



Foto: Erling Fløistad, NIBIO

Tabeller over sannsynligheten for utlekking av plantevernmidler til grunnvann

Et verktøy til hjelp ved planlegging av sprøyting

Plantevernmidler som sprøytes på åkeren kan komme på avveie, gjerne ved utlekking mot grunnvann. Bønder har få verktøy til hjelp for å vurdere om et plantevernmiddel kan lekke nedover i jorda mot grunnvannet under jord- og klimaforhold på deres eget gårdsbruk.

BAKGRUNN

Plantevernmidler som sprøytes på åkeren kan komme på avveie og transporteres vekk fra området som er behandlet. Dette kan blant annet skje ved overflateavrenning eller utlekking nedover i jorda mot grunnvannet. Hvilken vei plantevernmidlene tar er avhengig av flere faktorer, men vær, jordsmonn og plantevernmidlenes kjemiske egenskaper betyr mye. Noen plantevernmidler bindes sterkt til jordpartikler og kan dermed transporteres med avren-

ning på overflaten mot nærmeste bekk eller grøft. Graden av avrenning styres av mengde og intensitet av nedbør som kommer i tiden etter sprøyting. Slik avrenning kan reduseres ved å etablere vegeterte buffersoner/vegetasjonssoner i kanten av åkeren, som striper på tvers av fallretningen eller i erosjonsdråg. Plantevernmidler som er mer vannløselige beveger seg ofte vertikalt nedover i jorda. Disse kan transporteres i retning grunnvannet og gir en risiko for forurensning av grunnvannsbrønner. Enkelte

plantevernmidler har en merknad om dette på etiketten, det vil si at det informeres om at midlet kan nå grunnvann, uten at dette forklares nærmere. Sannsynligheten for utlekking mot grunnvann vil påvirkes av klima og jordsmonn og varierer dermed fra sted til sted. Det er få verktøy en bonde kan benytte seg av for å vurdere sannsynligheten for slik forurensing på egen gård. I et 3-årig prosjekt finansiert over Handlingsplan for bærekraftig bruk av plantevernmidler (LMD, 2016) har vi utviklet tabeller som viser hvor stor sannsynlighet det er for utlekking av et plantevernmiddel sprøytet i en gitt kultur og under gitte jord- og klimaforhold. Tabellverket inkluderer alle plantevernmidler godkjent for bruk i korn og potet og angir beregnet sannsynlighet for utlekking i de viktigste jordtypene i norske dyrkingsregioner. Modellsimuleringene er gjennomført med bruk av det svenske modellverktøyet MACRO-DB. Her gis en beskrivelse av hvilke data som ligger til grunn for datatabellene, hvordan modellsimuleringene er utført og hvordan utlekkingstabellene er utformet og kan brukes i planlegging av plantevernpraksis på det enkelte gårdsbruk.

