



Foto: Lars Sandven Dalen / NIBIO

## Bruk av parasittmidler i landbruk og hestehold

**Parasittmidler er viktige for å ivareta god dyrehelse, men økt resistens gjør at virkningen av midlene avtar. I tillegg er parasittmiddel-rester i dyremøkk skadelig både for insekter som lever av møkk, og for mange former for jordliv. Redusert bruk av parasittmidler og riktig håndtering av gjødsla kan bremse resistensutviklingen og bedre situasjonen for gjødselbiller og jordliv.**

Dyr er utsatt for en rekke parasitter – rundormer, bendelormer, insekter, midd og mye mer. I mange tilfeller lever sterke og friske dyr godt selv med litt parasitter, men parasittene kan også gi redusert trivsel og vekst, eller i verste fall være dødelige. For mange dyreslag er det vanlig å behandle mot parasitter rutinemessig noen ganger i året – såkalt kjernebehandling. I tillegg gis det behandling ved sykdom.

Mange av midlene som brukes i veterinærmedisin er også mye brukt i human medisin, og forebygging av resistens er viktig for både dyr og mennesker. For eksempel brukes middelet ivermektin både til

behandling av nematoder og lungeorm hos sau, og brukes hvert år til behandling av minst 250 millioner tilfeller av tropiske sykdommer hos mennesker (Crump, 2017).

### LEGEMIDDELSTATISTIKK

Første steg mot lavere bruk av parasittmidler er å kjenne til hvor mye som brukes i dag, og hva midlene brukes mot. Det gir mulighet til å undersøke om det er et overforbruk, og hvor potensialet for reduksjon er størst. Siden år 2000 har vi hatt statistikk for utlevering av antibakterielle midler til landlevende dyr gjennom NORM-VET-programmet. Opprettelsen av programmet ble vedtatt politisk for å møte

utfordringer med antibiotikaresistens. Inkludert i NORM-VET er det også et screening-program hvor det tas prøver av kliniske isolater fra syke dyr for å avdekke omfanget av antibiotikaresistens. Siden 1993 har antibiotika-bruken til landlevende matproduserende dyr (inkl. hest) blitt redusert med 51 %, og resistenssituasjonen ble i 2022-rapporten beskrevet som god (NORM/NORM-VET, 2023).

Per i dag finnes det ikke statistikk for bruk av parasittmidler til husdyr. For å bøte på noe av dette kunnskapshullet har vi i NIBIO produsert statistikk for bruk av et utvalg vanlige parasittmidler. Tallgrunnlaget er hentet fra Veterinært Legemiddelregister (VetReg), hvor både apoteker og veterinærer må registrere utleveringer av legemidler til matproduserende landdyr inkludert hest (Grave & Hopp, 2017). Databehandlingen følger i stor grad fremgangsmåten til Grave & Hopp (2017). Fordi ikke all legemiddelbruk fra veterinærer registreres i VetReg (Grave & Hopp 2017), og fordi feilregistreringer er tatt ut av datasettet, underestimerer tallmaterialet som presenteres i denne POPen utlevering av parasittmidler. Feilregistreringer inkluderer f.eks. feil bruk av enhet (ml for tabletter) eller utlevering av urimelig store doser.

## GRUPPERING

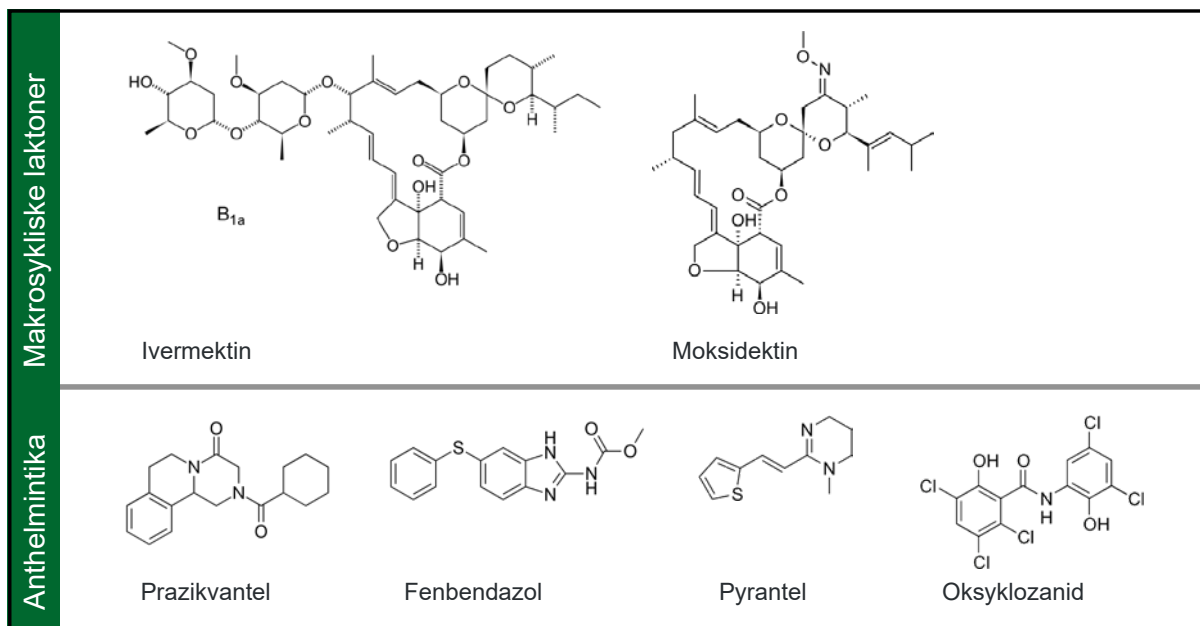
Det er vanlig å dele inn parasittmidler i fire grupper (Figur 1):

