

# Mjölkkors kopparstatus i molybdenrika områden

2024

Slutrapport till Nötkreaturstiftelsen i Skaraborg



VÄXA

## Förord

*Syftet med projektet var att studera kopparstatus hos lakterande mjölkkor på gårdar som hade låga eller höga nivåer av mineralämnet molybden i fodret, eftersom molybden är en känd antagonist i omsättningen av koppar hos kor. Inspirationen till projektet var nya mineralrekommendationer till nötkreatur som introducerades 2022 i det nordiska fodervärderingssystemet NorFor. Målet var att ta reda på hur man praktiskt kan undersöka kopparstatus hos mjölkkor på gårdar.*

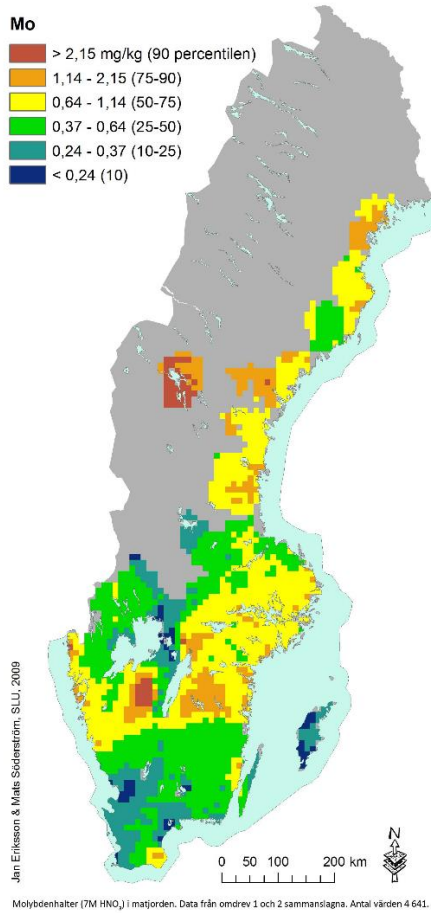
*Detta projekt samlade in data från 10 gårdar i Västra Götaland, fem med låga och fem med höga molybdennivåer i fodret. Projektet leddes av Växa med hjälp av Sveriges lantbruksuniversitet. Två examensarbeten blev publicerade inom projektet. Medel från Nötkreaturstiftelsen i Skaraborg gjorde projektet möjligt*

Maria Åkerlind

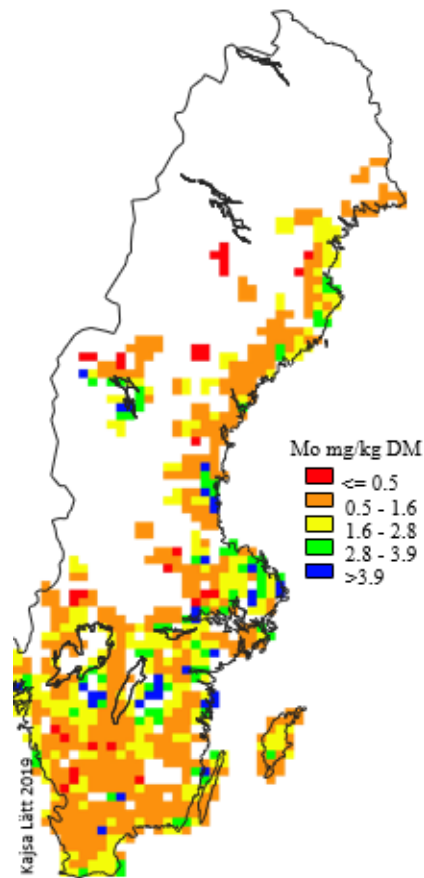
Foderexpert inom Kunskap och utveckling, hållbarhet och foder, Växa

## Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning.....	3
Material och metoder .....	3
Resultat och diskussion .....	7
Foder och utfodring till mjölkorna .....	7
Koppar i mjölk, träck, urin, hår och lever .....	10
Bedömningar av brist och överskott .....	13
Massbalanser – mängder in och ut .....	19
Slutsatser .....	19
Tack .....	20
Referenser .....	20
Bilagor.....	21
Bilaga 1 Näringsinnehåll i gårdsproducerat foder:.....	22
Bilaga 2. Makromineraler (Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S) i gårdsproducerat foder .....	23
Bilaga 3 Mikromineraler (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Se, Mo, I) i gårdsproducerat foder .....	24
Bilaga 4 Foderintag och mineralbehov från endagars foderstatskontroll .....	25
Bilaga 5 Kopparhalt i träck, urin, mjölk, hår och lever .....	26



Molybdeninnehåll i jord. Blå färg motsvarar låga värden och röd höga (Eriksson och Söderström, 2009)



Molybdeninnehåll i vallfoder. Röd färg motsvarar låga värden och blå höga (Lätt, 2019)

## Sammanfattning

Efter nya utfodringsrekommendationer för mineralämnen till mjölkkor 2022 i fodervärderingssystemet NorFor, ville vi studera kopparstatus hos mjölkkor och hur kopparstatus påverkas av fodrets innehåll av molybden. I början av 2023 samlades data och prover in från 10 gårdar i Västra Götaland för att studera kopparstatusen hos lakterande mjölkkor. Fem av gårdarna hade normala och låga nivåer och fem gårdar hade förhöjda värden av molybden i gårdsproducerat foder. Gårdsproducerat foder från gårdarna analyserades på 14 olika mineralämnen. Foderkonsumtion för hela mjölkgruppen registrerades på varje gård. Prover från fem kor togs från varje gård. Proverna utgjordes av mjölk, urin, träck och hår. Leverprov togs i samband med slakt på ett antal kor från varje gård.

