



Sveriges
lantbruksuniversitet

Utsläpp av växthusgaser och ammoniak från hemkomposter

Emissions of greenhouse gases and ammonia
from home composts

Björn Kempe

Referat

Utsläpp av växthusgaser och ammoniak från hemkomposter

Björn Kempe

Hemkompostering är fördelaktigt bland annat därför att det kan leda till minskade transporter av sopor och därmed koldioxidutsläpp, samt att den färdiga komposten kan användas som näringstillskott för växter. Kompostering av matavfall innebär dock en risk för bildning av metan och lustgas, vilka är starka växthusgaser. Även ammoniak, med försurande och övergödande effekter, kan släppas ut från komposten under vissa förhållanden. Det här arbetet syftar till att undersöka utsläppen av dessa ämnen, samt öka kunskapen om hur skötseln av komposten påverkar utsläppen.

Vid tre tillfällen under juni och juli 2010 utfördes mätningar på 20 komposter i Uppsala. Temperaturen mättes i komposten, prov togs av gasen i kompostoch prover av materialet togs även för analys av vattenhalt, pH och askhalt. Hushållen förde också protokoll över sin skötsel av komposten under tiden för mätningarna. Utöver detta genomfördes en enkätstudie i vilken ett större antal komposter inkluderades, i avsikt att ge en bredare bild av hur hemkomposter i allmänhet sköts.

Gasproven analyserades i gaskromatograf, och de beräknade koncentrationerna relaterades till uppmätta temperaturer, vattenhalter, pH-värden och askhalter samt de ifyllda protokollen.

Enkätstudien visade att hemkomposter används och sköts om på mycket varierande sätt. Resultaten visade vidare att utsläppen av metan och lustgas (angivna som kvoterna $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ respektive $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$) överlag var låga jämfört med uppmätta utsläpp i andra studier, med högre värden på omkring 2,5% endast för ett fåtal komposter. Effekterna av utsläppen av N_2O beräknades till cirka 12 gånger större än de orsakade av utsläppen av CH_4 . Ett antydande samband kunde ses mellan uppmätt NH_3 -halt och tillsatser av kväverikt kött-/fiskavfall. I övrigt kunde inga andra distinkta samband mellan skötsel och utsläpp observeras, något som skulle kunna bero på dels att endast tre mätomgångar ingår i studien och dels på att datan inhämtad från protokollen varierade i kvalitet och innehöll stora osäkerheter.

Nyckelord: Hemkompostering växthusgas metan dikväveoxid ammoniak

Institutionen för Energi och Teknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Ulls väg 30A, SE-756 51 Uppsala

Abstract

Emissions of greenhouse gases and ammonia from home composts

Björn Kempe

Home composting is beneficial as it can help reduce transports of household waste, and also because the mature compost can be used as a soil amendment for plants. On the other hand, composting of food waste enables formation of the potent greenhouse gases methane and nitrous oxide. It is also possible that ammonia be formed, which can have acidifying and eutrophication effects on the environment. The aim of this study was to examine the emissions of these compounds, and if possible to gain knowledge on how the management of the compost affects these emissions.

Measurements were carried out on 20 home composts within Uppsala on three occasions during June and July in 2010. The compost temperature was measured, gas samples were taken and also samples of the material for analysis of moisture and ash content as well as pH. The households were also asked to fill in a protocol with all the compost activities performed during the period of the measurements. In addition to this, a questionnaire study was conducted in order to give an overview of how home composts in general are fed and managed.

The gas samples were analyzed in a gas chromatograph, and the obtained concentrations were then put in relation to the measured temperatures, pH, and moisture and ash contents as well as the data from the protocols.

The questionnaire study showed that home composts are used and managed in very different ways. Moreover, the results showed that the emissions of methane and nitrous oxide (given as CH₄:CO₂ and N₂O:CO₂ ratios) in general were small compared to those from other studies, with only a couple of composts with higher ratios than around 2.5%. The effects on the environment from the measured emissions of N₂O were calculated to 12 times greater than those given by the emissions of CH₄. Regarding ammonia, a clear connection was observed between the few elevated concentrations and additions of meaty waste rich of nitrogen. As for the greenhouse gases, no distinct correlations could be seen between how the composts were managed and the CH₄:CO₂ and N₂O:CO₂ ratios. This might be explained by the fact that only three sampling rounds were conducted, but also that the protocol information contained uncertainties and varied in quality.

Keyword: Home composting greenhouse gas methane nitrous oxide ammonia
*Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences,
Ulls väg 30A, SE-756 51 Uppsala*

ISSN 1401-5765

Förord

Examensarbetet har utförts inom civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet och omfattar 30 hp. Som en del i ett hemkomposteringsprojekt finansierat av Naturvårdsverket har arbetet genomförts på Institutionen för energi och teknik vid Sveriges lantbruksuniversitet under handledning av Evgheni Ermolaev. Ämnesgranskare var Håkan Jönsson, Institutionen för energi och teknik, SLU.

Jag vill tacka samtliga som har medverkat till genomförandet av detta examensarbete inklusive kontakterna på Uppsala kommun och Miljökontoret, Catarina Östlund på Naturvårdsverket och naturligtvis också alla hemkompostägare som med sitt intresse, engagemang och samarbetsvilja gjort stora insatser för forskningsarbetet.

Ett särskilt stort tack vill jag framföra till min handledare Evgheni Ermolaev för all värdefull hjälp under hela arbetets gång. Jag vill även tacka min ämnesgranskare Håkan Jönsson för nyttiga idéer och synpunkter angående arbetets och rapportens utformning. Vidare skickar jag ett tack till Cecilia Sundberg, Institutionen för energi och teknik, SLU samt till Mikael Pell, Institutionen för mikrobiologi, SLU, som även de var involverade i projektet och med värdefulla synpunkter bidrog till att föra arbetet framåt. För all hjälp och assistans med gaskromatograferna vill jag slutligen också tacka Jamal Abubaker, Institutionen för mikrobiologi, SLU.

Björn Kempe

Uppsala, februari 2011

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Utsläpp av växthusgaser och ammoniak från hemkomposter

Björn Kempe

Hemkompostering, som ligger i tiden när många blir allt mer miljömedvetna, har många fördelar. En av dem är att det färdiga, jordaktiga kompostmaterialet kan tas tillvara och användas som ett näringsrikt tillskott i exempelvis krukväxter och trädgården, eftersom det ofta innehåller näringsämnen som främjar tillväxten. En annan fördel är att det kan bidra till minskade mängder hushållsavfall som lämnas till insamling. Det gagnar både hushållen som kan minska sina utgifter för sophantering, och miljön genom minskade transporter och därmed också användandet av fossila bränslen.

En miljömässig nackdel med hemkompostering är dock att det kan bildas växthusgaser i komposten som släpps ut till atmosfären och bidrar till en förstärkt växthuseffekt. Detta kan jämföras med större, centrala kompostanläggningar, dit förvisso avfallet måste transporteras, men där de växthusgaser som bildas kan samlas upp och användas i exempelvis biogasproduktion.

Mycket få studier har gjorts på hemkomposter, de flesta kompoststudier har istället gällt laboratorieförsök eller pilotskaleanläggningar. Därför är kunskapen knapp om vilken sammantagen effekt på miljön som hemkompostering kan tänkas ha. Denna studie har därför undersökt ett tjugotal hemkomposter i de södra delarna av Uppsala med avseende på utsläpp av växthusgaserna metan och lustgas. I jämförelse med koldioxid är dessa båda starka växthusgaser på grund av bland annat deras respektive livslängd i atmosfären. Metan beräknas vara en cirka 25 gånger starkare växthusgas än koldioxid och lustgas beräknas vara en 298 gånger starkare växthusgas (över en tidshorisont på 100 år). Detta mått kallas även GWP och står för Global Warming Potential. Siffrorna visar att lustgas är en mycket potent växthusgas som kan ha stor inverkan även vid låga koncentrationer eftersom den stannar kvar så länge i atmosfären.

Komposterna i studien valdes ut slumpmässigt genom att kontakta hushåll som ansökt om att hemkompostera. Hushållen fick under mätperioden fylla i ett protokoll över all aktivitet som rörde komposten, till exempel tillsats av avfall och vilken typ, omblandning och tömning med mera. Mätningar gjordes vid tre tillfällen under juni och juli 2010. Komposttemperaturen mättes på plats och för att mäta övriga variabler togs prover från komposterna. De variabler som mättes var halter av metan, lustgas (genom gasprover) och ammoniak (genom preparerade glasrör) i gasen i behållaren samt vattenhalt, pH-värde och askinnehåll i kompostmaterialet.

Gasen analyserades i laboratorium med en gaskromatograf, en maskin som detekterar halter av olika gaser. Ammoniakhalten mättes genom att suga in kompostgasen i ett

reagensrör, en typ av glaströr som på insidan är preparerat med ett kemiskt ämne som reagerar med det ämne man vill mäta, och sedan ändrar färg enligt en skala beroende på hur stor halten är. Vattenhalten mättes genom att torka materialet och se hur mycket vatten som avdunstade, sedan föraskades materialet i en ugn som höll 550°C, varefter bara aska återstod och askhalten kunde räknas ut.

Då proverna analyserats framgick att utsläppen av metan och lustgas, i relation till koncentrationen koldioxid, alltså i relation till nedbrytningen av organiskt material, överlag var låga. Koncentrationen av gaserna anges i relation till koldioxid eftersom en uppmätt koncentration av exempelvis metan vid en enskild tidpunkt enbart anger vad koncentrationen är just då. Kvoten i förhållande till koldioxid däremot visar mer hur komposten fungerar som helhet och är oberoende av till exempel om kompostlocket just har öppnats eller om stark vind har spätt ut gaserna i behållaren.

Resultaten visade på en generellt sett hög vattenhalt i komposterna, något som kan tyda på att många använder sin kompost som ett sätt att göra sig av med matavfall snarare än att uppnå en så optimal färdig kompostprodukt som möjligt. För att balansera en hög vattenhalt bör ordentligt med strukturmaterial såsom sågspån, torra löv, torrt gräs eller träflis tillföras. Det enda samband mellan skötsel och utsläpp som kunde observeras var dock ett samband mellan tillförsel av kött/fisk och höga halter av ammoniak.

Studien var begränsad vad gäller det antal mätomgångar som hanns med, och många osäkra faktorer fanns, vilket innebar att det inte fanns tillräckligt underlag för att utarbeta riktlinjer för hur en hemkompost bör skötas. Förhoppningsvis kan man göra detta i det pågående projektet där man fortsätter att följa upp komposterna. Detta är särskilt viktigt eftersom många som komposterar är intresserade av att göra en god insats för miljön.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1. HEMKOMPOSTERING I ETT AVFALLSSAMMANHANG.....	1
1.2. VAD SKER UNDER KOMPOSTERING?	1
1.2.1. Mikroorganismer och nedbrytning	1
1.2.2. Produktion av metan och dikväveoxid	2
1.3. VÄXTHUSGASER OCH KLIMATET	3
1.4. AMMONIAKUTSLÄPP VID HEMKOMPOSTERING.....	3
1.5. TIDIGARE STUDIER AV VÄXTHUSGASER FRÅN HEMKOMPOSTER.....	3
1.6. PROJEKTETS SYFTE.....	4
2. METODER OCH MATERIAL.....	5
2.1. VAL AV HEMKOMPOSTER.....	5
2.1.1. Enkät.....	5
2.1.2. Val av ingående bostadsområden	5
2.1.3. Proceduren för kontaktandet av hushåll	6
2.1.4. Kompostprotokoll.....	6
2.2. MÄTNING AV UTSLÄPP	7
2.2.1. Provtagning av växthusgaser	7
2.2.2. Mätning av ammoniak	8
2.3. ANALYS AV KOMPOSTRELATERADE PARAMETRAR	9
2.3.1. Mätning av temperaturen i komposten	9
2.3.2. Analys av vattenhalt och askhalt i kompostprov	9
2.3.3. Mätning av pH i kompostprov	10
2.3.4. Provtagning av kompostmaterial för senare analys av C- och N-innehåll ...	10
2.4. ANALYS AV VÄXTHUSGASER.....	10
2.4.1. Beredning av standarder	10
2.4.2. Analys i gaskromatograf.....	11
2.4.3. Bearbetning av resultaten från GC-analysen	11
2.5. STATISTISK ANALYS AV MÄTDATA.....	11
2.5.1. Principal Component Analysis (PCA).....	11
2.5.2. Multipel regression med GLM Procedure i SAS.....	12
3. RESULTAT.....	14
3.1. ENKÄTSTUDIEN	14

3.2. HEMKOMPOSTER I STUDIEN OM GASUTSLÄPP	20
3.3. TEMPERATUR, PH, VATTENHALT OCH ASKINNEHÅLL	21
3.4. MÄTNINGAR AV AMMONIAK	24
3.5. VÄXTHUSGASER	25
3.5.1. Bakgrundshalter	25
3.5.2. Halter i kompostgasen	27
3.6. UTVÄRDERING AV KOMPOSTPROTOKOLLEN	31
3.7. STATISTISK ANALYS	31
3.7.1. Principle Component Analysis (PCA).....	31
3.7.2. Regressionsanalys med GLM Procedure.....	36
4. DISKUSSION	39
4.1. ENKÄTSTUDIEN	39
4.2. KOMPOSTPROTOKOLLEN	42
4.3. TEMPERATUR, VATTENHALT, PH OCH ASKINNEHÅLL	42
4.4. UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER OCH AMMONIAK	44
4.4.1. Bakgrundshalter av växthusgaser	44
4.4.2. Halter i kompostgasen	44
4.5. STATISTISKA ANALYSEN	47
4.5.1. PCA-analysen	47
4.5.2. Multipel regression med GLM Procedure	48
5. SLUTSATSER	51
REFERENSER	52
BILAGA 1	55
BILAGA 2	57
BILAGA 3	60

1. INLEDNING

1.1. HEMKOMPOSTERING I ETT AVFALLSSAMMANHANG

Hemkompostering av matavfall har blivit mer och mer omtalat på senare år. Genom att hemkompostera sitt matavfall kan ett hushåll minska den mängd sopor som lämnas till insamling och därigenom minska sina utgifter för sophantering. I en studie om hemkompostering nyligen gjord i Storbritannien gjordes uppskattningen att hemkompostering av matavfall, åtminstone teoretiskt sett, skulle kunna minska mängden köksavfall som går till insamling med ungefär 60% (Smith och Jasim, 2009). Utöver detta kan den färdiga och näringsrika komposten användas som ett nyttigt tillskott för exempelvis krukväxter, rabatter och trädgårdsland. Miljömässigt har hemkompostering flera fördelar på det sättet att det ger minskade avfallstransporter och därigenom koldioxidutsläpp, samt att den färdiga kompostprodukten i de flesta fall kommer till användning på samma plats som den blir till, nämligen hemma i trädgården. En tänkbar nackdel med hemkompostering, och som kan vägas mot fördelarna ovan, är dock att de växthusgaser som bildas under komposteringen inte samlas upp och tas om hand på det sätt som är möjligt i större, centrala kompostanläggningar.

I ett av de nationella miljökvalitetsmål som regeringen har satt upp, God bebyggd miljö, finns ett delmål som berör biologisk behandling av matavfall. Enligt detta delmål ska minst 35% av allt matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker återvinnas genom biologisk behandling, alltså rötning och kompostering, senast år 2010 (Boverket, 2007). I slutet av augusti 2010 meddelade dock Avfall Sverige att målet inte kommer att kunna nås under år 2010 (Avfall Sverige, 2010a). Denna fråga berör i högsta grad hemkompostering då denna utgör en betydande del av den biologiska behandlingen av hushållsavfall. Av den totala mängden matavfall från hushåll, restauranger etc. som behandlades biologiskt år 2009, 178 770 ton behandlades 63 000 ton, alltså mer än en tredjedel, i hemkomposter (Avfall Sverige, 2010 b).

1.2. VAD SKER UNDER KOMPOSTERING?

1.2.1. Mikroorganismer och nedbrytning

Kompostering kan enkelt beskrivas som en rad biokemiska processer där mikroorganismer, svampar, bakterier, bryter ned organiskt material till ett jordliknande humuslikt material. Olika mikroorganismer är mest aktiva i olika temperaturintervall, och Stoffella och Kahn (2001) delar in kompostprocessen i tre temperaturfaser - den första mesofila fasen (<45°C), den termofila fasen (>45°C), den andra mesofila fasen eller mognadsfasen. Under respektive fas sker det en tillväxt av organismer specifika för den fasen. Dessa sköter huvuddelen av nedbrytningen tills nästa fas träder in då nya typer av organismer växer till och tar över processen. Hur fördelningen av olika populationer av mikrober ser ut är starkt beroende av temperaturen (Liang m.fl., 2002).

Under nedbrytningsprocessen av det organiska materialet utgör de organiska föreningarna den huvudsakliga energikällan. En viss mängd kväve, N, behövs för tillväxten av de olika mikroorganismerna (Stoffella och Kahn, 2001). För att processen ska bli så effektiv som möjligt och för att inte begränsa dess hastighet är det viktigt att proportionerna av kol och kväve i det tillsatta substratet är lagom - den så kallade C/N-kvoten ska med andra ord varken vara för hög eller för låg. Enligt Haug (1993) bör C/N-kvoten vara över 15 för att inte ett överskott av kväve ska avgå som ammoniak, medan en kvot högre än 30 kommer att utgöra en begränsning för kompostprocessens hastighet. Kväverikt avfall är bland annat vått avfall såsom kött, fisk och grönsaker, medan avfall rikt på kol ofta är torrare och mer fibröst, som exempelvis sågspån, kvistar och papper.

Avgörande för hur mycket av det organiska materialet i hushållsavfall som mikroorganismerna kan utnyttja är materialets nedbrytbarhet. Den sammantagna nedbrytbarheten av de olika substraten i materialet som komposteras bestämmer hur mycket energi som finns tillgänglig att driva kompostprocessen (Haug, 1993). Om materialet består av en stor del sockerarter och stärkelse kommer aktiviteten att öka snabbare än om det består av mer cellulosa och lignin som vedartat trädgårdsavfall. Eklind m.fl. (1997) fann i analyser av källsorterat matavfall ett lågt innehåll av lignin-C på omkring 6% av total-C, vilket visar på en god nedbrytbarhet av det organiska kolet i denna typ av avfall.

Komposteringsprocessen är starkt beroende av tillräcklig syretillförsel samt vattentillgång. Då kompostmaterialet kan beskrivas som uppbyggt av fasta partiklar med hålrum emellan, är det i dessa hålrum som luft och vatten ska samsas om utrymmet. Haug (1993) talar om termen ”optimal fuktighet”, vilket innebär en balansgång mellan en tillfredsställande syretillgång och ett visst vatteninnehåll som är nödvändigt för den mikrobiella aktiviteten. När vattenhalten blir för låg avstannar aktiviteten och mikroberna faller in i en form av vilostadie (Tuomela m.fl., 2000).

1.2.2. Produktion av metan och dikväveoxid

Under ideala, aeroba förhållanden förbrukar mikroorganismerna syre samtidigt som det sker en produktion av bland annat koldioxid och ammoniak. När inget syre finns närvarande möjliggörs bildande av metan, CH₄, (Stoffella och Kahn, 2001). När strukturen på kompostmaterialet är dålig och i kompostbehållare med bristande lufttillförsel kan syrefria partier uppstå och metan bildas (Brink m.fl., 1992). Metan kan förutom att produceras även oxideras. Således påverkar båda dessa reaktioner hur mycket metan som släpps ut i atmosfären. För metanoxidation i kompostmaterialet är det optimala temperaturintervallet 45-55°C (Jäckel m.fl., 2005), alltså under termofila förhållanden.

De mekanismer som till stor del svarar för bildandet av N₂O är nitrifikation respektive denitrifikation. Nitrifierande bakterier omvandlar ammoniak och syre i en tvåstegsprocess till nitrat, NO₃⁻, via nitrit, NO₂⁻. Vid denitrifikation förbrukas nitrat och reduceras till kvävgas. N₂O är vid varken nitrifikation eller denitrifikation en självklar produkt, utan bildas främst under förhållanden där tillgång på syre finns, men är begränsad

(Czepiel m.fl., 1996). Produktionen av N_2O som en följd av nitrifikation eller denitrifikation vid strikt aeroba respektive anaeroba förhållanden kan, enligt He m.fl. (2001) anses som försumbar. Vid experiment utförda i en småskalig kompostreaktor observerade Jarvis m.fl. (2009) högre koncentrationer av N_2O , men även av CH_4 , i samband med att vattenhalten i komposten var som högst, något som kan antas förklaras av den mer begränsade tillgången till syre som detta medförde.

1.3. VÄXTHUSGASER OCH KLIMATET

Koldioxid är den absolut mest betydande växthusgasen, även om utsläppen från hemkomposter av just koldioxid inte anses bidra till växthuseffekten då det organiska materialet har sitt ursprung i växtriket och inte är fossilt. Olika växthusgaser ger olika stor potentiell förstärkning av växthuseffekten, vilket bland annat beror av gasernas nettopåverkan på jordens värmestrålningsbalans samt på deras uppehållstid/livslängd i atmosfären. Metan har en livslängd i atmosfären på ungefär 12 år. Som jämförelse har dikväveoxid, N_2O , en uppehållstid i atmosfären på uppåt 150 år (Miljöportalen, 2010), vilket gör att N_2O , även kallad lustgas, trots sin låga atmosfärshalt på 319 ppb år 2005 (Davidson, 2009) är en viktig växthusgas.

GWP, Global Warming Potential, är ett mått framtaget av IPCC med syfte att kunna jämföra olika växthusgasers potentiella bidrag till den globala uppvärmningen. Det anger, med CO_2 som referensgas, hur många gånger mer potent en viss växthusgas är än just koldioxid. Då olika gaser har vitt skilda uppehållstider i atmosfären är det angeläget att specificera vilket tidsperspektiv man avser när man pratar om GWP. Det som vanligast avses är GWP_{100} , det vill säga hur mycket starkare en viss växthusgas är jämfört med koldioxid under loppet av 100 år. Enligt IPCC:s senaste siffror (IPCC AR4, 2007) är GWP_{100} för metan 25 och för dikväveoxid 298 (och för referensen CO_2 är den 1).

1.4. AMMONIAKUTSLÄPP VID HEMKOMPOSTERING

En av produkterna i komposteringsprocessen är ammoniak, NH_3 . Ammoniak är vid atmosfärstryck och normal temperatur en färglös gas med stickande lukt. Vad gäller ammoniakens effekter på miljön är de främst av försurande samt övergödande natur. Effekterna kan vara försurande eftersom NH_3 vid den i naturen spontana oxidationen till NO_3^- frigör protoner. Den är övergödande i egenskap av att vara en kvävekälla (Jarvis m.fl., 2009). I det senare fallet kan ammoniak som via regn tillförs havet orsaka ett näringsbidrag som leder till bland annat ökad algblomning och förändrad artsammansättning (Naturvårdsverket, 2009).

