

TEKNISK NOTAT

Projekt navn **Pesticider og mikroplast i kompost**
Projektnr. **1100046090**
Kunde **Økologisk Landsforening**

Version **2**
Til **PRP**
Fra **AJAT/DOH**
Kopi til

Udarbejdet af **AJAT**
Kontrolleret af **DOH**
Godkendt af **PRP**

1 Introduktion

Dato 17-12-2021

Miljøfremmede stoffer såsom pesticider, tungmetaller, medicinrester og PFAS bliver i dag ikke kun fundet i landbruget, vandløb eller maritimt, men også i danskernes egne private haver, eftersom f.eks. pesticider bliver brugt til at fjerne eller bekæmpe ukrudt, insekter og svampe. Herbicider anvendes til ukrudt, insekticider til insekter og fungicider til svampe. Det, som karakteriserer de forskellige pesticider, er deres indhold af aktive stoffer, som specifikt angriber enten ukrudt, insekter, eller svampe. Pesticider virker blandt andet ved at ændre DNA-strukturen i f.eks. ukrudt, som dermed visner og dør. Dog kan denne effekt også ske ved andre planter, hvis de kommer i kontakt med pesticidet.

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
<https://dk.ramboll.com>

Den seneste statistik for salget af pesticider til private haver er fra 2018, og viser at der blev solgt 62 tons bekæmpelsesmidler i 2018, hvoraf mosmidler udgjorde 62% og ukrudtsmidler udgjorde 35% af salget (Mijløstyrelsen, 2019). Dette var en markant stigning siden 2012, grundet et nyt mosmiddel. De mest solgte pesticider var herbicider, mens de mest solgte aktive stoffer var jern(ii)sulfat, glyfosat og 2-methyl-4-chlorophenoxy eddikesyre (MCPA) (Mijløstyrelsen, 2019), som anvendes i henholdsvis *Trim mod Mos Xtra*, *Roundup* og *Plæne rens*. Mængdemæssigt blev der i 2018 solgt 25 gange så meget Round-up som Plæne Rens.

Private haveejere står for omkring 1% af det totale forbrug af pesticider i Danmark (Christensen, 2020). Da pesticider virker på f.eks. ukrudt, som dermed visner og dør, er det meget usandsynligt at dette afleveres på genbrugspladser i mængder der kan registreres. Evt. pesticidrester i haveaffald afleveret på genbrugspladser til kompostering kan muligvis overføres til komposten, der så efterfølgende bruges i private haver eller til anden jorddyrkning. Evt. pesticidrester i kompost kan udgøre en risiko for uønskede effekter i planter og dyr.

Udover de miljøfremmede stoffer, er der også kommet større fokus på plastik, og hvordan det nedbrydes, transporteres og forekommer. Plastik bruges i alt fra bildæk, poser, emballage eller i produkter såsom maling, kosmetik, osv. Plast der er <5 mm defineres som mikroplast, der dannes ved f.eks. slitage af

bildæk, sko, poser, m.m. Mikroplast kan bevæge sig via vejvand, til vandløb og havet og optages af fisk, eftersom det kan ligne føde. Ydermere indeholder spildevandsslam mikroplast, og når slammet bliver fordelt på landsbrugsmarker, spredes mikroplast på jorden, hvorefter afgrøder/ fødevarer optager det, og senere optages fødevarer og mikroplast af mennesker og dyr. Den varierende størrelse af plastisk betyder dermed, at det forekommer i både luften, havet, jorden, drikkevarer og fødevarer (Lassen, et al., 2015).

Kigges der nærmere på mikroplastik, kan dette både have en sundhedsfarlig og miljøfarlig risiko. Dette skyldes de ukendte faktorer ift. hvordan mikroplast interagerer med kroppen og organismer. Derudover kan mikroplast indeholde farlige stoffer, eller mikroplasten kan binde sig til farlige stoffer i naturen, og efterfølgende transportere dem med videre i fødekæden (Lassen, et al., 2015).

