



DRIKKEVAND, KVÆLSTOF, REDOXGRÆNSER OG INDSATSPLANER

Danmark er kendt for sit rene drikke- og grundvand, som der er rigeligt af langt de fleste steder. For at opretholde denne gunstige tilstand, tager den danske grundvandspolitik udgangspunkt i, at beskyttelsen mod forurening med nitrat og sprøjtemidler skal være høj for alt grundvand. Denne artikel omhandler nitrats påvirkning af drikkevandet, og hvordan indsatsplaner for nitratbelastning af grundvandet kan påvirke dyrkningen af juletræer.



≡ Lars Bo Pedersen, Ph.D. i stofkredsløb

Kvælstof udgør 78 pct. af atmosfæren. Tidligere blev kvælstofgassen, i meget begrænsede mængder, først tilgængelig for planter og dyr gennem biologisk kvælstoffiksering af kvælstofbindende bakterier. Dette har produktionen af kunstgødning gennem den industrielle fiksering vendt op og ned på. Brug af kunstgødning har givet et enormt boost til jordbrugsproduktionen i takt med, at tilgængeligheden af kvælstof i opdyrket jord blev øget. Men brugen af kvælstofgødningen har haft en bagside: Kvælstofudvaskning og efterfølgende eutrofiering af jord, grundvand, vandløb, søer og andre vådområder.

I jordbruget fjernes en stor del af det planteoptagne kvælstof med den årlige høst af afgrøderne eller når juletræer høstes ca. hvert 10'ende år. Kvælstof går enten direkte videre til os mennesker eller til dyr, når afgrøderne bruges til mad og foder eller indirekte til central kompostering eller biobrændsel (1) for juletræernes vedkommende. For at jorden ikke skal udpines, bringer jordbrugeren i dag kvælstof tilbage til dyrkningssystemet gennem tilførsel af husdyrgødning eller kunstgødning.

Kun lidt nitrat når grundvandet

I sommerhalvåret står landbrugets marker dækket af afgrøder med rødder langt nede i jorden. Det holder på kvælstofet, men når afgrøderne er høstet, og rødderne er døde, ser

det anderledes ud. Da vil kvælstof i form af nitrat let opløses i vand, som trækkes med ud af rodzonen, når det regner. Det er anderledes med juletræer. For det første er kvælstoftilførslen til kulturerne langt mindre end hvad der tilføres til landbrugets afgrøder. For det andet er juletræernes rodsystem aktivt i en langt større del af året (med de milde vintre næsten hele året) end traditionelle afgrøder. Derfor er udvaskningen af kvælstof klart mindre end i landbruget.

Hvor stor en del af jordvandet i rodzonen, som strømmer til grundvandsmagasinerne, afhænger meget af jordtypen. På sandjorder gælder det, at størstedelen af vandet, som strømmer ud af rodzonen, ender i grundvandsmagasinerne, mens et intensivt dræn- og grøftningssystem på de gode jorde på øerne og Østjylland fører en stor andel af nitraten direkte ud til havet.

Desuden fjernes en betragtelig mængde nitrat gennem fordamning efter naturlig biologisk og kemisk reduktion i de dybere jordlag. Man regner nemlig med, at op mod 75 pct. af den nitrat, der forlader rodzonen, omsættes af bakterier og fordampes, inden den når ud i overfladevandet.

Grænseværdi for nitrat

I Danmark er grænseværdien for nitrattindholdet i drikkevand 50 mg nitrat (NO_3^-) pr. liter svarende til 11,3 mg ($\text{NO}_3\text{-N}$) pr. liter. Kravet fremgår af drikkevandsbekendtgørelsen og er i overensstemmelse med EU's drikkevandsdirektiv samt verdenssundhedsorganisationens (WHO) vejledende værdier.

Hvis en drikkevandsboring leverer vand over denne grænse, lukkes boringen af myndighederne, hvis vandværket ikke kan løse problemet, f.eks. ved at fortynde sig ud af det.

Er nitrat giftigt?

En øget indtagelse af nitrat kan via omdannelsen til nitrit (NO_2^-) i kroppen fremme dannelsen af methæmoglobin fra

blodets eget hæmoglobin. Methæmoglobin binder ikke ilt, og processen resulterer i en nedsat ilttilførsel til kroppens væv, hvilket kan give huden et blåligt skær hos især spædbørn (Blå børn-syndrom). Der har ikke været nye tilfælde af sygdommen de seneste årtier, og Fødevarerstyrelsen vurderer, at indtaget af nitrat fra kost og drikkevand ikke udgør en bekymring i relation til methæmoglobinæmi i Danmark. Nitrat i drikkevandet mistænkes desuden for at være skyld i flere kroniske sygdomme, bl.a. kræft i tyk- og endetarmen, tilmed for koncentrationer, der ligger langt under den gældende grænseværdi.