Resultat för gårdarna var inkonsekventa när kopparunderskott eller -överskott indikerades av foderstat, mjölk, hår respektive lever. Vid bedömning utifrån foderstaterna indikerade underutfodring av koppar på två gårdar. Kopparinnehåll i foderstaten bör vara 9 mg/kg ts foder i foderstater med låga molybdennivåer, medan foderstater med förhöjda molybdennivåer bör innehålla åtminstone 14 mg koppar/kg ts. En gård hade mjölkprov som indikerade på gränsen till brist, medan två gårdar hade kopparhalter i mjölk som indikerade överskott. Bedömningen av hårremmens kopparstatus visade att fyra gårdar var på gränsen till låg. Leverprovets innehåll av koppar visade inget underskott alls, medan 8 gårdar indikerade på överskott. Träckens innehåll av koppar var relativt konstant och hade inte något samband alls med foderstaternas koppar- eller molybdeninnehåll. Urinprovernas innehåll av koppar var låga, men korrelerade ändå med skattad tillgänglig koppar från fodret när hänsyn hade tagits till molybdenets effekt. Bedömning av kopparstatus med hjälp av urinprover kan vara en enkel metod, men behöver studeras mer noggrant. Denna studie indikerar på att kopparkoncentrationen bör vara minst 14 -17 µg/liter urin hos lakterande kor för att säkerställa adekvat kopparintag.

## Material och metoder

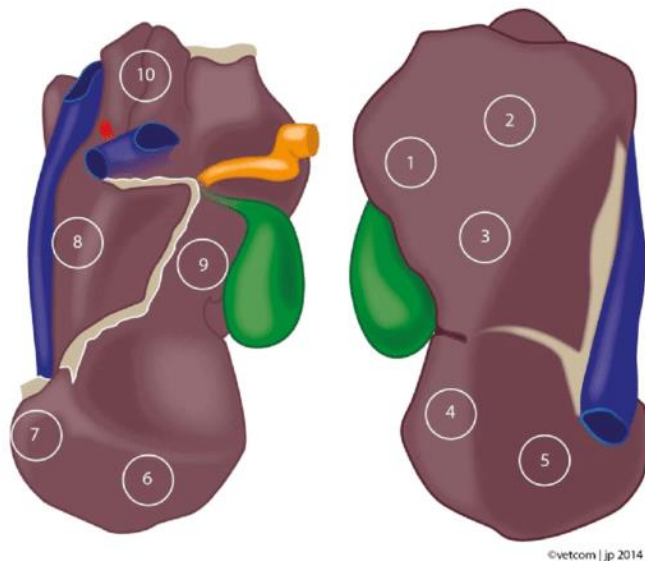
Tio gårdar från Västra Götaland deltog i projektet. Fem av gårdarna var belägna i område med förhöjda nivåer av molybden i markerna. Det avspeglas i nivåerna av molybden i det gårdsproducerade fodret. Fem av gårdarna hade normalt låga nivåer av molybden i sitt gårdsproducerade foder (tabell 1). Alla gårdarna hade låtit analysera sitt gårdsproducerade foder med avseende på näringsämnen och 14 mineralämnen på Eurofins laboratorium (bilaga 1, 2, 3).

**Tabell 1.** Numrering på gårdarna och indelning lågt och högt innehåll av molybden (Mo, gram per kg torrsubstans) i gårdsproducerat vallfoder

Gård	Grupp	Mo	Gård	Grupp	Mo
1	LÅG	0,9	6	HÖG	6,7
2	LÅG	0,5	7	HÖG	9,4
3	LÅG	1,8	8	HÖG	9,4
4	LÅG	1,0	9	HÖG	4,0
5	LÅG	1,0	10	HÖG	7,4

Varje gård fick ett besök av två husdjursagronomstudenter i månadsskiftet januari/februari 2023. De samlade in data för att kunna göra en endagars utfodringskontroll. Prover på mjölk, urin, träck och hår togs från fem lakterande kor i varje besättning. Korna var slumpmässigt utvalda innan gårdsbesöket. Vi fick hjälp av tre

slakterier (Dalsjöfors kött, HKScan och Skövde slakteri) att ta ut leverprov (figur 1) på ett antal slaktade kor från varje gård. Alla proven sändes för analys av koppar till laboratoriet ALS global i Luleå.



**Figur 1.** Lever fördelar koppar ojämnt i olika delar och därför är det önskvärt att prov tas från samma ställe på organet. Vi bad slakterierna att ta prov från den kaudala loben (markerad med nummer 10) som är lätt att identifiera.

Kors kopparbehov bestämdes enligt de amerikanska utfodrings-rekommendationerna (NASEM, 2021) som infördes 2022 i NorFor fodervärderingssystem (FRC version 2.10). Behovet av koppar påverkas mest av underhåll och mjölkavkastning, men också av viktökning och dräktighet, enligt formeln:

$$\text{Kopparbehov} = (0,0145 * \text{vikt} + 0,04 * \text{mjölk} + 2 * \text{tillv} + 0,0023 * \text{vikt}) / \text{abs.koeff.}$$

där kopparbehovet är total mängd koppar som måste konsumeras per dag (mg/dag), 0,0145 är faktorn för underhållsbehovet (mg/kg kroppsvikt), vikt är kons kroppsvikt (kg), 0,04 är faktorn för mjölkproduktionsbehovet (mg/kg mjölk), mjölk är kons dagliga mjölkproduktion (kg/dag), 2 är faktorn för behovet för tillväxt, tillv är daglig tillväxt för första- och andrakalvare (kg/dag), 0,0023 är faktorn för dräktighetsbehovet efter 190 dagars dräktighet, abs.koeff är absorptionskoefficienten och är andelen som är tillgängligt för kon, vanligtvis 0,05 (dvs 5%).

Absorptionskoefficienten minskar i de fall där molybden och/eller svavel i foderstaten är förhöjt. Koefficienten skattades med ekvationen från Suttle & Mclauchlan (1976):

$$\text{abs. koeff} = 10^{(-1.153 - 0.0019 * \text{Mo} - 0.076 * \text{S} - 0.0131 * \text{S} * \text{Mo})}$$

där abs.koeff är andel absorberad koppar i kroppen av det totala kopparintaget från fodret, Mo är fodrets innehåll av molybden i enheten mg/kg ts, och S är fodrets innehåll av svavel (g/kg ts).

Endagars-utfodringskontroll är en sammanställning på en grupps genomsnittliga intag av foder under en dag, näringsämnen och näringsbehov. Den beräknades i programmet individRAM® (Växa, NorFor FRC version 2.10).