Miljøstyrelsen udgav i 2015 en rapport over udledningen af mikroplast i Danmark, da det som beskrevet udgør en risiko for både menneskers sundhed samt miljøet (Lassen, et al., 2015). Mikroplast er tilstedeværende i et stort omfang i det daglige liv, og haveaffald i private haver er ingen undtagelse – mikroplast i haver kan bl.a. stamme fra plastbehandlede overflader og frigivelse af plast anvendt i haverne. Dermed kan mikroplast sammen med pesticidrester i haveaffaldet blive afleveret til kompostering og potentielt spredt i andre private haver eller landbrugsjord efterfølgende, hvor de kan udgøre en risiko (Lassen, et al., 2015).

Hvorvidt der findes pesticidrester og mikroplast i haveaffald fra danske private haver er ikke videre undersøgt. Med hensyn til pesticidrester har Odense Renovation i april 2021 udtaget en blandeprøve fra oplaget af haveaffald fra private haver og i denne prøve ikke påvist indhold af glyfosat, MCPA eller AMPA. At der kan findes pesticidrester i haveaffald er observeret på en kommunal genbrugsplads i 2019 (Miljøstyrelsen, 2019). Her blev der påvist glyfosat, AMPA og MCPA i opsamlet overfladevand fra oplaget af haveaffald. Det er ikke dokumenteret, at kilden til de påviste indhold var haveaffaldet. Med hensyn til mikroplast er det estimeret, at plast partikler <2 mm udgør <0,1% af tørvægten i haveaffald (Lassen, et al., 2015).

I det følgende vurderes, hvorvidt eventuelle pesticidrester i kompost kan udgøre en risiko for dyrkningsjorden og hvordan man kan afværge en evt. effekt. Vurderingen vil inddrage de aktive stoffer i herbiciderne *Roundup* og *Plæne rens*; glyfosat og MCPA. Jern(ii)sulfat i *Trim mod Mos Xtra*, vil ikke blive yderligere omtalt, da stoffet ikke er farligt. Ydermere vil komposteringsprocessen af mikroplastik blive gennemgået kort. Afsluttende opsummeres på begge emner.

2 Komposteringsprocessen af pesticider

Kompostering af organisk affald foregår under en biologisk proces, der danner kompost, vand, varme og kuldioxid (CO₂). Den optimale kompostering kan deles op i fire faser:

1. Bakterier omsætter organiske molekyler, såsom kulhydrater, protein og fedt, under iltholdige (aerobe) forhold. Under denne proces bliver der frigivet energi i form af varme, hvilket medfører at temperaturen stiger til 50 grader i løbet af få dage.
2. I den anden fase nedbryder både svampe og bakterier haveaffaldet. Mindre molekyler, såsom cellulose, lignin og pektin, bliver nedbrudt og i slutningen af fasen stiger temperaturen til omkring 70 grader. Dette medfører, at en stor del af mikroorganismene dør.
3. Aktiviteten og temperaturen falder grundet de døde bakterier. Temperaturen vil være omkring 35-40 grader, og efterfølgende vil nyankomne svampe fortsætte omsætningen af cellulose og lignin.

4. Afsluttende falder temperaturen til den omkringværende temperatur, og orme, insekter og biller fortsætter komposteringen ved at æde restmaterialet og komposten er klar til brug.

Haveaffald omdannes i løbet af 1-2 år til kompost (Vestforbrænding, 2021; Corfitzen & Clasen, 2020), dog kan en optimeret komposteringsproces medføre væsentlig hurtigere omdannelsestid. På Odense Renovations komposteringsanlæg kan processen således tage helt ned til 8-10 uger.

Både en for tør eller for våd kompostbunke kan forringe komposteringen, hvilket øger vigtigheden af en balanceret luftning og vanding af komposten. For meget vand kan medføre anaerobe forhold, hvor de aerobe bakterier ikke kan fungere optimalt, og anaerobe bakterier overtager, hvilket medfører at en forrådnelsesproces begynder. Denne danner blandt andet ildelugtende svovlforbindelser og komposteringen kan ikke fortsætte.