Andre undersøgelser peger i modsat retning, f.eks. at større indtag af nitrat sænker risikoen for hjertekarsygdomme, har en god antioxidantvirkning og en positiv effekt på blodtrykket. Atter andre undersøgelser peger endda på, at der ikke er en sammenhæng imellem øget nitrattindtag fra drikkevand og kræftisiko, idet det her påpeges, at 80 pct. af den nitrat, vi som mennesker optager i kroppen, kommer via kosten navnlig fra nitratholdige salater. Dette har ført til teorier om, at velgødskede grønsager rig på nitrat derfor er sundere end tilsvarende økologiske produkter. Effekten af nitrat fra fødevarer vurderes af andre som mindre, da det samtidige indtag af vitaminer forhindrer omdannelsen til kræftfremkaldende stoffer.

Tvilen er stor og resultaterne er mangfoldige, men grænseværdierne står ved magt.

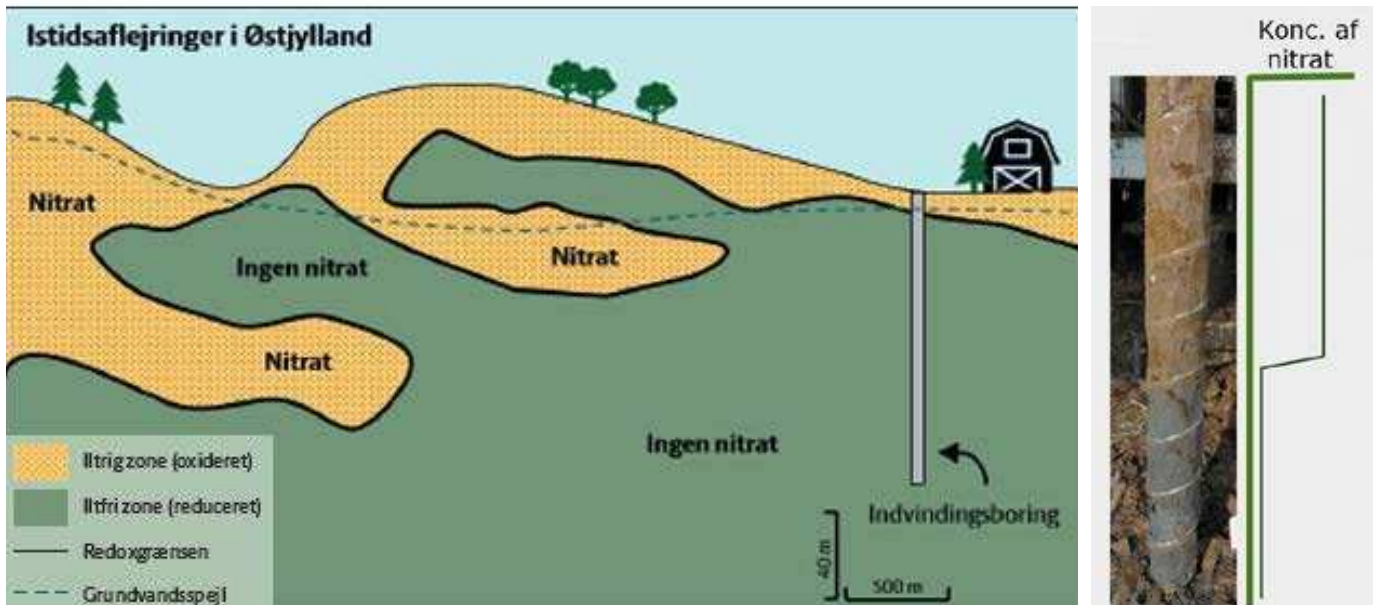
Lille nitratudvaskning fra juletræer

Når der tales om grundvandsbeskyttelse mod forurening med kvælstof, er fokus helt rettet mod nitrat, fordi det er denne ellers meget plantetilgængelige kvælstofform, der i langt overvejende grad udvaskes fra rodzonen.