1.5. TIDIGARE STUDIER AV VÄXTHUSGASER FRÅN HEMKOMPOSTER

Vid ett flertal studier som gjorts av hemkomposter har experiment utförts på kompostbehållare i laboratorium. Dessa kompostbehållare har inte matats och skötts av hemkomposterande familjer, utan av författarna själva. Brink (1992) testade olika typer av kompostbehållare och fann överlag högre metanhalt i de nedre kompostskikten än i de

övre, något som antydde en möjlig oxidation av metan. Halterna var i flera fall lägre i komposternas toppskikt än i den omgivande luften. Även vad gäller lustgas återfanns de högsta halterna i kompostmaterialets bottenskikt. Andersen m.fl. (2010) jämförde olika möjliga sätt att sköta om en hemkompost och uppmätte upp till tiofalt högre metanutsläpp från behållare som blandades om veckovis jämfört med behållare som inte blandades om alls.

1.6. PROJEKTETS SYFTE

Projektets övergripande syfte var att öka kunskapen om hur skötseln av hemkomposter påverkar deras utsläpp av växthusgaser. Delsyften var dels att undersöka hur hemkomposter matas och sköts, och dels att undersöka hur stora utsläppen av främst växthusgaser men också ammoniak är vid hemkompostering av matavfall.

Hur hushållen sköter sin hemkompost undersöktes med en enkätstudie. Utifrån enkätstudien valdes också 19 hemkomposter ut för en längre intensiv studie. I denna studie undersöktes skötseln av hemkomposterna med hjälp av protokoll som hushållen fick fylla i.

Utsläppen av växthusgaser och ammoniak studerades från de 19 utvalda intensivt studerade hemkomposterna.

Detta examensarbete utgjorde den första delen av ett projekt om hemkompostering och växthusgaser utfört under år 2010 på uppdrag av Naturvårdsverket. En serie av totalt åtta mätningar av växthusgaser skulle genomföras under året varav de tre första behandlas i denna rapport.

2. METODER OCH MATERIAL

2.1. VAL AV HEMKOMPOSTER

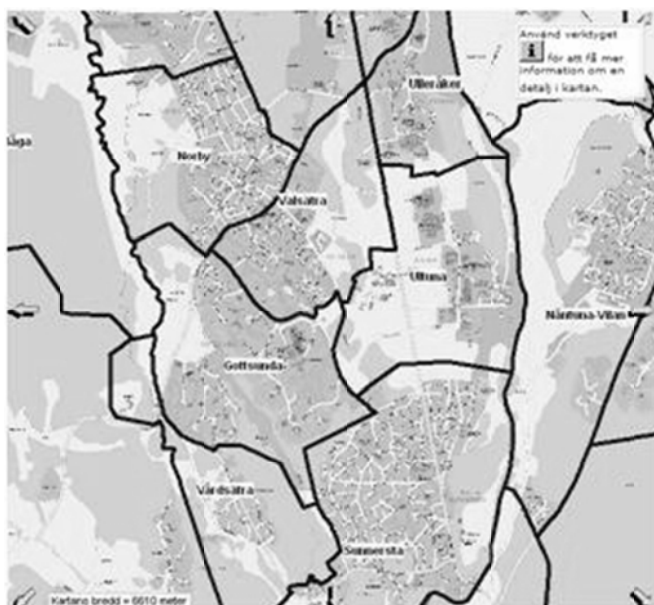
2.1.1. Enkät

Studien började med att en enkät genomfördes. Denna var tänkt att fylla flera syften. Ett var att bidra till en bättre kunskap om hur hemkomposter matas och sköts, ett annat att välja ut komposter som var lämpliga för mätning av växthusgaser, det vill säga komposter med behållare av passande typ samt som var lättåtkomliga utifrån. Vidare var ett tredje syfte med enkäten att ge bakgrundsinformation om de hushåll som kom att delta i den fördjupade undersökningen.

Enkäten utformades för att svara på frågor angående faktorer som kunde antas ha inverkan på kompostens utsläpp av växthusgaser, till exempel om kompostens mognad och ålder, vilka typer av substrat (och specifikt kött- och/eller fiskavfall) som tillförs komposten, hur ofta komposten blandas om, om något strukturmateriale används, och så vidare.

2.1.2. Val av ingående bostadsområden

Uppsala kommuns Miljökontor tillhandahåller register över hushåll inom kommunen som har ansökt om hemkompostering. Ansökningar daterade 2008 och 2009 inkluderades i studien medan ansökningar från 2010 valdes bort då det antogs att dessa hushåll inte hade hunnit börja kompostera ännu i någon större omfattning. I figur 1 visas en karta över södra Uppsala.



Figur 1. Karta över de studerade hemkomposterna.¹

¹ Hämtad från Uppsala Kommuns hemsida <kartor.uppsala.se>

Av praktiska skäl användes närhet till Ultuna, där institutionen ligger, för att avgöra vilka områden i Uppsala som skulle prioriteras vad gäller kontakt med hemkomposterande hushåll. Detta gav resultatet att hushåll i Sunnersta, det närmsta området, kontaktades först följt av hushåll i Gottsunda, Valsätra, Norby och Vårdsätra i ordning av ökande avstånd till Ultuna. Dessa fem områden ligger inte bara nära Ultuna utan också relativt nära varandra.

2.1.3. Proceduren för kontaktandet av hushåll

För den fördjupade studien önskades ett tjugotal komposter. Med början i området närmast Ultuna kontaktades hushållen per telefon och tillfrågades om de skulle vilja medverka i enkätstudien och eventuellt i den fördjupade studien. När hushållen i det första området hade kontaktats hade det önskade antalet hushåll inte uppnåtts för någon av studierna. Därför kontaktades hushållen i nästa område på tur och så vidare tills det önskade antalet hemkomposter hade uppnåtts för båda studierna. Genom att inte välja ordningen som de tillhandahållna ansökningarna förelåg i, samt genom att inte veta på förhand vilka av de uppringda hushållen som skulle komma att svara i telefonen eller vilja medverka i studierna gav tillvägagångssättet ett stort mått av slumpmässighet.

Kontakterna gjordes via telefon på vardagkvällar samt under lördagar dagtid i april 2010. De hushåll i Sunnersta, Valsätra och Gottsunda som inte svarade vid första försöket ringdes upp på nytt ett antal gånger. Detta eftersom ansökningarna från dessa områden var relativt få (30, 9 respektive 8 st). Ansökningarna från Norby var så många till antalet, 234, att alla dessa hushåll inte behövde kontaktas. De hushåll i Norby som inte svarade vid första kontakten, kontaktades således inte igen.

2.1.4. Kompostprotokoll

För att veta hur komposterna i den fördjupade studien matas och sköts under tiden för provtagningarna, samt för att kunna jämföra denna information med uppmätta utsläpp och eventuellt se några samband, delades ett protokoll ut till de medverkande hushållen cirka två veckor före det första provtagningstillfället. Hushållen ombads notera alla utförda aktiviteter som rör komposten i protokollet, till exempel tillsats av nytt avfall eller strömmaterial, omblandning, tömning, vattning, etc., samt att vid tillsats av nytt avfall även skatta mängden avfall samt skriva några ord om dess innehåll/beståndsdelar. För att göra studien så tillförlitlig som möjligt uppmanades hushållen särskilt att inte ändra sina kompostrutiner under loppet av undersökningen, utan att fortsätta kompostera på det sätt de gjort tidigare. De ifyllda protokollen samlades in med jämna mellanrum samtidigt som nya protokoll delades ut.

När protokollen samlats in gjordes en utvärdering av dem. Informationen i protokollen grupperades utifrån när de tre mätningarna utfördes på respektive kompost. Detta gjordes utifrån antagandet att gasutsläppen vid en godtycklig tidpunkt i grova drag kunde ses som en funktion av hur komposten matats och sköts närmast före denna tidpunkt.

Alla kompostrelaterade aktiviteter utförda från utdelandet av protokollet fram till den första mätningen relaterades således till de uppmätta gasutsläppen från denna första mätning, alla aktiviteter utförda under tiden mellan mätningar 1 och 2 sattes i relation till de uppmätta gasutsläppen från den andra mätningen, och på samma sätt för mätning 3.

De faktorer som studerades statistiskt var mängd tillsatt material, matavfall, trädgårdsavfall respektive strukturmaterial, antal omblandningar av komposten, antal tillsatser av avfall samt antal dagar sedan den senaste tillsatsen av avfall/material. Mängden tillsatt material beräknades med hjälp av litteraturvärden på skrymdensiteter för olika typer av material, och därigenom omvandla de tillsatta mängderna angivna i volym till vikt. Detta gjordes för tillsatt matavfall, trädgårdsavfall respektive strukturmaterial varpå de beräknade vikterna summerades. Antal enligt protokollen utförda omblandningar och tillsatser summerades för respektive kompost och period, medan antal dagar sedan senaste tillsatsen bestämdes utifrån i protokollet angivet datum för den senaste tillsatsen samt datumet för den närmast följande mätningen.

2.2. MÄTNING AV UTSLÄPP

2.2.1. Provtagning av växthusgaser

För att ta prover på kompostgasen användes en 60 ml injektionsspruta kopplad till en ca 50 cm lång slang med innerdiameter 2 mm, en slang som stadgats upp med tjock ståltråd för att underlätta styrningen av slangöppningens position inuti kompostbehållaren. Slangens volym hade mätts upp till ca 6 ml. Mellan slangen och sprutan fanns en sidoöppning med tillhörande vred för att kunna styra vart gasen skulle ledas. För lagring av gasproven användes 22 ml glasvialer med gummิตätning, som under tiden mellan provtagning och analys placerades i konstantrum på 20°C.

Vid var och en av provtagningarna sögs först 10 ml provgas från inuti kompostbehållaren eller från omgivningsluften in i sprutan för att sedan släppas ut genom sidoöppningen. Detta gjordes för att fylla slangen med provgas. Detta upprepades en gång, vilket innebar att slangen genomströmmades av provgas av drygt tre gånger sin egen volym innan själva gasprovet togs. Därefter sögs provgas in i hela sprutan, det vill säga 60 ml, varpå slangen kopplades loss och en nål kopplades till sprutan.

För att genomspola nålen med provgas trycktes 10 ml gas ut genom nålen varpå den stacks in genom glasampullens gummิตätning. Glasampullen hade förberetts genom att märkas upp och förses med en nål för gasutsläpp. Injektionssprutan och glasampullen visas i figur 2. Gasen tömdes sedan i ampullen tills 5 ml återstod, då den andra nålen togs bort, varpå den fylldes med de sista 5 ml för att skapa ett visst övertryck i ampullen. Detta gjordes för att undvika att luft sipprar in i ampullen under lagringen mellan provtagning och analys. Vid varje kompost och provtagningstillfälle togs fyra prover av kompostgasen liksom två prover av den omgivande luften. De senare togs ca 5-6 m från

kompostbehållaren och ej i närheten av någon typ av ventilationsöppning. Bakgrundskoncentrationerna av gaser i den omgivande luften subtraherades före analysen från de uppmätta koncentrationerna i kompostgasen.



Figur 2. Fyllning av glasampull med kompostgas via injektionssprutan. Till vänster slangen införd i kompostbehållaren. Foto: Evgheni Ermolaev

Förutom koncentrationerna av de olika växthusgaserna studerades även kvoterna mellan koncentrationerna av CH_4 och CO_2 respektive N_2O och CO_2 , vilka uttrycks $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$. Att studera hur mycket CH_4 och N_2O som bildas i förhållande till CO_2 ger en fingervisning om syreförhållandena i komposten då bildande av CH_4 och N_2O ökar vid syrebrist. I det ideala fallet, med tillräcklig syretillgång, bildas enbart CO_2 när det organiska materialet bryts ned. Eftersträvansvärt är så låga $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ - och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter som möjligt för en minimering av klimateffekterna. Flöden av växthusgaserna var ej möjliga att beräkna utifrån de punktmätningar av koncentrationen som var den metod som användes i detta projekt, däremot ger $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ - och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoterna en uppfattning om hur stora utsläppen av växthusgaser blir vid en viss nedbrytning av det organiska materialet.

Fyra fullständiga provtagningar av gas gjordes. Av tidsmässiga skäl rapporteras dock endast tre av dessa i denna rapport, nämligen de som utfördes under perioderna 2-9 juni, 24 juni-5 juli samt 26-28 juli 2010.

2.2.2. Mätning av ammoniak

Ammoniakmätningarna utfördes med en Kitagawa gasspåringspump (AP-20) med tillhörande reagensrör specifika för mätning av ammoniak. Rörens insidor är preparerade med ett ämne som ändrar färg från ljuslila till ljusgult i takt med att gas innehåll-

lande ammoniak sugas in genom röret. I början av mätningarna, när det var osäkert hur stora koncentrationer ammoniak som skulle komma att mätas upp, användes reagensrör för intervallet 5-260 ppm vilka senare byttes ut mot reagensrör för intervallet 0,2-20 ppm då dessa var mer lämpliga för koncentrationerna av ammoniak i kompostgasen.

För att nå in en bit i kompostbehållaren användes samma plastslang som vid de övriga provtagningarna av gas. Till plastslangen kopplades en bit mjuk silikonslang, vars täthet säkerställts på labb, samt till änden av silikonslangen en injektionsspruta. I sprutan sögs först ca 20 ml gas in för att fylla systemet med provgas. Därefter kopplades sprutan loss och ett reagensrör kopplades till slangen, och sedan kopplades pumpen till reagensröret.

Vid mätningen sögs gas, 100 ml per pumpsdrag, i enlighet med instruktionerna, genom reagensröret. När pumpens indikator visade att den bestämda mängden gas strömmat in i pumpen lästes den uppmätta koncentrationen av på rörets skala. Då utslaget i många fall var mycket litet efter ett genomfört pumpsdrag, utfördes ofta ett flertal pumpsdrag varpå den på reagensröret avlästa koncentrationen dividerades med antalet utförda pumpsdrag

Mätningar av ammoniak utfördes inte vid varje mätomgång, utan enbart vid de mätomgångar som refereras med nummer 1 och 3 i denna rapport. Ammoniakmätningarna var för studien av sekundärt intresse. Fokus för undersökningen var mätning av utsläpp av växthusgaser. Vad gäller höga halter av ammoniak i komposten är det dessutom svårt att med säkerhet veta om förhöjda halter i enskilda komposter i slutändan får några effekter på miljön och hur stora dessa blir.

2.3 ANALYS AV KOMPOSTRELATERADE PARAMETRAR

2.3.1. Mätning av temperaturen i komposten

I samband med varje provtagning av gas mättes även temperaturen nere i kompostmaterialet. Detta gjordes med två olika termoelement av typ K med givare av längden 13 (Thermo Electra) respektive 20 cm (Clas Ohlson). De var kopplade till en Fluke 52 K/J-termometer. Givarna och termometern kalibrerades med tvåpunktskalibrering. Givarna fördes ner i kompostmaterialet i mitten av behållaren uppifrån sett, varpå temperaturerna lästes av när de stabiliserats. Temperaturen mättes parallellt på 13 och 20 cm djup för att få en bild av hur temperaturen skiljer sig mellan olika djup. Temperaturen på 13 cm djup är den temperatur som analyseras i resultatkapitlet då det bedömdes vara ungefär på detta djup som det sker mest mikrobiell aktivitet och där således den högsta temperaturen i komposten bör återfinnas. Förutom temperaturen i komposten mättes lufttemperaturen i närheten av komposten.

2.3.2. Analys av vattenhalt och askhalt i kompostprov

I samband med gasprovtagningarna togs även prov av kompostmaterialet som sådant, för att analysera det med avseende på bland annat vattenhalt. Proven togs med en liten

spade i kompostens övre lager, på ca 10-15 cm djup, för att senare på labb fördelas i tre skålar med känd vikt. Skålarna med material vägdes och ställdes sedan i 105°C i torkskåp i 14 timmar för att avlägsna allt vatten i proven. Efter det vägdes skålarna, nu med torkat prov, igen. För att kunna bestämma provens askhalt som fraktion av halten torrsubstans (TS) användes en föraskningsugn i vilken skålarna med de torkade proven placerades i 4 timmar vid 550 °C. När skålarna svalnat något vägdes de varpå provens askhalt beräknades. Proceduren för torkning och föraskning var samma som beskrivs i Eklind m.fl. (2007).

2.3.3. Mätning av pH i kompostprov

Av varje kompostprov för vattenhaltsanalys togs en liten mängd ut för pH-analys. Detta prov lades i ett 50 ml plaströr med skruvkork och blandades med avjoniserat vatten (i ungefärliga volymproportioner av 2:1 mellan vatten och prov) varpå det skakades en kort stund i skakmaskin och därefter fick vila i minst 30 min.

Under tiden förbereddes pH-mätaren (inoLab pH Level 1) och elektroden (SenTix 81) genom att elektroden öppnades och ställdes i 3M KCl-lösning i ca 30 min för att få jonerna i balans. Därefter utfördes kalibrering av pH-mätaren med standarder i lämpligt intervall innan pH slutligen mättes för respektive prov.

2.3.4. Provtagning av kompostmaterial för senare analys av C- och N-innehåll

Utöver det prov som togs för analys av vattenhalt och pH togs ytterligare två prov av kompostmaterialet vid mätomgångarna 2 och 3. Dessa togs för att senare kunna analyseras med avseende på kol- och kväveinnehåll, en analys som ännu inte utförts och därför inte behandlas i denna rapport.

2.4. ANALYS AV VÄXTHUSGASER

2.4.1. Beredning av standarder

Standarder, gasprov med kända koncentrationer av de gaser som analyseras, bereddes för analys i gaskromatograf. Standarderna behövdes för att kunna omvandla de responskurvor som erhöles från gasproverna till gaskoncentrationer. Utifrån de koncentrationer av respektive gas som mättes upp under de första, preliminära provtagningarna av gas vid komposterna, bereddes fem högkoncentrationsstandarder (S4 - S8) förutom de tre lågkoncentrationsstandarder (S1 - S3) som fanns förpreparerade. För de efterföljande beredningarna av standarder uppdaterades i vissa fall koncentrationerna i standarderna utifrån hur stora koncentrationer av växthusgaser som mätts upp under föregående provtagning.

Till de fem höga standarderna användes glasflaskor av känd volym, som först evakuerades och fylldes med N₂-gas. Därefter fylldes varje flaska med 200 ml extra N₂-gas, eftersom 50 ml av standardgasen senare skulle extraheras och användas till var och en av de fyra uppsättningarna av standarder. Sedan fylldes flaskorna, enligt beräkningar, med

varierande mängd av respektive gas (CO_2 , CH_4 och N_2O) för att ge standarderna skilda koncentrationer som täckte in de koncentrationer som kunde förväntas från komposterna. Med en injektionsspruta togs slutligen gas ut, 50 ml per vial, och fylldes i vialer med 20 ml volym i fyra uppsättningar. De tre lågkoncentrationsstandarderna fanns förpreparerade och togs direkt från gastub.

2.4.2. Analys i gaskromatograf

Gasproverna i fyrdubbla uppsättningar analyserades på två gaskromatografer (Perkin Elmer Claus 500), en för analys av metan och lustgas (flam-jonisationsdetektor, FID, och elektroninfångningsdetektor, ECD) och den andra för metan och koldioxid (FID och värmekonduktivitetsdetektor, TCD). Två gasprover från respektive kompost analyserades på vardera av de båda gaskromatograferna. Då antalet prover som kunde förladdas till varje gaskromatograf var omkring 60, skapades en sekvens där standarderna placerades efter 15 respektive 45 gasprov för att få en god spridning. Blanka prover placerades i början av sekvensen (2 st) samt mellan standarder och gasprov (1 st), för att undvika att förstöra några gasprov om något skulle gå snett i början av körningen, samt för att undvika kontaminering mellan gasprov och standarder. Alldeles innan proven kördes i respektive kromatograf släpptes övertrycket ut ur ampullerna genom att en injektionsnål under en kort stund fick sitta i gummimembranet. Detta gjordes för att undvika eventuella störningar som övertrycket kunde ha gett under körningarna, då gaskromatografernas autosamplers är gjorda för neutralt tryck i ampullerna.

2.4.3. Bearbetning av resultaten från GC-analysen

Resultaten från GC-analysen bearbetades i programmet TotalChrom (PerkinElmer, 2010). De erhållna responskurvorna integrerades för prover och standarder, varpå areorna för respektive prov med hjälp av regression räknades om till koncentrationer för var och en av gaserna, med hjälp av areorna för standarderna samt deras koncentrationer.

2.5. STATISTISK ANALYS AV MÄTDATA

2.5.1. Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis, PCA, utfördes i programmet LatentiX (version 2.00, 2008) i MatLab-miljö. I PCA undersöks variansen i ett flerdimensionellt "moln" av mätdata genom att ortogonala linjärkombinationer, så kallade principal components eller PC:ar, skapas av de ursprungliga variablerna. Dessa skapas så att de ska förklara så stor del av den totala variansen i variablerna som möjligt. Den första PC:n är således riktad i datamängdens längdriktning, medan den andra PC:n är vinkelrät mot den första och riktad för att beskriva det mesta möjliga av återstående varians, och så vidare för resterande PC:ar.

Loadings kallas de viktningskoefficienter som var och en av de ursprungliga variablerna bidrar med till respektive linjärkombination eller PC. Scores kallas de motsvarande koefficienterna som varje objekt, komposter i detta fall, erhåller för vardera PC. En variabel med variansen 0, alltså en konstant, får således koefficienter (loadings) lika med 0 då den inte bidrar alls till den totala variansen. I en graf där loadings för två PC:ar plottas kommer en sådan variabel att återfinnas i origo. Samma gäller för ett objekt, en kompost, som har värden lika med genomsnittet av alla komposter, för alla ingående variabler.

2.5.2. Multipel regression med GLM Procedure i SAS

För statistisk variansanalys med multipel regression användes programmet SAS (version 9.2, 2008). Dess "GLM Procedure", General Linear Model, användes för att utföra multipel regression med CH₄:CO₂- och N₂O:CO₂-kvoterna som beroende variabler. Två variabler sattes som diskreta oberoende variabler: Kompostnummer (301, 302, och så vidare) samt Mätomgång (1, 2 och 3). Övriga variabler behandlades som kontinuerliga variabler. Figur 3 visar de kommandon som användes med GLM Procedure. Kommandona hade följande funktioner:

- data: gav datamängden namnet Hemkompost.
- input: radade upp namnen på samtliga ingående variabler.
- datalines: efter detta kommando följde matrisen med data (här visas endast raderna för kompost 301), med datakolumner i samma ordning som variablerna angavs i input-raden.
- proc glm: angav GLM Procedure som beräkningsprocedur med datamängden Hemkompost.
- class: angav att variablerna Name (komposter) och Sampling (mätomgångar) skulle behandlas som diskreta variabler.
- model: ansatte variablerna CH₄ och N₂O (kvoterna CH₄:CO₂ och N₂O:CO₂) som beroende variabler till vänster om lika med-tecknet. Till höger de oberoende variabler som skulle inkluderas i den aktuella modellkörningen (samtliga eller ett urval av de variabler som lästs in i input- och datalines-raderna).

```
data Hemkompost;
input Name$ ID Sampling NA FW GW SA TW MI TE MC PH MV CH4 N2O;
datalines;
301 1 1 2 0.528 0 0 0.528 0 26.4 0.66 6.87 0.301592895 -5.94799E-06 0.00033392
301 1 2 7 4.752 0 0.1075 4.8595 1 29.7 0.58 6.77 0.301592895 2.79425E-05 0.00114173
301 1 3 11 8.712 0 0.322 9.0345 3 23.3 0.56 6.78 0.301592895 -1.4272E-05 0.001442241
proc glm data=Hemkompost;
class Name Sampling;
model CH4 N2O = NA FW GW SA MI TE MC PH MV;
run;
```

Figur 3. Exempel på kod för körning av GLM Procedure i SAS.