Nedbrydningen af de aktive stoffer i pesticider under kompostering afhænger af deres fysisk-kemiske egenskaber, der beskriver om kemikaliet overvejende vil forekomme i jorden, i luften eller i vand. Dette afhænger blandt andet af adsorption, udvaskning, fordampning (Tabel 1), og de biotiske og abiotiske omdannelsesprocesser der forekommer under kompostering.

En kort litteratursøgning antyder, at der er begrænset viden om pesticiders forekomst og skæbne i haveaffald og kompost. I (Büyüksönmez F. , Rynk, Hess, & E., 2000) er det dog antaget, at nedbrydning af pesticider i kompost kan sammenlignes med nedbrydning i jord, og at der må forventes en højere nedbrydningsrate i kompost end i jord.

Som det fremgår af de fysisk-kemiske egenskaber i Tabel 1, binder glyfosat sig til overfladen af organisk materiale (f.eks. planter, jord, etc.) grundet høj adsorption, og er samtidigt letopløselig i vand. Glyfosat kan derfor både udvaskes og findes i jorden. Omvendt har MCPA en lav adsorption, og er også letopløseligt i vand. Udvasning af glyfosat, AMPA og MCPA fra haveaffald til opsamlet overfladevand fra genbrugspladser er observeret på en kommunal genbrugsplads i 2019 (Miljøstyrelsen, 2019), hvor der ikke blev fundet andre kilder til udvaskningen end haveaffaldet, men det er ikke dokumenteret at det stammer fra haveaffaldet.

I forhold til damptrykket er dette ubetydeligt for glyfosat, fordi stoffet ikke er flygtigt. Damptrykket for MCPA er lavt og derfor er stoffets flygtighed begrænset. Det kan dog ikke afvises, at en del af stoffet kan afdampe under komposteringsprocessen pga. den høje temperatur inde i kompoststakken.

Findes pesticidrester i haveaffaldet vil de kunne nedbrydes i varierende grad. Nedbrydningsraten kan belyses ved halveringstiden, som beskriver hvor længe det tager for halvdelen af kemikaliet at blive nedbrudt. Da vi ikke har fundet nedbrydningsrater for de to aktivstoffer i kompost, er der i det følgende beskrevet nedbrydningsrater i jord. Glyfosat er vedholdende (persistent), da det tager >100 dage at nedbryde halvdelen af stoffet, grundet den høje adsorption der gør kemikaliet mindre biotilgængeligt for mikroorganismer og dermed kompostering. Omvendt er MCPA mindre vedholdende fordi nedbrydningen tager mellem <7-41 dage. Tidligere undersøgelser har vist, at MCPA nedbrydes relativt hurtigt i jord, og at processen primært er mikrobiologisk. Halveringstiden i en fugtig jord er 3-4 dage ved 20 °C og ca. 20-40 dage ved 5 °C i fugtig jord fra pløjelaget (Miljøstyrelsen, 1996). Undersøgelserne viser desuden, at nedbrydningstiden i jorden under pløjelaget er 1/10 mindre end i pløjelaget, hvilket sammenholdt med nedbrydningsrater fundet af (B. Ottesen, L. Bjerg, M. Broholm, & L. Søndergaard, 2018) antyder, at MCPA nedbrydes langsommere under anaerobe forhold. Glyfosat og AMPA ser ud til at nedbryde nogenlunde ens under aerobe og anaerobe forhold.