Grovfoderprovns analysresultat bedömdes på indikation för hygienisk kvalitet. Indikationen är efter Weissbachs (1995) formel som anger kritiskt pH för lagringsdugligt ensilage:

$$\text{Kritiskt pH} = 0,0257 * \text{ts}(\%) + 3,71$$

där kritiskt pH anger det pH som inte bör överskridas, ts(%) är torrsbstanshalten i enheten %. Denna formel gäller för blöta ensilage, eftersom andra faktorer förklarar lagringsdugligheten bättre i torrare grovfoder.

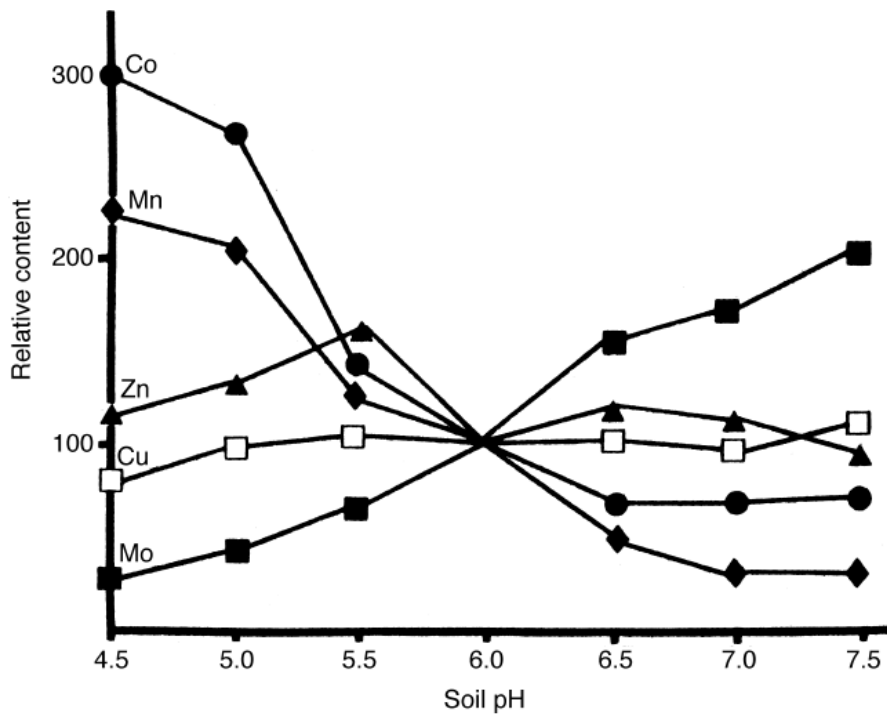
Gränsvärden för bedömning av molybden- och kopparkoncentration i olika provmaterial gjordes primärt enligt Puls (1993) samt efter ett nederländskt laboratorium.

Sammanställning i tabell 2 inkluderar även gränsvärden från franska näringsrekommendationer (INRA, 2019), Underwood och Suttle (1999) och EU (2018; 2019).

**Tabell 2.** Bedömningskriterier för molybden (Mo), svavel (S) och koppar (Cu) i foderstat (foder) till nötkreatur, och koppar i mjölk, hår och lever från nötkreatur. Nivåer kan indikera brist av mineralämnet då symptom kan uppkomma, marginal är på gränsen till brist och djuren skulle kunna vinna på extra tillskott, normal är tillräckliga/adekvata nivåer för djuret, förhöjda värden kan vara motverkande för andra ämnen, toxiska nivåer är skadliga nivåer för djuret. Observera att gränsvärden för toxiska nivåer i lever i våtvikt och torrsvikt är lika i de olika källorna

Prov	Analyt	Enhet	Brist	Marginal	Normal	Förhöjd	Toxisk	Källa <sup>1</sup>
Foder	Mo	mg/kg ts			0,5-3,5	>5,0	10-203	Puls
Foder	Mo	mg/kg ts				2,5		EU, 2019
Foder	S	g/kg ts			>2		>4	NASEM
Foder	Cu	mg/kg ts		6-8				U&S
Foder	Cu	mg/kg ts			>8		>40	NASEM
Foder	Cu	mg/kg ts				>35		EU, 2018
Mjölk	Cu	µg/liter	10-20	20-50	50-60			Puls
Mjölk	Cu	µg/liter	<20	20-35	35-80	>80		NL lab
Urin	Cu	µg/liter <sup>2</sup>			1,6 <sup>2</sup>		3,3-4,7 <sup>2</sup>	Puls
Hår	Cu	mg/kg ts	1,0-6,7	4,3-8,3	6,7-32			Puls
Hår	Cu	mg/kg	4-8			>30		INRA
Hår	Cu	mg/kg ts		4-8				U&S
Lever	Cu	mg/kg våt <sup>3</sup>	0,5-10	5-25	25-100	200-550	250-800	Puls
Lever	Cu	mg/kg ts <sup>3</sup>	3,7-11				230-580	INRA
Lever	Cu	mg/kg ts <sup>3</sup>		6,4-19				U&S

<sup>1</sup>Källorna är Puls (1993); Underwood & Suttle (1999), INRA (2022); EU (2018; 2019); NASEM (2021), NL lab gränsvärden på ett analysvar 2022 från ett nederländskt laboratorium; <sup>2</sup>vi tror att källan har angett för 10 gånger för låga värden, <sup>3</sup>torrsbstanshalt i lever antas vara 30% (Underwood & Suttle, 1999).