Nollhypoteserna var att $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ - och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoterna var oberoende av övriga variabler. På detta sätt studerades om det fanns signifikanta skillnader mellan komposter samt mellan mätomgångar med avseende på dessa kvoter. Vidare studerades de olika oberoende variablernas möjliga inverkan på de båda kvoterna. Detta utfördes på två olika sätt - genom att inkludera variabeln total mängd tillsatt material (TW) respektive att istället använda variablerna mängd tillsatt matavfall (FW), mängd tillsatt trädgårdsavfall (GW) och mängd tillsatt strukturmaterial (SA). Stegvisa multipel regressionen utfördes genom så kallad baklängeseliminering, vilket innebär att alla tänkbara oberoende variabler först inkluderas i modellen. Därefter elimineras en efter en de variabler med högst p-värde, d.v.s med lägst signifikans, ända tills det endast återstår variabler som var och en på ett signifikant sätt (med ett p-värde under 0,05) bidrar till modellen.

Även bakgrundshalterna av CO_2 , CH_4 och N_2O analyserades statistiskt. Till detta användes GLM Procedure där respektive bakgrundshalt sattes som beroende variabel och Kompost (301, 302, osv.), Mätomgång (1, 2 och 3) och Dag (mättag i ordningen under en mätomgång) sattes som diskreta oberoende variabler. Härigenom studerades eventuell signifikans i skillnaderna mellan komposter, mellan mätomgångar samt mellan mättagarna för var och en av mätomgångarna.

3. RESULTAT

3.1. ENKÄTSTUDIEN

Tabell 1 visar hur många hushåll som kontaktades, hur många enkäter som utfördes, med mera. Ungefär vart fjärde av de hushåll som kontaktades, 21 av 81, var villiga att medverka i den fördjupade studien. Av de 32 hushåll som nåddes men inte deltog i enkätstudien sade tio hushåll blankt nej till deltagande, elva hushåll hade flyttat, tio hushåll komposterade inte, samt ett hushåll delade kompostbehållare med en granne.

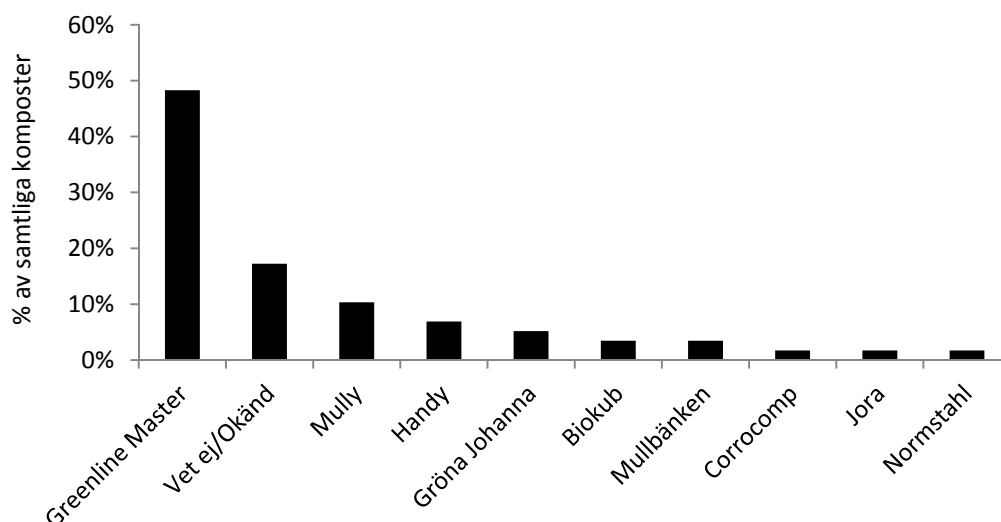
Tabell 1. Statistik över genomförda telefonenkäter, med antal som var villiga att delta i enkätstudien respektive i den fördjupade studien

Område	Antal hushåll	Antal uppringda	Antal nådda	Antal villiga att medverka	Antal enkätsvar inkl. medverkande
Sunnersta	30	30	25	6	10
Gottsunda	8	8	6	4	6
Valsätra	9	9	5	1	1
Norby	234	107	45	10	32
Totalt	281	154	81	21	49

Nedan följer några korta resultat från enkätstudien i punktform:

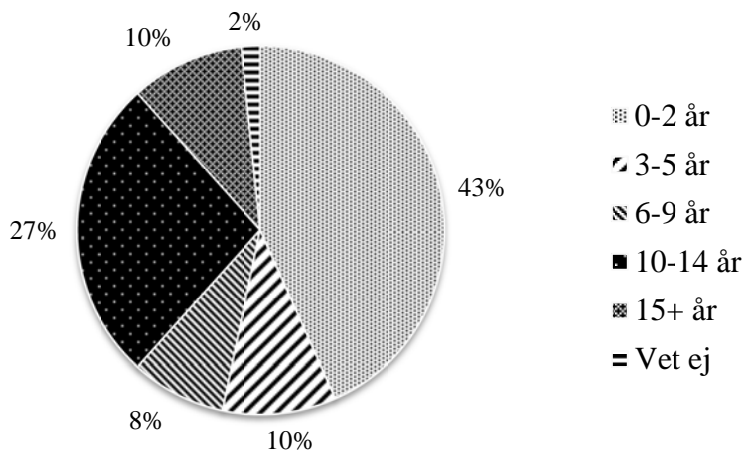
- Av de 49 hushållen hade åtta hushåll fler än en kompostbehållare för matavfall. Totalt hade de 49 hushållen 60 kompostbehållare för matavfall.
- Av behållarna var 52 isolerade varmkomposter medan övriga åtta var oisolerade kallkomposter.
- Samtliga komposter ansågs vara slutna med ett någorlunda tättsittande lock.
- Inte till någon av komposterna hade ägarna själva tillsatt maskar.
- Hushållen i enkätstudien bestod av i genomsnitt 3,2 familjemedlemmar.

Övriga resultat från de 49 utförda telefonenkäterna ges i figurerna 4 till 11 och tabell 2. Stapeldiagram har använts i de fall där flera svarsalternativ var möjliga för varje kompost, varför den totala summan av procentsatser kan överstiga 100%. Figur 4 visar fördelningen mellan de olika förekommande kompostbehållarna. Absolut vanligast var modellen Greenline Master (här inklusive modellen Greenline Master Junior) som enligt enkätsvaren utgjorde nästan hälften av komposterna. Andra relativt vanligt förekommande modeller var Mully och Handy.



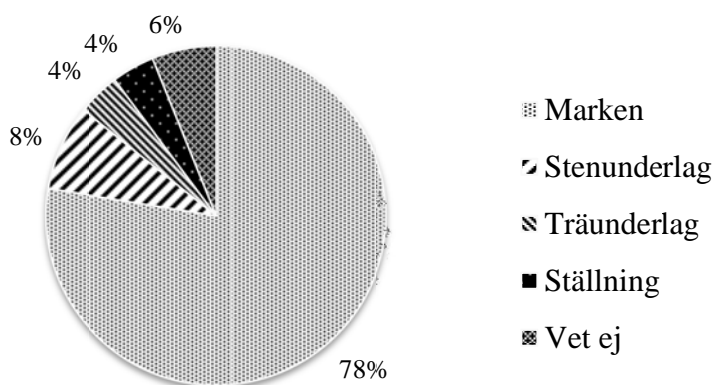
Figur 4. De modeller av kompostbehållare som användes.

Kompostbehållarnas ålder (kompostens ålder om äldre än själva behållaren) ges i figur 5. En stor andel av behållarna, 43%, var två år eller yngre medan 37% hade varit i bruk i minst 10 år. Nämnas bör att samtliga åtta kallkomposter som förekom i enkäten tillhörde den senare gruppen. Åldern för den äldsta komposten uppgavs till 25 år. Medelåldern för samtliga komposter var 6,4 år.



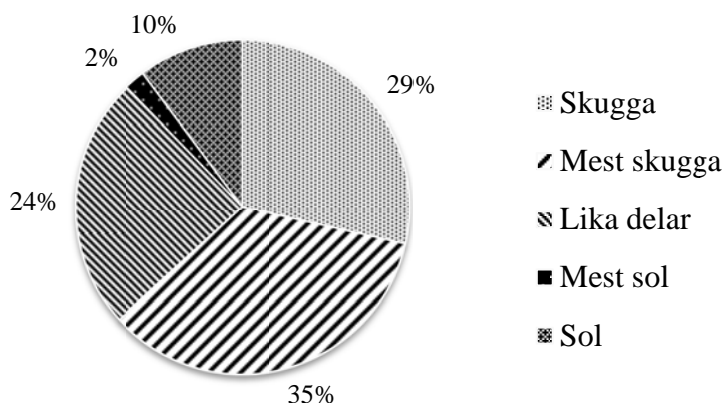
Figur 5. Kompostbehållarnas ålder.

Flera av de vanligast förekommande modellerna av behållare var i botten försedda med någon form av nät eller håll för att underlätta lufttillförsel samt för att göra det lättare för maskar att komma in i komposten. En majoritet av behållarna i enkätstudien var placerade direkt på marken (figur 6). De komposter som stod på en ställning utgjordes av två roterande kompostbehållare av märkena Jora respektive Corrocomp.



Figur 6. Underlaget för de olika kompostbehållarna.

De flesta kompostbehållare var placerade på en mer eller mindre skuggig plats (figur 7). Knappt 70% av komposterna stod mestadels i skugga medan endast 10% av komposterna sades vara placerade direkt i solen.



Figur 7. Kompostbehållarnas placering med avseende på sol/skugga.

På frågan om vilka typer av avfall som tillfördes komposten gavs fria svar av varierande detaljrikedom. En sammanställning av de typer av mat- och köksavfall som de tillfrågade hushållen tillförde sina komposter ges i tabell 2. I övre delen av tabellen under "Avfall som tillfördes" är samtliga hushåll kategoriserade utifrån tillsatta typer av köksavfall. Exempelvis sade sig majoriteten av hushållen, cirka 6 av 10, tillföra alla typer av köksavfall, inklusive kött och fisk. Totalt 18 av 49 hushåll (37%) tillförde varken kött eller fisk till komposterna. Av resterande 31 hushåll svarade 21 "Ja" på frågan om kött/fisk tillfördes, medan fyra svarade "Litet", tre svarade "Sällan" och tre svarade "Ibland".

I nedre delen av tabell 2 ges olika typer av köksavfall som tillfördes respektive undveks. Denna information uttrycktes som en del av de fria svaren och är inte resultat av enskilda frågor om tillförsel av de olika avfallstyperna, varför de faktiska talen skulle

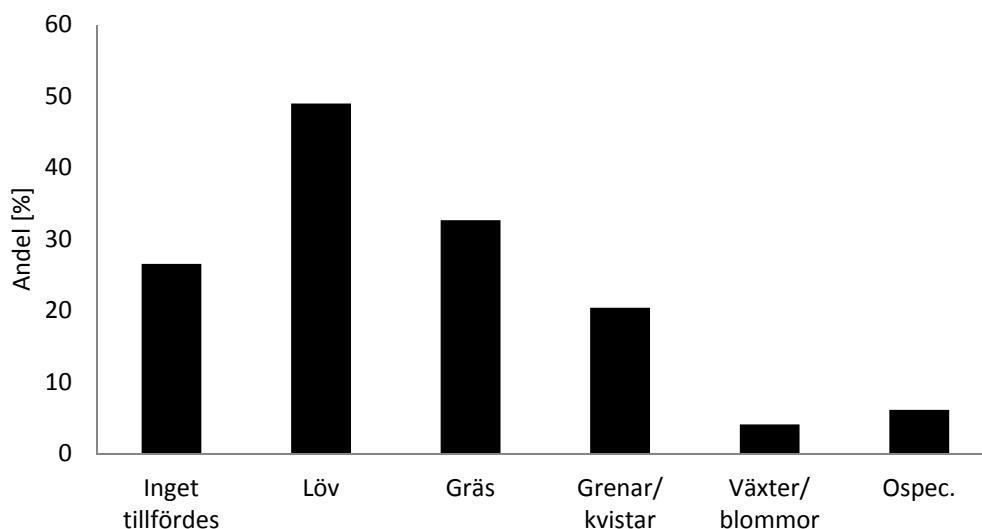
kunna vara större i verkligheten. Sju hushåll nämnde att hushållspapper utgjorde en del av deras kompostavfall, medan fyra hushåll sade detsamma om kaffesump. Bland det avfall som undveks uppgav till exempel två hushåll att de undvek att kompostera citrusfrukter då de hört att det skulle vara negativt för kompostprocessen.

Tabell 2. Olika slags mat- och köksavfall som tillfördes respektive undveks

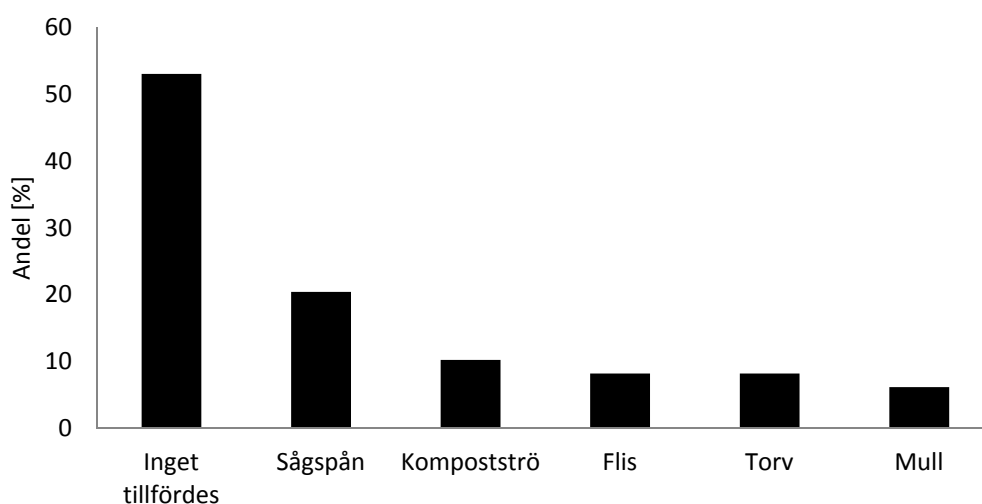
	Typ av avfall	Antal hushåll	Andel [%]
Avfall som tillfördes	(Allt) mat-/köksavfall, kött/fisk förekommer	29	59
	Mat-/köksavfall, ej kött/fisk	13	27
	Grönsaker/frukt/potatis/vegetariskt	5	10
	Grönsaker etc., kött/fisk ibland	2	4
Specifikt avfall som tillfördes	Hushållspapper	7	14
	Kaffesump	4	8
Specifikt avfall som undveks	Köttben	2	4
	Citrusfrukter	2	4
	"Lagad" mat	2	4
	Äggskal	2	4
	Räkskal	1	2

Vid sidan av köksavfall tillfördes många hemkomposter även trädgårdsavfall. Figur 8 visar att en dryg fjärdedel av komposterna inte tillfördes något trädgårdsavfall över huvud taget och att löv var ett trädgårdsavfall som ofta tillfördes. Nästan hälften av de tillfrågade hushållen tillförde löv till sina komposter i mindre eller större mängder, följt av gräs till mer eller mindre var tredje kompost.

Hur frekvent det var att strukturmaterial tillfördes hemkomposterna framgår av figur 9. Hälften av komposterna tillfördes inte någon form av strukturmaterial (förutom trädgårdsavfall som även kan fungera som strukturmaterial). Andra strukturmaterial som förekom var bland annat sågspån och kompostströ.



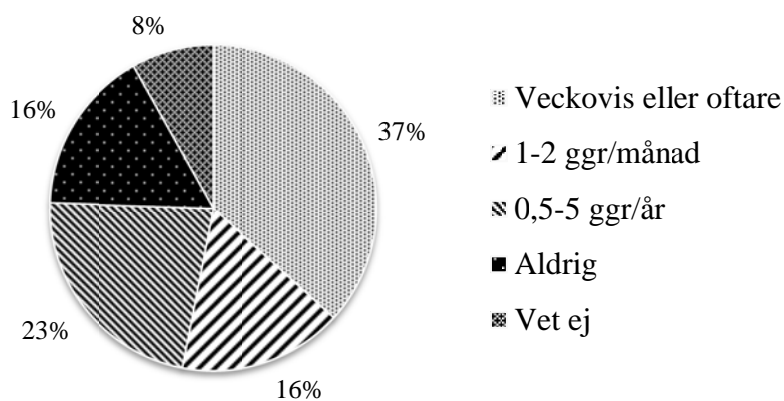
Figur 8. Andel av komposterna som tillfördes olika typer av trädgårdsavfall.



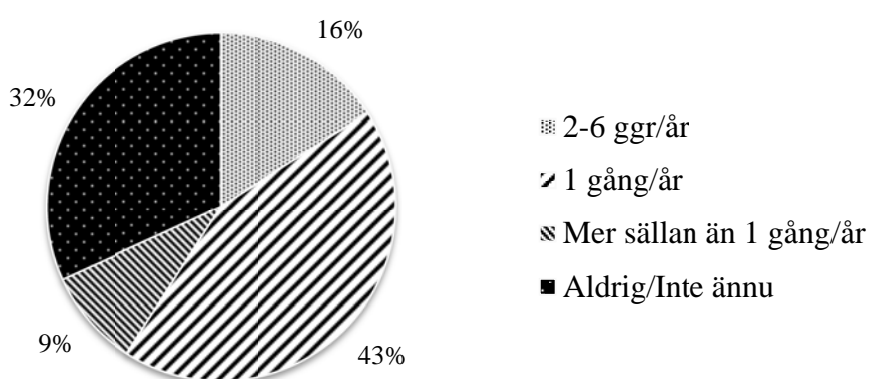
Figur 9. Andel av komposterna som tillfördes olika typer av strukturmateriell.

En dryg tredjedel av hemkomposterna blandades enligt enkätsvaren om minst en gång i veckan (se figur 10). Andra blandades om mer sällan, och 16% av hemkomposterna blandades aldrig om. Ett hushåll sade att de använde kompostpåsar av majsstärkelse som de tillsammans med avfallet slängde i behållaren, och att de lät bli att blanda om komposten för att påsarna gjorde detta svårt.

När det kommer till tömning (figur 11) var det enligt enkätsvaren vanligt att hemkomposten tömdes en gång årligen, vilket 43% uppgav att de gjorde. En knapp tredjedel, 32%, av komposterna hade vid tiden för enkäten ännu inte tömts sedan de sattes i bruk. Medelåldern för de komposter som ej ännu hade tömts var 1,8 år att jämföras med medelåldern för samtliga komposter på 6,4 år.

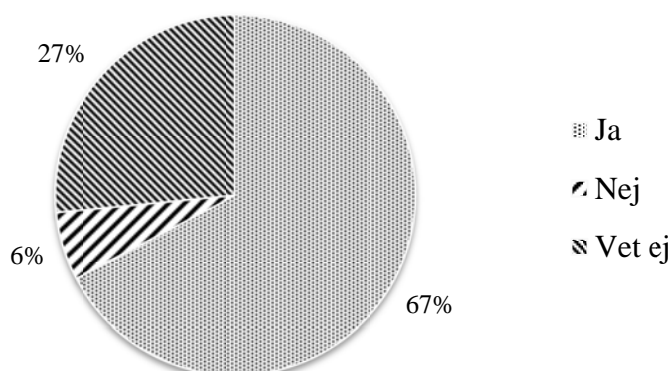


Figur 10. Fördelning över hur ofta komposterna blandades om.



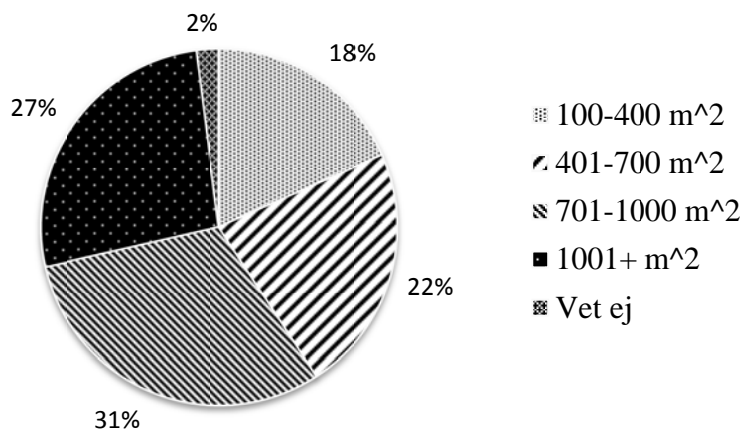
Figur 11. Fördelning över hur ofta komposterna töms.

Trots att inget av de tillfrågade hushållen själva tillsatt några maskar visar figur 12 att 67% av hushållen uppgav att deras komposter innehöll maskar. Andelen som inte innehöll mask var 6% medan resterande 27% inte hade sett om det i deras komposter fanns några maskar eller ej.



Figur 12. Andel av komposterna som innehåller maskar.

Hushållen i enkäten hade trädgårdar som varierade från 100 m² till 2400 m² som mest. Figur 13 visar att fördelningen över trädgårdsstorlek var relativt jämn. Störst andel av trädgårdarna, 31%, hade en storlek av 701-1000 m². Den genomsnittliga storleken av samtliga hushålls trädgårdar var 908 m², medan storleken på trädgårdarna för de hushåll som inte tillförde något trädgårdsavfall (14 st) var 1016 m².



Figur 13. De tillfrågade hushållens trädgårdsstorlek i anslutning till komposten.

3.2. HEMKOMPOSTER I STUDIEN OM GASUTSLÄPP

Till studien om växthusgasutsläpp valdes 19 stycken hemkomposter ut bland de vars ägare var villiga att delta i studien. Två hushåll exkluderades då dessa sagt sig använda fler än två kompostbehållare parallellt och detta ansågs försvåra provtagningen. Tabell 3 visar en översikt över de utvalda komposterna. I bilaga 1 finns bilder på de olika kompostbehållarna.

Mullbänken samt de roterande behållarna Jora och Corrocomp består av två fack. I den första är facken sammankopplade högst upp medan de i de senare är helt åtskilda. För Mullbänken utfördes därför en gemensam gasmätning för de båda facken, medan det för Corrocomp gjordes en mätning för vardera fack. Jora-behållarens ena fack var helt oanvänt under de tre mättillfällena varför gasen endast mättes i det fack som var i bruk under denna period. Med Corrocomp-behållarens båda fack räknade separat, 318Vänster respektive 318Höger, utfördes således 20 gasprovtagningar vid varje mätomgång. Av praktiska skäl och anonymitetsskäl tilldelades komposterbehållarna en godtycklig kod utifrån den ordning i vilken hushållen kontaktades. Kompostbehållarnas dimensioner ges i tabell 4.