1. Anthelmintika mot innvollsorm (helminther) som nematoder, bendelormer og ikter
2. Endektocider (makrosykliske laktoner) som både virker mot innvollsormer og utvendige parasitter som flått, lus og andre insekter
3. Ektoparasittmidler mot utvendige parasitter
4. Antiprotozomidler mot f.eks. koksidier (protozoer er mikroskopiske, encellede dyr)

I denne omgang har vi produsert statistikk for én gruppe anthelmintika – kinolinderivater – og begge grupper endektocider. Endektocider blir også ofte kalt for anthelmintika, ettersom også disse midlene virker mot innvollsormer. Her følger vi imidlertid ATC-grupperingen og skiller mellom anthelmintika og endektocider.

Antiparasittære midler, insekticider og repellerende midler			
Anthelmintika	Endektocider (makrosykliske laktoner)	Ektoparasittmidler, insekticider og repellerende midler	Antiprotozomidler
Kinolinderivater <i>Prazikvantel</i>	Avermektiner <i>Ivermektin</i> <i>Eprinomektin</i> <i>Doramektin</i> <i>Selamektin</i> <i>Emamektin</i>	Kitinsyntesehemmere	Antikoksoidosemidler
Benzimidazoler <i>Fenbendazol</i> <i>Oksfendazol</i> <i>Albendazol</i> <i>Febentel</i>	Milbemyciner <i>Moksidektin</i> <i>Milbemycinoksिम</i>	Isoksazoliner	
Tetrahydropyrimidin-derivater <i>Pyrantel</i>		Pyretriner	
Fenolderivater <i>Oksyklozanid</i>		Organiske fosforforbindelser	
		Organiske syrer	
		Andre ektoparasittmidler	

Figur 1. Grupper med antiparasittære midler, insekticider og repellerende midler som er ført inn i veterinærkatalogen. Inndelingen følger ATC-systemet til verdens helseorganisasjon. Enkeltforbindelser som brukes i Norge er oppført i kursiv under gruppenavn for anthelmintika og endektocider. Eksempler på molekylstrukturer vises i Figur 2.

