

Pilotstudie kalkpellets

1. Sammanfattning

Uppsala Vatten har i samarbete med Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) genomfört ett pilotförsök för att undersöka om kalkpellets – en restprodukt från dricksvattenberedning – kan användas för att minska utlakning av näringsämnen och metaller, samt påverka växthusgasavgång från organogena torvjordar. Bakgrunden till projektet är behovet av kostnadseffektiva och miljövänliga åtgärder för att minska påverkan från jordbruk på vattenmiljön och klimatet.

Projektet baserades på regnsimulatortester i kontrollerad labbmiljö, där kärrtorvjord behandlades med olika doser av kalkpellets (11 och 22 ton/ha) samt kalkstensmjöl (10 ton/ha) som referens. Utlakningsvatten analyserades avseende näringsämnen, uran, pH, turbiditet och konduktivitet. Dessutom mättes emissioner av växthusgaser (CO_2 , N_2O och CH_4) före och efter regnsimulering.

Resultaten visade att kalkpellets **inte ökade utlakningen** av fosfor, kväve eller uran, och att **gasemissionerna i vissa fall minskade**, särskilt för CO_2 och N_2O vid låg dos kalkpellets. Kalkstensmjöl kan däremot ge en ökning av dessa emissioner. Inblandning av kalkpellets i torvjord beräknas inte påverka markkemin nämnvärt.

Sammantaget tyder resultaten på att kalkpellets är ett **miljömässigt säkert och potentiellt positivt alternativ** att sprida på odlade torvjordar. Eftersom försöket var av begränsad omfattning krävs dock **fältförsök under längre tid** för att verifiera dessa resultat innan praktisk tillämpning i större skala kan rekommenderas.

2. Bakgrund

Läckage av näringsämnen och metaller från jordbruksmark till omgivande vattendrag samt emissioner av växthusgaser är ett betydande miljöproblem, särskilt från organogena jordar (Ö Berglund 2011; Ö Berglund och Berglund 2011). Dessa jordar, som ofta förekommer i låglänta områden, är rika på organiskt material och har en hög vattenhållande förmåga. Samtidigt är de känsliga för syresättning och mineralisering, vilket ökar risken för utlakning av fosfor (P), kväve (N) och metaller såsom kadmium (Cd), bly (Pb) och zink (Zn). Vid intensiva regnhändelser

eller högt markvattenstånd ökar risken ytterligare för att dessa ämnen transporteras bort från fältet och bidrar till övergödning och metallbelastning i recipienter.

Ett potentiellt sätt att minska dessa förluster är att tillföra kalk till jorden. Kalkning kan höja markens pH och därmed påverka lösligheten och mobiliteten hos både näringsämnen och metaller. I vissa fall kan kalk bidra till att metaller fälls ut eller binds starkare till markpartiklar, vilket minskar deras mobilitet. För fosfor kan kalkning minska lösligheten genom att bilda svårlösliga föreningar, även om effekten varierar beroende på marktyp och övriga kemiska förhållanden.

I en tidigare studie utförd av Uppsala universitet utvärderades kalkens påverkan på lakvatten från avfallsdeponier (Pernheden m.fl. 2023). Den visade att kalktillsats kunde bidra till att stabilisera pH och minska metallmobilisering. Dessa resultat antyder att kalk har potential att förbättra vattenkvaliteten även i andra sammanhang där utlakning är ett problem, såsom på organiska jordbruksjor. Andra studier vid SLU där man tillsatt gjuterisand har visat på lägre emissioner av koldioxid (Örjan Berglund m.fl. 2019).

Mot denna bakgrund initierade Uppsala Vatten och Avfall AB ett samarbetsprojekt med institutionen för mark och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) för att experimentellt utvärdera kalkens påverkan på utlakning av näringsämnen och metaller från organiska jor. Projektet genomförs i kontrollerad miljö med hjälp av regnsimulator, där prover med torvjord behandlas med kalkpellets och kalkstensmjöl. Utlakat vatten analyseras för att studera skillnader i pH, innehåll av näringsämnen, uran och turbiditet.