Tabel 1 Fysisk-kemiske egenskaber for de aktive stoffer glyfosat og MCPA. Data for glyfosat: (EXTONET, 1999). Data for MCPA: a) (Helweg, 1987), b) (Yalkowsky & Dannefelter, 1992) c) (Woodrow, 1990), og d) (Smith, 1989). Data for AMPA; e) (Falkenberg, et al., 2011)

Navn	Kemisk klasse	Adsorptions koefficient (Koc)	Opløselighed (mg/L)	Damptryk (mPa)	Halveringstid (d ⁻¹)
Glyfosat	Phosphoaminosyre	24 000	12 000 @ 35°C	Ubetydelig	1-174
AMPA	Phosphoaminosyre (nedbrydningsprodukt)	-	50	-	90-180 ^e
MCPA	Phenoxysyre	50-62 ^a	630 @ 25°C ^b	7,86e-10 @ 25°C ^c	<7-41 ^d

De fysisk-kemiske egenskaber for de aktive stoffer glyfosat og MCPA giver en estimering af, hvor stofferne er tilgængelige for nedbrydningen, der forekommer i komposteringsprocesserne: glyfosat vil overvejende forekomme i jordens organiske materiale og i vandfasen, hvorimod MCPA kan udvaskes og forekomme i både organiske materiale, sive ned i jorden eller føres bort af overfladevand.

3 Komposteringsprocessen af mikroplast

Der er ved en kort litteratursøgning ikke fundet oplysninger, om hvordan mikroplast nedbrydes ved kompostering af haveaffald. Der er dog fundet få oplysninger om mikroplasts nedbrydning i slam, som kan anvendes til at forklare, hvordan samme proces foregår i haveaffald. Disse oplysninger vil blive beskrevet nedenfor.

Undersøgelser viser, at mikroplast, der tilføres spildevandsanlæg, tilbageholdes i slammet, og det forventes ikke, at mikroplasten kan mineraliseres i slammet (Lassen et al, 2015). Tidligere undersøgelser af mikroplast udbragt i slam på landbrugsjord viser, at mikroplasten stadig er til stede 15 år efter udbringning (Lassen et al. 2015). Kompostering/omdannelse af mikroplast i spildevandsslam og jord ser således ikke ud til at nedbryde plasten i væsentlig grad. Dog har en undersøgelse udført af (Chen, et al., 2019) påvist at hypertermofil komposteringsteknologi (hTc) til en vis grad kan nedbryde mikroplast. Metoden er afprøvet i et fuldskalaforsøg med 200 tons spildevandsslam, og efter 45 dages behandling var 43,7% mikroplast nedbrudt (Chen, et al., 2019), hvilket er lovende resultater for bionedbrydningen af mikroplast i både spildevandsslam og haveaffald. Ved hTc er det bakterier, som er ansvarlige for den højeffektive biologiske nedbrydning, og en af de afgørende faktorer for den forbedrede nedbrydning er temperaturstigningen. Sammenlignet med konventionel kompostering, hvor temperaturen langsomt stiger til omkring 60°C efter 18 dage og efterfølgende falder og stagnerer ved 40-50°C i 26 dage, holdes temperaturen ved hTc omkring 70-80°C i 11 dage, og generelt over 50°C under hele forløbet (21 dage) (Chen, et al., 2019). Den høje temperatur forøger dermed kolonier af bakterier, hvilket betyder at der er flere bakterier til at nedbryde mikroplasten.

4 Nedbrydningsrater af pesticider i haveaffald

Nedbrydningen af pesticider i haveaffald varierer for de forskellige bekæmpelsesmidler (dvs. herbicider, insekticider, fungicider) samt de anvendte aktive stoffer. Det kan derfor ikke antages at nedbrydningen af herbicider er den samme, hvis det aktive stof er forskelligt.

Med udgangspunkt i det aktive stof i Roundup, glyfosat, er halveringstiden i jord 1-174 dage. Med denne forudsætning, kan det forud antages, at stoffet vil være nedbrudt, inden komposten bruges til jorddyrkning (Dill et al, 2010), hvis der er tale om en komposteringsproces længere end et halvt år. Undersøgelser har dog vist, at ved intensiv brug af glyfosat kan stoffet akkumulere i jorden/komposten (Eberbach, 1999), med en negativ effekt på dyrs metabolisme (Sviridov et al., 2015) til følge. (Eberbach, 1999) påviser dog også, at halveringstiden for glyphosat i jord stiger med stigende temperatur fra 10 til 25 °C. Det vurderes, at en effektiv komposteringsproces og høje temperaturer vil give bedre forhold for nedbrydning af glyphosat.