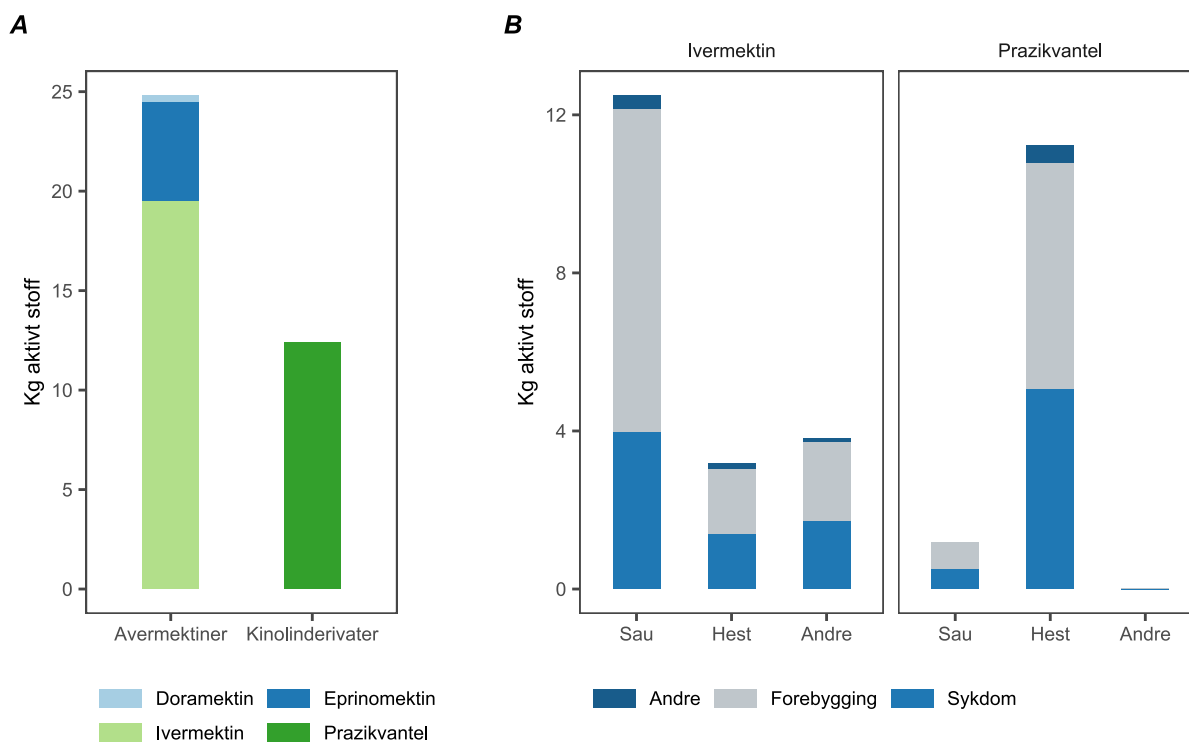


Figur 2. Molekylstrukturer for midler i gruppene anthelmintika og endektocider (makrosykliske laktoner).

### HVILKE MIDLER BRUKES TIL HVA?

I gruppen avermektiner ble ivermektin (Figur 3A) desidert mest utlevert i 2022, etterfulgt av eprinomektin. Ivermektin ble først og fremst utlevert til sau, i tillegg til mindre mengder til hest, storfe og andre dyr (Figur 3B). Eprinomektin ble først og fremst brukt

til behandling av storfe. Det ble brukt mindre enn ett gram totalt av milbemyciner, selamektin og emamektin. Ifølge Veterinærkatalogen brukes de fleste legemidler med milbemyciner til hunder og katter, og er følgelig ikke inkludert i statistikken presentert her.



Figur 3. A: Utlevert mengde parasittmidler i gruppene avermektiner og kinolinderivater i 2022, til matproduserende landdyr inkludert hest. B: Utlevert mengde ivermektin og prazikvantel til matproduserende landdyr inkludert hest i 2022, fordelt på forebyggende behandling, behandling av sykdom, og annen bruk.

Prazikvantel er den eneste kinolinderivaten som er registrert i Veterinærkatalogen. Prazikvantel ble i 2022 brukt i nesten like stort omfang som ivermektin, men først og fremst til hest (Figur 3). Veterinærkatalogen inneholder 12 preparater med prazikvantel, hvorav tre er ment til å brukes på hest og ni er ment til bruk for hund og/eller katt.

### FOREBYGGENDE BRUK

Mer enn halvparten av mengden parasittmidler er registrert til forebyggende bruk. Dette kan skyldes at det er anbefalt å bruke parasittmidler rutinemessig hos både sau og hest. I en spørreundersøkelse blant sauebønder fra hele landet kom det fram at over 80 % behandlet forebyggende mot nematoder, mens 24 % behandlet forebyggende mot store leverikter (Gravdal et al., 2021). Kun 11 % av bøndene tok avføringsprøver for å vurdere behandlingsbehov. Testing av dyr for parasitter er både kostbart og tidkrevende. I hvilken grad diagnostisering kan eller skal benyttes før medisiner, er både et politisk spørsmål og et spørsmål om tilgang til testmetoder. Men det er også et spørsmål om ordninger som gjør bruk av slik testing overkommelig for dyreeiere.

### MIDLENE SOM MANGLER

Bruken av avermektiner, kinolonderivater og milbemyciner til storfe og gris var lav i 2022, sammenlignet med bruken til sau og hest. Benzimidazoler er sannsynligvis en god del brukt til disse dyregruppene. Det er for eksempel relativt vanlig å benytte benzimidazolen oksfenbendazol til storfe som er på beite for første gang (Opsal et al., 2021). For sau er det anbefalt å bytte mellom avermektiner og benzimidazoler for å forebygge resistensutvikling (Animalia, 2021). En type benzimidazol (fenbendazol) ble funnet i en screening av grise- og storfe gjødsel, men ikke i heste- og kyllinggjødsel (Joner et al., 2019).