Tabell 3. De hemkomposter som ingick i studien

Behållar-kod	Typ av behållare	Behållarens ålder	Antal personer i hushållet
301	Greenline Master	1,5	4
302	Greenline Master	1	1
303	Greenline Master	2	4
304	Handy	1	2
305	Mully	1	3
306	Greenline Master	1	5
307	Greenline Master	2	4
309	Mullbänken	10	2
310	Mully	1,5	3
311	Jora (roterande)	6-8	5
313	Greenline Master Junior	1-2	2
314	Greenline Master	15	2
315	Gröna Johanna	1	4
316	Greenline Master	1	4
317	Greenline Master	8	4
318V/H	Corrocomp (roterande)	10-12	4
319	Greenline Master	1,5	3
320	Greenline Master	5	2
321	Mullbänken	1	4

Tabell 4. Kompostbehållarnas dimensioner

Typ av behållare	Höjd (cm)	Bredd vid botten (cm)	Bredd vid toppen (cm)	Volym (L)
Corrocomp (roterande ¹)	75 (diam.)	95	-	2x115
Greenline Master	91	80	60	375
Greenline Master Junior	75	55	55	200
Gröna Johanna	90	75	55	330
Handy	90	75	65	350
Jora (roterande ¹)	70 (diam.)	90	-	2x135
Mullbänken	55	80	80	2x200
Mully	83	75	70	360

¹ De roterande behållarna består av en horisontellt hängande cylinder, varför höjdmåttet anges som en diameter. Varje facks innerbredd var ca 40 cm både för Corrocomp och Jora.

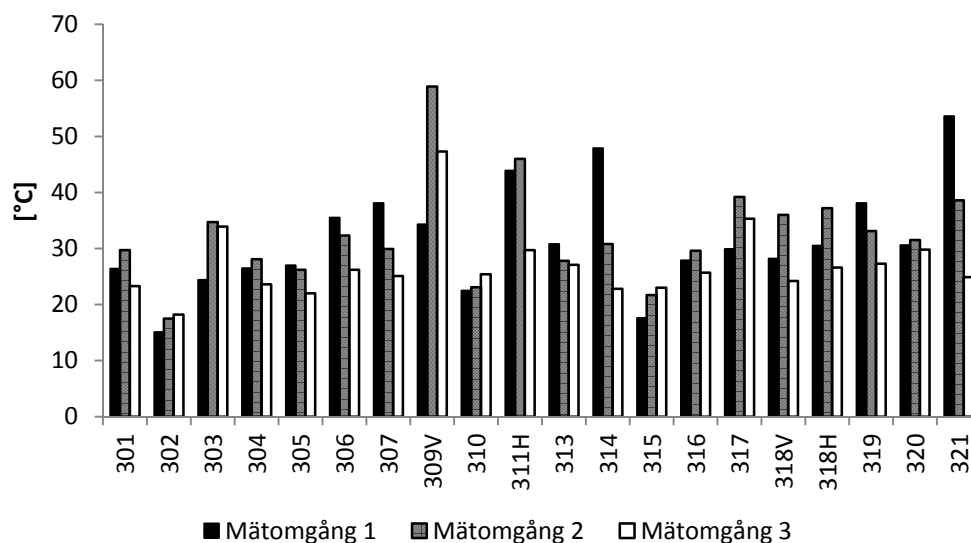
3.3. TEMPERATUR, PH, VATTENHALT OCH ASKINNEHÅLL

Temperaturen var i genomsnitt 1,14°C högre på 13 cm djup än på 20 cm djup. Skillnaden var inte signifikant på 95% signifikansnivå. Temperaturen i komposterna mättes vid tre tillfällen (figur 14). Medelvärden för de tre mätomgångarna var 31,4, 32,6 respektive 27,1°C. Temperaturen i den omgivande luften varierande under mätomgång 1 mellan 18,7 och 26,4°C med en medeltemperatur på 20,6°C, för den andra mätomgången varie-

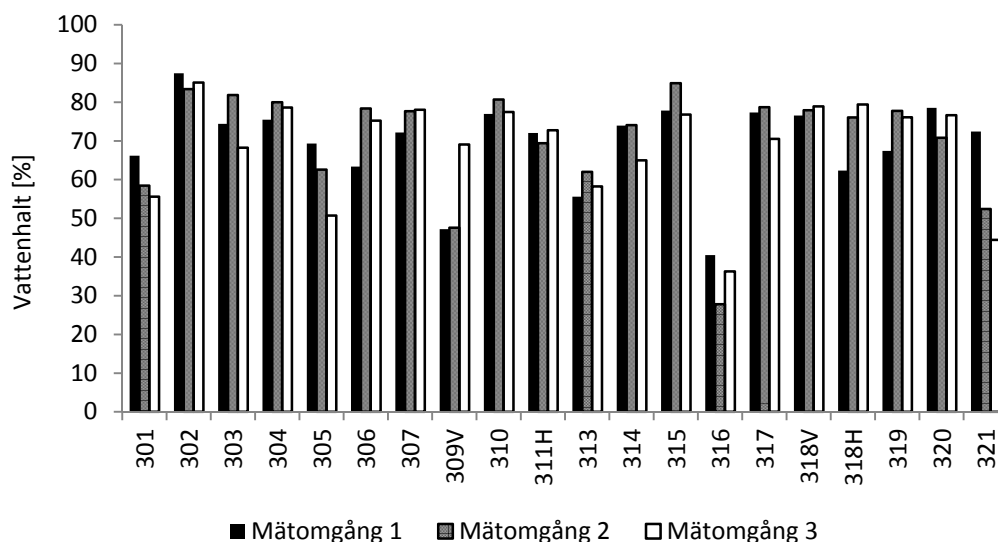
rade värdena mellan 20,0 och 29,2°C med 24,4°C som medelvärde, och under den tredje mättillfällen var temperaturomfånget i luften 18,2 till 24,1°C och 20,7°C medeltemperatur.

De flesta uppmätta temperaturerna i komposterna låg i intervallet 20-40°C med ett fåtal mätningar under 20°C respektive över 40°C. Den enskilt högsta temperaturen uppmättes till 58,9°C i kompost 309 vid mättillfälle 2. Temperaturer under 20°C uppmättes i komposter 302 och 315. Dessa användes sparsamt under perioden för mätningarna och höjden på kompostmaterialet var i dessa omkring 15-25 cm. Den låga höjden medförde i vissa fall att termometern med den 20 cm långa givaren bottnade samt att temperaturen på 13 cm djup mättes mycket nära behållarens botten.

Hemkomposternas vattenhalt var förhållandevis hög, generellt sett (figur 15). Till skillnad från temperaturen höll sig den genomsnittliga vattenhalten ungefär på samma nivå under mätperioden; 69, 70 respektive 69% var de genomsnittliga vattenhalterna för mätomgångarna 1 till 3. De allra flesta, 80%, av de uppmätta vattenhalterna var över 60% och nästan hälften, 28 av totalt 60, av dem var 75% eller högre. Kompost 316, som innehöll en stor andel torrt gräs, utmärkte sig med en vattenhalt omkring 30 till 40% för alla tre mätningar.

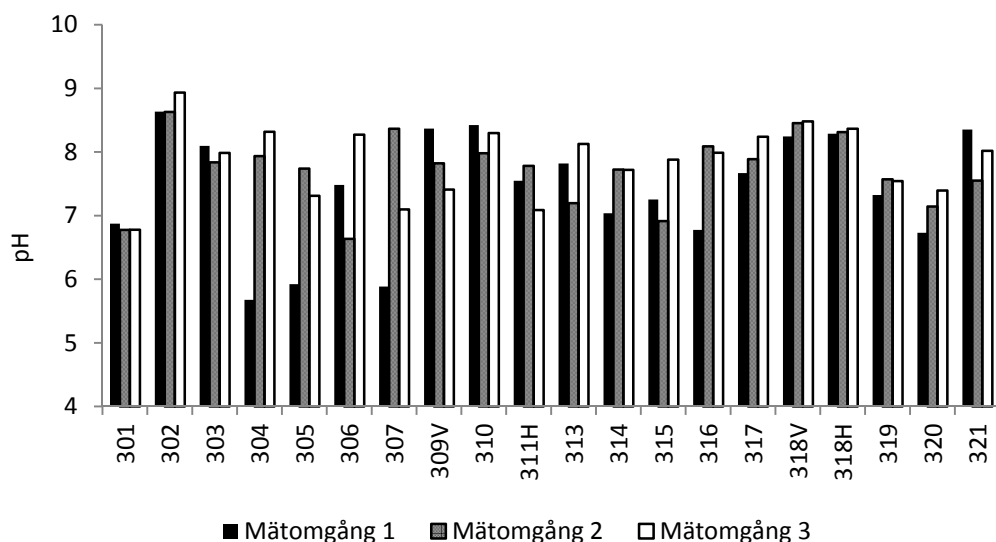


Figur 14. Temperaturen i komposterna på 13 cm djup för de tre mätomgångarna.



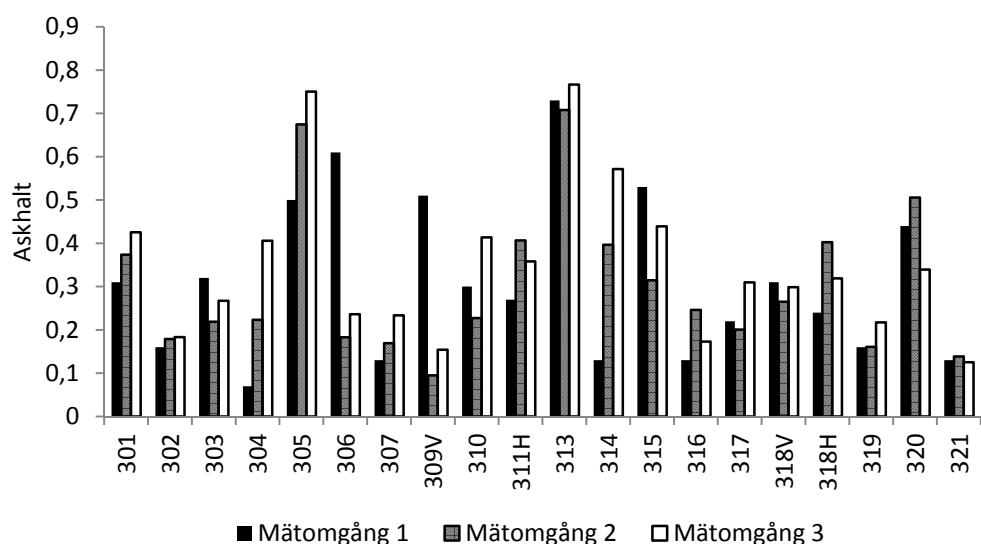
Figur 15. Uppmätt vattenhalt i komposterna.

De uppmätta pH-värdena ges i figur 16. De genomsnittliga pH-värdena för respektive mätomgång var 7,42, 7,72 samt 7,86, något som alltså tyder på en svag ökning av pH under mätperioden. Överlag kan sägas att komposterna var svagt basiska; 39 av 60 mätvärden överstiger 7,5 i pH. Endast tre av kompostproven hade ett pH-värde under 6, och samtliga dessa prov var från den första mätstillfället. Noterbart är också att kompost 302 hade det högsta pH-värdet i varje mätomgång och att alla mätvärden var över 8,5 i denna kompost.



Figur 16. Uppmätta pH-värden i komposterna för de tre mätomgångarna.

Askhalten, uttryckt som viktfraction av torrsubstansen, ges i figur 17. Den genomsnittliga askhalten i komposterna var för de tre provtagningstillfällena 0,31, 0,30 respektive 0,35. Värdena varierar kraftigt mellan komposterna, med uppmätta halter från omkring 0,1 som lägst till uppåt 0,8 som mest.



Figur 17. Askhalten i komposterna som viktandel av TS.

3.4. MÄTNINGAR AV AMMONIAK

I många fall kunde inte någon ammoniak alls detekteras och i dessa fall har koncentrationen angetts med ett ”mindre än”-tecken, till exempel <0,3 (tabell 5). Detta innebär att den avlästa koncentrationen ej nått upp till det lägsta skalstrecket på 1 ppm efter tre pumpslag. De komposter som inte står med i tabellen uppvisade halter på <0,3 ppm vid båda mätomgångarna. Vid båda mätningarna uppvisade kompost 316 högst NH₃-koncentration; 3,5 respektive 12 ppm. Det näst högsta värdet, 5 ppm, uppmättes i kompost 303 vid mätomgång 3. Notera att ammoniak inte mättes vid mätomgång 2 utan bara vid mätomgång 1 och 3, i början av juni respektive i slutet av juli.

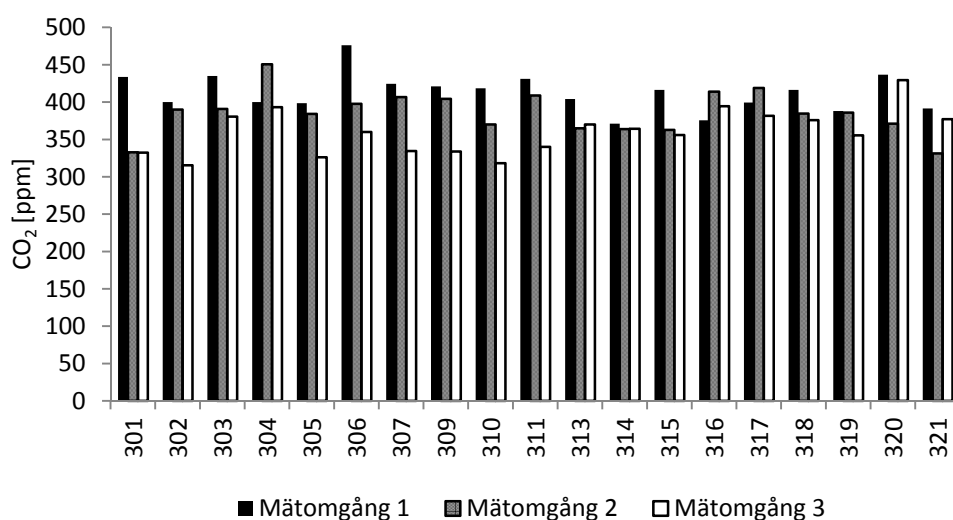
Tabell 5. Ammoniakkoncentration vid de två mätningarna. Komposterna 307, 309, 310, 311H, 318V, 318H, 319 och 321 hade vid båda mätningarna lägre värde än 0,3 ppm.

Kompost	Konc NH ₃ [ppm]	
	Mätomgång 1	Mätomgång 3
301	<1	<0,3
302	3	0,3
303	1,7	5
304	2	0,8
305	<1	<0,3
306	<1	1,8
313	2	1,5
314	<1	<0,3
315	2,5	2
316	3,5	12
317	0,3	0,3
320	1	<0,3
321	<0,3	3

3.5. VÄXTHUSGASER

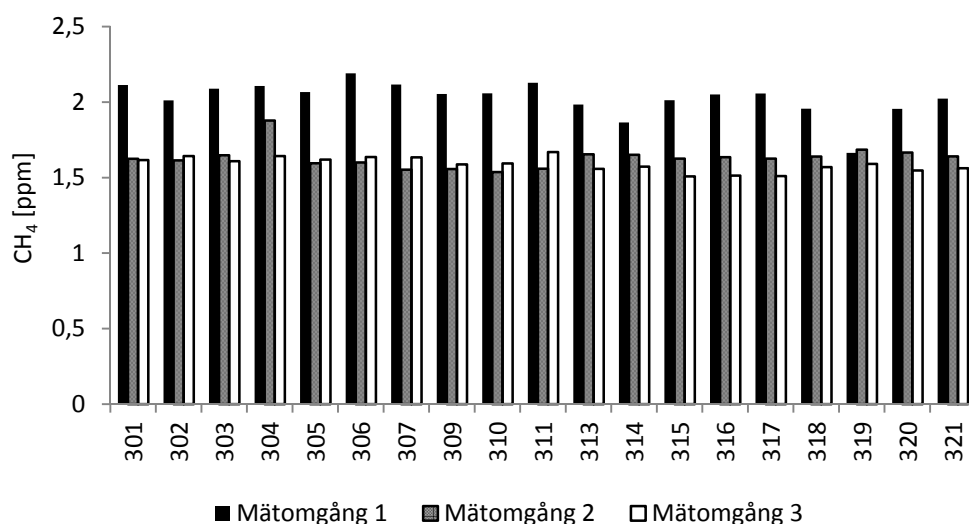
3.5.1. Bakgrundshalter

Bakgrundshalterna av koldioxid ges i figur 18. De uppmätta värdena varierade omkring knappa 400 ppm med 315 och 476 ppm som lägsta respektive högsta värde. I tabell 6 visas att medelvärdena minskade från mätomgång 1 till 3 från 413 till 360 ppm. Samtidigt ökade standardavvikelsen något, från 25 till 30 ppm.



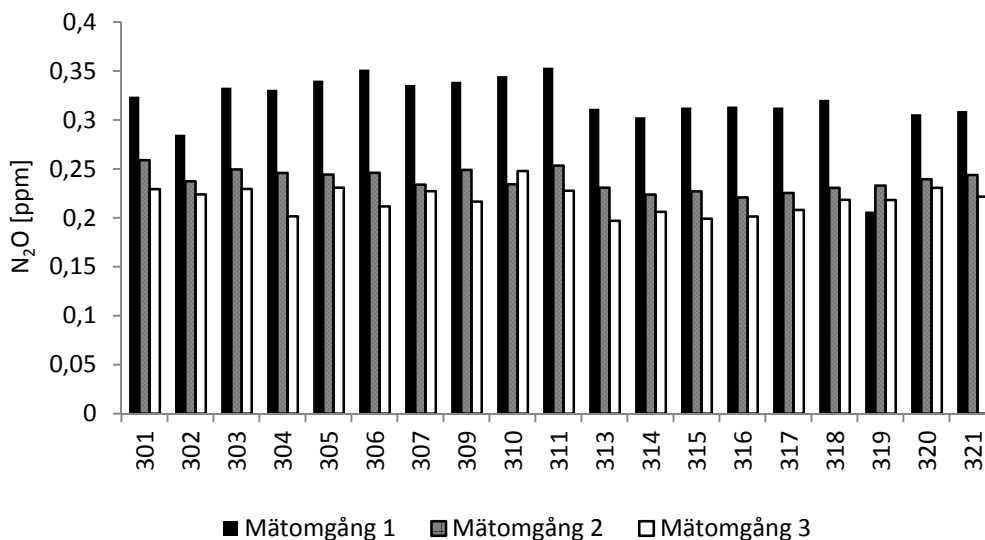
Figur 18. Uppmätta bakgrundshalter av CO₂.

Skillnaderna i koncentration av metan i den omgivande luften mellan de olika mätomgångarna var större än i fallet koldioxid (figur 19). Medelvärdet för första mätomgången var 2,03 ppm. Till mätomgång 2 hade det sjunkit till 1,63 och höll sig ungefär likt till mätomgång 3 med medelvärdet 1,59 ppm. Koncentrationerna av metan höll sig på en allt jämnare nivå under mätperioden då standardavvikelsen sjönk från 0,12 till 0,05 ppm från den första till tredje mätomgången.



Figur 19. Uppmätta bakgrundshalter av CH₄.

Liksom för metan var bakgrundskoncentrationerna av lustgas (figur 20) som högst vid mätomgång 1. Värdena varierade mellan 0,20 och 0,35 ppm, med medelvärden för de tre mätomgångarna på 0,32, 0,24 respektive 0,22 ppm. Koncentrationerna uppvisade mindre variation vid mätomgångarna 2 och 3. Standardavvikelsen var 0,03 ppm för första mättillfället jämfört med 0,01 ppm för vardera av de båda efterföljande.



Figur 20. Uppmätta bakgrundshalter av N₂O.

Tabell 6. Statistik för bakgrundshalterna av respektive växthusgas

	Mätomgång	Medelvärde	Medianvärde	Std-avvikelse
		[ppm]	[ppm]	[ppm]
CO ₂	1	412,5	416,2	24,8
	2	386,0	386,0	29,1
	3	359,9	359,9	29,9
	Totalt	386,1	388,0	34,4
CH ₄	1	2,03	2,05	0,12
	2	1,63	1,63	0,07
	3	1,59	1,59	0,05
	Totalt	1,75	1,64	0,22
N ₂ O	1	0,32	0,32	0,03
	2	0,24	0,24	0,01
	3	0,22	0,22	0,01
	Totalt	0,26	0,24	0,05

En variansanalys av bakgrundshalterna (tabell 7) visar att skillnaderna mellan mätomgångar var signifikanta ($p < 0,05$ för variabeln Mätomgång) för alla tre gaser. Skillna-

derna mellan de enskilda komposterna var emellertid inte signifikanta, då samtliga p-värden för variabeln Kompost var över 0,05. Under varje mätomgång togs prover under ett flertal dagar, och variabeln Dag representerar de olika mätdagarna för respektive mätomgång. Skillnaderna i bakgrundshalter mellan mätdagarna inom varje mätomgång var oftast icke signifikanta, förutom för CH₄ vid mätomgång 3 (p = 0,0151). Notera för tabell 7 att resultaten för variablerna Kompost och Mätomgång är från samma modellkörning, medan de för variabeln Dag är från separata körningar.