3. Syfte och frågeställningar

Syftet med detta projekt är att experimentellt utvärdera kalkpellets som åtgärd för att minska emissionerna av växthusgaser och utlakning av fosfor och metaller från organogena jor. Projektet genomförs i samarbete mellan SLU och Uppsala Vatten och Avfall AB och bygger på regnsimulatortester i kontrollerad miljö, där torvjord behandlats med kalkpellets från Uppsala Vatten samt med kalkstensmjöl som referens.

Bakgrunden till projektet är behovet av att minska påverkan från jordbruksmark på vattenkvaliteten och växthusgasemissioner i Uppsalaområdet. Organogena jor har visat sig kunna läcka betydande mängder fosfor och metaller vid regnhändelser (Riddle m.fl. 2018), och det finns ett intresse av att undersöka om kalkprodukter kan bidra till att reducera dessa förluster samt att undersöka hur växthusgasemissionerna påverkas.

Följande frågeställningar ligger till grund för projektet:

- Minskar kalkpellets utlakningen av fosfor (Tot-P) från organogena jor vid simulerad nederbörd?

- Vilken effekt har kalkpellets på koncentrationer av uran i utlakningsvattnet?
- Hur påverkar kalkpellets pH och turbiditet i det utlakade vattnet?
- Hur påverkar kalkpellets emissionerna av växthusgaserna koldioxid (CO_2), lustgas (N_2O) och metan (CH_4) från torvjord?

Genom att kombinera regnsimulatortester med vattenkemiska analyser strävar projektet efter att bidra med ny kunskap om kalkpellets potential som åtgärd, samt att utvärdera om kalkpellets från Uppsala Vatten kan vara ett användbart material i praktiskt vattenvårdsarbete eller att det i alla fall inte bidrar till mer utlakning eller växthusgasemissioner.

4. Material och metoder

4.2 Jordmaterial

Den jord som användes i regnsimulatorförsöken är en högförmultnad (H 9–10 enligt von Posts humifieringsskala) kärrtorv. Jorden togs ut i fält från ett område vid Broddbo, strax väster om Björklinge i Uppsala kommun (Figur 1).



Figur 1. Smålysimetrar med kärrtorv uttagna i Broddbo.

Efter provtagning tillsattes kalkpellets eller kalkstensmjöl och blandades in i de översta fem centimetrarna av profilen (Figur 2).



Figur 2. Inblandning av kalkpellets och kalkstensmjöl i ytan av proverna.

4.1 Behandlingar

Fyra olika behandlingar jämfördes i regnsimulatorförsöket för att utvärdera effekten av kalkpellets och kalkstensmjöl på utlakning och växthusgasemissioner från organogen torvjord. Kontrollbehandlingen utgjordes av torvjord utan tillsats, medan övriga behandlingar omfattade tillförsel av kalkstensmjöl eller kalkpellets enligt följande led:

- **Kontroll** – Ingen tillsats. Ren torvjord användes som referens för att utvärdera eventuell effekt av kalk.
- **Kalkstensmjöl (10 t/ha)** – Finkornigt kalkstensmjöl inblandades i de översta 5 cm av jorden i smålysimetrarna. Doseringen motsvarade 10 ton per hektar.
- **Kalkpellets låg dos (11 t/ha)** – Kalkpellets från Uppsala Vatten tillsattes med en dos motsvarande 11 ton per hektar, blandat in i de översta 5 cm av jorden.
- **Kalkpellets hög dos (22 t/ha)** – Samma typ av kalkpellets användes som i föregående led, men doseringen fördubblades till 22 ton per hektar.

Dessa behandlingar applicerades före regnsimuleringen och ingick i en blockdesign med tre block, där varje behandling återfanns i varje block. 11 t/ha kalkpellets motsvarar den kalkeffekt man får av 10t/ha kalkstensmjöl.

4.3 Regnsimulering

För att undersöka effekterna av kalkpellets på utlakning från organogena jordar genomfördes kontrollerade regnsimulatortester i SLU:s regnsimulatorlab. För att simulera kraftig nederbörd, applicerades fyra omgångar regn med regnsimulator, där varje omgång motsvarade en total nederbördsmängd av 48 mm fördelat över sex timmar. Regnsimulatorn säkerställde att vatten tillfördes jämnt och kontrollerat, vilket möjliggjorde en uppsamling av dräneringsvatten för vidare analys.