### UTILSIKTEDE EFFEKTER PÅ INSEKTER OG JORDLIV

Som for mange andre medisiner, brytes ikke de aktive stoffene i parasittmidler fullstendig ned i kroppen, men skilles i stor grad ut i avføring og urin (Kreuzig et al., 2007; Wall & Strong, 1987). Dette havner enten direkte på bakken fra beitende dyr, eller det spres på jord som gjødsel. Siden det finnes svært mange organismer i naturen som tilhører de samme organismegruppene som parasitter (insekter, midd, nematoder, protozoer, osv.), er det en fare for at disse organismene skades av slike medisinerester (Vokřál et al., 2023). Møkk er et yndet levested og en næringskilde for mange former for liv i naturen, og disse har ofte viktige funksjoner i økosystemene. Noen steder kan

det være flere hundre arter inntil før møkka er ferdig nedbrutt (Adler et al., 2016). Parallellen til bruk av insektmidler i landbruket og de negative effektene dette har på pollinerende insekter, er nærliggende å trekke.

I hvilken grad organismer i miljøet påvirkes av parasittmidler avhenger av flere faktorer: Hvor følsomme de er for et gitt middel, om de oppsøker møkk som mat eller levested, i hvilken livsfase de blir eksponert, hvilken restkonsentrasjon som finnes i møkka, og selvsagt hvor utstrakt bruken av slike midler er. Vi viser nedenfor noen eksempler på organismer og eksponeringsveier som påvirker organismer i miljøet for de mest studerte parasittmidlene. Mesteparten av dosen som gis skilles ut i avføring/urin i løpet av noen dager. I den perioden kan konsentrasjonen i møkka være svært høy, det er for eksempel målt opp til 20 mg/kg t.v. av ivermektin og 17 mg/kg t.v. moksikdektin i hestemøkk (Adler et al., 2016). For gjødsel-fluer (*Scathophaga stercoraria*) fører så lite som 0,02 mg/kg f.v. til 50 % dødelighet (Römbke et al., 2009). Kullue (*Musca autumnalis*) er enda mer følsom, med 50 % dødelighet ved 0,005 mg/kg f.v. (Römbke et al., 2010). Møkk fra dyr som er behandlet med parasittmidler brytes i noen tilfeller langsommere ned enn møkk fra ubehandlede dyr, noe som kan tyde på at giftvirkningen av parasittmidlene på møkklevende organismer hemmer nedbrytningen (Sommer & Bibby, 2002).

Også jordorganismer kan ta skade av parasittmidlene, selv om konsentrasjonen i jorda ofte vil være lavere enn i møkka. Parasittmidlene når jord enten ved at møkka blandes inn i jorda, eller ved at de lekker ut fra møkka og ned i jorda. Noen parasittmidler er mer mobile enn andre og kommer seg dermed raskere ned i jorda, mens de fleste binder seg til partikler i møkka og forblir der (for eksempel ivermektin og særlig moksikdektin; Heinrich et al., 2021). Blant jordorganismer ser det ut til at spretthaler er blant de mest følsomme organismene. Ivermektin kan for eksempel halvere fødselsraten hos spretthaler ved 1,7 mg/kg ivermektin (Adler et al., 2016, Vokřál et al., 2023). I forsøk der spretthaler ble eksponert for ivermektin sammen med rovmidd og andre jordorganismer i en næringskjede, økte følsomheten hos spretthaler med 20 ganger sammenliknet med eksponering der spretthalene lever alene (Jensen & Scott-Fordsmann, 2012). Meitemark er lite følsomme for ivermektin, men følsomme for andre parasittmidler. For eksempel er fenbendazol dødelig for meitemark i konsentrasjoner som kan gjenfinnes i husdyrmøkk (0,3-1,5 mg/kg gav 55 % dødelighet, og svinemøkk kan inneholde rundt

0,4 mg/kg fenbendazol; Argüeso-Mata et al., 2021; Goodenough et al., 2019). Også prazikvantel er dødelig for meitemark, men ved høyere konsentrasjoner (33 % dødelighet ved 2-12 mg/kg; Goodenough et al. 2019).