Tabell 7. Variansanalys av bakgrundshalterna av CO₂, CH₄ och N₂O

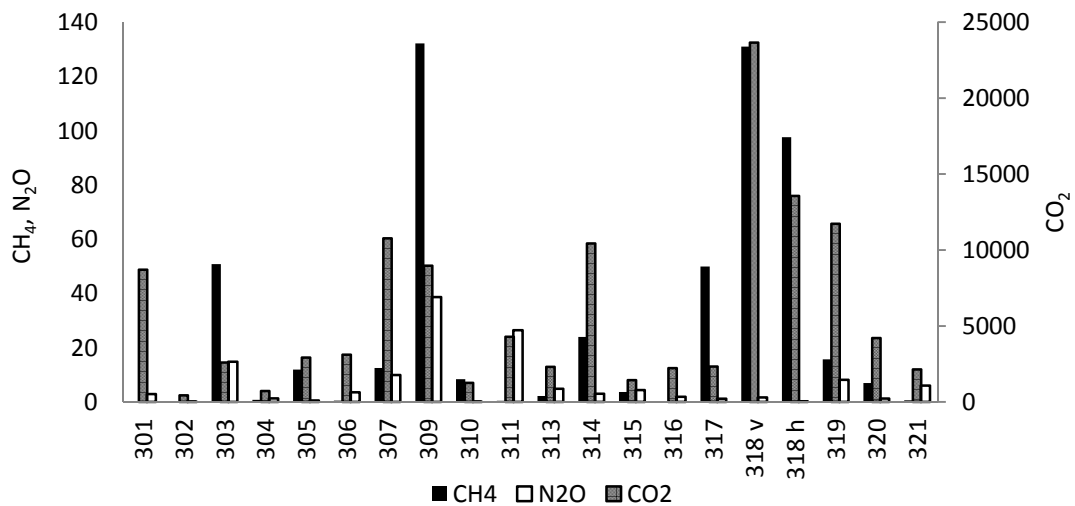
	Variabel	DF	Type III SS	Mean square	F	Pr > F
CO ₂	Kompost	18	14968,54438	831,5858	1,09	0,3995
	Mätomgång	2	331,25433	13133,5807	17,21	<,0001
	Dag, omg. 1	4	1518,21951	379,5548	0,56	0,6983
	Dag, omg. 2	3	2308,92391	769,6413	0,89	0,4686
	Dag, omg. 3	2	4082,30396	2041,1519	2,72	0,0962
CH ₄	Kompost	18	2,02291885	0,11309067	0,99	0,4897
	Mätomgång	2	1,63119503	0,07075801	159,45	<,0001
	Dag, omg. 1	4	0,05848895	0,01462224	1,14	0,3785
	Dag, omg. 2	3	0,02680822	0,00893607	1,96	0,1628
	Dag, omg. 3	2	0,01678316	0,00839158	5,52	0,0151
N ₂ O	Kompost	18	0,30913026	0,03152558	1,8	0,0658
	Mätomgång	2	0,23826072	0,01053973	147,5	<,0001
	Dag, omg. 1	4	0,00399911	0,00099978	0,94	0,4690
	Dag, omg. 2	3	0,00080519	0,0002684	3,22	0,0530
	Dag, omg. 3	2	0,000671	0,0003355	2,02	0,1656

3.5.2. Halter i kompostgasen

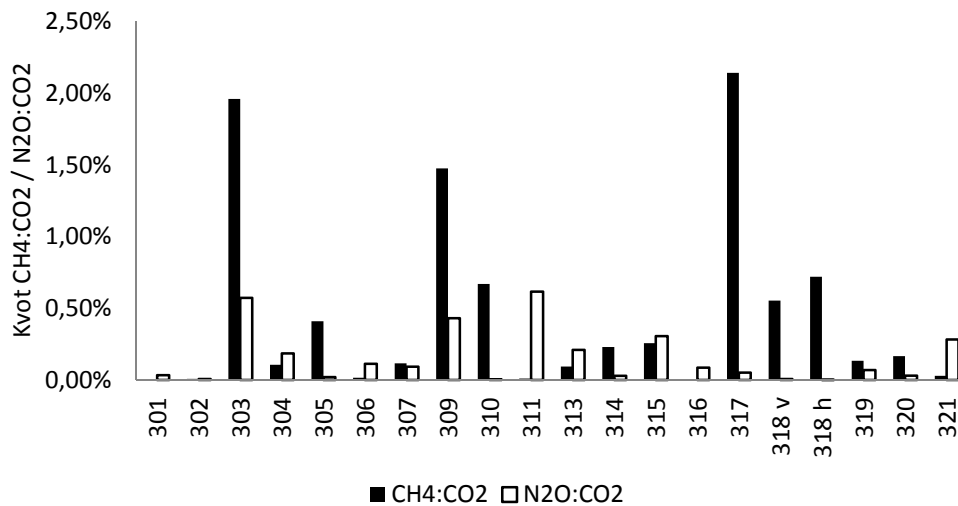
I figur 21 visas de uppmätta, för bakgrundshalter korrigerade koncentrationerna från mätomgång 1. För CO₂ (höger axel) var värdena mycket varierande från dryga 500 ppm i kompost 302 till knappa 25000 ppm i kompost 318V. De flesta värdena höll sig emellertid lägre än 10000 ppm. Halterna CH₄ (vänster axel) uppvisade även de stor variation komposterna emellan. Komposterna 309 samt 318V uppvisade de högsta koncentrationerna med ca 130 ppm, följt av 318H med knappa 100 ppm. Förutom ett par omkring 50 ppm var metanhalterna för det större flertalet komposter lägre än 20 ppm. De högsta halterna av lustgas, N₂O, var betydligt lägre än motsvarande för metan. Som mest uppmättes knappa 40 ppm i kompost 309, medan kompost 311 hade näst högst värde med dryga 20 ppm.

De beräknade kvoterna av koncentrationerna av CH₄:CO₂ respektive N₂O:CO₂, efter justering för bakgrundshalterna, ges i figur 22. Kvoterna anger hur stora koncentrationerna av CH₄ respektive N₂O var jämfört med motsvarande koncentration av CO₂. Ett

visst mönster kan skönjas vid jämförelse med de uppmätta halterna i figur 9. Här var det tre komposter (303, 309 och 317) som med marginal hade de högsta kvoterna, med dryga 2% för kompost 317. Notera även i figurer 21-22 att komposter kan ha låga kvoter av olika anledningar. Exempelvis har komposterna 301 och 314 låga $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ - och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter trots en ansevärt hög koncentration CO_2 , medan kvoterna för en kompost som 302 är låga helt enkelt på grund av den låga aktiviteten och CO_2 -koncentrationen.



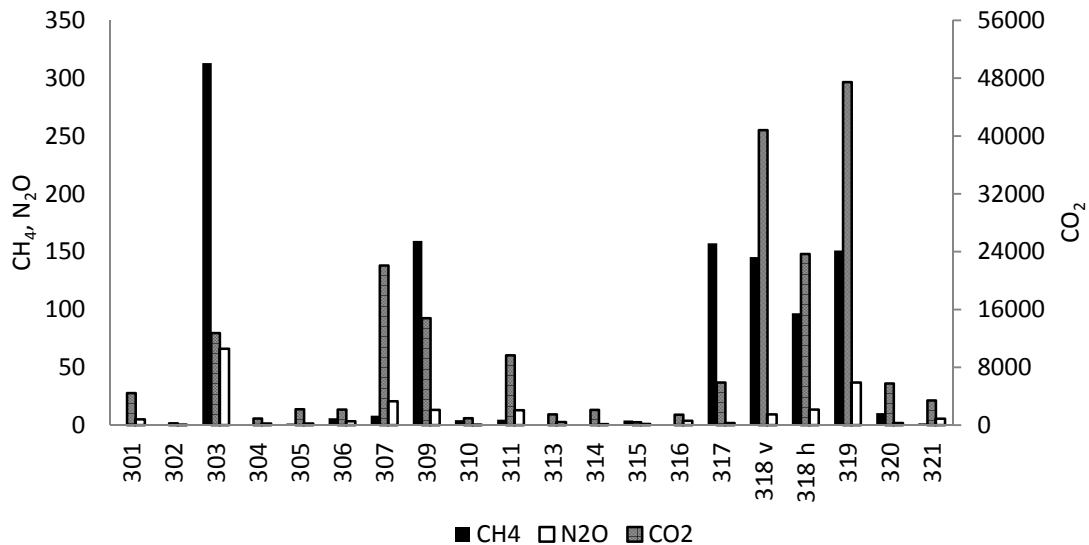
Figur 21. Uppmätta och korrigerade koncentrationer i ppm av metan, lustgas och koldioxid i respektive kompost vid mätomgång 1.



Figur 22. Beräknade $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ - och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter i respektive kompost vid mätomgång 1.

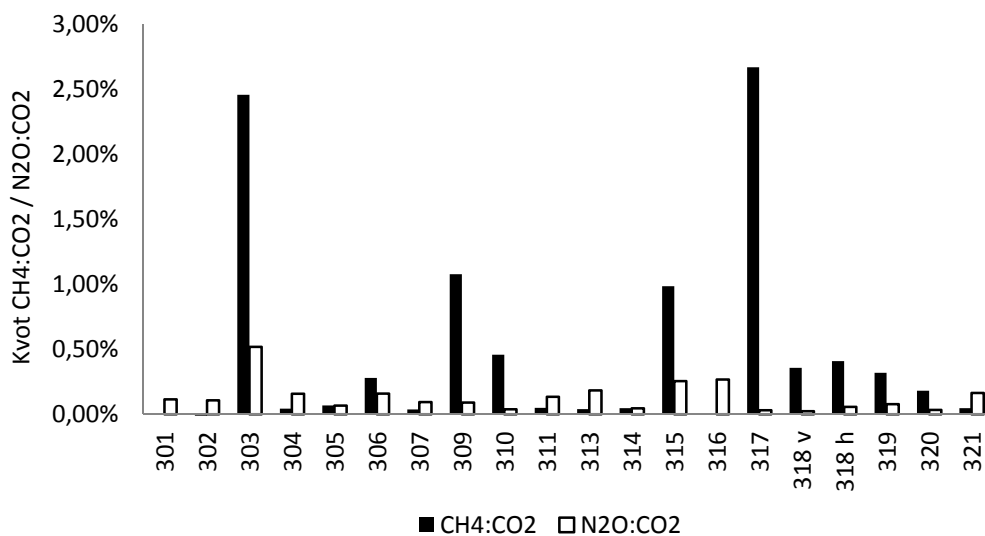
De uppmätta och korrigerade halterna i komposterna vid den andra mätomgången i ordningen visas i figur 23. Skalan för CO_2 är här ändrad då koncentrationerna har skjutit i höjden för komposterna 318V samt 319. Den senare uppvisar det högsta värdet med närmare 50000 ppm. I övrigt är den generella bilden oförändrad sedan mätomgång 1

med en majoritet av uppmätta CO₂-halter som understiger 10000 ppm. Vad gäller metan är koncentrationen framför allt hög i kompost 303. För N₂O är läget ungefär detsamma som vid mätomgång 1, med ett fåtal undantag understiger halterna 20 ppm.



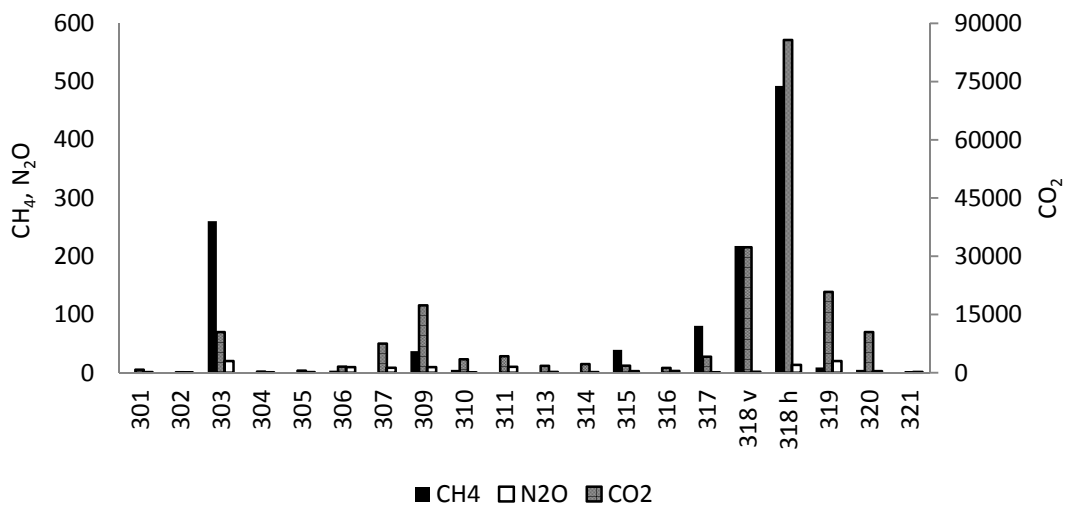
Figur 23. Uppmätta och korrigerade koncentrationer i ppm av metan, lustgas och koldioxid i respektive kompost vid mätomgång 2.

Kvoterna för de uppmätta och justerade koncentrationerna, CH₄:CO₂- och N₂O:CO₂-halterna vid mätomgång 2 följer samma mönster som de från den första mätningen (figur 24). Komposter 303, 309 och 317 uppvisar fortsatt höga CH₄:CO₂-kvoter med som mest dryga 2,50% i kompost 317. Kvoterna N₂O:CO₂ har överlag minskat något. Liksom för mätomgång 1 är det viktigt att notera att vissa komposter hade låga kvoter på grund av låg aktivitet/CO₂-halt, som kompost 314, medan vissa andrar uppvisade låga utsläppskvoter trots en betydande CO₂-koncentration, till exempel kompost 307.

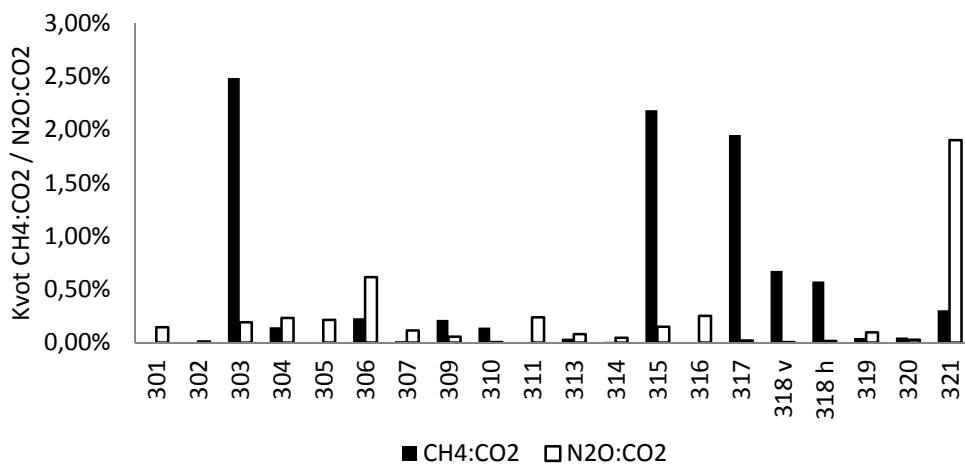


Figur 24. Beräknade CH₄:CO₂- och N₂O:CO₂-kvoter i respektive kompost vid mätomgång 2.

Vid den tredje mätomgången, i slutet av juli, hade kompost 318H kraftigt ökade koncentrationer av CO₂ och CH₄ jämfört med tidigare (figur 25), detta utan att ha ökat mängden tillsatt material från perioden innan. De uppmätta CH₄:CO₂- och N₂O:CO₂-kvoterna från samma tillfälle, som visas i figur 26, hade på det stora hela inte ändrats så mycket från mätomgång 2, med några undantag. Kompost 309 hade nu en fortsatt minskad CH₄:CO₂-kvot medan kompost 315 ökat sin dito till strax över 2%. Störst förändring stod dock kompost 321 för med en N₂O:CO₂-kvot på nästan 2%, från att tidigare ha legat omkring 0,2%.



Figur 25. Uppmätta och korrigerade koncentrationer i ppm av metan, lustgas och koldioxid i respektive kompost vid mätomgång 3.



Figur 26. Beräknade CH₄:CO₂- och N₂O:CO₂-kvoter i respektive kompost vid mätomgång 3.

3.6. UTVÄRDERING AV KOMPOSTPROTOKOLLEN

Den inhämtade informationen i kompostprotokollen angående alla de aktiviteter hushål- len gjort med sina respektive komposter under tiden för mätningarna var av mycket va- rierande slag. De allra flesta protokoll fylldes i helt enligt instruktionerna, medan vissa hushåll glömde bort att föra protokollet under den första tiden för att sedan bli bättre. Andra fyllde i protokollet enligt instruktionerna i början för att sedan efter några veckor glömma bort det helt. Detta medförde att de tillsatta mängderna material i ett par fall fick uppskattas utifrån tidigare tillsatser eller muntliga uppgifter.

Då nästan samtliga tillsatta mängder av avfall angetts i volym behövde de räknas om till vikter. För alla de olika slag av material som tillfördes användes skrymdensiteter enligt tabell 8 nedan. I bilaga 3 ges uppskattningar av de tillsatta mängderna material samt antal omblandningar.

Tabell 8. Skrymdensiteter för de material som komposterats

Material	Skrymdensitet [$\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$]	Referens
Gräsklipp	0,133	Fritz och Graves (1992)
Jord	1,3	Northern Arizona University (2010)
Löv	0,04	Ahn et al. (2007)
Matavfall	0,352	Stoffella och Kahn (2001)
Stallgödsel	0,83	Klickitat County (2005)
Sågspån	0,241	Ahn m.fl. (2007)
Torv	0,1075*	Minkkinen och Laine (1998)

*) Medelvärde av 0,082 respektive 0,133 $\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$ för odränerade resp. dränerade myrar

I övrigt skedde förfarandet med att utvärdera informationen i kompostprotokollen enligt följande punkter:

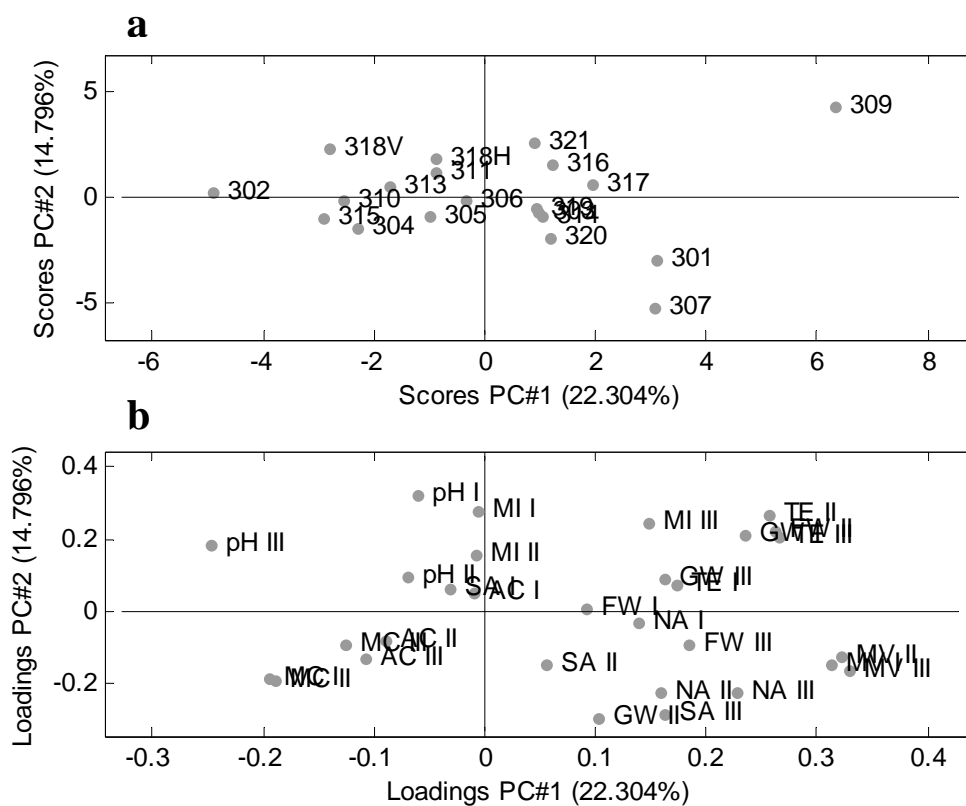
- Vattning av komposten inkluderades ej som variabel då endast två komposter vattnades under tiden för mätningarna, samt eftersom eventuell vattning ändå återspeglas i kompostens vattenhalt.
- Eventuell tömning av kompost togs ej i beaktande då det utfördes på endast ett fåtal komposter.
- För de tillsatser som gjorts som bestod av olika material användes medelvärdet för deras respektive skrymdensiteter vid viktberäkningen.

3.7. STATISTISK ANALYS

3.7.1. Principle Component Analysis (PCA)

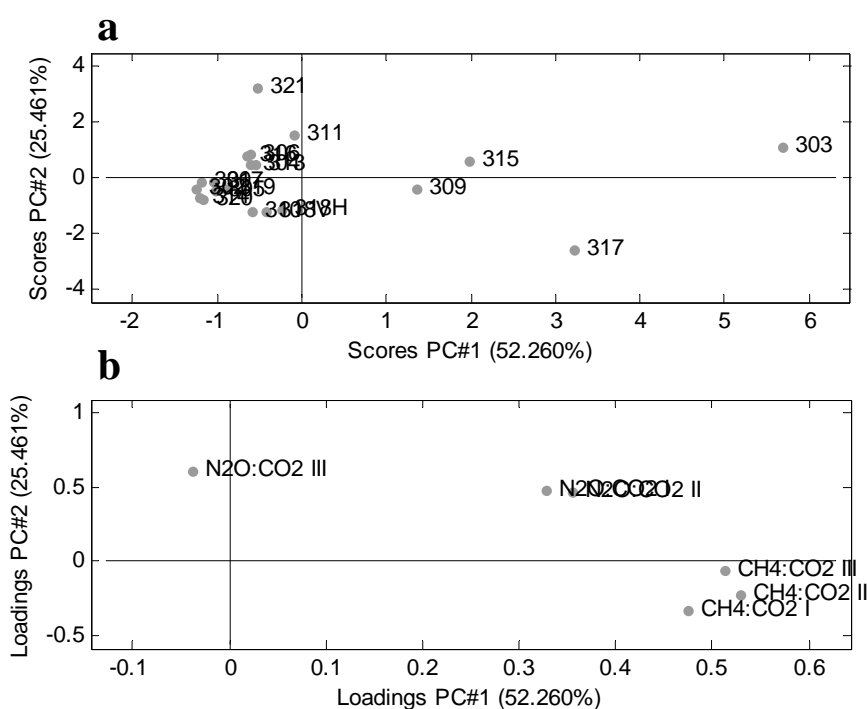
En första PCA utfördes för de tre uppsättningarna vardera (från de tre mätomgångarna) av variablerna temperatur (TE), pH (PH), vattenhalt (MC), askinnehåll (AC), tillsatt mängd matavfall (FW), trädgårdsavfall (GW) respektive strukturmaterial (SA), antal tillsatser av material (NA), antal omblandningar (MI) samt kompostmateriallets estimate-

rade volym (MV). I, II respektive III representerar de tre mätomgångarna. Figureerna 27a-b visar PC scores samt -loadings för denna PCA, det vill säga hur mycket varje objekt/ kompost respektive variabel bidrog till den totala variansen i PC 1 och PC 2. Av den totala variansen svarade PC 1 och PC 2 i sin tur för 22% respektive 14%. Vidare kan viss klustring av komposter skönjas. I övre mitten i figur 27a samlas exempelvis komposter som framför allt blandades om relativt mycket, nämligen komposterna 316, 317, 318V, 318H och 321. Längst till höger i figuren ligger, med relativt stort avstånd till övriga komposter, komposten 309. Detta antyder att det var en kompost som stack ut från övriga komposter på ett antal punkter. En jämförelse med figur 27b ger en antydning att kompost 309 utmärkte sig med höga temperaturer (TE) och vissa stora tillsatser av avfall (GW och FW) då dessa variabelers position i första kvadranten (stora positiva loadings till båda PC:arna) överensstämmer med 309:s position i samma kvadrant i figur 27a. På samma sätt kännetecknades komposterna till vänster i figur 27a, till exempel 302 och 315, av låg temperatur på grund av det stora avståndet till kompost 309. Positionen av variabelerna för vattenhalt (MC) i figur 27b visar att samma komposter även utmärkte sig med en hög vattenhalt. Vidare återfinns komposterna 301, 307 och 320 nere till höger i kvadrant IV. I motsvarande kvadrant i figur 27b finns variabelerna NA, SA och MV. Nämnade komposter var således sådana som tillsattes material relativt ofta, som tillsattes vissa mängder strukturmateriell och tillhörde de komposter med störst materialvolym.



Figur 27a-b. Plot över a) scores för komposterna respektive b) loadings för de variabler som ingick i den första PCA:n.

