technology to reduce GHGs emissions. The wide spread of anaerobic digestion for renewable energy production requires a deep and detailed analysis of the environmental benefits and negative effects of that technology.

On the other hand, having only considered the Carbon Footprint, we only get the potential Global Warming factor evaluation leaving aside the rest of the before mentioned categories, that could actually change the vision of the evaluation and are indicators of other effects and environmental impacts.

In conclusion, the new management system in development for future use, will be beneficial at least regarding the Carbon Footprint, because of the lower impact it has had in distribution. When it comes to the management systems, there should be a more thorough study because the calculations produced, are based on literature, and there could be unseen impacts, neglected impacts and some that haven't even been considered to enter the projects because of their simplicity.

8. BIBLIOGRAFIA

Agència Catalana de l'Aigua (2008). *Programa d'actuacions per a la gestió dels fangs residuals generats en els processos de depuració d'aigües residuals urbanes de Catalunya*. Recuperat de: http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/Programa_sanejament/Programa_de_fangs.pdf

Blancafort, G., Rubirola, A. i Tarragó, E. (2012). *Impacte de l'aplicació de fangs de depuradora en un sòl agrícola*. Recuperat de: <http://dugidoc.udg.edu/bitstream/handle/10256/7178/MEM%C3%92RIA.pdf?sequence=2>

Botiguers del país (2013). *Oberts al transport sostenible. La contribució del sector del comerç i dels serveis*. Recuperat de: <http://www.confecom.cat/wp-content/uploads/guies/guia-oberts-transport.pdf>

Boulamanti, A. K., Maglio, D., S., Giuntoli, J., i Agostini, A. (2013). *Influence of different practices on biogas sustainability*. *Biomass and Bioenergy*, 53, 149-161. doi:10.1016/j.biombioe.2013.02.020

Cao, Y., i Pawłowski, A. (2013). *Life cycle assessment of two emerging sewage sludge-to-energy systems: Evaluating energy and greenhouse gas emissions implications*. *BioresourceTechnology*, 127, 81-91. doi:10.1016/j.biortech.2012.09.135

Colorado, A. (2012). *Huella ecológica Vs Huella de carbono [Missatge en un blog]*. *Management Green It*. Recuperat de: <http://www.mgreenit.co/2012/07/huella-ecologica-vs-huella-de-carbono.html>

Cortacáns, J.A (2011). *Digestión anaerobia de fangos: presente, pasado y futuro*. *Universidad Politécnica de Madrid*. Recuperat de: <http://www.esamur.com/jornadas/ponencias/ponencia130.pdf>

Fantin, V., Giuliano, A., Manfredi, M., Ottaviano, G., Stefanova, M., i Masoni, P. (2015). *Environmental assessment of electricity generation from an Italian anaerobic digestion plant*. *Biomass and Bioenergy*, 83, 422-435. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.10.015>

Fine, P., i Hadas, E. (2012). *Options to reduce greenhouse gas emissions during wastewater treatment for agricultural use*. *Science of The Total Environment*, 416, 289-299. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.11.030>

Hijazi, O., Munro, S., Zerhusen, B., i Effenberger, M. (2016). *Review of life cycle assessment for biogas production in europe*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1291-1300. doi:10.1016/j.rser.2015.10.013

IDAE (2014). *Factores de emisión de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España*. Recuperat de: http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y_Factores_de_paso_Efinal_Eprimaria_V.pdf

Innovació per a la sostenibilitat (2013). *Petjada de carboni de la gestió i tractament dels residus municipals de Catalunya. Agència Catalana de Residus*. Recuperat de: http://estadistiques.arc.cat/ARC/estadistiques/petjada_carboni_2011_2012.pdf

Kupper, T., i Fuchs, J. (2007). *Compost et digestat en Suisse*. *Umwelt Wissen*, (43), 126.