## NEDBRYTNING

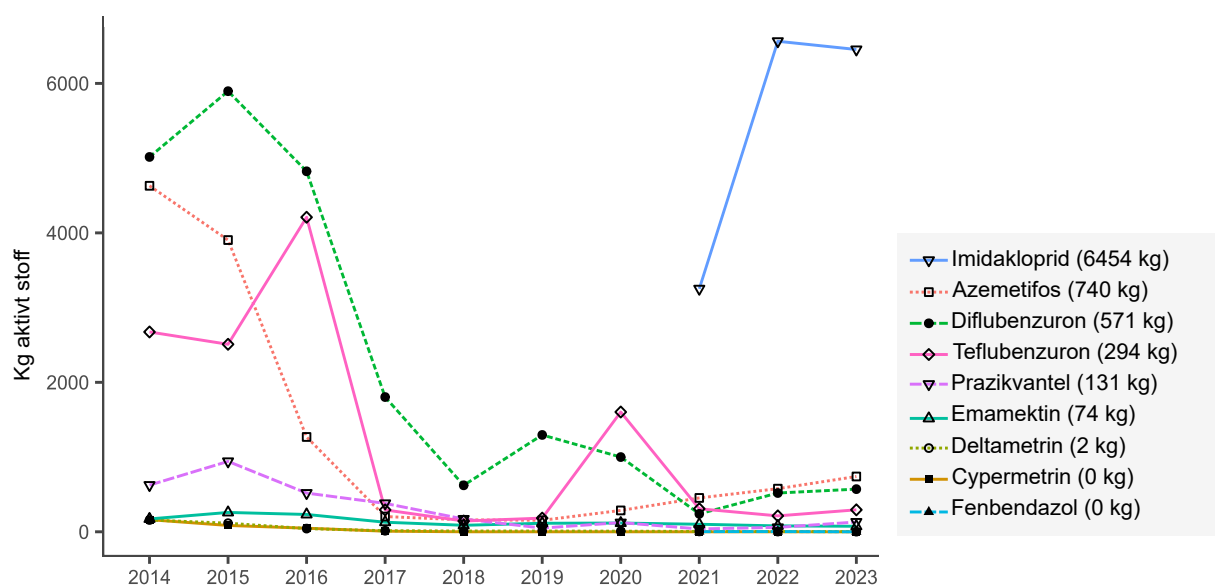
Nedbryting av parasittmidler i husdyrgjødsel under lagring og i jord etter spredning er ikke studert under norske forhold. I en studie der nedbryting av ivermektin i storfemøkk ble sammenliknet i Nederland og syd-Frankrike, varierte halveringstiden fra 8-32 dager (Wohde et al., 2016). Her ble det også funnet målbare mengder ivermektin i jorda under møkka etter 13 måneder. For fenbendazol viste Kreuzig et al. (2007) at nedbryting i svinemøkk var svært langsom, med en reduksjon på mellom 9-16 % i løpet av 101 dager. Varmkompostering kan være en effektiv måte å behandle husdyrgjødsel med medisinrester på, som igjen kan hindre at insekter og andre organismer i miljøet eksponeres for skadelige konsentrasjoner av parasittmidler. Dette finnes lite data på dette ennå, men det har blitt vist at doramektin brytes raskere ned ved varmkompostering (ca. 65 °C) av sauemøkk enn ved lagring ved 40 °C (40 % mot 18 % etter 21 dager, Gobec et al., 2007).

## VANNMILJØET ER OGSÅ UTSATT

Bruk av parasittmidler på land kan gi skadevirkninger også for vannlevende organismer, som demonstrert

for eksempel for ivermektin (Liebig et al., 2010). Parasittmidlene sitter gjerne på jord- og møkkpartikler, og ved avrenning av jord følger midlene med til vann. I vannmassene synker konsentrasjonen av ivermektin raskt ettersom stoffet binder seg til sedimentene (og delvis pga. nedbrytning gjennom dagslys), mens i sedimentene er nedbrytningen svært langsom (Sanderson et al., 2007). Jevnlig tilførsel av ivermektin kan dermed føre til anrikning i sedimenter, hvor bunndyr kan ta skade. Spesielt er nematodesamfunn sårbare (Brinke et al., 2010). Det er kanskje ikke overraskende ettersom ivermektin brukes til behandling mot nematoder. Også vannlopper (*Daphnia magna*) er følsomme for parasittmidler. For eksempel er ivermektin dødelig for vannlopper i konsentrasjoner man kan finne i avrenning fra landbruksjord (Garric et al., 2007; Fernandez et al., 2011).

I havet er trolig fiskeoppdrett en større kilde til parasittmidler. I 2023 ble det brukt mer enn 8000 kg parasittmidler til behandling av lakselus (Figur 4, FHI, 2024). Mye av dette skyldes bruk av neonicotidet imidakloprid, men også anthelmintika og ektoparasittmidler ble brukt. Det ble for eksempel brukt 74 kg emamektin i 2023, om lag tre ganger så mye som det brukes av avermektiner på land. Det ble også brukt 131 kg prazikvantel, mot litt over 10 kg på land (Figur 4). På det meste ble det brukt nesten 1000 kg prazikvantel og mer enn 250 kg emamektin på ett år (2015, Figur 4).



Figur 4. Utlevering av parasittmidler til bruk i fiskeoppdrett. Tallene er hentet fra FHI (2024). I oversikten til høyre er forbindelsene sortert etter mengde brukt i 2023, med antall kilo brukt i 2023 i parentes.