DYRKINGSREGIONER

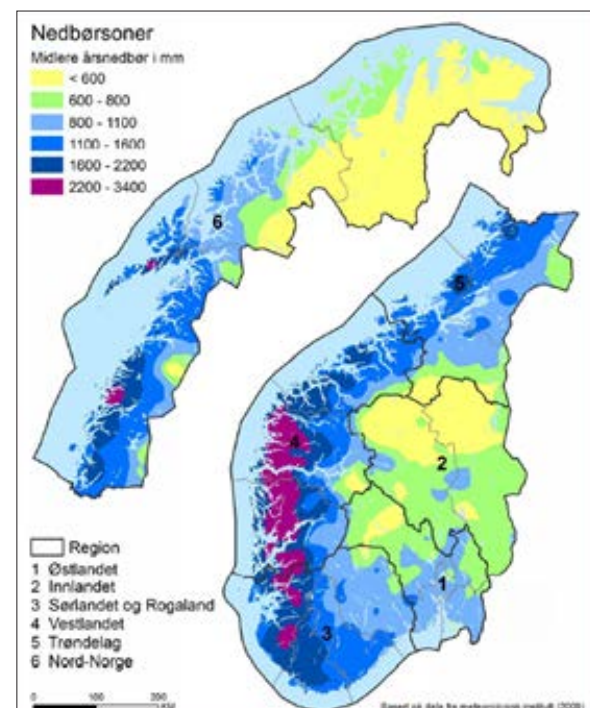
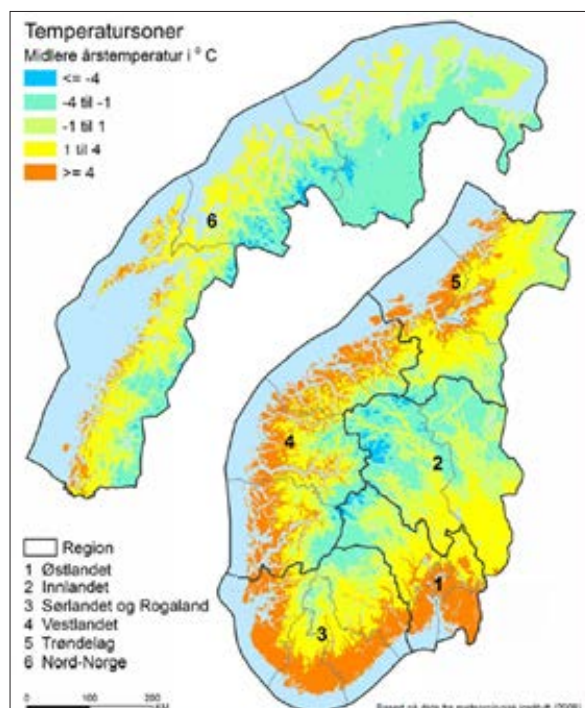
Det ligger en inndeling av Norge i dyrkingsregioner som grunnlag for modelleringen som tabellverket er bygget på. Denne inndelingen er valgt på bakgrunn av en rapport over jordsmonnstatistikk for Norge (Lågbu

et al., 2018) der landet er delt inn i 6 regioner basert på bl.a. nedbør og temperatur (Figur 1). I dette prosjektet har vi begrenset oss til de 4 regionene med de største jordbruksarealene: region 1 Østlandet (Viken med Vestfold), region 2 Innlandet (Hedmark og Oppland), region 3 Sørlandet og Rogaland (Telemark, Agder og Rogaland) og region 5 Trøndelag.

Det er samlet inn klimadata for disse regionene med daglige verdier for nedbør, temperaturer, og evapotranspirasjon for alle årene fra 1981 til 2015 (34 år). Utvalgte meteorologiske stasjoner er benyttet for å beregne et representativt gjennomsnittlig årlig klima for disse regionene. Vi har tatt utgangspunkt i NIBIOs Landbruksmeteorologiske tjeneste, LMT (LMT, 2020), og plukket ut de tre stasjonene i hver region som er plassert i områdene med mest intensivt jordbruk (Tabell 1).

Tabell 1: Oversikt over landbruksmeteorologiske stasjoner (LMT) benyttet for å beregne årlig gjennomsnittsklima for de valgte dyrkingsregionene.

Region nr.	Region	LMT stasjoner
1	Østlandet	Kvelde, Øsaker, Årnes
2	Innlandet	Apelsvoll, Ilseng, Otta
3	Sørlandet og Rogaland	Landvik, Lyngdal, Særheim
5	Trøndelag	Skjetlein, Rissa, Mære



Figur 1: Kart over temperatur- og nedbørsoneer i Norge som definert i Lågbu et al., 2018.

DATAGRUNNLAG FOR MODELLSIMULERINGER

Jordtyper

En gjennomgang av alle de ulike jordtypene i de fire valgte regionene viste at dette inkluderte hele 90 ulike jordtyper. Ti av disse ble gjennom en ekspertvurdering valgt ut som representative for regionene på bakgrunn av sin store utbredelse og derved egnet for å benyttes i modellsimuleringer for utlekking av plantevernmidler. De 10 jordtypene kjennetegnes blant annet av hvordan de er avsatt (for eksempel om det er snakk om morene-, elve-, strand- eller havavsetninger) om jorda er selvdrenert eller ikke og av innholdet av organisk materiale. Detaljert informasjon om jordtypene finnes i en egen rapport fra prosjektet (Holten et al., 2022).

