

## **Kolinlagring – en försäkring i ett förändrat klimat**

Ett förändrat klimat ställer högre krav på ett motståndskraftigt jordbruk. En högre kolhalt i åkermarken skulle kunna bidra till att öka jordbrukets motståndskraft mot extrema väderförhållanden. Vanliga bruksmetoder som används i dagens växtodling utarmar emellertid marken på kol. Här undersöks om en ökad mängd kol i marken kan utgöra en försäkring mot skördeföruster i ett förändrat klimat. Vi finner att:

- I fält som utarmats på kol har en ökad kolhalt en positiv effekt på skörden vid extrema väderförhållanden.
- Åtgärder för att öka kolhalten i marken är kostsamma för jordbrukare på kort sikt.
- Styrmedel kan behövas för att göra investeringar i kolinlagring i åkermark mer attraktiva för enskilda jordbrukare.

### **Klimatförändringar – nya förutsättningar för jordbruket**

Klimatförändringar förväntas förlänga den svenska odlings-säsongen, men samtidigt öka risken för jordbruket genom mer varierande väder och större sannolikhet för extrema väderhändelser. Att göra jordbruket mer motståndskraftigt mot klimatförändringar är avgörande för att säkra framtida livsmedelsförsörjning. Hur skördar påverkas av extrema väderhändelser kan bero på under vilket av grödans utvecklingsstadier de inträffar, men också på markens tillstånd. Halten kol i marken, som är direkt relaterad till mullhalten, är en viktig indikator på markens tillstånd. Kolhalt har ett starkt positivt samband med biologisk mångfald och flera ekosystemtjänster som förbättrar skördarna, t.ex. bättre förmåga att hålla vatten, mer växtnäring och mindre risk för markpackning och erosion. En ökning av dessa ekosystemtjänster, vilket indikeras av en ökad kolhalt, kan på så sätt bidra till ökad motståndskraft mot extrema väderförhållanden. Detta samband gäller givet att alla andra faktorer som påverkar ett fälts avkastningsnivå är lika, exempelvis jordart och växtzon. Att ett fält har högre kolhalt än ett annat betyder därmed inte nödvändigtvis att det är mer produktivt.

Intensiv bearbetning och odling av jorden minskar mängden kol och den biologiska mångfalden (t.ex. dagmaskar och nyttiga svampar) i marken, vilket försämrar dess avkastningsförmåga. Intensiv odling som i dag bedrivs på en stor del av den europeiska åkermarken riskerar därmed att försämrare möjligheterna till framtida produktion.

Minskad kolhalt i marken innebär också större negativ klimatpåverkan medan ökad kolinlagring i marken ger minskad klimatpåverkan från jordbruket.

Såväl tidpunkten för extrema väderhändelser som tillståndet i marken har alltså betydelse för hur skörden påverkas. Hur dessa faktorer samverkar har emellertid ännu varit outforskat. Om en högre kolhalt i marken kan mildra konsekvenserna av fler extrema väderhändelser i ett framtida förändrat klimat, så kan brukningsmetoder som gynnar kolinlagring innebära en försäkring för framtida skördar. Här undersöker vi därför hur en högre kolhalt skulle påverka skörden under de förutsättningar som klimatförändringarna väntas innebära. Vi tittar också närmare på hur tidpunkten för olika väderhändelser påverkar skörden samt hur det samspelar med halten kol i marken.

## Metod

I studien delades odlingsssäsongen från sådd till skörd upp i fyra perioder, vilka ungefär överensstämmer med följande fyra [utvecklingsstadier](#) för spannmål; groningen, stråskjutning, axgång och mognad. För analysen användes data för skördar, olika gödselnivåer och variation i kolhalt i marken från SLU:s bördighetsförsök (som startades ca 1960), tillsammans med detaljerad väderdata från den europeiska databasen E-OBS. Utifrån dessa väderdata räknades medianvärde samt extremvärden för temperatur och nederbörd fram för respektive utvecklingsperiod under försökstiden. Data kom från sju platser i Skåne, två platser i Västergötland, två platser i Östergötland och två platser i Uppland.

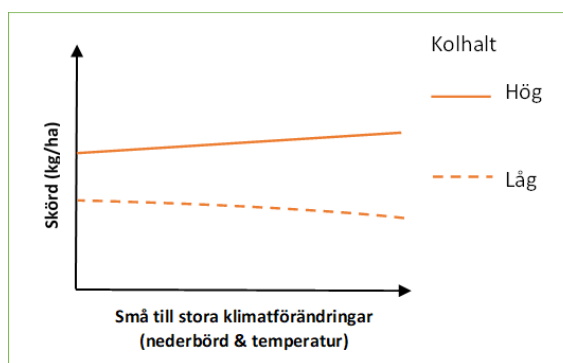
## Klimatförändringar

Väderdatan visade på en betydande ökning i medeltemperaturen, ca 2,6 °C mellan 1962 och 2015, på alla platserna i studien. Variationen i temperatur ökade däremot inte. Nederbörden förändrades inte i någon betydande omfattning under våren och hösten men ökade under vintern och sommaren. Denna förändring förväntas fortsätta även i framtiden. Avvikelsen från den normala dagliga nederbörden för varje år blev också större, framför allt på sommaren men i viss utsträckning även på vintern och våren, vilket kan indikera att en större variation i nederbörd under odlingsperioden är att vänta i framtiden.