Efter varje regnbehandling samlades dräneringsvatten upp från lysimetrarna. Vattnet analyserades med avseende på uran, fosfor, löst organiskt kol (DOC), pH, turbiditet och elektrisk konduktivitet (EC). Dessutom genomfördes mätningar av växthusgasemissioner (bland annat N_2O och CO_2) med hjälp av portabel gaskromatograf (GASMET GT-5000 Terra) (Figur 3).



Figur 3. Analys av växthusgasavgång med Gasmeter GT-5000 terra före regnsimulering genom att cirkulera luften ovanför lysimetern i kammaren genom sensorn.

4.4 Gasemissionsmätning

För att komplettera vattenkemin mättes även gasavgång av växthusgaser med hjälp av en portabel FTIR-analysator (GASMET GT-5000 Terra) och med mörk

kammare. Mätningarna genomfördes på morgonen före samt direkt efter regnsimuleringen för att undersöka eventuella effekter av vattenmättnad på gasflöden. Kammaren placerades lufttätt över provytan och mätningarna pågick under 3–5 minuter för varje prov för att mäta emissionshastigheten.

4.5 Kemiska analyser

Dagen efter varje regnsimulering analyserades utlakningsvattnet avseende pH, turbiditet och elektrisk konduktivitet (EC). Turbiditetsmätningen utfördes med en bänkmodell av typen Hach TL2360 efter 4,5 timmars sedimentering, med provtagning på 56 mm djup. Elektrisk konduktivitet mättes därefter med EC-meter, enligt tillverkarens anvisningar. Samtliga vattenprover homogeniserades före analys.

Halterna av totalfosfor (Tot-P), totalkväve (Tot-N) och uran (U) i vattnet analyserades av Uppsala Vattens ackrediterade vattenlaboratorium (SWEDAC). Analyserna utfördes med induktivt kopplad plasma-masspektrometri (ICP-MS) enligt SS-EN ISO 17294-2:2016, efter mikrovågsuppslutning enligt SS-EN ISO 15587-2:2002.

4.6 Grundämnesinnehåll i jord och kalkmaterial

För att karakterisera jordmaterialet och de använda kalkprodukterna (kalkpellets och kalkstensmjöl) genomfördes elementanalyser enligt ALS Globals analyspaket G-0 och G-2. Analyserna utfördes av ALS Scandinavia AB i Luleå, ett ackrediterat laboratorium (SWEDAC nr 2030, ISO/IEC 17025).

Proverna förbehandlades genom torkning vid 50 °C och malning enligt ISO 11464:2006, följt av smältning med litiumborat (LiBO_2) enligt SE-SOP-0060. Elementhalterna bestämdes med ICP-SFMS (Inductively Coupled Plasma Sector Field Mass Spectrometry) enligt SS-EN ISO 17294-2:2023 och US EPA Method 200.8:1994. Resultaten rapporterades både som metallhalter och omräknade till oxider (t.ex. Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3).

Dessutom analyserades glödförlust vid 1000 °C (LOI) enligt SE-SOP-0060 samt torrsubstans enligt SS-EN 15934:2012. Summan av oxider beräknades som ett mått på den totala mineralsammansättningen. Hela analysresultatet återfinns i Bilaga 1.

5. Resultat

5.1 Utlakning av näringsämnen och uran

För att utvärdera om kalkstensmjöl eller kalkpellets påverkar utlakningen från den organogena torvjorden analyserades koncentrationer av totalfosfor (Tot-P), totalkväve (Tot-N) och uran (U) i det utlakade vattnet efter regnsimulering.

Resultaten visar att medelvärdena för dessa parametrar varierade något mellan behandlingsleden, men att inga av behandlingarna skiljde sig signifikant från kontrollen (ledet utan kalk).

Tabell 1 nedan visar medelkoncentrationerna för respektive parameter i de fyra behandlingsleden. Statistisk analys genomfördes med Dunnett's metod (JMP) för jämförelse av varje behandling mot kontroll. Ingen av behandlingarna med kalkstensmjöl (10 t/ha), kalkpellets (11 t/ha) eller kalkpellets (22 t/ha) visade en signifikant ökning av utlakade ämnen jämfört med kontrollen.