Jordbrukskulturer

Det er utarbeidet tabeller for utlekking av plantevernmidler for de to mest utbredte jordbrukskulturene i Norge, korn og potet. På grunn av ulik sprøytepraksis og forskjeller i sprøytedatoer for hhv. korn sådd om våren og korn sådd om høsten, ble det gjennomført modellsimuleringer med vår- og høstkorn hver for seg. Ifølge Norsk Landbruksrådgivning (NLR) er tidligpotet mer vanlig på Sør-Vestlandet sammenlignet med resten av landet der vanlig potet dyrkes i større grad. Tidligpotet er derfor valgt for region 3 Sørlandet og Rogaland. I datamodellen MACRO-DB kreves det data på tidspunkt for såing, spiring, modning og høsting av kulturen. Forventede tidsintervaller for disse tidspunktene for de ulike regionene er fremskaffet av NLR og et gjennomsnitt (dvs. forventet dato) beregnet fra disse (Tabell 2) er benyttet i modellsimuleringene. Disse datoene vil variere fra år til år, region til region og innen regionene, men å sette gjennomsnittsdatoer er en generalisering som er nødvendig for modelleringen.

KLIMADATA

Norske klimadata for nedbør og temperatur, gjennomsnittsverdier og årlig variasjon (LMT, 2020), ble lagt inn i modellen MACRO-DB (Tabell 3).

PLANTEVERN MIDLER

Sannsynlighetene for utlekking til grunnvann ble simulert for alle plantevernmiddepreparater godkjent for bruk i de valgte kulturene og for alle kombinasjoner av region og jordtype. Informasjon om dosering og sprøytetidspunkt ble hentet fra de ulike preparatens etiketter og fra Plantevern guiden (NIBIO, 2020). Variasjonen i anbefalt dosering kan være stor for et plantevernmiddel, avhengig av bruksområdet som inkluderer kulturen og skadegjøreren midlet skal virke mot. Vi valgte derfor å bruke den normerte arealdosen (NAD), dvs. den høyeste godkjente dosen for

Tabell 2: Forventet dato (gjennomsnitt beregnet ut fra et erfaringsbasert tidsintervall) for ulike utviklingstrinn i kulturene for simulering med MACRO-DB.

	Såing	Spiring	Modning	Høsting
	Dagnummer (dato)			
Region Østlandet				
Potet	121 (1/5)	152 (1/6)	182 (1/7)	244 (1/9)
Vårkorn	124 (4/5)	138 (18/5)	213 (1/8)	224 (12/8)
Høstkorn	244 (1/9)	258 (15/9)	213 (1/8)	227 (15/8)
Region Innlandet				
Potet	135 (15/5)	166 (15/6)	201 (20/7)	263 (20/9)
Vårkorn	135 (15/5)	152 (1/6)	222 (10/8)	237 (25/8)
Høstkorn	251 (8/9)	265 (22/9)	220 (8/8)	234 (22/8)
Region Sørlandet og Rogaland				
Potet	121 (1/5)	152 (1/6)	182 (1/7)	244 (1/9)
Tidligpotet	91 (1/4)	121 (1/5)	140 (20/5)	171 (20/6)
Vårkorn	105 (15/4)	121 (1/5)	206 (25/7)	222 (10/8)
Høstkorn	227 (15/8)	244 (1/9)	196 (15/7)	213 (1/8)
Region Trøndelag				
Potet	121 (1/5)	152 (1/6)	182 (1/7)	258 (15/9)
Tidligpotet	110 (20/4)	140 (20/5)	166 (15/6)	196 (15/7)
Vårkorn	122 (2/5)	136 (16/5)	218 (6/8)	232 (20/8)
Høstkorn	250 (7/9)	264 (21/9)	227 (15/8)	244 (1/9)

Tabell 3: Norske klimadata og justerte klimaparametere som input i modellen MACRO-DB (LMT, 2020).