## RESISTENS

Resistensen mot parasittmidler øker i husdyrhold i Europa (Animalia, 2021; Rose Vineer et al., 2020). Det ser ut til at det samme skjer i Norge (Odden & Ersdal, 2018). I en norsk screening fra 2009 var om lag én av ti undersøkte saueflokker resistente mot benzimidazolen albendazol, mens ingen var resistente mot makrosykliske laktoner (Domke et al., 2012). Senere har det imidlertid blitt påvist resistens mot både benzimidazoler og ivermektin i samme saueflokk, noe som gir få behandlingsmuligheter (Odden & Ersdal, 2018).

Det er derfor gode grunner til å innskjerpe bruken av parasittmidler ved mer utstrakt diagnostisering før man mediserer dyr, samt at man overvåker resistensutvikling på samme måte som for antibiotika. Dette vil også gjøre at man kan medisinere syke dyr med mer effektive midler. Diagnostisering gir også mulighet for å identifisere storutskillere av parasitter og behandle disse på en målrettet måte. Dette gjelder spesielt for hester, hvor man har de samme dyrene i en flokk over mange år og kan bli kjent med hvilke dyr som skiller ut mye parasitter.

Ulike former for dyrehold kan øke eller dempe både behovet for parasittmidler og utviklingen av resistens. For eksempel vil høy dyretetthet, hyppig og ensidig bruk av parasittmidler, langvarige former for medisinering og underdosering med parasittmidler ofte fremme resistensutvikling. Praksis som demper resistensutvikling inkluderer selektiv og målrettet behandling av dyr, gode rutiner ved innkjøp av dyr, og samarbeiding mellom dyr som angripes av ulike parasitter (f.eks. sau og storfe). Beitebruk og tidspunkt for medisinering er også viktig. (Odden & Ersdal, 2018; Rose Vineer et al., 2020). Resultatene fra spørreundersøkelsen til Gravdal et al. (2021) blant norske sauebønder tyder imidlertid på at ikke alle disse rådene følges opp. Blant annet ser det ut til at underdosering er nokså vanlig.

## KUNNSKAPSHULL

Et viktig kunnskapshull er manglende årlig statistikk over bruk av parasittmidler til dyr, inkludert hvilke midler som brukes til ulike dyregrupper og mot hva, graden av flokkbehandling og graden av forebyggende behandling. Her har vi presentert statistikk for 2022 for noen grupper parasittmidler, mens bruken av andre midler er ukjent. Statistikk gir mulighet til å følge bruk av parasittmidler over tid, og bidrar i vurderinger omkring hvorvidt bruken er nødvendig eller om den kan reduseres ved å legge om dyrehold (dyretetthet på beite, varighet av innmarksbeite, osv.). Det er viktig med kunnskap om hvordan parasittangrep kan forebygges uten medisiner, og ikke minst er det viktig at kunnskapen formidles og følges opp.

Det er også store kunnskapshull når det gjelder nedbryting av medisinrester i møkk, både på beite og i gjødsellagre, og konsentrasjoner som gjenfinnes i jord. Hvorvidt ulike gjødselhåndteringsalternativer kan påskynde eller hindre nedbrytning (lagring, kompostering, anaerob utråtning osv.) er også lite kjent. I dag gis ofte beitedyr antiparasittmidler idet de slippes ut fjøsdøra om våren. Dette er trolig den minst gunstige måten å medisinere på med tanke på negative effekter på insekter og jordlevende organismer. Om man isteden medisinerte innendørs og samlet opp møkk i de påfølgende dagene før utslipp, vil møkka med de største mengdene medisinrester kunne samles opp og behandles separat, f.eks. ved varmkompostering.

For naturlig forekommende organismer som er følsomme for medisinrester i møkk og husdyrgjødsel, har det vært lite forskning i Norge. Det meste som er kjent gjelder insekter som lever i og av husdyrmøkk, men med dagens fokus på biodiversitet, insektdød og ikke minst jordhelse, er det nærliggende å etterlyse mer kunnskap om hvordan parasittmiddelbruken påvirker økosystemene våre, og hva en bedre overvåking og styring kan bøte på.