Tabell 1. Utlakning av totalfosfor (mg/l), totalkväve (mg/l) och uran ($\mu\text{g/l}$) från torvjord efter regnsimulering. Inga signifikanta skillnader jämfört med kontrollen (Dunnett's test, $p > 0.05$).

		Led			
		control	limestone (10 t/ha)	sand (11 t/ha)	sand (22 t/ha)
Totalfosfor (mg/l)	Mean	0.12	0.12	0.13	0.12
Totalkväve (mg/l)	Mean	34.75	39.33	36.00	38.08
Uran ($\mu\text{g/l}$)	Mean	2.33	2.68	3.06	2.06

5.2 Effekter på pH, turbiditet och elektrisk konduktivitet

Förutom näringsämnen och metaller analyserades även pH, turbiditet och elektrisk konduktivitet (EC). Resultaten sammanfattas i Tabell 2 och visar endast små skillnader mellan behandlingsleden.

Medelvärdet för pH låg runt 6,1 i samtliga led, och turbiditeten varierade från cirka 10 till 11,6 NTU. Den elektriska konduktiviteten låg mellan 591 och 687 $\mu\text{S/cm}$. Statistisk jämförelse med kontrollen (torv utan kalk) visade att inga skillnader var signifikanta enligt Dunnett's metod ($p > 0,05$).

Tabell 2. Turbiditet (NTU), pH och elektrisk konduktivitet ($\mu\text{S/cm}$) i utlakningsvatten från behandlade och obehandlade led. Inga signifikanta skillnader jämfört med kontrollen (Dunnett's test, $p > 0.05$).

		Led			
		control	limestone (10 t/ha)	sand (11 t/ha)	sand (22 t/ha)
Turbiditet	Mean	9.97	10.26	10.83	11.58
pH	Mean	6.06	6.07	6.10	6.06
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Mean	634	687	632	591

5.3 Gasemissioner: CO₂, N₂O och CH₄

För att bedöma hur kalkstensmjöl och kalkpellets påverkar växthusgasavgång från den organogena torvjorden mättes emissioner av koldioxid (CO₂), lustgas (N₂O) och metan (CH₄) i samband med regnsimuleringen. Mätningarna genomfördes på morgonen före samt direkt efter varje regnsimulering med hjälp av en FTIR-analysator (GASMET GT-5000 Terra) i slutet, mörklagd kammare.

För varje gas analyserades behandlings- och bakgrundseffekter med en linjär modell (standard least squares) enligt följande modellformulering:

- **Responsvariabel:** Gasflöde (CO_2 , N_2O eller CH_4)
- **Fasta effekter:** behandling (*treatment*), block (*block*), marktemperatur (*soilT*), markfuktighet (*moisture*)

Modellanalyserna utfördes i JMP med inställningen *Effect Leverage*, vilket betonar varje predictors bidrag till variationen i emissionsdata.