Indenfor juletræsdyrkningen er der i mange år arbejdet målrettet på at optimere planteoptagelsen og mindske nitratudvaskningen, bl.a. gennem reduceret brug af



Tabet af nitrat fra juletræernes rodzone har igennem mange år været målt i praksisnære gødningsforsøg i juletræer på både på sandjorde og lerjorde. Forsøgene har været tæt instrumenteret med sugeceller, der løbende har suget jordvand ind i nedgravede glasflasker, som med jævne mellemrum er blevet tømt med efterfølgende kemisk analyse af jordvandet.



Figur 1. Nitrat i grundvand. Redoxgrænsen ligger på overgangen mellem den ilttrige og iltfattige zone.

Efter https://www.landbrugsinfo.dk/public/6/a/ff/grundvand_nitrat_i_grundvand. I en boreprøve ses redoxgrænsen typisk som en relativ skarp grænse mellem grålig jord (Fe på ferro-form) og brunligt jord (Fe på ferri-form).

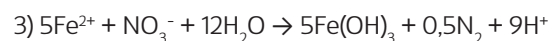
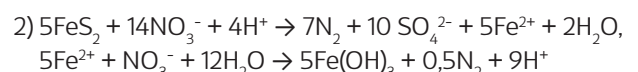
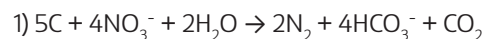
kvælstof, flytning af kvælstof fra bedrifternes unge til ældre kulturer, aldersgraderet gødskning, splitgødskning og senest brug af inhibitorer. Kvalificerede estimater peger på, at tabet af nitrat fra rodzonen nu ligger mellem 5 – 30 kg/ha/år, mindst på lerjorde (ca. 15 kg/ha/år) og mest på sandjorde (ca. 25 kg/ha/år) (2). Dette er langt mindre end gennemsnittet for det øvrige jordbrug, som siden 2004 har varieret omkring 60 kg N/ha/år.

Nedbrydning af nitrat: Nitratreduktion

Meget af den nitrat, der udvaskes fra rodzonen, omsættes i undergrundens iltfrie miljøer til frit kvælstof, som afgasser til atmosfæren. I grundvandet alene er det vurderet, at ca. halvdelen af den nedsivende nitrat fjernes, mens omtrent 25 pct. fjernes i områder tæt ved vandløb, eksempelvis i

vådområder, hvor der kan være rigeligt af organisk materiale, som bakterierne lever af.

Omsætningen sker gennem naturlige processer, men kun hvis der ikke er ilt tilstede. Nitratreduktionen foregår især ved at 1) organisk stof iltes til bikarbonat og karbonat, 2) indholdet af svovl i pyrit iltes til sulfat med efterfølgende iltning af ferrojern til hæmatit (blodjernsten) og 3) at frit ferrojern iltes til hæmatit:

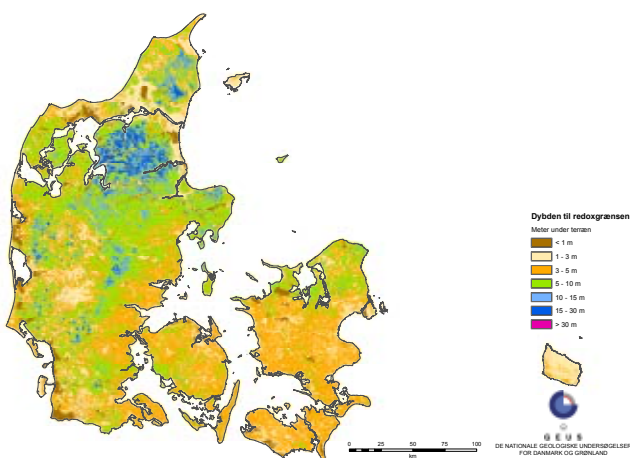


Nitratreduktionskapaciteten afgøres af en hel række af forskellige faktorer, herunder lagtykkelse, kornstørrelses-sammensætning mv. Vægtmæssigt er reduktionskapaciteten større for organisk stof end for pyrit og jern (1 g kulstof reducerer 4,13 g NO_3^- (1,05 gram NO_3^- -N), 1 g FeS_2 (pyrit) reducerer 1,55 gram NO_3^- (0,40 g NO_3^- -N) og 1 g Fe reducerer 0,22 g NO_3^- (0,06 g NO_3^- -N).

Redoxgrænsen

Når vand siver ud af rodzonen er det oftest den umættede zone, som vandet når først. Den umættede zone er kun delvist vandfyldt, og derfor er der ilt tilstede. Zonen kaldes derfor den oxiderede del af grundvandet. Når der er ilt tilstede, er nitraten i grundvandet kemisk stabilt, og derfor er der ikke den store ændring i nitratkoncentrationen i det oxiderede grundvand.