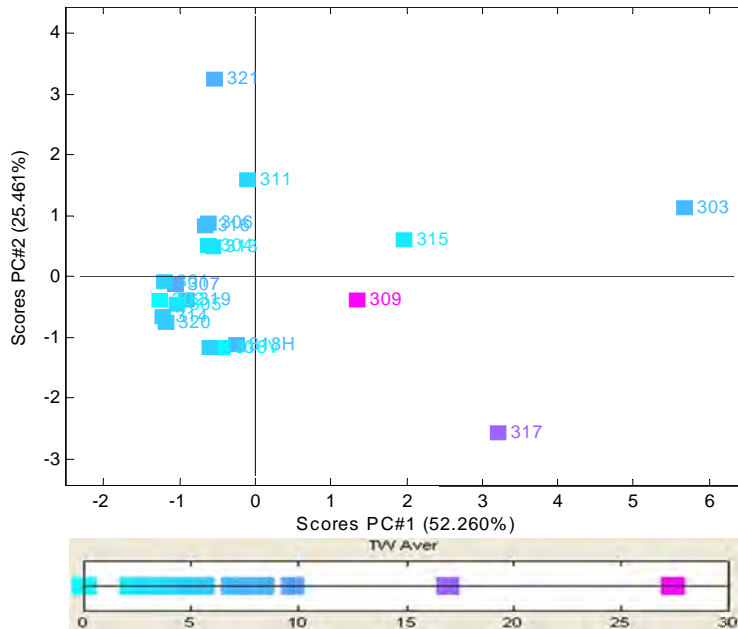
En andra PCA beräknades med avseende på variablerna $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ från de tre mätomgångarna, alltså totalt sex variabler. Figur 28a-b ger komposternas scores respektive variablernas loadings från denna PCA. Variablerna $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ ligger relativt samlade långt till höger i figur 28b. Högst $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoter överlag uppvisade komposter 303 och 317, följda av 309 och 315. De klustrade komposterna till vänster i figuren hade låga eller försumbara $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoter. Vad gäller $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ var de högsta kvoterna ungefär de samma vid mätomgång 1 och 2, för att sedan öka kraftigt till mätomgång 3. Därav $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ III:s placering distanserad från de övriga 2 (figur 28b). Den kraftiga ökningen stod kompost 321 för, medan även komposter som 303, 311 och 315 uppvisade förhöjda kvoter. Komposter klustrade i den tredje kvadranten, men även 317, var de som uppvisade lägst $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter.



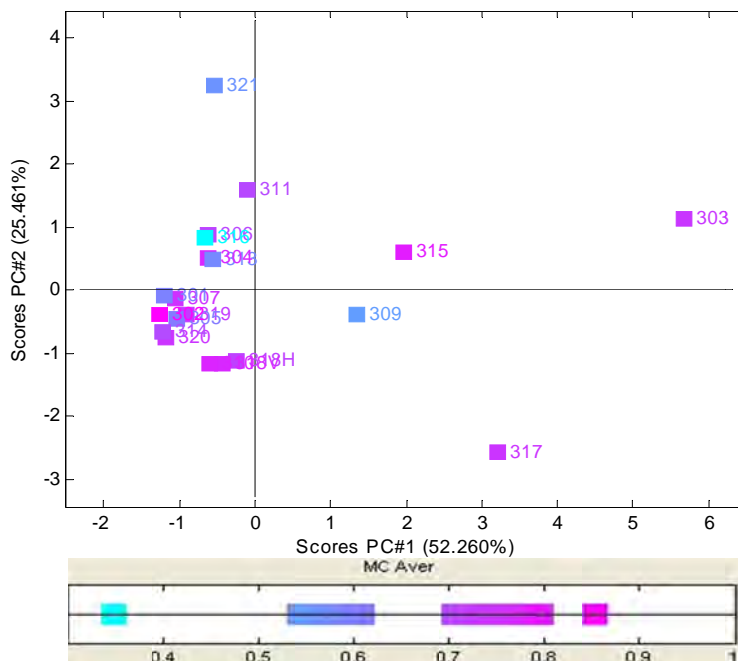
Figur 28a-b. Plot över a) scores för komposterna respektive b) loadings för de tre omgångarna av variablerna $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$.

Figurer 29-31 bygger vidare på den förra figuren genom att visa samma scores och spridning av komposterna som figur 28a, men med en färgindikator för en ytterligare variabel. I figur 29 visas komposternas färgkod för den genomsnittliga mängden tillsatt material per period. Minst material tillfördes komposterna 302, 315 och 318V, medan kompost 309 med råge tillsattes mest material. Av de fyra komposter med högst $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoter var tre av dem (303, 309 och 317) bland de som även tillsattes störst mängd material. För $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ framträdde inget mönster mellan utsläppen och tillsatt mängd material - kompost 321 med högst genomsnittlig $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ tillfördes medelstora mängder material medan de komposter med högst matning, 309 och 317, uppvisade överlag låga $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter.

Komposternas respektive genomsnittliga vattenhalt ges i figur 30. Både för $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ uppvisade komposter med liknande vattenhalt såväl låga som höga kvoter. De komposter med lägst och högst vattenhalt, 316 respektive 302, hade båda låga kvoter $\text{CH}_4:\text{CO}_2$. Bland de komposter med högst $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter fanns både komposter med lägre vattenhalt (316 och 321) och sådana med vattenhalter kring 75% (303 och 311).

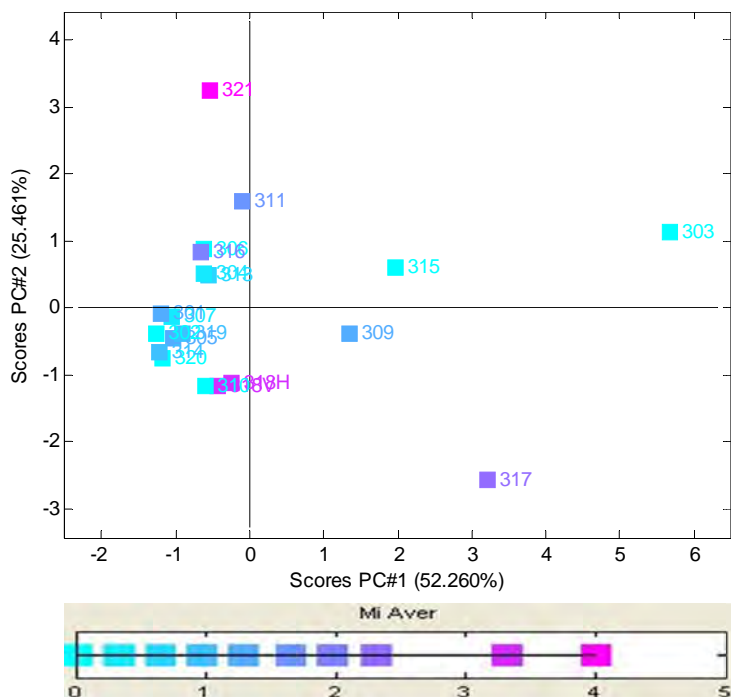


Figur 29. Komposternas scores med avseende på $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$. Turkos färg indikerar mindre mängd tillsatt material per period medan lila färg indikerar större mängd tillsatt material per period.



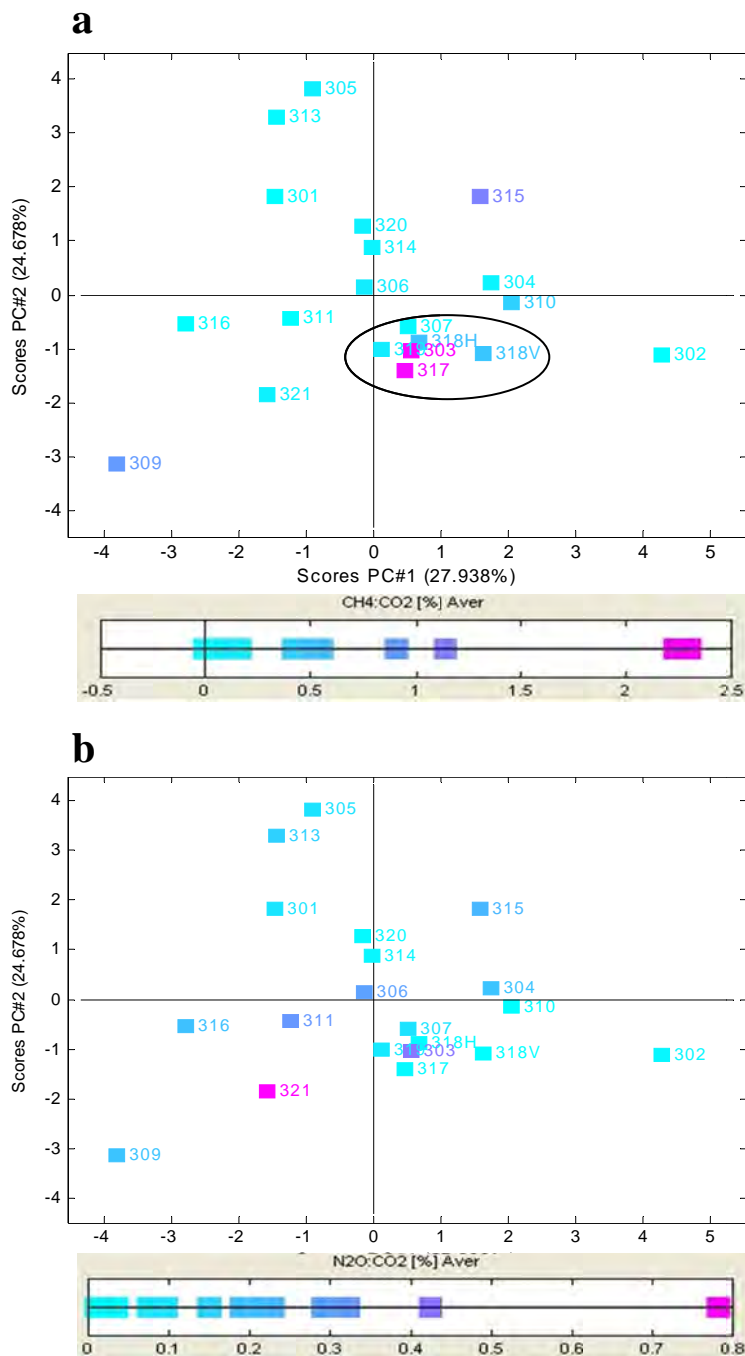
Figur 30. Komposternas scores med avseende på $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$. Turkos färg indikerar låg vattenhalt medan lila färg indikerar hög vattenhalt.

I figur 31 visas det genomsnittliga antal gånger varje kompost blandades om per period. Bland de komposter som uppvisade högst $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoter blandades 309 och 317 om relativt mycket, medan 315 och 303 inte blandades om en enda gång. Vidare återfanns inte de komposter som blandades om mest, 318V/H och 321, bland de med högst $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoter. Samma komposter hade när det gäller $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ vitt skiljda kvoter - 321 med högst uppmätt kvot medan 318V/H uppvisade lägst kvoter tillsammans med kompost 310. Även kompost 317 med relativt frekvent omblandning tillhörde de komposter med lägst $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter.



Figur 31. Komposternas scores med avseende på $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$. Turkos färg indikerar få omblandningar medan lila färg indikerar fler omblandningar.

En tredje PCA utfördes för variablerna I-III av vardera temperatur, pH, vattenhalt samt askinnehåll (totalt 12 variabler), det vill säga verkligt uppmätta variabler, att jämföra med protokollresultaten som hade större osäkerheter. I figur 32a visas att komposterna med högst $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoter, 303 och 317, inte utmärkte sig nämnvärt vad gäller ovanstående variabler då de har förhållandevis låga PC-poäng (återfinns nära origo). Samtidigt hade andra komposter inom samma kluster som är markerat med en ellips, såsom 307, 318H och 319, markant lägre genomsnittliga $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoter. För $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoten i figur 32b var kompost 321 ensam om att ha ett förhöjt medelvärde (som dessutom var högt enbart på grund av ett enskilt högt mätvärde från mätomgång 3). Inte heller något annat mönster kan urskiljas i figuren vad gäller kvoten $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ då komposter med en medelhög kvot blandas med sådana med mycket låga kvoter.



Figur 32a-b. Komposternas scores med avseende på temperatur, pH, vattenhalt och askinnehåll, med färgindikator för genomsnittlig (a) $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvot respektive (b) $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvot.

3.7.2. Regressionsanalys med GLM Procedure

Kvoten $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ som beroende variabel

Tabell 9 ger resultatet av regressionsmodellen med samtliga ingående oberoende variabler. Variablerna var förutom de diskreta variablerna Kompost och Mätomgång, antal tillsatser av material (NA), mängd tillsatt matavfall (FW), mängd tillsatt trädgårdsavfall (GW), mängd tillsatt strukturmateriel (SA), antal omblandningar (MI), komposttemperatur (TE), vattenhalt (MC), pH-värde (PH) och kompostmaterialets volym (MV). Det

låga p-värdet för variabeln Kompost och höga för variabeln Mätomgång visar att skillnaderna i CH₄:CO₂ mellan komposter var signifikanta, medan skillnaderna mellan respektive mätomgång ej var signifikant skiljda. Vidare gav mängden tillsatt trädgårdsavfall en signifikant påverkan på kvoten närvaro av övriga variabler.

Tabell 9. Regressionsmodell för CH₄:CO₂ före variabeleliminering

Variabel	DF ^a	Type III SS ^a	Mean square ^a	F ^a	Pr > F ^a
Kompost	19	0,00188154	0,00009903	11,25	<,0001
Mätomgång	2	0,00001824	0,00000912	1,04	0,3678
NA	1	0,00001715	0,00001715	1,95	0,1734
FW	1	0,00001901	0,00001901	2,16	0,1525
GW	1	0,00008458	0,00008458	9,61	0,0043
SA	1	0,00000068	0,00000068	0,08	0,7834
MI	1	0,00000045	0,00000045	0,05	0,8224
TE	1	0,00001013	0,00001013	1,15	0,2922
MC	1	0,00000017	0,00000017	0,02	0,8893
PH	1	0,00000261	0,00000261	0,30	0,5903
MV	1	0,00000282	0,00000282	0,32	0,5761

^a DF står för antalet frihetsgrader (Degrees of Freedom) för variabeln i analysen, Type III SS står för Kvadratsumman (Sum Squared) beräknad med en metod kallad III av SAS, Mean square är Type III SS dividerat med antalet frihetsgrader. F står för värdet på en variabel med F-fördelning och Pr>F är sannolikheten för att få detta värde på F-variabeln, även om den testade variabeln inte är signifikant.

När alla icke signifikanta variabler eliminerats en efter en återstod endast Kompost och mängd tillsatt trädgårdsavfall (GW) som signifikanta oberoende variabler (tabell 10), med p-värden på <0,0001 respektive 0,02.

Tabell 10. Regressionsmodell för CH₄:CO₂ efter variabeleliminering

Variabel	DF	Type III SS	Mean square	F	Pr > F
Kompost	19	0,00269447	0,00014181	16,39	<,0001
Mätomgång	2	0,00000388	0,00000194	0,22	0,8005
GW	1	0,00004809	0,00004809	5,56	0,0238

I en andra regressionsmodell inkluderades variabeln total mängd tillsatt material (TW) istället för variablerna för dess delmängder tillsatt matavfall (FW), trädgårdsavfall (GW) respektive strukturmaterial (SA). Efter stegvis eliminering av icke signifikanta variabler visade sig mängden tillsatt material (TW) ha en signifikant inverkan (p = 0,0057) på kvoten CH₄:CO₂ (tabell 11).

Tabell 11. Regressionsmodell för CH₄:CO₂ efter variabeleliminering. FW, GW och SA utbytta mot TW.

Variabel	DF	Type III SS	Mean square	F	Pr > F
Kompost	19	0,00232412	0,00012232	15,15	<,0001
Mätomgång	2	0,00000039	0,00000019	0,02	0,9764
TW	1	0,00006955	0,00006955	8,61	0,0057

Kvoten N₂O:CO₂ som beroende variabel

Tabell 12 ger resultatet av regressionsmodellen för N₂O:CO₂ med alla oberoende variabler inkluderade. Liksom för CH₄:CO₂ var det signifikanta skillnader mellan komposter i uppmätt N₂O:CO₂, medan skillnaderna mellan mätomgångarna inte var signifikant. Samtidigt visade temperaturen (TE) på signifikans (p<0,05).

Tabell 12. Regressionsmodell för N₂O:CO₂ före variabeleliminering

Variabel	DF	Type III SS	Mean square	F	Pr > F
Kompost	19	0,00019842	0,00001044	2,14	0,0316
Mätomgång	2	0,00000264	0,00000132	0,27	0,7648
NA	1	0,00000033	0,00000033	0,07	0,7971
FW	1	0,00000623	0,00000623	1,28	0,2680
GW	1	0,00000004	0,00000004	0,01	0,9303
SA	1	0,00000020	0,00000020	0,04	0,8417
MI	1	0,00001690	0,00001690	3,46	0,0730
TE	1	0,00005860	0,00005860	12,00	0,0017
MC	1	0,00000625	0,00000625	1,28	0,2672
PH	1	0,00000003	0,00000003	0,01	0,9369
MV	1	0,00000178	0,00000178	0,36	0,5508

I den förenklade modellen, efter eliminering av variabler, hade temperaturen (TE) fortsatt signifikant inverkan på kvoten N₂O:CO₂ (tabell 13). På samma sätt som för CH₄:CO₂ utfördes även en regressionsmodell där variabeln total mängd tillsatt material (TW) inkluderades istället för mängderna tillsatt matavfall (FW), trädgårdsavfall (GW) samt strukturmaterial (SA). Då TW inte uppvisade någon signifikans erhöles i detta fall samma resultat som det som visas i tabell 13, efter motsvarande variabeleliminering.

Tabell 13. Regressionsmodell för N₂O:CO₂ efter variabeleliminering

Variabel	DF	Type III SS	Mean square	F	Pr > F
Kompost	19	0,00024485	0,00001289	2,58	0,0067
Mätomgång	2	0,00000034	0,00000017	0,03	0,9670
TE	1	0,00004872	0,00004872	9,74	0,0035

4. DISKUSSION

4.1. ENKÄTSTUDIEN

Telefonintervjuerna gav en bild av att hemkompostering av matavfall utförs på mycket varierande sätt, en bild som sedan förstärktes av kompostprotokollen och besöken till komposterna i den fördjupade studien. Den samlade skaran hemkomposter tycks vara mycket heterogen och täcka in hela spektrat från de som används och sköts om flitigt och målinriktat till sådana som tillförs avfall någon gång ibland och i övrigt inte ägnas så mycket tid eller tankar. Ett stort antal respondenter än väntat verkade ha dålig koll överlag på sin kompost och skötseln av den då de hade svårt att svara på flera av enkätfrågorna inklusive frågan rörande typen av kompostbehållare. Andra gav snabba och initierade svar om det mesta och gav ett allmänt medvetet intryck. För de hushåll som verkade ha dålig koll på sin kompost är det möjligt att enkäten hade kunnat besvaras bättre av någon i hushållet som inte var tillgänglig vid tidpunkten för samtalet.

Integritetsfrågan verkar inte ha haft någon större betydelse för de uppringda hushållens val att medverka eller inte medverka i respektive studie. Den information som hade förberetts för intervjuerna angående de medverkandes integritet och anonymitet behövde inte förmedlas mer än till något enstaka hushåll. Ytterst få av de kontaktade hushållen hade några frågor eller invändningar om detta ämne, de enda som uttryckligen hade betänkligheter vad gäller integriteten var två hushåll som tackade nej till att medverka med motiveringen ”storebror ser dig”. Andra anledningar som gavs till att inte medverka i den fördjupade studien var bland annat påstådd oförmåga att föra protokoll, samt att kompostprotokollet skulle behöva föras under så lång tid som året ut.

Varmkomposten Greenline Master var med bred marginal den mest förekommande typen av hemkompostbehållare i såväl enkätstudien som i den fördjupade studien (figur 4), vilket innebär troligen att det är den vanligaste modellen av hemkompostbehållare också i Uppsala tätort som helhet, i varje fall vad gäller komposter av ungefär samma ålder, då de uppringda hushållen, även om de på grund av hur urvalet gjordes endast kommer från tre områden, i övrigt valts ut tämligen slumpmässigt. Den yngsta av de åtta kallkomposter som förekom i enkätstudien var 10 år gammal. Detta antyder att varmkomposter, det vill säga komposter med någon form av isolering, är det som på senare tid har kommit att dominera marknaden när det gäller behållare för hemkompostering av matavfall.

Nästan hälften av alla hemkomposter i enkätstudien var 0-2 år gamla (figur 5), vilket kan ha att göra med att de ansökningar om hemkompostering som valdes ut hade inkommit som tidigast år 2008. En del av hushållen har då troligtvis ansökt om att hemkompostera i samband med införskaffandet av en ny kompostbehållare. Varför snittåldern kunde vara 6,4 år beror på att hemkompostägare, även de med äldre behållare, ombetts ansöka på nytt om hemkompostering. Ett samband kunde skönjas mellan kompostens ålder och tömning. De komposter som vid tidpunkten för intervjuerna ännu inte

hade blivit tömda var, naturligt nog, företrädesvis unga kompostbehållare (med en medelålder på 1,8 år). Bland övriga komposter var det vanligt att de tömdes årligen (figur 11), något som ger en vink om att de vanliga hemkomposterna är lagom dimensionerade eftersom det räcker att tömma dem en gång per år. Enligt kompostprotokollen utfördes tömning av två av 19 komposter under mätperioden från slutet av maj till slutet av juli. Det var något färre än förväntat med hänsyn tagen till enkätsvaren. Ett tänkbart scenario är att ett antal komposter tömdes under våren inför trädgårdssäsongen, innan registreringen i kompostprotokollen kommit igång.

Vad gäller tillsats av avfall tillförde majoriteten, ungefär 60%, av hushåll alla typer av köksavfall utan att nämna något som de undvek att kompostera (tabell 2). Enligt enkäten sa 31 av 49 hushåll att de tillförde kött eller fisk till komposten i mindre eller större mängder, något som kan jämföras med kompostprotokollens information om hur många som tillförde kött och fisk under mätperioden. Enligt denna specificerade endast tre hushåll att det komposterade avfallet innehöll kött eller fisk, trots att beskrivningen av avfallet till stora delar var detaljerat i övrigt. Vissa hushåll kan ha glömt att specificera kött/fisk-tillsatser, eller att tillsatser dolts i beskrivningar som exempelvis ”Matrester”. Samtidigt behöver inte ett Ja-svar på kött/fisk-frågan i enkäten innebära att man tillför det regelbundet, utan bara att det kan förekomma. Det lilla antalet som tillförde kött- och fisktillsatser kan också vara ett utslag på att mycket kött och fisk numera inhandlas i en form som är färdig för tillagning. Det blir inte mycket tillagningsrester av råvarorna, utan det som kan bli är matrester efter tillagningen.

I jämförelse med köksavfall är tillsats av trädgårdsavfall mer säsongsberoende. I enkäten svarade 27% att de inte tillförde någon typ av trädgårdsavfall till det komposterade köksavfallet (figur 8). För hushållen i den fördjupade studien var motsvarande siffra 50% (10 av 20 komposter) för hela mätperioden. En siffra som troligtvis minskar när höstsäsongen kommer i och med att många komposterar löv (32% av hushållen enligt enkätsvaren, figur 9). Det faktum att enbart varannan kompost under hela mätperioden tillfördes trädgårdsavfall, som oftast består av mer kolrikt, ”torrare” material, skulle kunna hjälpa till att förklara de överlag höga vattenhalterna i komposterna på uppåt 80%. Endast en kompost tillfördes trädgårdsavfall under alla de tre perioderna.