5.3.1 CO_2 -emissioner

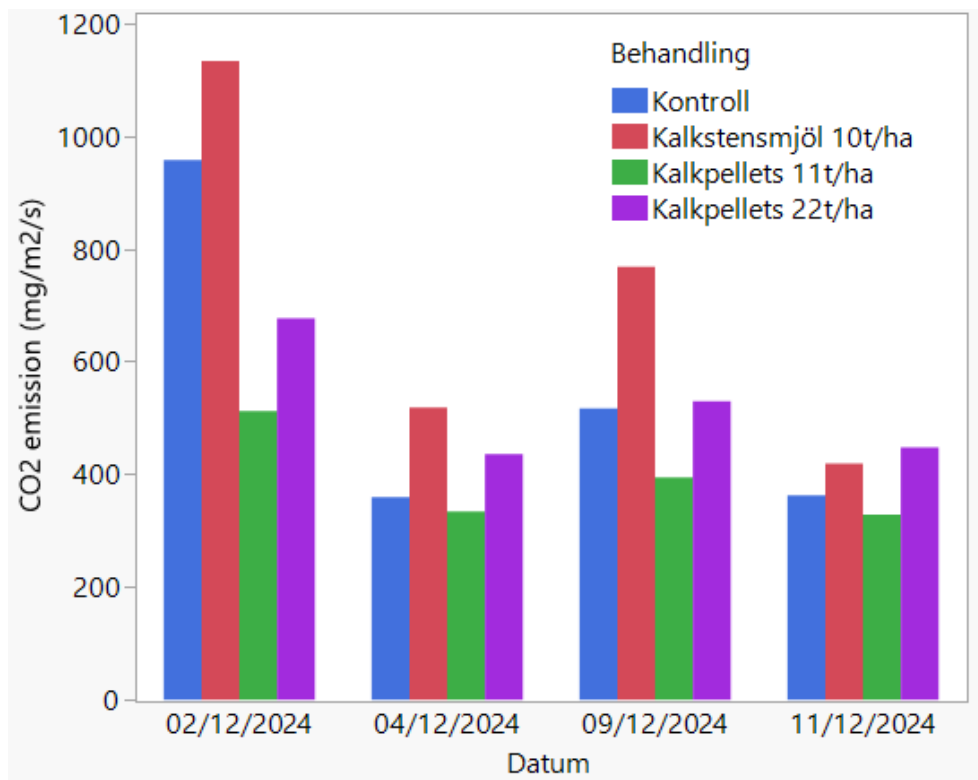
Resultatet från analysen av koldioxidflöden (CO_2) visade att både behandling (**treatment**), marktemperatur (**soilT**) och markfuktighet (**moisture**) hade signifikant effekt på emissionerna ($p < 0,01$; se Tabell 3).

Tabell 3. CO_2 -emissioner (JMP, Standard Least Squares). Behandling, marktemperatur och markfuktighet visade signifikant påverkan (fet stil)

Effekt	Estimate	Std. Error	t-ratio	p-värde
treatment[kalk10]	120.02	38.10	3.15	0.0023
treatment[sand11]	-129.82	39.80	-3.26	0.0016
soilT ($^{\circ}\text{C}$)	237.58	36.76	6.46	<0.0001
moisture	-17.18	5.92	-2.90	0.0048

Emissionerna ökade signifikant med stigande marktemperatur (estimate = 237,6 $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ per $^{\circ}\text{C}$, $p < 0,0001$), medan ökad markfuktighet var associerad med en måttlig men signifikant minskning i CO_2 -flöde ($p = 0,0048$).

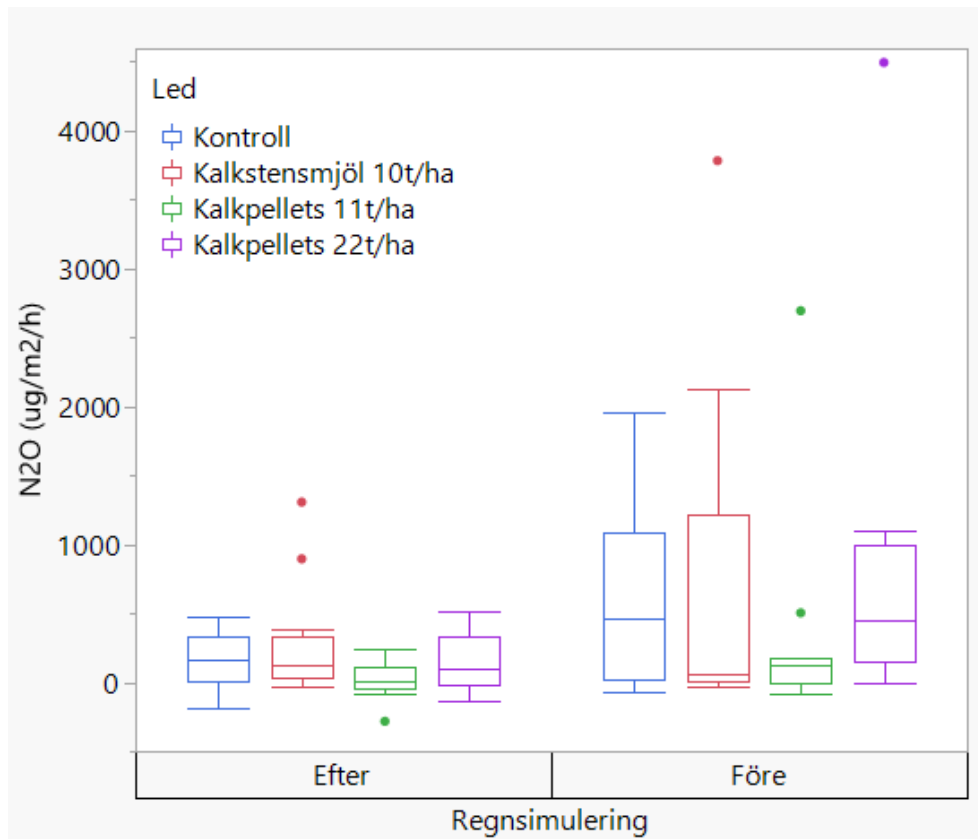
Bland behandlingarna var skillnaden mellan leden tydligast för kalkpellets med 11 ton/ha, som gav signifikant lägre CO_2 -emission jämfört med kontrollen ($-176 \text{ mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$, $p = 0,0146$) (Figur 4).