## Påverkan på höstveteskördar

Högre temperaturer ger en längre odlingsssäsong för höstvete, vilket kan tänkas innebära större skördar i ett varmare klimat. Skördens storlek påverkas emellertid även av andra faktorer, bland annat tidpunkten för väderhändelser, kolhalten i marken och samverkan mellan dessa.

Resultaten visar att en högre kolhalt i marken generellt har en positiv effekt på veteskörden. Resultaten visar dessutom att en högre kolhalt har en större positiv effekt vid de väderhändelser som kommande klimatförändringar väntas ge, dvs. högre temperaturer med större nederbörd under sommaren och vintern (Figur 1).



Figur 1. Illustration av veteskörd i relation till förväntade klimatförändringar (nederbörd och temperatur) och halten kol i marken, i ett specifikt fält.

Not: Figur 1 är inte baserad på exakta värden från studien, utan är endast en illustrativ sammanvägning av resultaten från den statistiska analysen. Förväntade klimatförändringar symboliserar en sammanvägning av förväntade vädervariationer i respektive period. Ju längre man går åt höger i figuren desto mer av de förväntade klimatförändringarna inträffar alltså.

Resultaten kan förklaras av hur klimatförändringarna förväntas påverka förekomsten av olika väderhändelser under specifika delar av odlingsåret. I den *första* perioden, groningen under vintern, väntas temperaturen bli högre och nederbörden större. Under dessa förutsättningar visar resultaten att en högre kolhalt skulle få en större positiv effekt på skörden. I den *andra* respektive den *tredje* perioden, stråskjutning och axgång under våren, förväntas temperaturen öka medan den totala nederbörden förväntas vara relativt konstant. Däremot väntas variationen i daglig nederbörd öka vilket skulle kunna innebära fler perioder med torka och fler perioder med kraftig nederbörd. Resultaten visar att en högre kolhalt kan skydda skörden mot båda dessa extremväder. I den *fjärde* och sista perioden, mognaden under sommaren, förväntas temperaturen och nederbörden öka. Resultaten visar att en högre kolhalt får en större positiv effekt på skörden även vid de förutsättningarna.

Resultaten visar även att det finns väderkombinationer där en högre kolhalt kan påverka skörden negativt. Exempelvis höga temperaturer tillsammans med stor nederbörd under stråskjutningen. Det förväntas dock vara en ovanlig

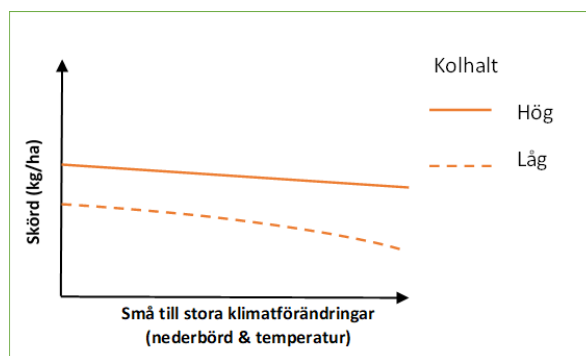
väderkombination eftersom klimatförändringen inte väntas leda till ökade regnmängder under våren.

En högre kolhalt kan alltså leda till större framtida skördar av hötevete, dels genom att förstärka effekten av gynnsamma väderhändelser och dels genom att skydda mot ogynnsamma väderhändelser.

### Påverkan på vårkornskördar

Högre temperaturer ger en längre odlingsäsong även för vårkorn, vilket betyder att även dessa skördar skulle kunna öka. Som i fallet med vete spelar emellertid även vädrets variation under de olika utvecklingsperioderna en avgörande roll.

Resultaten visar att en högre kolhalt i marken generellt har en positiv påverkan på kornskörden. Till skillnad från för höstvetete så visar resultaten att förväntade klimatförändringar kan leda till en minskad skörd för korn även vid högre kolhalter. Högre kolhalt skulle dock minska klimatförändringarnas potentiala negativa effekt på skörden (figur 2).



Figur 2. Illustration av kornskörd i relation till förväntade klimatförändringar (nederbörd och temperatur) och halten kol i marken, i ett specifikt fält.