Ladomerský, J., i Hroncová, E. (2014). *A qualitative analysis of extraordinary methods of carbon sequestration*. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2(4) 487-494.

Martin, H. (2015) *Agricultural Composting Basics*. (s.d.). Recuperat de: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/05-023.htm>

Molina, J. M. P. (1985). *La digestió Anaeròbia com un procés de descontaminació i revalorització energètica*. Scientia gerundensis, (10), 87-96.

Niu, D., Huang, H., Dai, X., i Zhao, Y. (2013). *Greenhouse gases emissions accounting for typical sewage sludge digestion with energy utilization and residue land application in China*. Waste Management, 33(1), 123-128. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.06.024>

Oficina Catalana de Canvi Climàtic (2015). *Càlcul de les emissions de GEH derivades del cicle de l'aigua de les xarxes urbanes a Catalunya*. Recuperat de: http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/campanyes_i_comunicacio/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Estudis_i_docs_mitigacio/Aigua_i_cc/150213_Metodologia-de-calcul-emissions-consum-aigua_CAT_vf.pdf

Oficina Catalana del Canvi Climàtic (2015). *Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH)*. Recuperat de: http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/campanyes_i_comunicacio/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Guies_calcul_emissions_GEH/150301_Guia-practica-calcul-emissions_sense-canvis_CA_v2.pdf

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2002). *Perspectivas del medio ambiente mundial 2002: GEO-3, pasado, presente y futuro*. Madrid [etc.: Mundi-Prensa Libros.

Puig, R. et al (2002). *Llibre didàctic d'anàlisi del cicle de vida (ACV)*. Xarxa Temàtica Catalana d'ACV. Recuperat de: http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/empresa_i_produccio_sostenible/ecoproductes_i_ecoserveis/acv_revisar/documents/llibre_acv.pdf

Ritter, W. F., i Chitikela, S. R. (2012). *Composting and land application of biosolids: A critical review of greenhouse gas emissions*. World Environmental and Water Resources Congress 2012: Crossing Boundaries, Proceedings of the 2012 Congress, 859-864. doi:10.1061/9780784412312.088

Rozas, P. (2011). *Conceptos de la huella ecológica, huella de carbono, agua virtual y huella hídrica* [Missatge en un blog]. Recuperat de <http://www.monografias.com/trabajos89/huella-ecologica-huella-carbono-agua-virtual-y-huella-hidrica-y-situacion-chile/huella-ecologica-huella-carbono-agua-virtual-y-huella-hidrica-y-situacion-chile.shtml#huelladeca>

Sánchez, S. (2015). *Les emissions de CO2 creixeran un 22% el 2030 en lloc de reduir-se, segons l'ONU*. Ara.cat. Recuperat de: http://www.ara.cat/internacional/emissions-CO2-creixeran-reduir-se-segons_0_1458454284.html

Serra, M. i Sala, L. (2003). *L'experiència del Consorci de la Costa Brava en la reutilització de les aigües depurades*. Consorci de la Costa Brava. Recuperat de: http://www.cilma.cat/wp-content/uploads/2010/09/experiencia_de_la_reutilitzacio_daiges_depurades.pdf

Uusitalo, V, (2014). *Potencial from greenhouse gas emission reductions by using biomethane as a road transportation fuel*. University of Technology, Finland. Recuperat de:
<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/101937/Uusitalo%20A4%20%2010%2011%20.pdf?sequence=2>

Usapein, P. i Chavalparit, O. (2015). *Life cycle assessment of bio-sludge for disposal with different alternative waste management scenarios: A case study of an olefin factory in thailand*. Journal of Material Cycles and Waste Management, doi:10.1007/s10163-015-0385-8

Vallejo, C. (2014). *Distintas huellas: Carbono, Ecológica, Hídrica y Social* [Missatge en un blog]. Madri+d. Recuperat de:
http://www.madrimasd.org/blogs/sostenibilidad_responsabilidad_social/2014/01/20/132299