Figur 4. Medelvärde av CO_2 emissioner för de 4 mätillfällena (före och efter regn). Tillförsel av 11 t/ha kalkpellets gav signifikant lägre emissioner av CO_2 än kontrollen.

5.3.2 N_2O -emissioner

För lustgas (N_2O) påvisades en signifikant behandlingseffekt ($p = 0,0303$) för emissionerna efter regnsimuleringen, men ingen skillnad mellan behandlingarna för emissionerna före regnet.



Figur 5. Box-plot som visar emissioner av lustgas ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$) före och efter regnsimulering. Ledet med 11 t/ha kalkpellets gav signifikant lägre emissioner än det obehandlade ledet efter regn.

Behandling med kalkpellets vid **11 t/ha** visade lägre N_2O -emissioner jämfört med kontrollen efter regnsimuleringen, $13.96 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ jämför med kontrollen som emitterade $160 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$. Dock så var spridningen så stor att det inte var en signifikant skillnad. Modellens förklaringsgrad var måttlig ($R^2 = 0,54$) för proverna efter regnsimuleringen, vilket antyder att andra faktorer än de inkluderade kan ha påverkat resultaten.

5.3.3 CH_4 -emissioner

Resultaten för metan (CH_4) visade inga signifikanta effekter av behandling och medelvärdet var en negativ emission (inlagring) på $320 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$.

5.4. Sammanfattning – gasemissioner

Behandling med kalkpellets vid 11 ton/ha gav konsekvent signifikant lägre emissioner av CO_2 och lustgasemissionen hade ett lägre medelvärde för kalkpelletsbehandlingen (dock inte signifikant) vilket tyder på en potentiellt dämpande effekt på mikrobiell respiration och denitrifikationsprocesser. CH_4 var inte signifikant lägre med kalkpelletsbehandlingen jämfört med kontrollen,

Marktemperatur visade sig vara en stark förklarande variabel för variationen i CO_2 -utsläpp. För CH_4 var variationen hög och modellen förklarade endast en liten del av

denna, vilket tyder på att metanproduktionen i det här systemet är begränsad och påverkas av andra, ej modellerade faktorer.

Sammantaget indikerar resultaten att kalkpellets i måttlig dos kan vara en gynnsam behandling för att **inte öka – och i vissa fall minska – växthusgasavgång** från organogen torvjord efter regn.

6. Diskussion

6.1 Påverkan på markkemin vid inblandning av kalkpellets

Ett centralt mål med detta projekt var att undersöka om kalkpellets från Uppsala Vatten kunde användas som en åtgärd för att minska utlakning och växthusgasavgång från organogen jord. För att bedöma risken för oönskade förändringar i markkemin analyserades den kemiska sammansättningen hos torvjord, kalkpellets och kalkstensmjöl.

Torvjordens innehåll av mineraliska komponenter är generellt mycket lågt, med höga värden för glödförlust (LOI 1000°C, 79,6 %) och låg torrsubstanshalt (44,9 %). Kalkpelletsens sammansättning domineras av kalciumkarbonat (CaO = 51 % TS), medan innehållet av spårmetaller är generellt lågt. Kalkstensmjölet har en lägre andel CaO (11,8 %) men högre innehåll av flera andra oxider och metaller (t.ex. Al₂O₃, SiO₂, Zr).