Hvis grundvandet derimod er iltfrit, vil nitrat effektivt fjernes af tilstedeværelsen af reducerende stoffer. Derfor kan der



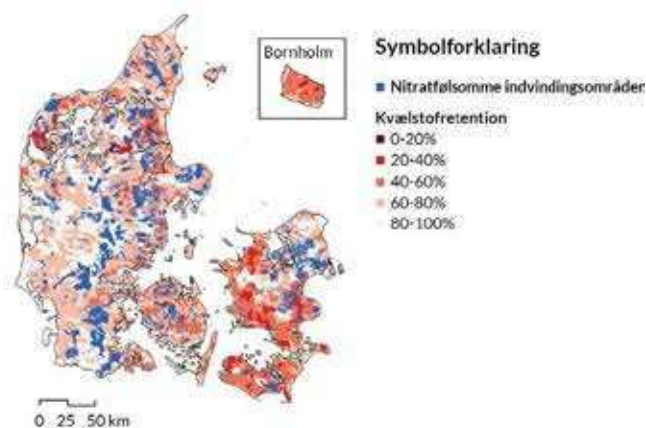
Figur 2. Dybde til redoxgrænse fra terrænniveau. Efter GEUS. Typisk ligger redoxgrænsen dybt i Himmerland og langs den jyske højderyg. Redoxgrænsen ligger tæt på terrænniveau på de federe jorde i Østjylland, Sjælland og Lolland-Falster samt i marsken langs Vadehavet.

ofte slet ikke måles nitrat i den reducerede del af grundvandet. Grænsen mellem den iltrige og den iltfrie zone af grundvandet kaldes redoxgrænsen. Omkring redoxgrænsen reduceres nitrat, og grænsen kaldes derfor også nitratfronten. Som figur 1 viser, varierer beliggenheden og dybden af redoxgrænsen meget.

Det er nødvendigt at kende placeringen af denne grænse for at vurdere, hvor der sker en lille eller stor nitratomsætning. Redoxgrænsen bestemmes som det øverste farveskift fra gullige-, røde- og brune farver (iltholdige) til grålige-, grønlig- og sorte farver (iltfrie) i boreprøver. Farveskiftet vurderes manuelt af brøndborere eller GEUS, selvom der indenfor bare et enkelt interesseområde kan være tale om adskillige tusinde prøver.

Nitratfølsomme indvindingsområder (NFI)

Den geologiske kortlægning skelner mellem områder med høj eller lav kemisk reduktionspotentiale. Områder med lavt reduktionspotentiale udpeges som "Nitratfølsomme indvindingsområder" (NFI). Nitratudvaskningen til grundvand skal kun vurderes, hvis der ligger gødskede arealer i nitratfølsomme indvindingsområder (NFI). Her skal kommunerne vurdere behovet for særlige indsatser. I indsatsplanerne er ca. 16 % af Danmarks areal udpeget som nitratfølsomme indvindingsområder.



Figur 3. Nitratfølsomme indvindingsområder i Danmark. Bemærk, at der er et vist sammenfald mellem nitratfølsomme indvindingsområder og en dyb beliggenhed af redoxgrænsen langs med den jyske højderyg og i Himmerland. Efter ISSUU Danmarks Naturfredningsforening. Sådan ligger landet. 2022.

Hvis der ligger udbringningsarealer i nitratfølsomme indvindingsområder, skal man som dyrker selv undersøge, om de pågældende arealer eller dele af dem er omfattet af en indsatsplan for nitrat. For arealer, som er omfattet af en indsatsplan, skal der udarbejdes vilkår, som sikrer, at projektet er i overensstemmelse med indsatsplanen. ▶



Giv dine juletræer den bedste vækst

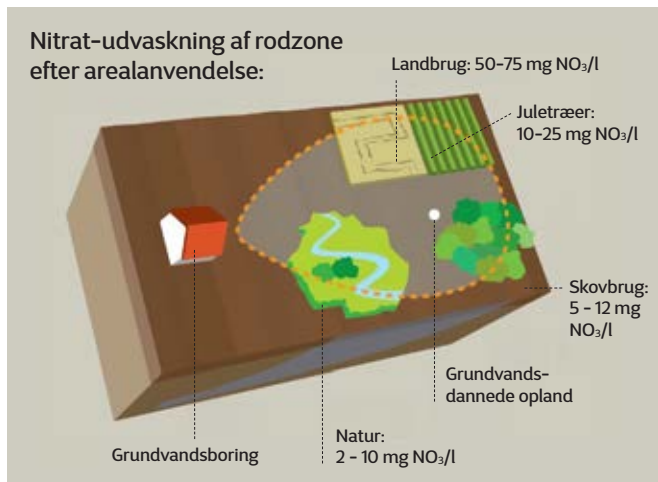
YaraMila 23-3-6 m Mg, S, B, Mn, Zn, er en klorfattig specialgødning med et højt kvælstofindhold, der er særligt velegnet til juletræer.