Region	Snittemp. Januar (°C)	Snittemp. Juli (°C)	Årlig snitt, (°C)	Snitt årlig nedb., mm
Østlandet	-3,1	16,9	6,47	1091
Innlandet	-5,8	15,6	4,5	675
Sørlandet og Rogaland	0,8	15,6	7,7	1741
Trøndelag	-2	14,9	5,8	1228

preparatet i den største kulturen det enkelte midlet benyttes. Dette vil ofte være et «worst case»-valg av dosering med tanke på sannsynlighet for utlekking til grunnvann. Et plantevernmidde

```
parat kan bestå av et eller flere ulike virksomme stoffer og dosen for hvert enkelt virksomt stoff er beregnet ut fra mengden av stoffet i preparatet. Sprøytetidspunktet for et gitt plantevernmiddel vil i praksis variere mellom år og i de ulike regionene. I modellen defineres sprøytetidspunktene inn i første eller andre halvdel av hver aktuell måned, dvs. som et sprøyteintervall. Også dette sprøyteintervallet ble i hovedsak basert på informasjon gitt i etikettene om når midlet skal brukes (ofte spesifisert med kulturens vekststadium). Utfyllende informasjon om de ulike plantevernmidlene og valgt dosering og sprøytetidspunkt finnes i en egen rapport (Holten et al., 2022).
```

Modellsimuleringer

Sannsynligheten for at de ulike plantevernmidlene transporteres nedover jorda i retning grunnvann, er beregnet med den svenske datamodellen MACRO-DB (Jarvis et al., 1997). For å vurdere sannsynligheten for utlekking til grunnvann beregner modellen en gjennomsnittskonsentrasjon i bunnen av det simulerte jordprofilet, dvs. på 2 meters dyp. Modellen er tilpasset til norske forhold med norske data for utvikling av kulturen, jordsmonn og klima som beskrevet i avsnittene over. Det er store variasjoner mellom år og mellom steder når man sår og høster en kultur og været varierer også mye fra sted til sted. I tillegg varierer gjerne jordsmonnet mye innenfor korte avstander. Ved bruk av datamodeller må man derfor gjøre en rekke generaliseringer og forenklinger for å begrense datamengden og gjøre arbeidet overkommelig. Før en simulering settes i gang, må man foreta en rekke valg som gjelder jordtypen man skal simulere, dvs. opphavsmateriale, teksturklasse (matjordlaget og undergrunnsjord) og moldinnhold. I tillegg velger man om jordtypen vanligvis dreneres kunstig eller om den er selvdrenert. Ut fra dette definerer modellen hvilken hydrologisk klasse jordtypen tilhører og oppsummerer en del viktige hydrologiske faktorer

for de enkelte jordtypene. I sum er det da dette som bestemmer om den aktuelle jordtypen er sårbar for utlekking eller ikke.

UTLEKKINGSTABELLER

Resultatene fra modellsimuleringene er oppsummert i tabeller som viser de simulerte plantevernmidde

```
konsentrasjonene til 2 meters dybde i alle jordtyper for dyrking av høstkorn, vårkorn og potet i de fire regionene. Modellen angir resultatene enten som liten risiko (dvs. sannsynlighet) for utlekking ved å indikere en konsentrasjon på <0,001 µg/L, eller ved en konkret konsentrasjonsverdi (dvs. høyere enn 0,001 µg/L). De beregnede verdiene er så gruppert i ulike konsentrasjonsintervaller og gitt en farge og kode for slik lett å kunne skille dem fra hverandre ift. sannsynligheten for utlekking i jord (Tabell 4). Mange plantevernmidde