Vid en dosering på 11 eller 22 ton kalkpellets per hektar, blandat i de översta 5-10 cm jord (ca 310 ton jord per ha (torr skrymdensitet 0.31 g/cm³), motsvarar detta en inblandning på ungefär **3,5 % respektive 7,1 % av torrsubstansen i jorden**.

Detta innebär att:

- **CaO-halten:** Ursprungligen är CaO-halten i torvjorden 4,96 %. Vid tillsats av 3,5 % kalkpellets (11 t/ha, CaO-halt 51 %) ökar jordens CaO-halt från 4,96 % till ca 6,74 %. Vid 7,1 % kalkpellets (22 t/ha) ökar CaO-halten från 4,96 % till ca 8,23 %. Dessa förändringar är måttliga, men tydligare än tidigare beräknat.
- **Spårmetaller:** De låga halterna av metaller i kalkpelletsen (jämfört med torven) innebär att tillsatsen har en liten eller försumbar effekt på totala metallhalter i jorden.
- **Organiskt innehåll (LOI):** Tillsatsen av kalkpellets, med en LOI på 39,2 %, kan marginellt minska den totala andelen organiskt material i jorden, men förändringen är fortfarande begränsad eftersom ursprungligt LOI i torven är mycket högt (79,6 %).

Sammanfattningsvis innebär det att kalkpelletsens tillsats, särskilt vid den högre doseringen, ger en viss förändring av markens kalciuminnehåll. Trots detta bedöms den totala påverkan på markkemi och miljörisker fortfarande vara låg och inom acceptabla gränser för praktisk användning.

Samtidigt tyder vatten- och växthusgasdata på att kalkpellets i låg dos inte ökar utlakning eller växthusgasavgång – snarare kan emissionerna minska.

6.2 Utlakning av näringsämnen och metaller

Trots att kalk ofta används för att minska fosformobilitet och tungmetallutlakning visade resultaten från detta försök inga signifikanta skillnader i utlakningen av totalfosfor, totalkväve eller uran mellan behandlade och obehandlade jordar. Detta gäller både kalkstensmjöl och kalkpellets, oavsett dos.

En möjlig förklaring är att pH-förändringen i jorden var begränsad, vilket sannolikt beror på att behandlingsdoserna var relativt låga i förhållande till torvjordens höga buffertkapacitet. Det är också möjligt att kontakttiden mellan kalkmaterialet och marklösningen i detta korttidsförsök inte var tillräcklig för att tydligt påverka sorption eller fällningsprocesser.

Analysen av uran bekräftar detta: även om torvjordarna hade relativt höga halter (ca 2,3 µg/l i kontroll), resulterade ingen behandling i signifikant höjning, och den högsta dosen kalkpellets (22 t/ha) gav till och med ett något lägre värde (2,06 µg/l).

Detta indikerar att kalkpellets inte ökar utlakningen av näringsämnen eller uran, vilket är viktigt ur ett miljöperspektiv.

6.3 Växthusgasavgång

Gasemissionsmätningarna gav mer differentierade resultat. För CO₂ sågs signifikanta skillnader mellan behandlingarna, där kalkpellets i låg dos (11 t/ha) gav lägst emissioner.

Att kalkpellets kan minska emissioner kan bero på flera mekanismer:

- En viss förbättring av porstruktur och vattenavledning i torvprofilen, vilket minskar anaeroba förhållanden.
- Möjlig påverkan på substrattillgång för mikroorganismer, genom adsorption eller immobilisering.

För metan (CH₄) observerades inga signifikanta behandlingseffekter. Det är rimligt, då markförhållandena i regnsimulatorförsöket inte var tydligt reducerande och CH₄-produktion är ovanlig i väl-dränerad torv under aeroba förhållanden.

Sammantaget tyder resultaten på att kalkpellets i måttlig dos kan användas utan risk för ökade växthusgasutsläpp – och eventuellt med dämpande effekt.

6.4 Osäkerheter och behov av fältförsök

Resultaten från detta projekt ger värdefulla indikationer på att kalkpellets inte ökar utlakning eller växthusgasavgång från organogen torvjord, och att vissa doser till och med kan ge positiva effekter. Samtidigt bör resultaten tolkas med försiktighet.