YaraVita GRAMITREL og BRASSITREL tilfører de mikronæringsstoffer juletræer har brug for og den høje koncentration gør dem meget økonomiske.

Indeholder også de nødvendige spredeklæbemidler.

Læs mere på yara.dk eller kontakt Steen Aarup, på 22 83 44 00 for en vejledende gødningsanbefaling.





Figur 4. Opgørelse af et oplands nitratudvaskning skal vægtes i forhold til arealanvendelsen. Modificeret efter Landbrug & Fødevarer: Rent grundvand med godt landmandskab.

Når det grundvandsdannende opland er fastlagt, beregner kommunen udvaskningen af nitrat. Det er den samlede udvaskning i oplandet, som er styrende for, om det er nødvendigt med en indsats eller ej. Det er derfor vigtigt, at alle kemiske analyser inddrages ligesom arealanvendelsen i oplandet bestemmes korrekt (figur 4), så der kan foretages en korrekt vægtning af arealerne. Det er helt afgørende, at man baserer udvaskningen på faktuelle værdier.

I eksemplet nedenfor (tabel 1) er reduktionen af nitrat for nemheds skyld fastsat til et niveau på ca. 20 %. Det ses, at det intensivt opdyrkede landbrugsareal, hvor nitratudvaskningen er høj, giver nitratværdier over den fastsatte grænse på 50 mg/l. Her skal der altså laves en indsatsplan (scenarie 1) for mindske koncentrationen i grundvandet. Det kan f.eks. betyde, at gødsningen skal reduceres, eller at noget af landbrugsdriften skal omlægges. I eksemplet kan det også ses, at omlægges bare 5 pct. af landbrugsjorden til juletræer (scenarie 2), så vil det betyde, at de anslåede grundvandskoncentrationer kommer under grænseværdien på 50 mg nitrat pr. liter, som ikke kræver en indsatsplan.

Historien om Funder opland

I begyndelsen af 10'erne deltog forfatteren gennem sin ansættelse hos Danske Juletræer i et møde med Silkeborg Kommune om arealanvendelsen i Funder opland. Fokus på mødet var arealanvendelsens betydning for udvaskning af nitrat til drikkevandet, og juletræerne var via modelberegninger på forhånd mistænkt for at give en meget stor udvaskning – helt på linje med områdets landbrug og fjernt fra skov og naturområder. Det viste sig hurtigt, at modelresultater aldrig er bedre end kvaliteten af input. Modellørerne havde rigtigt nok regnet på udvaskningen fra dyrkningssystemer, der udnyttede lovgivningens gødningsnorm 110 kg N/ha/år. Ved et nærmere gennemsyn af resultaterne fremstod udvaskningen som enorm i de unge kulturer og mindre i de høstklare aldre. Stik imod praksis havde modellørerne nemlig lagt et gødningsforbrug på 110 kg N/ha/år henover alle årene i omdriften, også ungdomsårene, hvor træer kun modtager intet eller meget lidt gødning.

Da modellen blev tilrettet i overensstemmelse med praksis (75 kg N/ha/år i stedet for 110 kg N/ha/år i gennemsnit for en omdrift og med omfordeling fra yngre til ældre kulturer), gik juletræerne fra "the bad guys", til at levere en kvælstofudvaskning, der kun var ganske lidt større end skovarealer, og således til at være en arealanvendelse som generelt havde en positiv indflydelse på oplandets gennemsnitlige nitratkoncentration i grundvandet.

Har du arealer indenfor et indsatsområde?