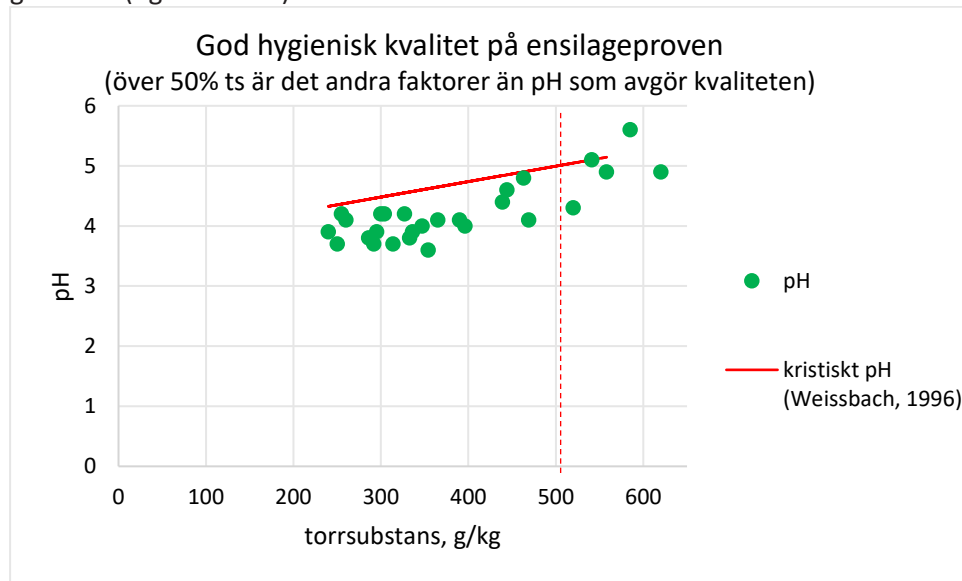
**Figur 2.** pH i jorden (Soil pH) påverkar koncentrationen i jorden av olika ämnen relativt sett (Relative content). Vid pH 6 anses det vara 100%. Molybden kan relativt öka i jorden med ökande pH, medan kobolt och mangan kan minska. Zink och koppar är relativt sett opåverkade av jordens pH (Underwood & Suttle, 1999).

## Resultat och diskussion

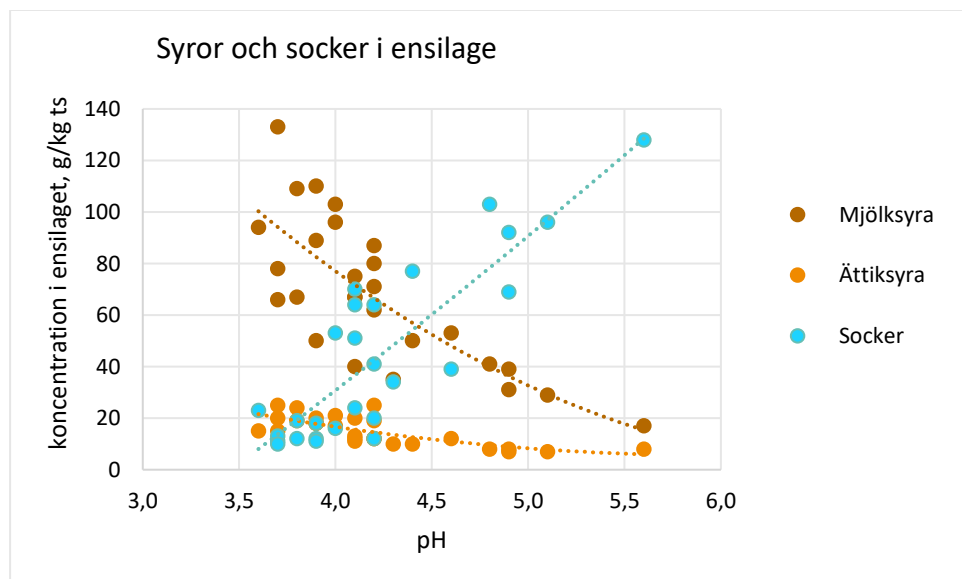
### Foder och utfodring till mjölkorna

Från de 10 gårdarna som var med i studien erhöles analysresultat på 43 foderprov med 14 mineralämnen (bilaga 1, 2 och 3). Bilaga 1 presenterar de 43 foderprovens näringsinnehåll, bilaga 2 visar innehåll av makromineraler och bilaga 3 mikromineraler.

Analysresultaten på ensilagens pH-värden indikerar god hygienisk kvalitet för alla gårdarna (figur 3 och 4).



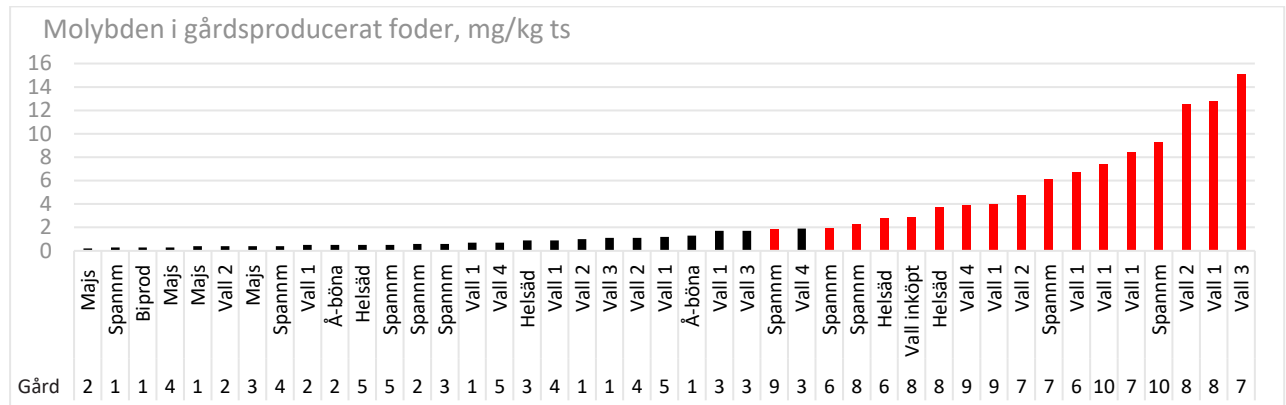
**Figur 3.** Analysresultaten på gårdarnas ensilage indikerade en bra hygienisk kvalitet, eftersom punkterna var under kritiskt pH (enligt Weissbach, 1995; röda linjen). En punkt motsvarar ett ensilageprov. pH är ingen bra indikator på hygienisk kvalitet på torrare prov, därav streckad linje vid torrs substans (ts) 500 g/kg. Resultaten visar samband mellan ts och pH i ensilage, ju lägre ts desto lägre pH.



**Figur 4.** Ju lägre pH (och lägre ts enligt figur 3), desto mer syror. Betydligt mer mjölksyra (bruna punkter) än ättiksyra (ättiksyra) är betryggande. Ett högre innehåll av ättiksyra skulle indikera en avvikande ensileringsprocess och kan påverka smakligheten. Socker ökar med ökat pH, socker i prov med hög torrs substans tyder på god hygienisk kvalitet.