## REFERANSELISTE

- Adler, N., Bachmann, J., Blanckenhorn, W. U., Floate, K. D., Jensen, J., & Römbke, J. (2016). Effects of ivermectin application on the diversity and function of dung and soil fauna: Regulatory and scientific background information. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(8), 1914-1923. <https://doi.org/10.1002/etc.3308>
- Animalia. (2021). Anbefalinger for håndtering av parasitter hos sau. [https://www.animalia.no/contentassets/8f2f83700d-674be8a3b99459cf78f332/animalia\\_brosjyre\\_parasittanbefalinger\\_2021\\_ferdig\\_web.pdf](https://www.animalia.no/contentassets/8f2f83700d-674be8a3b99459cf78f332/animalia_brosjyre_parasittanbefalinger_2021_ferdig_web.pdf)
- Argüeso-Mata, M., Bolado, S., Jimenez, J.J., López-Serna, R. (2021). Determination of antibiotics and other veterinary drugs in the solid phase of pig manure. *Chemosphere*, 275, 130039. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130039>
- Brinke, M., Höss, S., Fink, G., Ternes, T. A., Heininger, P., & Traunspurger, W. (2010). Assessing effects of the pharmaceutical ivermectin on meiobenthic communities using freshwater microcosms. *Aquatic Toxicology*, 99(2), 126-137. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.04.008>
- Crump, A. (2017). Ivermectin: enigmatic multifaceted 'wonder' drug continues to surprise and exceed expectations. *The Journal of Antibiotics*, 70(5), 495-505. <https://doi.org/10.1038/ja.2017.11>
- Domke, A. V., Chartier, C., Gjerde, B., Hoglund, J., Leine, N., Vatn, S., & Stuen, S. (2012). Prevalence of anthelmintic resistance in gastrointestinal nematodes of sheep and goats in Norway. *Parasitology Research*, 111(1), 185-193. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-2817-x>
- Fernandez, C., Porcel, M. A., Alonso, A., San Andrés, M., & Tarazona, J. V. (2011). Semifield assessment of the runoff potential and environmental risk of the parasiticide ivermectin under Mediterranean conditions. *Environmental Science and Pollution Research*, 18(7), 1194-1201. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0474-8>
- FHI. (2024). Bruk av legemidler i fiskeoppdrett, 2001 - 2022. Folkehelseinstituttet og NMBU Veterinærhøgskolen. Retrieved 01.02.2024 from <https://www.fhi.no/he/legemiddelbruk/fisk/bruk-av-legemidler-i-fiskeoppdrett/#bde-nye-og-historiske-tall>
- Garric, J., Vollat, B., Duis, K., Péry, A., Junker, T., Ramil, M., Fink, G., & Ternes, T. A. (2007). Effects of the parasiticide ivermectin on the cladoceran *Daphnia magna* and the green alga *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Chemosphere*, 69(6), 903-910. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.05.070>
- Gobec, I., Kožuh Eržen, N., Pintarič, Š., & Dobeic, M. (2007, 12-21. juni). Degradation of doramectin during thermophile phase of composting and manure storage. A. Aland (Red.), Animal health, animal welfare and biosecurity. Proceedings of 13th International Congress in Animal Hygiene, Tartu, Estonia, 1, s. 507-514
- Gravdal, M., Robertson, L. J., Tysnes, K. R., Höglund, J., Chartier, C., & Stuen, S. (2021). Treatment against helminths in Norwegian sheep: a questionnaire-based survey. *Parasite*, 28, 63. <https://doi.org/10.1051/parasite/2021061>
- Grave, K., & Hopp, P. (2017). Veterinært legemiddelregister (VetReg) - datakvalitet for antibakterielle midler. Rapport 29 – 2017, Veterinærinstituttet
- Heinrich, A. P., Zöltzer, T., Böhm, L., Wohde, M., Jaddoudi, S., El Maataoui, Y., Dahchour, A., & Düring, R. A. (2021). Sorption of selected antiparasitics in soils and sediments. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 77. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00513-y>
- Jensen, J., & Scott-Fordsmand, J. J. (2012). Ecotoxicity of the veterinary pharmaceutical ivermectin tested in a soil multi-species (SMS) system. *Environmental Pollution*, 171, 133-139. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.014>
- Joner, E., Coutris, C., & Rivier, P.-A. (2019). Identifisering og kvantifisering av mikroplast og uønskede stoffer. NIBIO. <https://nibio.no/prosjekter/baerekraftig-resirkulering-av-organiske-avfallsressurser-i-fremtidens-biooekonomi/arbeidspakke-3/arbeidspakke-3-identifisering-og-quantifisering-av-mikroplast?locationfilter=true>
- Kreuzig, R., Blümlein, K., & Höltge, S. (2007). Fate of the benzimidazole antiparasitics flubendazole and fenbendazole in manure and manured soils. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 35(5), 488-494. <https://doi.org/10.1002/clen.200720023>
- Liebig, M., Fernandez, A. A., Blubbaum-Gronau, E., Boxall, A., Brinke, M., Carbonell, G., Egeler, P., Fenner, K., Fernandez, C., Fink, G., Garric, J., Halling-Sorensen, B., Knacker, T., Krogh, K. A., Kuster, A., Löffler, D., Cots, M. A., Pope, L., Prasse, C., Rombke, J., Ronnefahrt, I., Schneider, M. K., Schweitzer, N., Tarazona, J. V., Ternes, T. A., Traunspurger, W., Wehrhan, A., & Duis, K. (2010). Environmental risk assessment of ivermectin: A case study. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 6 Supplement 1, 567-587. <https://doi.org/10.1002/ieam.96>
- NORM/NORM-VET. (2023). Usage of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in Norway. Norsk overvåkningssystem for antibiotikaresistens hos mikrober (NORM), Veterinærinstituttet og Folkehelseinstituttet
- Odden, A., & Ersdal, C. (2018). Ivermectin-resistens i en sauebesetning i Rogaland med påvist haemonchose. *Norsk veterinærtidsskrift* (5), 294-299.
- Opsal, T., Toftaker, I., Nøtvedt, A., Robertson, L. J., Tysnes, K. R., Woolsey, I., Hektoen, L. (2021). Gastrointestinal nematodes and *Fasciola hepatica* in Norwegian cattle herds: a questionnaire to investigate farmers' perceptions and control strategies. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 63 (52), <https://doi.org/10.1186/s13028-021-00618-7>
- Rose Vineer, H., Morgan, E. R., Hertzberg, H., Bartley, D. J., Bosco, A., Charlier, J., Chartier, C., Claerebout, E., de Waal, T., Hendrickx, G., Hinney, B., Hoglund, J., Jezek, J., Kasny, M., Keane, O. M., Martinez-Valladares, M., Mateus, T. L., McIntyre, J., Mickiewicz, M., Munoz, A. M., Phythian, C. J., Ploeger, H. W., Rataj, A. V., Skuce, P. J., Simin, S., Sotiraki, S., Spinu, M., Stuen, S., Thamsborg, S. M., Vadlejch, J., Varady, M., von Samson-Himmelstjerna, G., & Rinaldi, L. (2020). Increasing importance of anthelmintic resistance in European livestock: creation and meta-analysis of an open database. *Parasite*, 27, 69. <https://doi.org/10.1051/parasite/2020062> (Importance croissante de la résistance aux anthelminthiques chez les ruminants européens : création et meta-analyse d'une base de données ouverte.)