Not: Figur 2 är inte baserad på exakta värden från studien, utan är endast en illustrativ sammanvägning av resultaten från den statistiska analysen. Förväntade klimatförändringar symboliserar en sammanvägning av förväntade vädervariationer i respektive period. Ju längre man går åt höger i figuren desto mer av de förväntade klimatförändringarna inträffar alltså.

Även resultaten för vårkorn kan förklaras av hur klimatförändringarna förväntas påverka förekomsten av olika väderhändelser under specifika delar av odlingsäsongen. I den första perioden, groningen tidigt på våren, visar resultaten att en högre kolhalt skulle få en större positiv effekt på skörden vid förväntade klimatförändringar under denna period. I den andra respektive den tredje perioden, stråskjutning och axgång under

våren, visar resultaten att högre kolhalt vid högre temperatur och oförändrad nederbörd (vilket klimatförändringarna väntas ge) varken har en positiv eller negativ effekt på skörden. Samtidigt visar resultaten att en högre kolhalt inte är ett lika effektivt skydd mot kraftig nederbörd för kornskörden som det är för veteskörden. I den fjärde och sista perioden, mognaden under sommaren, visar resultaten att en högre kolhalt har en positiv effekt på skörden vid förväntade klimatförändringar. Den positiva effekten av högre kolhalt skulle dock vara mindre än i dagens klimat.

Resultaten visar att det för vårkon finns flera väderkombinationer där en högre kolhalt kan påverka skörden negativt. Huvudsakligen gäller det för intensiv nederbörd under stråskjutningen och axgången. Den negativa effekten av högre kolhalt vid dessa utvecklingsperioder förstärks dessutom av högre temperaturer.

En högre kolhalt kan alltså skydda framtida skördar av vårkorn mot en del av de negativa effekterna som kommande klimatförändringar väntas ge. Resultaten indikerar dock att en högre kolhalt inte helt kan motverka de negativa effekterna.

## Diskussion

Studien visar att tidpunkten för väderhändelser under odlingssäsongen spelar en central roll för skördeutfallet samt för kolhaltens inverkan på jordbrukets motståndskraft mot klimatförändringar. Högre kolhalt har generellt en positiv effekt på skörden, för både vete och korn, under väntade klimatförändringar. Det kan förklaras av de ekosystemtjänster som markens kolhalt speglar; bland annat förändringar i markstrukturen som ökar markens förmåga att hålla vatten. Det ger en större vattendepå i marken under torra perioder och gör att marken kan absorbera mer vatten vid intensiv nederbörd. På så sätt fungerar högre kolhalt som en naturlig försäkring för jordbrukarna.

Klimatförändringar förväntas ge högre temperaturer med mer nederbörd under sommaren och vintern i södra Sverige. Högre temperaturer kan vara gynnsamt för vete, men ogynnsamt för korn på Nordens breddgrader. Enligt resultaten för förväntade framtida väderförhållanden i södra Sverige, skulle högre kolhalt ge större skördar vid gynnsamma väderförhållanden för båda grödorna. För vete skulle dessutom högre kolhalt minska skördebortfallet vid ogynnsamt väder. Resultatet visar dock att högre kolhalt inte helt kan motverka effekten av negativa väderhändelser på kornskörden. Det skulle i så fall kunna innebära svårigheter för kornproduktionen att anpassa sig till ett förändrat klimat. Sammantaget visar resultaten tydliga fördelar med en högre kolhalt, för både korn- och

veteskördar, och att det bidrar till ett jordbruk som är mer motståndskraftigt mot klimatförändring.

Problemet med att bruka jorden på ett sätt som lagrar kol, i synnerhet inom specialiserad växtodling, är att det inte är kortsiktigt lönsamt eftersom bruksmetoder för ökad kolkhalt i marken kräver att jordbrukare minskar produktionen idag för att få bättre och säkrare skördar i framtiden. Eftersom åtgärder som ökar kolhalten i jordbruksmark bidrar med kollektiva nyttigheter (tryggad livsmedelsförsörjning och kolinlagring) skulle de kunna stödjas med styrmedel som kompenserar jordbrukare som implementerar dem. Ett sådant styrmedel skulle således bidra till ökad kolinlagring i jordbruksmark och göra det lönsamt för jordbrukare att bruka jorden på ett långsiktigt motståndskraftigt sätt.

**Källor**

Droste, N., W. May, Y. Clough, G. Börjesson, M. Brady and K. Hedlund (2020). "Soil carbon insures arable crop production against increasing adverse weather due to climate change." *Environmental Research Letters*, 15(124034).  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc5e3>

**Författare**

Nils Malmström, Mark Brady och Nils Droste\*

\* Statsvetenskapliga institutionen, Lunds universitet

**Mer information**

Mark Brady, 040-41 50 05, [mark.brady@slu.se](mailto:mark.brady@slu.se)