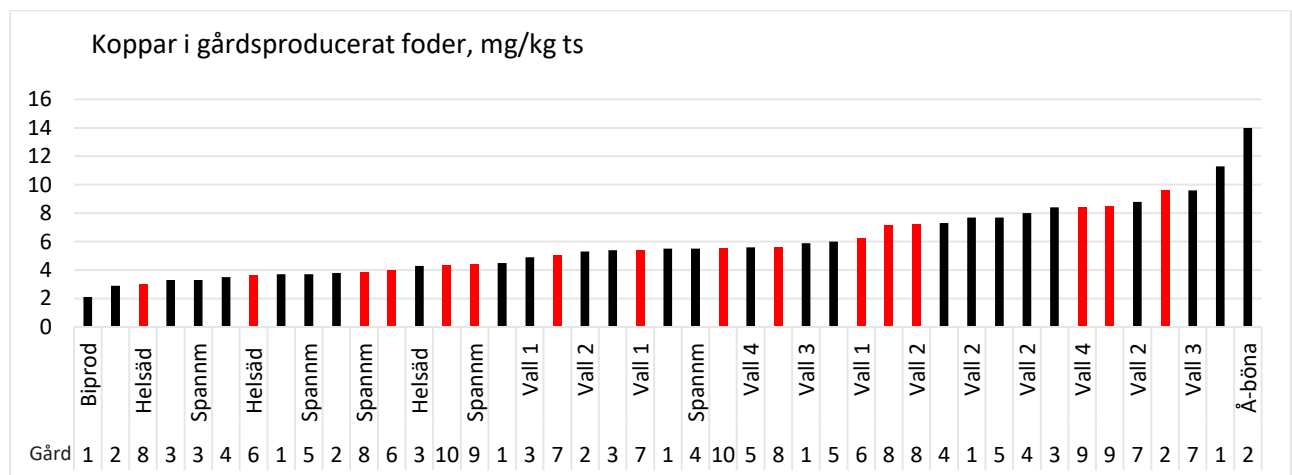


Molybden var högre i gårdsproducerade fodermedel från gårdarna i molybdenrika områden (HÖG) jämfört med gårdar i områden med normala och låga nivåer (LÅG) (figur 5). I genomsnitt innehöll vallfoder från HÖG-gårdar sju gånger högre molybden än från LÅG, helsäd fem gånger högre och spannmål nio gånger högre (tabell 3). LÅG-gårdar hade också analyserat majsensilage och åkerböna, vilka också hade låga nivåer av molybden (presenteras i bilaga 3 och figur 5).



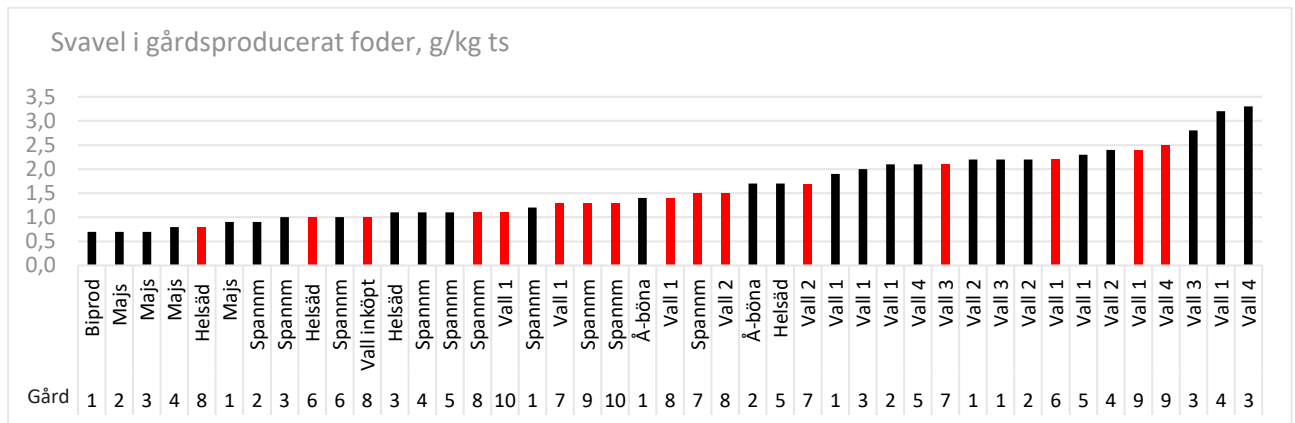
**Figur 5.** Innehållet av molybden i 43 analyserade foderprover (vallensilage, majsensilage, helsädesensilage, spannmål och åkerböna). Gård 1-5 hade normalt låga molybdennivåer (svarta staplar) och gård 6-10 hade förhöjda nivåer (röda staplar). Över lag hade spannmål, majs och helsädesensilage lägre nivåer av molybden än vallfoder.

Koppar i fodermedlen skiljde inte mellan LÅG och HÖG-gårdar (figur 6). Däremot var det lägre kopparnivåer i majsensilage, helsädesensilage och spannmål jämfört med vallensilage och åkerböna.



**Figur 6.** Innehållet av koppar i 43 analyserade foderprover (vallensilage, majsensilage, helsädesensilage, spannmål och åkerböna). Gård 1-5 med normalt låga molybdennivåer i fodret har svarta staplar medan gård 6-10 höga molybdennivåer har röda staplar. Spannmål, majsensilage och helsädesensilage innehåller vanligtvis lägre nivåer av koppar än vallensilage och åkerböna oavsett om proven kommer ifrån låg- eller hög-gårdar.

Svavel i fodermedlen skiljde inte mellan LÅG och HÖG-gårdar (figur 7), dock hade några av HÖG-gårdarna vallfoder med relativt lågt svavelinnehåll (<1,5 g/kg ts). Generellt var det lägre svavelnivåer i majsensilage, helsädesensilage och spannmål jämfört med vallensilage.