```
preparater har flere virksomme stoffer og modellen simulerer hvert enkelt virksomt stoff. I tilfeller der et preparat får ulik sannsynlighet for utlekking for de forskjellige virksomme stoffene i preparatet, er disse slått sammen og fargekoden for den høyeste simulerte utlekkingskonsentrasjonen valgt. Preparatet blir da uavhengig av antall virksomme stoff det inkluderer, kategorisert med én fargekode for hver jordtype innenfor en region (Tabell 5). Det er selve handelspreparatet de fleste brukere forholder seg til og det er derfor fokusert på dette i utlekkingstabellene. Dette gjør også tabellene oversiktlige og lette å lese. Konsentrasjonsgrensen som er valgt for å definere høy sannsynlighet for utlekking, 0,1 µg/L, er den grenseverdien myndighetene har satt for forurensing av grunnvann (European Union, 2006). I forbindelse med godkjenningen av plantevernmidler gjennomføres også omfattende modellsimuleringer av utlekkingsrisiko. Når disse gir en sannsynlighet for utlekking til grunnvann i konsentrasjonsnivåer over 0,1 µg/L (Mattilsynet, 2021), så er regelen at plantevernmidlet i utgangspunktet ikke skal godkjennes (European Union, 2022).
```


```

Tabell 4: Fargeskala for konsentrasjonsintervaller som indikerer sannsynligheten for utlekking av plantevernmidler til 2 meters dybde i jord i konsentrasjoner over 0,1 µg/L. 1 = liten sannsynlighet for utlekking (grønn), 2 = moderat sannsynlighet for utlekking (gul) og 3 = høy sannsynlighet for utlekking (oransje).

Konsentrasjoner (µg/L) simulert med modellen MACRO_DB		
<0,001 – ≤0,01	>0,01 – <0,1	≥0,1
1	2	3

Tabell 5: Eksempel på tabell som viser sannsynligheten for utlekking i konsentrasjoner over 0,1 µg/L av plantevernmidler brukt i potet i fem ulike jordtyper i region 3: Rogaland og Sørlandet. Se Tabell 4 for forklaring på fargekoder.

Handelspreparat	Jordtype				
	Humusholdig, selvdrenert morenejord (Siltig sand)	Humusholdig, selvdrenert sandig silt/silt (Havavsetning, sandig silt)	Humusholdig, selvdrenert siltig finsand (Strandavsetning, siltig sand)	Humusholdig, selvdrenert sandjord med høyt grusinnhold (Elveavsetning, siltig sand)	Humusrik, selvdrenert morenejord (Siltig sand)
Soppmidler					
Maxim 100 FS	1	1	1	1	1
Rizolex 50 FW	1	1	1	1	1
Ranman Top	1	1	1	1	1
Ranman	1	1	1	1	1
Revus	1	1	1	1	1
Revus Top	1	1	1	1	1
Amistar	2	2	1	1	1
Mirador	2	2	1	1	1
Cymbal 45	1	1	1	1	1
Proxanil	2	1	1	1	1
Zorvec Endavia	2	2	1	1	1
Insektmidler					
Mavrik	1	1	1	1	1
Evure Neo	1	1	1	1	1
Decis Mega EW 50	1	1	1	1	1
Teppeki	1	1	1	1	1
Karate 5 CS	1	1	1	1	1
Mospilan SG	1	1	1	1	1
Ugrasmidler					
Select	3	2	3	3	3
Focus Ultra	3	2	2	2	1
Agil 100 EC	2	1	1	1	1
Zetrola	2	1	1	1	1
Sencor WG 70	3	3	3	3	3
Fenix	1	1	1	1	1
Titus	3	3	3	3	3
Centium 36 CS	3	3	2	2	2
Boxer	2	1	1	1	1
Spotlight Plus	2	2	2	2	2

HVORDAN BRUKE UTLEKKINGSTABELLENE?

Utlekkingstabellene er utviklet slik at fargekodene angir sannsynligheten for utlekking til grunnvann for et gitt plantevernmiddel i en jordtype i en region. Datamodellen MACRO-DB beregner en konsentrasjon i jordvannet for det enkelte plantevernmiddel og det er dette som ligger til grunn for klassifiseringen i tabellene. Grønt betyr at det er liten sannsynlighet for utlekking, mens oransje betyr at det er høy sannsynlighet for utlekking i konsentrasjoner over grenseverdien på 0,1 µg/L.