Vad gäller renodlat strukturmaterial (kompostströ, sågspån och liknande) uppgav drygt hälften av de tillfrågade hushållen att de inte brukade något sådant. Att det är färre som tillför strukturmaterial jämfört med trädgårdsavfall skulle kunna förklaras av att trädgårdsavfall som kvistar och torra löv fyller en funktion genom att ge struktur till kompostmaterialet och gör renodlat strukturmaterial överflödigt. Detta innebär användande av inköpt strukturmaterial medför en utgift som man som måttligt engagerad kompostägare kanske inte är beredd att betala och kan undvika. Under mätperioden tillsattes strukturmaterial till 7 av de 20 komposterna, vilket är något färre än vad enkätsvaren gav. Inte till någon av komposterna tillsattes strukturmaterial under alla de tre perioderna. Liksom för trädgårdsavfall kan detta bero på att mätperioden endast var 2,5 månader lång och under vilken flera hushåll var bortresta stora delar.

Enligt enkätsvaren skulle omblandning av komposten utföras (figur 10) mer frekvent än vad som enligt kompostprotokollen sedan gjordes under mätperioden. Att en del hemkomposter blandas om veckovis eller oftare medan andra aldrig blandas om är ännu en indikation på att olika hemkomposter sköts om på mycket divergerande sätt. Av de 20 komposter som det utfördes gasmätningar på blandades 6 inte om en enda gång under mätperioden. Endast två behållare blandades i genomsnitt om minst en gång i veckan under de tio veckor som mätperioden pågick, alltså 10% av komposterna att jämföras med att 37% i enkäten uppgavs blandas om en gång per vecka. Som kompostägare vill man kanske tro att man blandar om relativt ofta, men när det kommer till kritan blir det rätt sällan trots allt. I samband med gasmätningarna vid komposterna observerades i flera komposter en pinne avsedd för omblandning nedstucken i kompostmaterialet. I andra fall låg samma typ av pinne alldeles bredvid kompostbehållaren. Detta var fallet även för vissa komposter som aldrig blandades om, vilket kan tyckas märkligt då pinnen inte gör någon nytta och mest är i vägen sålänge den inte används. En pinne för omblandning var således ingen garanti för att någon omblandning av komposten verkligen skedde.

I enkätstudien angav 67% att maskar fanns i deras komposter. Då inget hushåll behövt tillsätta maskar själva tyder det på att maskar inte har några problem att hitta till komposterna. De som inte visste om det fanns några maskar i komposten utgjorde 16%, och det är möjligt att även de hade upptäckt maskar om de tittat efter mer noggrant. Detta är intressant eftersom närvaro av maskar kan hänga ihop med förhöjda N₂O-utsläpp. Å andra sidan kan maskar snabba på kompostprocessen och bidra till en högre kvalitet på slutprodukten.

De hemkomposterande hushållens trädgårdsstorlek var någorlunda jämnt fördelad från enstaka hundratals m² till över 1000 m², vilket torde vara väntat för hushåll som kontaktats slumpmässigt. En intressant iakttagelse var att det inte fanns något samband mellan att kompostera trädgårdsavfall och stor trädgård. De hushåll som inte komposterade trädgårdsavfall var istället i genomsnitt var något större än det totala genomsnittet. En förklaring kan vara att många hushåll förutom kompostbehållare för matavfall även använder öppna trädgårdskomposter för den större mängden trädgårdsavfall, och att detta är vanligare om man har en stor trädgård. Majoriteten av de 19 hushåll som besöktes under den fördjupade studien hade även en eller flera öppna komposter för trädgårdsavfall i anslutning till den slutna kompostbehållaren.

I enkäten var det tänkt att ingå en fråga om hur ofta avfall och material tillförs komposten i syfte att ge en bild av hur aktivt hemkomposter används, en fråga som dock av misstag inte inkluderas i slutändan. Något annat som det tyvärr inte frågades om i enkäten, men som det hade varit intressant att studera, är mer uttryckligen varför man komposterar och vilka eventuella mål man som hemkompostägare har med sin kompostering, om man ämnar att intensifiera eller minska sin kompostering, och så vidare.

4.2. KOMPOSTPROTOKOLLEN

Uppgifterna från protokollen innehöll vissa osäkerheter, främst vad gäller storleken på en del av tillsatserna av avfall/material. Förutom att uppgifterna var ofullständiga för flera komposter och perioder och fick kompletteras genom grova uppskattningar, innebär även omräkningarna av tillsatt material från volymer till vikter ett mått av osäkerhet. Detta eftersom använda värden för skrymdensiteter enbart är teoretiska värden, och de verkliga mycket väl kan avvika från dessa. Vidare utfördes mätningarna under en årstid när många hushåll reser bort och möjligen använder sin kompost mer sällan, vilket även det bidrog till mer osäkra och mindre representativa data.

Några övergripande, säsongsbetonade skillnader i typer av tillsatt material perioderna emellan kunde inte observeras, delvis beroende på att mätperioderna var begränsad till drygt två sommarmånader.

I efterhand står det klart att det i protokollet borde ha framgått mer tydligt hur viktigt det var att ange inte bara typ av avfall utan även mängd. Deltagarna fyllde i protokollet på högst varierande detaljnivå, vilket gjorde att det blev svårt att göra en enhetlig och rättvisande analys av protokollmaterialet. Ett mer detaljerat protokoll är dock ingen garanti för att alla deltagare fyller i det på det sätt som avses, utan det finns kanske en ökad risk att uppgifter utelämnas helt och hållet. Därför gjordes det bästa av situationen vad gäller proceduren med kompostprotokollen under de rådande förutsättningarna. Dessutom är uppgifterna om hur komposterna sköts av vanliga komposterande hushåll, trots sina osäkerheter, helt unika. Liknande undersökningar finns inte i litteraturen.

4.3. TEMPERATUR, VATTENHALT, PH OCH ASKINNEHÅLL

Skillnaden i temperatur mellan de båda djupen, 1,14°C högre på 13 cm djup jämfört med 20 cm djup, kan förklaras av att ett antal komposter var dåligt omblandade med mer moget material i djupare lager. En annan möjlighet är att det i komposter med bra struktur strömmar in luft från botten som kyler de undre lagren. De överlag låga temperaturerna i många av komposterna, även de som tillfördes material flera gånger i veckan, indikerar att det genomsnittligen sker en begränsad aktivitet i kompostmaterialet, då temperaturen kan ses som en spegling av den mikrobiella aktiviteten (Epstein, 1997). Den enskilt högsta uppmätta temperaturen på 58,9°C kan ha sin förklaring i en tidigare tillsats av material till en kompost som redan höll omkring 50°C.

Komposterna 306, 307, 314, 319 och 321 uppvisade stadigt sjunkande temperaturer mellan de tre mätomgångarna, detta utan att ha minskat mängderna tillsatt avfall nämnvärt. Det skulle kunna förklaras av att material har samlats i komposten under vintern och börjar brytas ned på allvar framåt sensvåren, för att sedan avta i takt med att mängden nedbrytbart material minskar. I ett par av dessa komposter uppmättes sjunkande halter av CO₂ och CH₄, i andra stigande. Inte heller vad gäller antal omblandningar kunde några samband med den sjunkande temperaturen i nämnda komposter observeras.

Vid jämförelse med uppmätta vattenhalter framgår det att de flesta av de lägsta temperaturerna fanns i de komposter som även uppvisade de högsta vattenhalterna, såsom komposterna 302, 304, 310 och 315. Detta är logiskt då en för hög vattenhalt kan medföra blockering av luftströmningen i kompostmaterialet (Polprasert, 1989). Dessa komposter användes relativt sparsamt under tiden för mätningarna och hade ofta en mycket låg höjd på kompostmaterialet. Detta medförde att temperaturen i komposter innehållande lite material mättes nära behållarens botten, och därför kan markens temperatur haft inverkan på att dessa temperaturer var så pass låga. En tänkbar orsak till de låga temperaturerna är att komposterna frös under den kalla vintern och att det har lämnat sina spår i form av låga temperaturer ända in på sommaren. Kompost 302 användes inte alls under tiden för mätningarna (trots ett Ja-svar i enkäten på frågan om komposten används aktivt) och visade på mycket låg aktivitet, vilket även framgick av den stabila vattenhalten och askinnehållet.

Den genomsnittliga vattenhalten i komposterna för de tre mätningarna var 69%, att jämföras med de 60% som anses optimala för lyckad kompostering (Suler och Finstein, 1977). Att 47% av de uppmätta vattenhalterna översteg 75% visar att hemkomposterna i studien överlag tillförs en (för) stor andel vått material. Det kan sannolikt bero på okunskap om vad som är en lämplig vattenhalt eller framför allt hur komposten ska skötas för att uppnå en sådan vattenhalt. Orsaken är troligen att matavfall har en vattenhalt av 65-70%, vilket innebär att tattare material också behöver tillföras för att komposten inte skall bli för blöt.

En tänkbar felkälla till de beräknade vattenhalterna är att proven togs från en och samma punkt i komposterna och därför inte är helt representativa för kompostmaterialet som helhet. Att ta flera prover ansågs dock inte lämpligt eftersom det hade rört om och påverkat materialets struktur i för stor utsträckning.

De uppmätta pH-värdena i komposterna var i genomsnitt svagt basiska, vilket är i linje med Polpraserts (1989) pH-värden i färdig kompost på 7,5-8,5. Vid första mätomgången hade några komposter ett pH-värde under 6, vilket är karaktäristiskt för den inledande kompostprocessen. Flera av de komposter som hade sitt lägsta uppmätta pH vid första mätomgången hade även sin högsta uppmätta temperatur i början för att sedan sjunka. Något samband mellan pH-värde och tillsats av strukturmateriale kunde inte observeras.

Askinnehållet i kompostmaterialet kan förväntas öka i takt med att mängden organiskt material minskar, och under dessa mätningar var det genomsnittliga askinnehållet som högst vid den sista mättillfället, om än knappt. Osäkerheten i askhalterna är dock stor, delvis på grund av att proven inte maldes eller på annat sätt finfördelades innan analys. Efter hemkompostprojektets andra fas kommer dock vissa av komposterna att tömmas helt och materialet analyseras i sin helhet. Då kommer även mätningarna av askinnehållet kunna verifieras.

4.4. UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER OCH AMMONIAK

4.4.1. Bakgrundshalter av växthusgaser

De uppmätta bakgrundshalterna av koldioxid var i genomsnitt 386 ppm, vilket är i linje med de ungefärliga 388 ppm som NOAA (2010) rapporterar som global atmosfärshalt av CO₂ år 2010. Den genomsnittliga halten var som högst vid första mättillfällena för att sedan minska. Detta kan förklaras av de årliga fluktuationer som bland annat innebär att CO₂ konsumeras under våren och sommaren när löv och vegetation växer till, vilket leder till att CO₂-halten i atmosfären minskar (Carbonify, 2010).

Den totala snitthalten av metan i atmosfären var 1,75 ppm, att jämföra med de 1,8 ppm IPCC (2007) anger som ungefärlig atmosfärshalt. Värdena var som högst samt hade högst standardavvikelse vid mätomgång 1, medan de uppmätta halterna var omkring 1,6 ppm vid mätomgångarna 2 och 3. För N₂O låg genomsnittet för den första mätomgången, 0,32 ppm, närmast Davidsons (2009) värde för atmosfärshalten på 319 ppb, för att sedan sjunka till mätomgångarna 2 och 3. Både för CH₄ och N₂O var således bakgrundshalterna betydligt högre vid första mätomgången jämfört med vid de efterföljande. En möjlig förklaring till dessa variationer kan vara skillnader i proceduren som föregick GC-analysen. Till skillnad från provvialerna från mätomgångarna 2 och 3 hade provvialerna från mätomgång 1 av misstag kvar sitt övertryck när de analyserades i gaskromatograf, något som kan ha stört analysen och genererat ett mått av fel. Misstaget berodde på att den tidigare mätutrustningen vid Institutionen för mikrobiologi fungerade bäst med ett visst övertryck.

Variansanalysen av bakgrundshalterna tyder på en förekomst av begränsade rumsliga variationer i bakgrundshalterna mellan kompostplatserna under loppet av en mätomgång ej var signifikanta. Skillnaderna var desto större, och signifikanta, mellan mätomgångar, med ett liknande mönster för CH₄ och N₂O. Det är svårt att säga om detta har att göra med ovan nämnda övertryck i vialerna och en medförd överskattning av bakgrundshalterna för mätomgång 1, eller om skillnaderna som mättes upp var korrekta och dess förklaring istället är av meteorologisk natur.

Skillnaderna i bakgrundshalter mellan respektive mätomgångs mät dagar var i de flesta fall inte signifikanta, vilket betyder att halterna i allmänhet inte hinner förändras nämnvärt under loppet av ett par dagar. Det enda fall med signifikanta skillnader mellan mät dagar gällde CH₄, och det gällde något oväntat vid mätomgång 3. Detta eftersom det vid denna mätomgång endast gick två dagar mellan första och sista mätdagen (26-28 juli), jämfört med sju (2-9 juni) och elva (24 juni - 5 juli) för mätomgångarna 1 respektive 2.

4.4.2. Halter i kompostgasen

Högre koncentrationer av ammoniak kunde förväntas i komposter som tillförts mycket material rikt på kväve, i jämförelse med andra komposter. Genom att jämföra de uppmätta koncentrationerna med information från protokollen framgår det att kompost 316, som uppvisade högst NH₃-koncentration vid båda mätomgångarna, stod för fem av to-

talt sju tillsatser av kött eller fisk under hela mätperioden. En tillsats inför den första mätningen, där den uppmätta koncentrationen var 3,5 ppm, respektive fyra inför den andra mätningen, som uppmättes till 12 ppm. Således indikerar resultaten av ammoniakmätningarna ett samband mellan kött- eller fisktillsatser och NH_3 -koncentration. Sambandet är dock inte helt tillförlitligt då NH_3 -koncentrationen som mäts upp (till skillnad från kvoterna av växthusgaser) är påverkad av hur mycket kompostgasen späts ut och indirekt av vindförhållanden och kompostbehållarens utformning. Dessutom gjordes enligt protokollen endast sju tillsatser av kött eller fisk totalt vilket får anses som ett skralt dataunderlag när det ska relateras till NH_3 -koncentrationerna. Ett mörkertal av tillsatser av kött eller fisk kan också förekomma då flera hushåll inte specificerade vad deras matavfall innehöll. Den uppmätta N_2O -halten i kompost 316 var 3,12 ppm vid den tredje mätomgången när NH_3 -halten var 12 ppm, vilket inte innebar någon höjning av N_2O -halten från föregående mätningar. Vidare studier av ammoniak och kväve i komposterna kommer att göras i samband med att de kompostprover som tagits vid varje mätomgång analyseras med avseende på C- och N-innehåll.

Högre halter av metan kan förväntas i ungt kompostmaterial på grund av mesofila temperaturer och begränsad syretillgång. N_2O å andra sidan uppkommer vanligtvis under senare delar av processen i samband med denitrifikation. Varken de uppmätta koncentrationerna av CH_4 eller $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoten var dock som högst vid första mätningen. Däremot var kvoten $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ som högst vid den sista mätomgången, något som skulle kunna förklaras av ovanstående.

Kompost 318 är intressant med tanke på att den består av två fack varav det högra var i bruk under mätperioden och det vänstra förblev halvfullt men orört. Det vänstra facket uppvisade mer eller mindre liknande gasutsläpp för de tre mätningarna, medan det högra facket hade ökande utsläpp från mätning 1 till mätning 2 för att sedan fullständigt skjuta i höjden vid mätomgång 3 med CO_2 - och CH_4 -halter på nästan 90000 respektive 500 ppm. Någon direkt förklaring till detta kan inte hittas i protokollen; för perioder 2 och 3 tillsattes avfall av samma typ och mängd och lika många omblandningar gjordes. Det kan möjligtvis bero på att den roterande Corrocomp-behållaren (318) är av en mycket tät typ - dess lock sitter mycket tätt och den har inga ventilationshål sånär som på ett litet cirkulärt hål på locket (se bild i bilaga 2). Detta skulle kunna innebära att växthusgaserna har lättare att ackumuleras i behållaren och att möjliggör mycket höga halter när förhållandena är de rätta. De höga koncentrationerna i kompost 303 vid mätomgång 2 jämfört med det första (en femfaldig ökning av både CO_2 och CH_4) skulle kunna förklaras av en kraftigt ökad mängd tillsatt material under period 2, som också medförde en ökad temperatur med ca 10°C .

Den från mätomgång 2 till 3 tiofaldt ökade $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoten i kompost 321 berodde snarare på en minskad CO_2 -halt än en ökad N_2O -dito. Den senare sjönk till mätomgång 3 till 1,3 ppm från att vid tidigare mätningar legat kring 5-6 ppm. Samtidigt uppmättes CO_2 -halten i komposten vid de tre tillfällena till 2450, 3400 respektive 67 ppm. Vid det sista tillfället var alltså koncentrationen i komposten endast något högre än bakgrunds-

halten - 444 ppm (medelvärde av 462 och 427) jämfört med 377 ppm i den omgivande luften. Ett litet fel i beräkningarna av dessa värden kan således ha förstärkts och orsakat den höga N₂O:CO₂-kvoten på 1,9% i kompost 321, vilket innebär att just denna kvot bör betraktas med försiktighet.

De genomsnittliga CH₄:CO₂- och N₂O:CO₂-kvoterna för de tre mätomgångarna var för CH₄:CO₂ 0,43, 0,48 och 0,45%, samt för N₂O:CO₂ 0,14, 0,13 och 0,22%. Med CO₂-koncentrationen känd skulle det således under sommarhalvåret och vid en lufttemperatur på ca 20-25°C kunna förväntas genomsnittliga värden på dessa kvoter på omkring 0,46% för CH₄:CO₂ respektive 0,17% för N₂O:CO₂. Då de studerade komposterna valdes ut helt slumpmässigt skulle detta kunna gälla för alla hemkomposter i södra Uppsala.

En jämförelse med litteraturvärden för kvoten CH₄:CO₂ visar att det uppmätta genomsnittliga värdet på 0,46% är förhållandevis lågt. Det genomsnittliga värdet på N₂O:CO₂, 0,17%, är emellertid högre än vissa litteraturvärden åtminstone från storskalig kompostering. I en studie av Andersen m.fl. (2010a) observerades CH₄:CO₂-kvoter på mellan 0,62 och 4,6% i hemkompostbehållare av liknande typ som de som studerades i denna rapport. Det högsta värdet på 4,6% påträffades i den behållare som blandades om mest frekvent. För N₂O:CO₂ var kvoterna mer i linje med de här beräknade 0,17% - värdena varierade mellan 0,16 och 0,23%.

Vad gäller storskalig kompostering av trädgårdsavfall uppskattade Andersen m.fl. (2010b) utsläppen per ton behandlat material till 414 kg CO₂, 3,2 kg CH₄ respektive 0,09 kg N₂O. Detta ger CH₄:CO₂- och N₂O:CO₂-kvoter på 2,13 respektive 0,02%. Kvoten CH₄:CO₂ var således i samma storleksordning som de högsta värdena på mellan 2 och 3% uppmätta i bland annat kompost 303, medan N₂O:CO₂ var betydligt lägre än de genomsnittliga 0,17%. Vidare studerade Hao m.fl. (2004) utsläppen av växthusgaser från kompostering av nötgödsel på halmbädd respektive bädd av träflis. Kvoten av utsläppt CH₄:CO₂ uppgick till 5,4 respektive 6,2%, alltså markant högre än vad som uppmättes i någon av de studerade hemkomposterna. N₂O:CO₂-kvoten var i båda fallen samma som för Andersen m.fl. (2010b), nämligen 0,02%.

När man vid en första anblick beaktar storleken på utsläppen av N₂O från de 20 hemkomposterna är de relativt låga i jämförelse med de andra växthusgaserna. Dock, med hänsyn tagen till respektive GWP och densitet för CO₂, CH₄ och N₂O resulterar det i att N₂O:n uppvisade koncentrationer i komposterna som i genomsnitt har en potential för global uppvärmning av 50,6% av den för CO₂. Samtidigt uppgår motsvarande betydelse av CH₄ i jämförelse med CO₂ till 4,2%. Betydelsen av N₂O som växthusgas relativt CH₄ är således drygt 12 gånger större.

4.5. STATISTISKA ANALYSEN

4.5.1. PCA-analysen

PCA-analysen illustrerar att vattenhalten inte hade någon uppenbar betydelse för CH₄:CO₂-och N₂O:CO₂-kvoterna (figur 30). Både den högsta respektive lägsta vattenhalten gav låga CH₄:CO₂-kvoter, men det skulle kunna vara en slump givet det låga antalet komposter. Bland komposterna med högst CH₄:CO₂-kvoter var vattenhalterna mycket varierande. Kompost 309 hade en vattenhalt på 47% vid mätomgång 1 och 2 när CH₄:CO₂-kvoten uppmättes till uppåt 1,5%, medan komposterna 303 och 317 med genomgående höga kvoter var desto blötare med 75-80 procents vattenhalt.

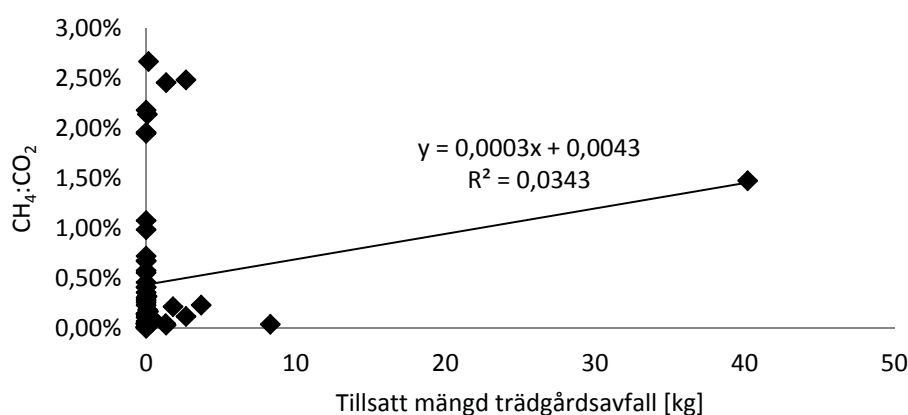
Vad gäller omblandningar av komposten (figur 31), visar PCA:n att av de fyra komposter som hade högst genomsnittliga CH₄:CO₂-kvoter, 303, 309, 315, och 317, blandades två av dem (309 och 317) om relativt frekvent medan de övriga två inte blandades om alls. Samtidigt uppvisade de tre komposter som blandades om mest frekvent, 318V/H och 321, relativt låga kvoter. Detta resultat antyder att förhöjda CH₄:CO₂-kvoter möjligtvis skulle kunna undvikas genom att blanda om komposten tillräckligt frekvent, det vill säga åtminstone en gång per vecka som var fallet för de sistnämnda komposterna. Sambandet är dock för svagt och antal mätomgångar för få för att några slutsatser ska kunna dras av detta. Resultatet kan relateras till Andersen m.fl. (2010) som utförde kompostexperiment utfördes på sex stycken kompostbehållare. De högsta utsläppen av CH₄, upp till 11 gånger högre jämfört med de behållare som inte blandades om alls, observerades från de behållare som blandades om mest frekvent. Den kraftigt ökade N₂O:CO₂-kvoten i kompost 321 vid mätomgång 3 kan inte förklaras av det frekventa omblandandet då den blandades om 5, 3 respektive 4 gånger under perioderna 1 till 3.