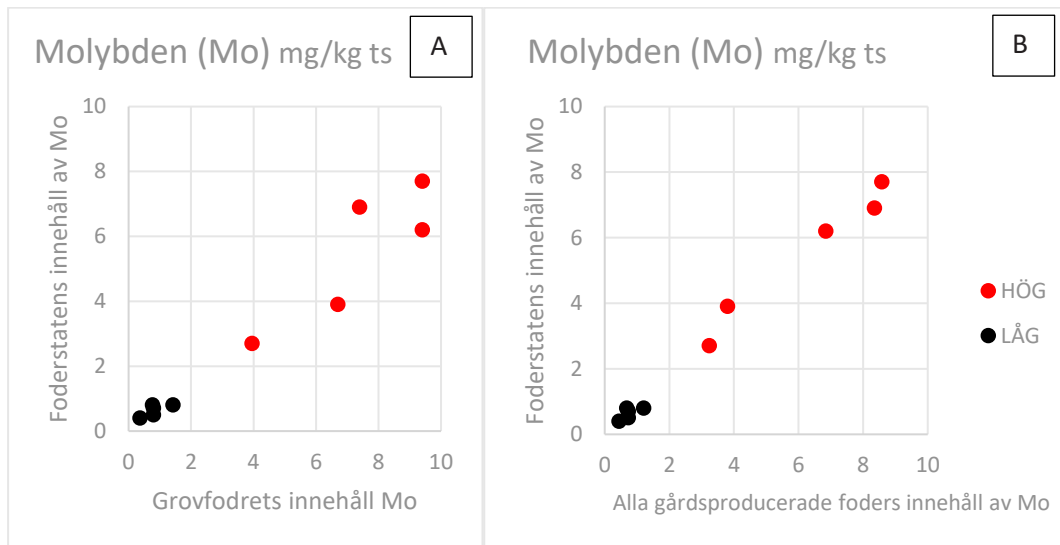


**Figur 7.** Innehållet av svavel i 43 analyserade foderprover (vallensilage, majsensilage, helsädesensilage, spannmål och åkerböna). Gård 1-5 med normalt låga molybdennivåer i fodret har svarta staplar medan gård 6-10 höga nivåer har röda staplar. Spannmål, majsensilage och helsädesensilage innehåller vanligtvis lägre nivåer av svavel än vallensilage oavsett om proven kommer ifrån låg eller hög.

**Tabell 3.** Genomsnittligt innehåll av molybden, svavel och koppar i fodermedel från gårdar i områden med normalt låga (LÅG) och höga (HÖG) nivåer av molybden (lägsta och högsta värde i parentes). Värden på gårdarnas alla foderprov visas i bilaga 2 och 3

		LÅG		HÖG	
<b>Vallfoder</b>					
Antal prov		12		10	
Molybden	mg/kg ts	1,1	(0,4-1,9)	7,8	(2,9-15)
Svavel	g/kg ts	2,4	(1,9-3,3)	1,7	(1,0-2,5)
Koppar	mg/kg ts	6,8	(4,9-9,6)	7,1	(4,3-9,6)
<b>Helsäd</b>					
Antal prov		2		2	
Molybden	mg/kg ts	0,7	(0,5-0,9)	3,3	(2,8-3,7)
Svavel	g/kg ts	1,4	(1,1-1,7)	0,9	(0,8-1,0)
Koppar	mg/kg ts	5,2	(4,3-6,0)	3,3	(3,0-3,6)
<b>Spannmål</b>					
Antal prov		6		5	
Molybden	mg/kg ts	0,5	(0,3-0,6)	4,3	(1,8-9,3)
Svavel	g/kg ts	1,0	(0,7-1,2)	1,2	(1,0-1,5)
Koppar	mg/kg ts	3,8	(2,1-5,5)	4,5	(3,8-5,5)

Mjölkkornas foderstater inklusive inköpta kraftfoder speglade molybdeninnehållet i gårdarnas fodermedel (figur 8 A och B). HÖG-gårdar hade igenomsnitt 5,5mg molybden per kg ts i kornas foderstater, vilket var i medel 8,5 gånger högre koncentration än LÅG-gårdar (tabell 4).



**Figur 8.** Innehållet av molybden i mjölkornas foderstater speglade gårdens genomsnittliga foderanalyser på alla grovfoder (ensilage av vall, helsäd och majs) (A) och även genomsnittet av alla gårdsproducerade foder (grovfoder, spannmål, åkerböna) (B). Varje punkt motsvarar en gård i låga respektive höga molybdenrika områden (svart LÅG, röd HÖG). Inköpt kraftfoder och minéralfoder antogs inte innehålla molybden.

**Tabell 4.** Genomsnittligt innehåll av molybden, svavel och koppar och i foderstaterna till mjölkkor på gårdar i områden med normalt låga (LÅG) och höga (HÖG) nivåer av molybden (lägsta och högsta värde i parentes). Daglig mängd koppar som korna hade konsumerat jämförs med kornas kopparbehov (överskott och underskott beräknades som intag minus behov). Se också bilaga 4

		LÅG	HÖG
Antal gårdar		5	5
<b>Foderstat</b>			
Molybden	mg/kg ts	0,6 (0,4-0,8)	5,5 (2,7-7,7)
Svavel	g/kg ts	2,5 (2,1-2,9)	1,9 (1,4-2,4)
Koppar	mg/kg ts	13 (9,8-16,4)	14 (9,8-18,6)
<b>Total mängd</b>			
Intag av Cu	mg/dag	333 (261-444)	340 (228-463)
Behov av Cu	mg/dag	224 <sup>1</sup> (210 - 242) <sup>1</sup>	323 <sup>2</sup> (244-388) <sup>2</sup>
Överskott/underskott	mg/dag	109 (18-235)	17 (-129-133)

<sup>1</sup>absorbtionen antogs vara 5% <sup>2</sup>absorbtionen beräknades till 3,1-4,1%