- Römbke, J., Barrett, K., Blanckenhorn, W. U., Hargreaves, T., Kadiri, N., Knäbe, S., Lehmus, J., Lumaret, J. P., Rosenkranz, B., Scheffczyk, A., & Sekine, T. (2010). Results of an international ring test with the dung fly *Musca autumnalis* in support of a new OECD test guideline. *Science of the Total Environment*, 408(19), 4102-4106. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.05.027>
- Römbke, J., Floate, K. D., Jochmann, R., Schäfer, M. A., Puniamoorthy, N., Knäbe, S., Lehmus, J., Rosenkranz, B., Scheffczyk, A., Schmidt, T., Sharples, A., & Blanckenhorn, W. U. (2009). Lethal and sublethal toxic effects of a test chemical (ivermectin) on the yellow dung fly (*Scathophaga stercoraria*) based on a standardized international ring test. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28(10), 2117-2124. <https://doi.org/10.1897/08-599.1>
- Sanderson, H., Laird, B., Pope, L., Brain, R., Wilson, C., Johnson, D., Bryning, G., Peregrine, A. S., Boxall, A., & Solomon, K. (2007). Assessment of the environmental fate and effects of ivermectin in aquatic mesocosms. *Aquatic Toxicology*, 85(4), 229-240. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.08.011>
- Sommer, C., & Bibby, B. M. (2002). The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. *European Journal of Soil Biology*, 38, 155-159.
- Vokřál, I., Podlipná, R., Matoušková, P., & Skálová, L. (2023). Anthelmintics in the environment: Their occurrence, fate, and toxicity to non-target organisms. *Chemosphere*, 345, 140446. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140446>
- Wall, R., & Strong, L. (1987). Environmental consequences of treating cattle with the antiparasitic drug ivermectin. *Nature*, 327, 418-421. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/327418a0>
- Wohde, M., Blanckenhorn, W. U., Floate, K. D., Lahr, J., Lumaret, J. P., Römbke, J., Scheffczyk, A., Tixier, T., & Düring, R. A. (2016). Analysis and dissipation of the antiparasitic agent ivermectin in cattle dung under different field conditions. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(8), 1924-1933. <https://doi.org/10.1002/etc.3462>

---

FORFATTERE:

Astrid Solvåg Nesse, Claire Coutris, Ikumi Umetani og Erik Joner