Vidare visar PCA-analysen att komposter som var snarlika varandra med avseende på temperatur, vattenhalt, pH-värde och askinnehåll kunde uppvisa mycket divergerande utsläppskvoter av CH₄:CO₂, något som antyder att det inte går att prediktera denna kvot utifrån information om temperatur, pH, vattenhalt och askinnehåll. Vid en närmare titt på några av de i figur 32a inringade komposterna och deras temperaturer, nämligen 303, 307, 317 och 319, framgår det att komposterna 307 och 319 med låga genomsnittliga CH₄:CO₂-kvoter uppvisar sjunkande temperaturer. Samtidigt hade komposterna 303 och 317 med höga CH₄:CO₂-kvoter stigande temperaturer fram till mätning 2. Kompost 303 hade som redan nämnts en högre temperatur vid mätomgång 2 möjligen på grund av en kraftigt ökad tillsats av avfall innan denna tidpunkt, vilket också gäller för kompost 317. Dock tillfördes även kompost 307 inför mätning 2 mer avfall än inför mätning 1, utan att detta medförde högre temperatur. Detta skulle kunna förklaras av att denna tillsats till stor del bestod av torv som inte nämnvärt generade någon ökad aktivitet. En annan tänkbar orsak är att kompost 303 innehöll mer aktivt material vid mätningarnas början och som därför inte registrerades i kompostprotokollet, men som började brytas ner senare och först då bidra till de höga uppmätta koncentrationerna samt CH₄:CO₂-kvoter.

Vad gäller N₂O:CO₂ pekade inte PCA:n på något särskilt mönster vilket indikerar att det inte gick att prediktera uppmätta kvoter N₂O:CO₂ utifrån någon av övriga variabler utifrån de data som samlades in under de tre mätomgångarna.

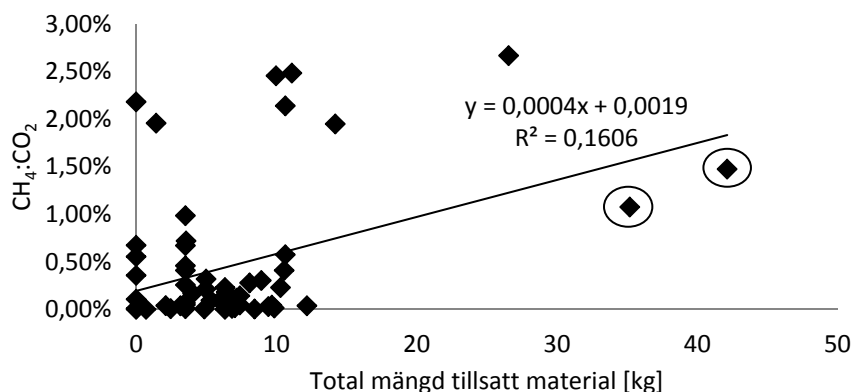
4.5.2. Multipel regression med GLM Procedure

Den multipla regressionsanalysen visade efter baklängeseliminering av variabler på ett signifikativt samband mellan kvoten CH₄:CO₂ och tillsatt mängd trädgårdsavfall respektive total mängd tillsatt avfall (tabell 8 respektive 9). En plottning av nämnda variabler mot varandra ger en bild av hur sambanden ser ut. I figur 33 visas de uppmätta CH₄:CO₂-kvoterna som funktion av tillsatt mängd trädgårdsavfall (GW). De 60 datapunkterna motsvarar de 20 komposterna över tre mätomgångar. Samtliga tillsatser gjorda under en mätperiod var mindre än 10 kg, förutom en tillsats till kompost 309 på cirka 40 kg enligt beräkningar.



Figur 33. Kvoten CH₄:CO₂ som funktion av den totala mängden tillsatt material.

Motsvarande samband mellan CH₄:CO₂ och total mängd tillsatt material (TW) illustreras i figur 34. Det stora flertalet av tillsatser av material under någon av de tre perioderna var mellan 0-15 kg. De två största tillsatserna, båda till kompost 309, uppskattades till 35 respektive 42 kg (inringade).



Figur 34. Kvoten CH₄:CO₂ som funktion av den totala mängden tillsatt material per period.

Då vissa av tillsatserna till kompost 309 var så pass mycket större än de till övriga komposter och ej kunde anses representativa för den samlade mängden hemkomposter, utfördes den multipla regressionen på nytt med kompost 309 exkluderad. Tabell 14 ger resultaten av dessa statistiska analyser. Variabeln tillsatt mängd trädgårdsavfall (GW) visade sig nu inte vara signifikant ($p=0,55$), och inte heller den total mängden tillsatt material (TW) då denna gav ett p -värde på 0,66.

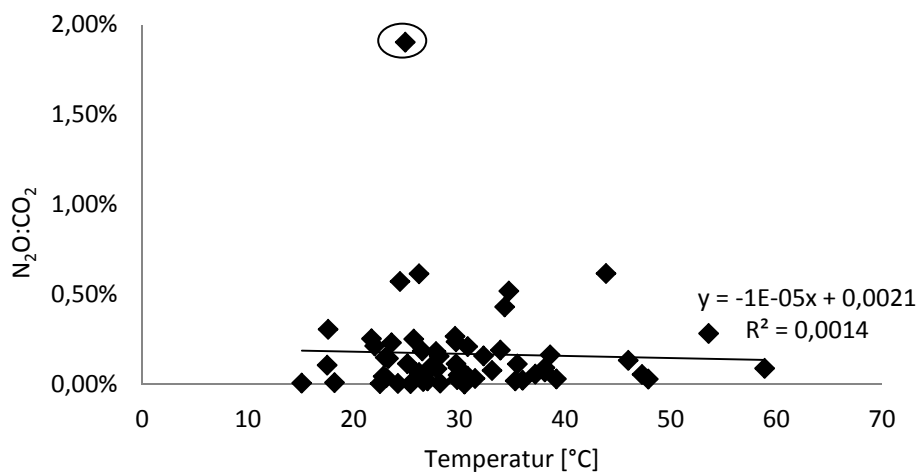
Tabell 14. Regressionsmodeller för $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ efter exkludering av kompost 309

Variabel	DF	Type III SS	Mean square	F	Pr > F
Kompost	18	0,00268768	0,00014932	18,75	<,0001
Mätomgång	2	0,00000479	0,00000239	0,30	0,7423
GW	1	0,00000294	0,00000294	0,37	0,5475
Kompost	18	0,00223776	0,00012432	15,53	<,0001
Mätomgång	2	0,00000266	0,00000133	0,17	0,8475
TW	1	0,00000154	0,00000154	0,19	0,6638

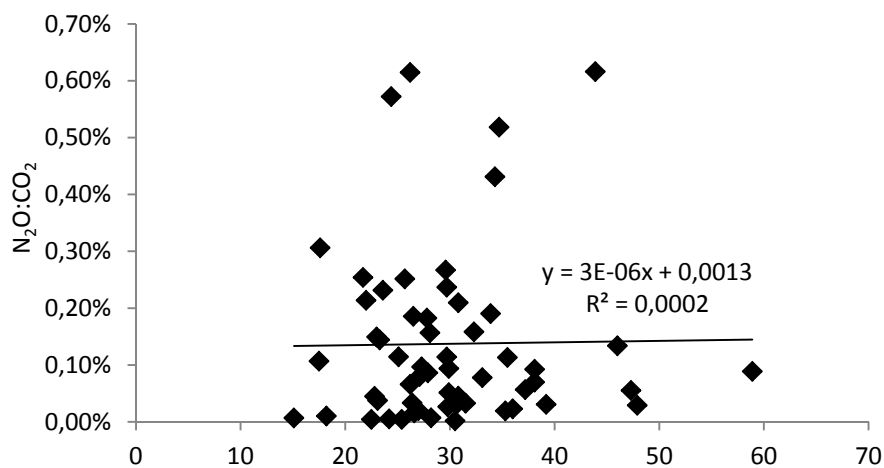
En exkludering av kompost 309 innebar alltså att varken GW eller TW längre var signifikanta med avseende på $\text{CH}_4:\text{CO}_2$. De fullständiga regressionsmodellerna inklusive variabeleliminering utfördes även de på nytt, och ingen av de övriga variablerna blev signifikant efter exkluderingen. Att en exkludering av en enda kompost medförde så stora ändringar av modellerna tyder på att den tidigare observerade signifikansen ej var robust. Kompost 309 var kraftigt avvikande från övriga komposter vad gäller skötseln och kan ej betraktas som en typisk hemkompost brukad av ett enfamiljshushåll. Fördelningen av datapunkterna i figurer 33 och 34 visar att större tillsatser av avfall och material kan medföra såväl låga som höga $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoter, och tvärtom.

För beroende variabeln $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ var komposttemperaturen signifikant. Figur 35 visar de totalt 60 st uppmätta $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoterna som funktion av temperaturen i komposten. Det högsta $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -värdet hörde samman med en temperatur på cirka 25°C . Totalt sett gav alla punkter en anpassad kurva med negativ lutning, vilket antyder ett samband mellan lägre temperaturer och högre $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter.

På samma sätt som för $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ utfördes den multipla regressionen på nytt efter att en kompost som stått för ett extremvärde (inringat i figur 35) exkluderats ur beräkningarna. Resultatet av den nya regressionen visade fortfarande på ett signifikant samband mellan temperatur och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ på 95% signifikansnivå ($p=0,03$), men nu istället ett svagt positivt sådant (figur 36). Vid en närmare titt i figuren framgår det att de allra lägsta $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoterna uppträdde vid temperaturer under 30°C , medan alla högre temperaturer hörde samman med $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter på åtminstone ett par hundradels %. För stor vikt bör dock inte läggas vid det föreliggande signifikanta sambandet, då förklaringsgraden (R^2) är mycket låg och då den multipla regressionen kräver normalfördelad data för att betydelsen av en eventuell signifikans ska vara fullgod.



Figur 35. Kvoten $N_2O:CO_2$ som funktion av komposttemperaturen.



Figur 36. Kvoten $N_2O:CO_2$ som funktion av komposttemperaturen efter exkludering av kompost 321.

För att eventuellt kunna se några tydligare samband behöver fler mätningar utföras för att få ett bättre dataunderlag och även för att få en bättre bild av kompostprocessens säsongsvariationer.

5. SLUTSATSER

Enkätstudien visade att hemkomposter utgör en mycket heterogen grupp då de sköts på alla tänkbara sätt.

Vattenhalten i hemkomposterna var generellt sett hög, uppåt 80%, vilket är betydligt högre än de värden för en optimal kompostprocess som anges i litteraturen. Många komposter skulle troligtvis må bättre om de tillsattes en större andel torrare material.

De uppmätta utsläppen av växthusgaser i form av $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ - och $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoter från de studerade hemkomposterna var över lag låga med ett par komposter som uppvisade relativt stadigt höga $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoter på dryga 2,5% som mest. Jämfört med kvoter från andra studier var $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ -kvoterna något lägre. Den genomsnittliga $\text{N}_2\text{O}:\text{CO}_2$ -kvoten på 0,17% var högre i jämförelse med motsvarande kvoter från storskalig kompostering.

Betydelsen av utsläppen av CH_4 och N_2O beräknades till 4 respektive 50% av CO_2 -utsläppen. Utsläppen av N_2O skulle därmed ha en cirka 12 gånger större betydelse för växthuseffekten än CH_4 .

Utsläppen av ammoniak var i flertalet komposter låga eller rentav ej detekterbara (<0,3 ppm). En antydning till samband kunde dock ses mellan det med stor marginal högsta uppmätta värdet på 12 ppm, i kompost 316, och tillsatser av kväverikt matavfall innehållande kväverikt lättnedbrytbart protein i form av kött eller fisk.

Efter att en kompost som tillfördes mycket stora mängder avfall och därigenom sköttes på ett icke representativt sätt jämfört med den stora majoriteten hemkomposter tagits bort ur datamängden, kunde inget signifikant samband observeras mellan hur mycket material som tillfördes komposten och den uppmätta kvoten $\text{CH}_4:\text{CO}_2$.

I övrigt kunde inga samband ses eller slutsatser dras mellan hur komposterna sköts och de observerade utsläppen av växthusgas, trots att mätningar gjordes på 19 komposter. En bidragande orsak kan ha varit att endast tre mätomgångar gjordes, samt att datan från kompostprotokollen var osäker och av varierande kvalitet.

REFERENSER

Ahn, H.K., Richard, T.L., Glanville, T.D., 2007. "Laboratory determination of compost physical parameters for modeling of airflow characteristics". *Waste Management*, 28(3): 660-670. doi:10.1016/j.wasman2007.04.008

Andersen, J.K., Boldrin, A., Christensen, T.H., Scheutz, C., 2010a. "Greenhouse gas emissions from home composting of organic household waste". *Waste Management* (2010). doi:10.1016/j.wasman.2010.07.004

Andersen, J.K., Boldrin, A., Samuelsson, J., Christensen, T.H., Scheutz, C., 2010b. "Quantification of greenhouse gas emissions from windrow composting of garden waste". *Journal of Environmental Quality*, 39: 713-724. doi:10.2134/jeq2009.0329

Avfall Sverige (2010a). *Sverige klarar inte matavfallsmålet*. Tillgänglig: <<http://www.avfallsverige.se/nyhetsarkiv/nyhetsvisning/artikel/sverige-klarar-inte-matavfallsmaalet/>> (2010-08-27)

Avfall Sverige (2010b). *Svensk avfallshantering 2010*. PDF-format. Tillgänglig: <http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Rapporter/SAH2010_WEB.pdf> (2010-08-28)

Boverket (2007). *God bebyggd miljö - fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet 2007* (Elektronisk) Karlskrona: Boverket. PDF-format. Tillgänglig: <http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/God_bebyggd_miljo_fordjupad_2007.pdf> (2010-05-25)

Brink, N., Gärddedal, L., Hansson, Y., Robertson, M., 1992. "Provning av kompostbehållare". Stiftelsen Reforsk, FoU nr 65.

Carbonify (2010). *Atmospheric carbon dioxide levels*. Tillgänglig: <<http://www.carbonify.com/carbon-dioxide-levels.htm>> (2010-09-21)

Czepiel, P., Douglas, E., Harriss, R., Crill, P., 2006. "Measurements of N₂O from Composted Organic Wastes". *Environ. Sci. Technol.*, 30 (8), s. 2519–2525
doi: 10.1021/es950841j

Davidson, E.A., (2009) "The contribution of manure and fertilizer nitrogen to atmospheric nitrous oxide since 1860". *Nature Geoscience* 2, s. 659 - 662.
doi:10.1038/ngeo608

Eklind, Y., Sundberg, C., Smårs, S., Steger, K., Sundh, I., Kirchmann, H., Jönsson, H., 2007. "Carbon Turnover and Ammonia Emissions during Composting of Biowaste at Different Temperatures". *Journal of Environmental Quality*, 36(5): 1512-20.

Epstein, E., 1997. Stability, maturity and phytotoxicity. I: *The Science of Composting*, s. 107-136. Technomic, Lancaster, PA.

Fritz, Timothy J., Graves, Robert E., 1992. *Land Application of Leaves and Grass Clippings*. PDF-format. Tillgänglig: <http://www.abe.psu.edu/extension/factsheets/c/C2.pdf>

Hao, X.Y., Chang, C., Larney, F.J., 2004. "Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting". *Journal of Environmental Quality*, 33(1): 37-44.

Haug, R. T., 1993. *The practical handbook of compost engineering*, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

He, Y., Inamori, Y., Mizuochi, M., Kong, H., Iwami, N., Sun T., 2001. "Nitrous Oxide Emissions from Aerated Composting of Organic Waste". *Environ. Sci. Technol.*, 35(11): 2347–2351. doi: 10.1021/es0011616

IPCC AR4 (2007). PDF-format. Tillgänglig: <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf>> (2010-08-10)

Jarvis, Å., Sundberg, C., Milenkovski, S., Pell, M., Smårs, S., Lindgren, P.E., Hallin S., 2009. "Activity and composition of ammonia oxidizing bacterial communities and emission dynamics of NH₃ and N₂O in a compost reactor treating organic household waste". *Journal of applied microbiology*, 106(5): 1502-1511.

Jäckel, U., Thummes, K., Kämpfer, P., 2005. "Thermophilic methane production and oxidation in compost". *FEMS Microbiology Ecology*, 52: 175–184. doi: 10.1016/j.femsec.2004.11.003

Klickitat County (2005). *Composting Livestock Manure*. Tillgänglig: <<http://www.klickitatcounty.org/solidwaste/ContentROne.asp?fContentIdSelected=313956151&fCategoryIdSelected=965105457>> (2010-08-20)

Liang, C., Das, K.C., McClendon, R.W., 2002. "The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend". *Bioresource Technology*, 86(2): 131-137.

Miljöportalen (2010). Tillgänglig: < <http://www.miljoportalen.se/luft/vaexthusgaser/vaexthuseffekt-och-vaexthusgaser-vad-aer-det-egentligen/>> (2010-05-26)

Minkinen, K., Laine, J., (1998). "Effect of forest drainage on the peat bulk density of pine mires in Finland", *Can. J. For. Res*, 28: 178-186.

NOAA (2010). *Trends in Carbon Dioxide*. Tillgänglig: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>> (2010-09-21)

Northern Arizona University (2010). Tillgänglig: <<http://jan.ucc.nau.edu/~doetqp-p/courses/env320/lec5/Lec5.html>> (2010-12-18)

PerkinElmer (2010). Tillgänglig: <<http://www.perkinelmer.com/>> (2010-12-17)

Polprasert, C., 1989. *Organic Waste Recycling*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.

Smith, S.R., Jasim, S., "Small-scale home composting of biodegradable household waste: overview of key results from a 3-year research programme in West London". *Waste Management Research*, 27: 941-950.

Stoffella, P. J., Kahn, B. A., 2001. *Compost utilization in horticultural cropping systems*, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Suler, D.J., Finstein, M.S., (1977). "Effect of temperature, aeration and moisture on CO₂ formation in bench-scale, continuously thermophilic composting of solid waste". *Applied and Environmental Microbiology*, 33(2): 345-350.

Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., Itävaara, M., 1999. "Biodegradation of lignin in a compost environment: a review". *Bioresource Technology*, 72(2): 169-183.

Uppsala kommun (2007). *Uppsalakartan*. Tillgänglig: <<http://kartor.uppsala.se>> (2010-08-25)

BILAGA 1

Enkät

- (*Presentation av projektet..*) Skulle ni vilja medverka i enkätstudien?

Frågor för kvalificering för mätstudien:

- Av vilken typ är kompostbehållaren? [Troligtvis samma som i ansökan]
- Använder ni komposten aktivt/regelbundet?
- Är komposten lättåtkomlig utifrån? / Gör kompostens placering provtagning omöjlig på annat sätt?

Kategoriseringsfrågor:

1. Är det en varm- eller kallkompost? [Om det ej redan framkommit]
2. Är komposten sluten? Har den lock och är hyggligt tät?
3. Står den direkt på marken eller på någon form av fundament?
4. Är komposten exponerad för solljus eller står den till stor del i skuggan? Om exponerad för solen: Vilken färg har behållaren?
5. Hur gammal är komposten? / Hur länge har det komposterats regelbundet?
6. Vilka typer av material tillförs komposten? (köks-, pappers- respektive trädgårdsavfall)
7. Tillförs det något kött- och/eller fiskavfall?
8. Trädgårdsavfall: Vilka typer av avfall under vilka delar av året? [T.ex gräs på sommaren, löv på hösten, osv]
9. Tillförs det någon form av struktur- eller fyllnadsmaterial? [Sågspån /träflis / annat]
10. Utförs det någon omblandning av komposten och i så fall hur ofta?
11. Finns det maskar i komposten?
12. Har ni själva tillsatt några maskar till komposten?
13. Hur ofta töms komposten?

14. Vilken storlek har trädgården i anslutning till komposten?
15. Hur många personer består hushållet av?
16. (Något annat som är värt att berätta? / Övrig information)
17. Till sist undrar jag om ni skulle vilja medverka i den längre studien där vi mäter utsläppen av växthusgaser?

BILAGA 2



Behållare av typen Greenline Master.



Till vänster: Handy. Till höger: Mully.



Till vänster: Mullbänken. Till höger: Gröna Johanna.



Greenline Master Junior



Den roterande Corrocomp-behållaren.



Den roterande Jora-behållaren.

BILAGA 3

Kompost	Period	Uppskattad mängd tillsatt matavfall [kg]	Uppskattad mängd tillsatt trädgårds- avfall [kg]	Uppskattad mängd tillsatt struktur- material [kg]	Antal om- blandningar
301	1	0,528	0	0	0
301	2	4,752	0	0,1075	1
301	3	8,712 ¹	0	0,3225 ¹	3 ¹
302	1	0	0	0	0
302	2	0	0	0	0
302	3	0	0	0	0
303	1	1,408	0	0,0215	0
303	2	8,448	1,33	0,1935	0
303	3	8,448	2,66	0	0
304	1	0	0	0	0
304	2	2,112	1,3	0	1
304	3	6,336	0	0	0
305	1	3,52	0	0	1
305	2	3,52	0	0	1
305	3	2,464	0	0	2
306	1	7,04	0	0	0
306	2	8,096 ²	0	0	0
306	3	6,336 ²	0	0	0
307	1	4,5	2,66	0	0
307	2	2,8	8,3	1,075	1
307	3	9,2082	0	0,645	0
309	1	1,936	40,2	0	1
309	2	35,2	0	0	0
309	3	3,168	1,799875	0	3
310	1	3,52	0	0	0
310	2	3,52	0	0	0
310	3	7,392	0	0	0
311	1	5,632	0	1,2	4
311	2	4,928	0	1,3255	1
311	3	0,704	0	0	0
313	1	4,928	0,399	0	1
313	2	2,112	0	0	0
313	3	3,168	0	0	1

¹) Uppskattat värde från muntlig uppgift.

²) Uppskattat värde från uppgift om frekvens av tillsatser

Kompost	Period	Uppskattad mängd tillsatt matavfall [kg]	Uppskattad mängd tillsatt trädgårds- avfall [kg]	Uppskattad mängd tillsatt struktur- material [kg]	Antal om- blandningar
314	1	8,8	3,675	0	2
314	2	3,52	0	0	0
314	3	3,52	0	0	1
315	1	3,52	0	0	0
315	2	3,52	0	0	0
315	3	0	0	0	0
316	1	6,336	0	0	2
316	2	6,336	0	0	1
316	3	8,448	0	0	3
317	1	10,56	0,08	0	0
317	2	26,4	0,16	0	3
317	3	14,08	0	0,1205	4
318V	1	0	0	0	3
318V	2	0	0	0	4
318V	3	0	0	0	3
318H	1	3,52	0	0,04	3
318H	2	10,56	0	0	4
318H	3	10,56	0	0,0723	3
319	1	6,428	0	0	1
319	2	4,928	0,0665	0	2
319	3	9,68	0	0	0
320	1	3,872	0,15975	0	0
320	2	6,336	0,09	0	0
320	3	6,688	0,3225	0	0
321	1	8,096	1,33	0	5
321	2	7,392	0	0	3
321	3	8,8	0	0,1205	4

¹⁾ Uppskattat värde från muntlig uppgift.

²⁾ Uppskattat värde från uppgift om frekvens av tillsatser