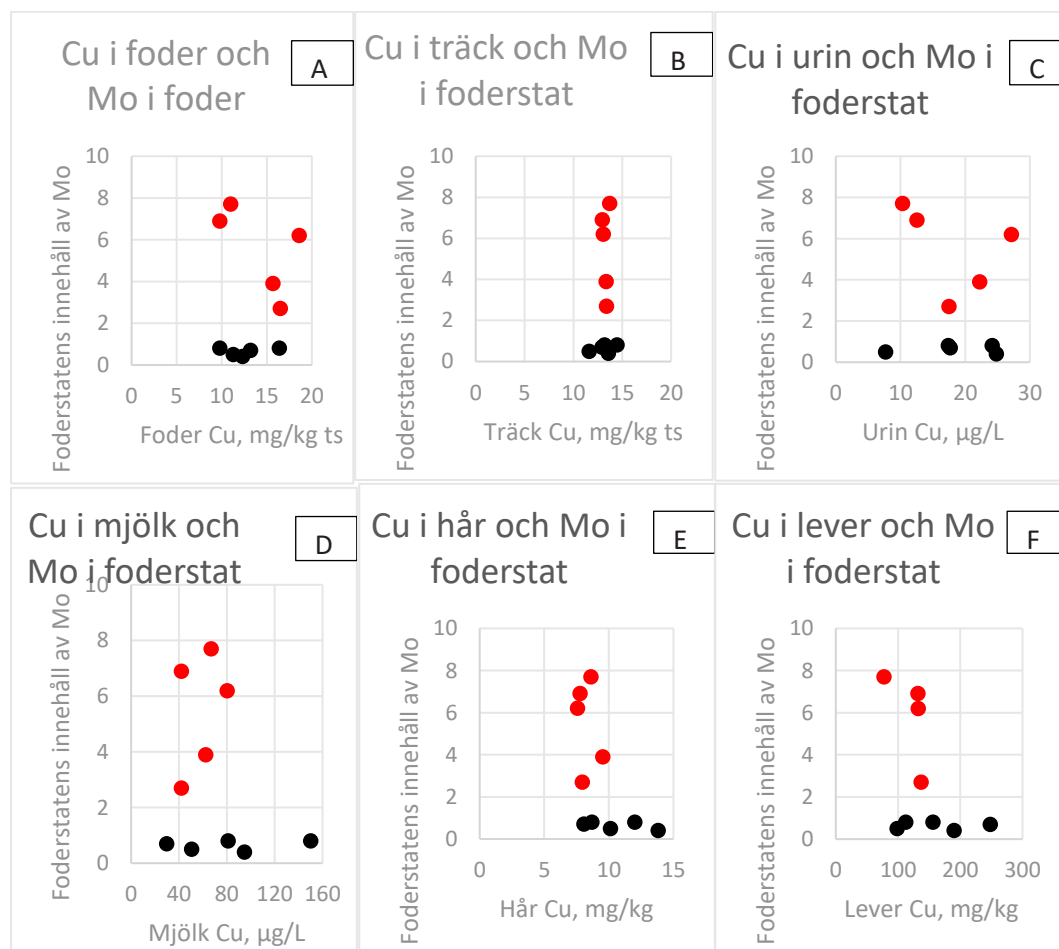
### Koppar i mjölk, träck, urin, hår och lever

Genomsnittliga analysresultat per gård av koppar på prov från mjölk, träck, urin, hår och lever presenteras i bilaga 5. Medelvärden från LÅG- och HÖG-gårdar visas i tabell 5. Standardavvikelsen i bilaga 5 visar att det är stor variation mellan djur för alla sorters provmaterial. Det var ingen skillnad provmaterialens kopparkoncentration mellan LÅG- och HÖG-gårdar.

Samband mellan koppar i provmaterial och molybden i foderstaterna kunde inte påvisas (figur 9 A-E).

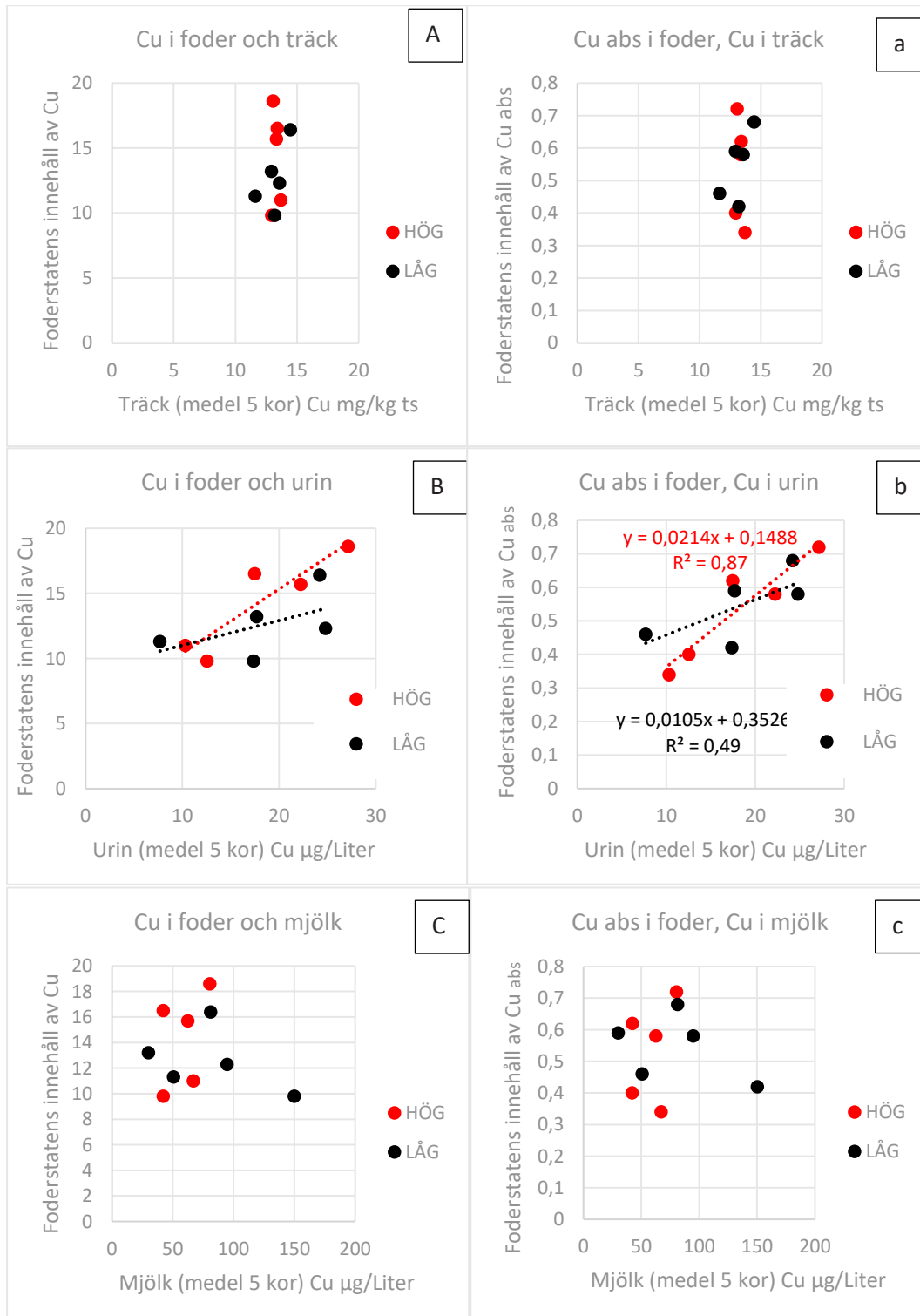
**Tabell 5.** Genomsnittligt innehåll av koppar i träck-, urin-, mjölk-, hår- och leverprov från mjölkkor på gårdar i områden med normalt låga (LÅG) och höga (HÖG) nivåer av molybden (minsta och högsta gårdsmedelvärde i parentes). Träck, urin, mjölk och hårprov togs från samma kor, medan leverprover togs på slakteri på kor från gårdarna. Notera att medelvärde från varje gård visas i bilaga 5