Försöket är ett kontrollerat pilotförsök med begränsat antal upprepningar och genomfört under kort tid i laboratoriemiljö. Effekter som kräver längre tidsintervall – såsom förändringar i markstruktur, stabilisering av pH, eller långtidsutlakning – fångas inte i detta upplägg. Den statistiska styrkan är också begränsad, särskilt för parametrar med stor naturlig variation, som N_2O och CH_4 .

Dessutom kan jordens respons på kalk påverkas av lokala förhållanden såsom dränering, markfukt, temperatur och biologisk aktivitet. Resultaten kan därför inte utan vidare generaliseras till fältförhållanden.

För att bekräfta kalkpelletsens miljöeffekter och praktiska användbarhet krävs därför fältförsök över minst tre odlingssäsonger, gärna med olika jordar och odlingssystem. Där bör såväl markkemi, utlakning och gasavgång följas, men också skörd.

En sådan fortsatt utvärdering är avgörande för att bedöma om kalkpellets kan utgöra ett långsiktigt hållbart verktyg i vatten- och växthusgasstrategier för torvjordar.

7. Slutsatser

Detta projekt har undersökt om kalkpellets från Uppsala Vatten kan användas som åtgärd för att minska utlakning och växthusgasavgång från organogena torvjordar. Genom kontrollerade regnsimulatorförsök med uppmätta vattenkemiska parametrar och gasemissioner har flera viktiga observationer kunnat göras:

- **Ingen ökning av utlakning** kunde observeras vid tillförsel av kalkpellets eller kalkstensmjöl. Halter av totalfosfor, totalkväve och uran var jämförbara mellan behandlade led och kontroll.
- **Ingen signifikant förändring av pH, turbiditet eller elektrisk konduktivitet** observerades i utlakningsvattnet efter kalktillsats.
- **CO_2 - och N_2O -emissionerna påverkades** av behandlingarna, där låg dos kalkpellets (11 t/ha) gav signifikant lägre utsläpp av CO_2 jämfört med kontroll.
- **Metanemissionerna (CH_4) var negativa** och inte signifikant påverkade av någon behandling.

- **Inblandning av kalkpellets** i realistiska doser (11–22 t/ha) beräknas påverka markkemin mycket marginellt, med små förändringar i elementhalter och ingen risk för metallpåslag.

Sammantaget visar resultaten att kalkpellets är ett miljömässigt säkert material att använda på torvjordar, med indikationer på att de i vissa fall kan minska växthusgasavgång.

Det är dock viktigt att betona att detta var ett pilotförsök med begränsad omfattning, och att resultaten behöver verifieras under fältförhållanden. För att säkerställa effekterna över tid, och i varierande odlingsmiljöer, rekommenderas fältförsök med längre varaktighet och fler mätparametrar.

Kalkpellets har därmed potential att bidra till mer hållbart nyttjande av torvjordar, men bör testas vidare innan bred tillämpning.

8. Referenser

- Berglund, Ö. 2011. "Greenhouse gas emissions from cultivated peat soils in Sweden". Doctoral Thesis, Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Berglund, Ö, och K. Berglund. 2011. "Influence of Water Table Level and Soil Properties on Emissions of Greenhouse Gases from Cultivated Peat Soil". *Soil Biology and Biochemistry* 43 (5): 923–31.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.01.002>.
- Berglund, Örjan, Sabine Jordan, Kathrin Hesse, och Kerstin Berglund. 2019. "Effects of Foundry Sand Addition on Yield, Penetration Resistance and CO₂ Emission from an Agricultural Peat Soil". I , 2019:EGU2019-5531. Vienna, Austria: Geophysical Research Abstracts Vienna.
- Pernheden, Viktor, Karl Torbjörnsson, Linus Hällgren, Moa Reje Franzén, Kajsa Löfgren, och Klara Astervik. 2023. "Kalk som deponeras: Problem för framtida generationer eller en nutida resurs?"
- Riddle, Matthew, Lars Bergström, Frank Schmieder, Holger Kirchmann, Leo Condron, och Helena Aronsson. 2018. "Phosphorus Leaching from an Organic and a Mineral Arable Soil in a Rainfall Simulation Study". *Journal of Environmental Quality* 47 (3): 487–95.
<https://doi.org/10.2134/jeq2018.01.0037>.