Mikroorganismer sørger for den naturlige nedbrydning af glyfosat i både jord og vand, hvoraf det mest forekommende nedbrydningsprodukt er aminomethylphosphonsyre (AMPA), og denne nedbrydning kan være forholdsvis hurtig under optimale forhold jf. halveringstiden (Falkenberg, et al., 2011) AMPA er jf. tabel 1 langsommere nedbrydelig. Ligesom glyfosat, skader AMPA DNA-repetitionen i både dyr og planter (Sviridov et al., 2015). Tages dette i betragtning, bliver nedbrydningen af glyfosat dermed ikke mindre giftig, og med en tilstedeværelse i både jord (kompost) og vand, kan nedbrydningsprodukter af glyfosat have negativ længerevarende og omfangsrig påvirkning på planter og dyr, som ikke var den oprindelige intensitet at bekæmpe (Sviridov et al., 2015).

På baggrund af disse data kan det ikke afvises, at der kan forekomme glyfosat og nedbrydningsproduktet AMPA i komposteret haveaffald fra private haver.

MCPA er derimod nemmere at nedbryde og vurderes på baggrund af nedbrydningsrater i jord (Brehmer, et al., 1996) forholdsvis hurtigt at blive nedbrudt under en komposteringsproces, hvor der både tilføres ilt og sker en opvarmning af komposten under processen.

5 Afrundende opsummering for pesticider

De mest solgte pesticider til privat havebrug er midlerne *Trim mod Mos Xtra*, *Roundup* og *Plæne rens*, som indeholder de aktive stoffer jern(ii)sulfat, glyfosat og MCPA. Jern(ii)sulfat er ikke farligt. Glyfosat er på baggrund af de fysiske-kemiske egenskaber forholdsvis vedholdende i jord og vand, men vurderes at kunne nedbrydes under komposteringsprocessen.

Da pesticider virker på f.eks. ukrudt, som dermed visner og dør, er det meget usandsynligt at dette afleveres på genbrugspladser i mængder der kan registreres. Derudover bliver eventuelt glyfosat naturligt nedbrudt af mikroorganismer til AMPA, som har samme giftige effekt på planter og dyr. Både glyfosat og AMPA kan dermed forekomme i komposten, når private husejere bruger dette i deres have, hvis altså haveaffaldet indeholder glyfosat.

MCPA vurderes at blive nedbrudt under optimale komposteringsforhold, dvs. når der både er ilt og vand til stede. På denne baggrund vurderes, at MCPA ikke vil forekomme i komposten til havebrug eller anden jorddyrkning.

Det er vanskeligt på det eksisterende regel- og vidensgrundlag at opstille forslag til, hvordan forekomsten af glyfosat i haveaffald og evt. kompost afværger. En enkelt undersøgelse for Odense Renovation har ikke påvist glyfosat eller AMPA i en enkelt blandeprøve af oplagret haveaffald. Det anbefales, at der gennemføres en supplerende undersøgelse af forekomsten af glyfosat i dansk haveaffald fra private haver for at afklare, om det reelt forekommer i væsentlige koncentrationer.

6 Afrundende opsummering for mikroplast

Mikroplast er defineret som værende <5 mm og udgør en sundhedsmæssig og forureningsmæssig risiko. Det findes overalt, i luften, havet, fødevarer, drikkevarer og også i haveaffald. Når haveaffaldet gennemgår den almindelige komposteringsproces, bliver mikroplast ikke nedbrudt, og vil efterfølgende blive spredt på landbrugsmarker eller i private haver. Undersøgelser viser dog, at mikroplast kan blive bionedbrudt af bakterier under hypertermofile komposteringsprocesser. Metoden er afprøvet på spildevandsslam, men er endnu ikke en gængs og anvendt metode på danske komposteringspladser. Udover at afprøve metoden under danske forhold anbefales, at det undersøges i hvilket omfang mikroplast forekommer i dansk haveaffald.