Du kan ved hjælp af MiljøGIS se, om nogle af dine arealer er beliggende indenfor et indsatsområde. Du skal blot følge nedenstående trin-for-trin vejledning som er hentet fra Landbrugsinfo (3):

Trin-for-trin guide:

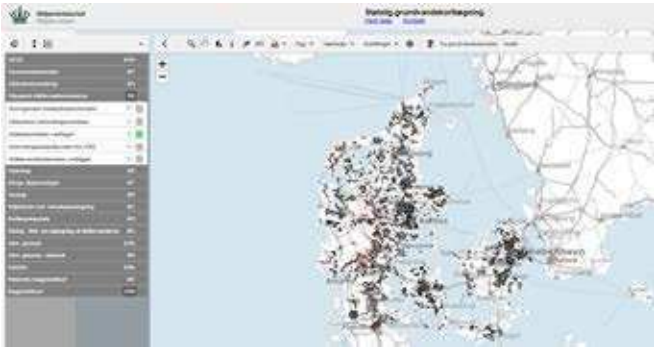
Indtast følgende sti i søgefeltet i din browser: <https://miljoe-gis.mim.dk/cbkort?&profile=grundvand>

Tryk på 'Udpegede drikkevandsressourcer' i temalisten til venstre, jf. Figur 2.

Tryk herefter på 'Indsatsområder, vedtaget', jf. Figur 2. Disse vises nu på Danmarkskortet.

Tabel 1. Eksempler på beregning af N-koncentration i grundvand. Der er for nemheds skyld regnet med en reduktion i nitratkoncentrationen fra iltfrie mikromiljøer på 20 pct. ved alle arealanvendelser.

Areal-anvendelse	Scenarie 1: Uden juletræer			Scenarie 2: Med juletræer		
	Ha i opland	Rodzone-udvaskning	Anslået koncentration i grundvand	Ha i opland	Rodzone-udvaskning	Anslået koncentration i grundvand
Skov	5	10 mg/l	8 mg/l	5	10 mg/l	8 mg/l
Landbrug	90	70 mg/l	56 mg/l	85	70 mg/l	56 mg/l
Juletræer				5	20 mg/l	16 mg/l
Natur	5	8 mg/l	6 mg/l	5	8 mg/l	6 mg/l
I alt (vægtet)		64 mg/l	51 mg/l		61 mg/l	49 mg/l



Figur 5 Indsatsområder ifølge den statslige grundvandskortlægning.

Zoom ind på dit område ved at bruge zoom ind, zoom ud og panorer. Du kan også dobbelt-klikke på kortet for at zoome ind på dit område.

Ændre baggrundskort eller tilføj administrative grænser ved at klikke på hhv. 'Baggrundskort' og 'Adm. Grænser' i temalisten til venstre, jf. figur 2.

Har du jorder indenfor indsatsområderne, kan det betyde, at der vil blive igangsat forskellige indsatser. Dette kan bl.a.

være overvågning af grundvandskvalitet og opfølgning på dens udvikling, igangsætning af informationskampagner, sikring af indvindingsboringernes tekniske tilstand, ændring af pumpestrategi, skovrejsning og gennemførelse af frivillige dyrkningsaftaler. Hvis kommunen eller vandforsyningen ikke kan opnå en frivillig aftale med en lodsejer inden for et indsatsområde, kan lodsejerne risikere påbud om rådighedsindskrænkninger efter Miljøbeskyttelseslovens § 26 a (MST, 2018).

Litteratur

1. Christensen, C.J. (2023): Hvad sker der med juletræet efter jul. Nåledrys, 123, 36-38.
2. Pedersen, I.B., Christensen, C.J. & Klausen, K. (2023): Hvilken gødning skal jeg vælge. Fokus på faste gødninger, Nåledrys 123, 4-18).
3. Landbrugsinfor.dk (2020): Indsatsplaner for beskyttelse af grundvand. https://www.landbrugsinfo.dk/public/2/2/6/grundvand_indsatsplaner_grundvand. 📄



Hvorfor TREE TECH



Mere end 300 solgte maskiner

Vi har solgt mere end 300 solgte maskinenheder fordelt i hele Europa.

Stærk og solid løsning

Vores maskine er en stærk og solid løsning. Høj og præcis tempo.

Kvalitetsarbejde og troværdig

Kvalitetsarbejde udført til tiden - kunden har første prioritet hos TREE TECH.



Stort reservedelsprogram

Vi har et stort reservedelsprogram på lager - til både nye og gamle maskiner

Uddannede servicemontører

Vores servicemontører er uddannet på eget værksted med stor brancheerfaring.

Hurtig og sikker service i hele Europa

Vi har service i hele Europa - og det er hele døgnet rundt

Tree Tech A/S • Parallevej 19 • 8620 Kjellerup • +45 8970 7089 • kontakt@treetech.dk