Alle plantevernmidler godkjent i vårkorn, høstkorn og potet er inkludert i tabellene og dette tabellverket vil gi bonden en oversikt over og kunne sammenlikne sannsynligheten for utlekking for alle de ulike plantevernmidlene som er aktuelle å bruke i hans/hennes situasjon. Der det finnes flere alternativer, kan dermed det minst problematiske plantevernmiddel velges. Det er viktig å påpeke at det i mange tilfeller ikke finnes reelle alternativer og/eller at det er andre hensyn som også må tas med i betraktning. Tabellene er bare veiledende/rådgivende og skal ikke anses som noen fasit eller et pålegg.

Kun fem av de ti jordtypene som var inkludert i modellsimuleringene i dette prosjektet ga sannsynlighet for utlekking av plantevernmidler til grunnvann. Dette skyldes måten modellen grupperer jordtypene i ulike hydrologiske klasser og hvordan transporten av plantevernmidler skjer i jorda. Mer konkret betyr dette at i de jordtypene som ikke ga noen utlekking, ble vannet og plantevernmidlene transportert mer sidelengs enn vertikalt i jorda. Resultatet er at alle plantevernmidler klassifiseres med lav sannsynlighet for utlekking (grønn) i disse fem jordtypene. Det er mange faktorer som spiller inn på hvordan plantevernmidler oppfører seg i miljøet og ikke alle faktorer hensyntas i modellsimuleringene. Det vil alltid være en viss usikkerhet om hva som faktisk vil skje ute i naturen. Man må derfor bruke plantevernmidler med forsiktighet også på jordtyper med lav sannsynlighet for utlekking.

Alle utlekkingstabellene for høstkorn, vårkorn og potet for alle de fire regionene ligger tilgjengelig på NIBIOs nettsider (www.nibio.no/tjenester). Tabellene vil bli oppdatert årlig og det gjennomføres i 2023 et arbeid med å lage tilsvarende tabeller for flere av de viktige jordbrukskulturene i Norge.

REFERANSER

- European Union. (2006). *Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration*. Official Journal of the European Union.
- European Union. (2022). Commission Regulation (EU) No 546/2011 of 10 June 2011 implementing Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council as regards uniform principles for evaluation and authorisation of plant protection products Text with EEA relevance. *Official Journal of the European Union*.
- Holten, R., Bolli, R., Solbakken, E., Anstensrud, T. C., Bovim, S., Larsen, K. O. & Eklo, O. M. (2022). *Plantevernmidler – Tabeller for utlekkingsrisiko av plantevernmidler til bruk ved planlegging av sprøyting*: Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO), Vol. 8 Nr. 166
- Jarvis, N. J., Hollis, J. M., Nicholls, P. H., Mayr, T. & Evans, S. P. (1997). MACRO—DB: a decision-support tool for assessing pesticide fate and mobility in soils. *Environmental Modelling & Software*, 12 (2): 251-265. doi: [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(97\)00147-3](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(97)00147-3).
- LMD. (2016). *Landbruks- og matdepartementet. Handlingsplan for bærekraftig bruk av plantevernmidler (2016 – 2020)*.
- LMT. (2020). *Landbruksmeteorologisk tjeneste*. Available at: <http://lmt.nibio.no/>.
- Lågbu, R., Nyborg, Å. & Svendgård-Stokke, S. (2018). *Jordsmonnstatistikk Norge (Soil statistics Norway)*. Ås: NIBIO, Vol. 4 Nr. 13.
- Mattilsynet. (2021). *Veileder til drikkevannsforskriften*.
- NIBIO. (2020). *Plantevernguiden*. In Sundby, A. (ed.). Available at: www.plantevernguiden.no (accessed: 20. mai 2020).

Denne publikasjonen er et utvidet sammendrag av rapporten fra prosjektet som har ledet fram til disse resultatene (Holten et al., 2022).

FORFATTERE:

Roger Holten (roger.holten@nibio.no),
Randi Bolli (randi.bolli@nibio.no)