7 Referencer

- B. Ottesen, C., L. Bjerg, P., M. Broholm, M., & L. Søndergaard, G. (2018). *Nedbrydningsrater til brug i GrundRisk Risikovurdering - Litteraturstudie*. Miljøstyrelsen.
- Brehmer, C. A., Brusch, W., Felding, G., Fomsgaard, I., Helweg, A., Jacobsen, S. O., . . . Spliid, H. N. (1996). *Phenoxysyre: Vurdering af risiko for grundvand*. Miljøstyrelsen.
- Büyüksönmez, F., Rynk, R., F. Hess, T., & Bechinski, E. (1999). Occurrence, Degradation and Fate of Pesticides During Composting. Part I: Composting, Pesticides and Pesticides Degradation. *The JG Press*, 66-82.
- Büyüksönmez, F., Rynk, R., Hess, F., & E., B. (2000). Occurrence, Degradation and Fate of Pesticides During Composting. Literature review. Part II: Occurrence and fate of pesticides in compost and composting systems. *Compost Science & Utilization*.
- Chen, Z., Zhao, W., Xing, R., Xie, S., Yang, X., Cui, P., . . . Zhou, S. (2019). Enhanced in situ biodegradation of microplastics in sewage sludge using hyperthermophilic composting technology. *Elsevier*.
- Christensen, M. A. (2020). *Nu bliver det ulovligt at købe koncentrerede sprøjtemidler*. Hentet fra <https://www.bolius.dk/nu-bliver-det-ulovligt-at-koebe-koncentrerede-sproejtemidler-92692>
- Corfitzen, J. C., & Clasen, G. (2020). *Lav din egen super kompost*. Hentet fra <https://www.bolius.dk/lav-din-egen-superkompost-16576>
- Dill et al, G. (2010). *Glyphosate resistance in crops and weeds. History, Development, and Management*. John Wiley & Sons, Inc.
- Eberbach, P. (1999). Influence of Incubation Temperature on the Behavior of Triethylamine-Extracable Glyphosate (N-Phosphomomethylglycine) in Four Soils. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2459-2467.
- EXTONET. (1999). *Pesticide information profiles*. Hentet fra <http://ace.ace.orts.edu/info/extonet/pips>
- Falkenberg, A. J., Bay, U. H., Ramsay, L., Holm Jørgensen, J., Jørgensen, R. P., Spliid, N. H., & Petersen, C. (2011). *Redegørelse om Glyphosat og AMPA fund i GRUMO*. Miljøstyrelsen.
- Helweg, A. (1987). *Weed Res.*
- Lassen, C., Foss Hansen, S., Magnussin, K., Norén, F., Bloch Hartmann, I. N., Rehne Jensen, P., . . . Brich, A. (2015). *Microplastics - Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark*. Ministry of Environment and Food of Denmark.
- Miljøstyrelsen. (2019). *Salg af pesticider til brug i private haver 2018*. Miljøstyrelsen.
- Miljøstyrelsen. (2019). *Orientering om gældende regler ved bortledning af vand fra haveaffald på genbrugspladser*.
- Smith, A. (1989). *Rev Weed*.

Sviridov et al., A. (2015). Microbial Degradation of Glyphosate Herbicides (Review). *Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya*, 188-195.

Vestforbrænding. (2021). *Gratis kompost*. Hentet fra <https://www.vestfor.dk/genbrugsstationer/gratis-kompost/>

Woodrow, J. e. (1990). *Long Range Transportation of Pesticides*.

Yalkowsky, S., & Dannefelter, R. (1992). The Aquasol Database of Aqueous Solubility.