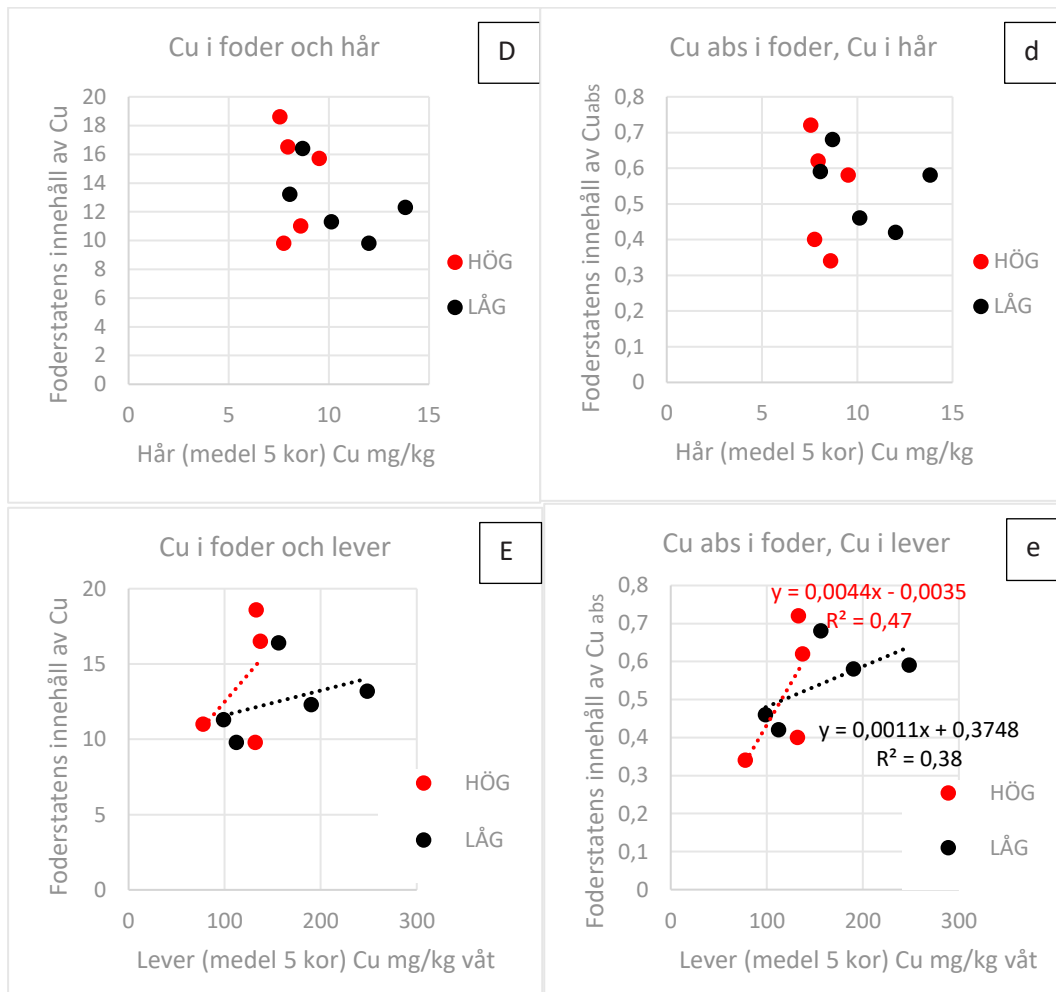
		LÅG	HÖG
Antal kor	per gård	5	5
Träck	mg/kg ts	13,2 (10,9-15,3)	13,3 (11,7-15,0)
Urin	µg/liter	18,3 (9,6-29,5)	17,9 (10,2-27,9)
Mjölk	µg/liter	81,3 (42-123)	58,8 (30-105)
Hår	mg/kg	10,5 (8,9-11,8)	8,3 (7,0-9,1)
Antal kor	per gård	3-5	0-6
Lever	mg/kg	161 (107-208)	120 (98-142)



**Figur 9.** Kopparkoncentration (Cu) i foderstat (A), träck (B), urin (C), mjölk (D), hår (E) och lever (F) på x-axel och foderstaternas innehåll av molybden (Mo, mg/kg ts) på y-axel. En punkt är en gård, svarta punkter är gårdar från områden med lågt molybden och röda motsvaras av höga. Inga korrelationer mellan koppar och molybden.

Samband och även bristen av samband mellan kopparinnehåll i foderstaterna och i provmaterialen var oväntade (figur 10 A-e). Det var starkast samband mellan urinprovrens kopparkoncentration och foderstaternas koncentration av koppar och absorberad koppar (figur 10 B, b). Det fanns ett svagt samband mellan koppar i lever och koppar i foderstaterna (figur 10 E, e). Medan koppar i foder hade inga samband med koppar i träck, hår och mjölk (figur 10 A, a, C, c, D och d).





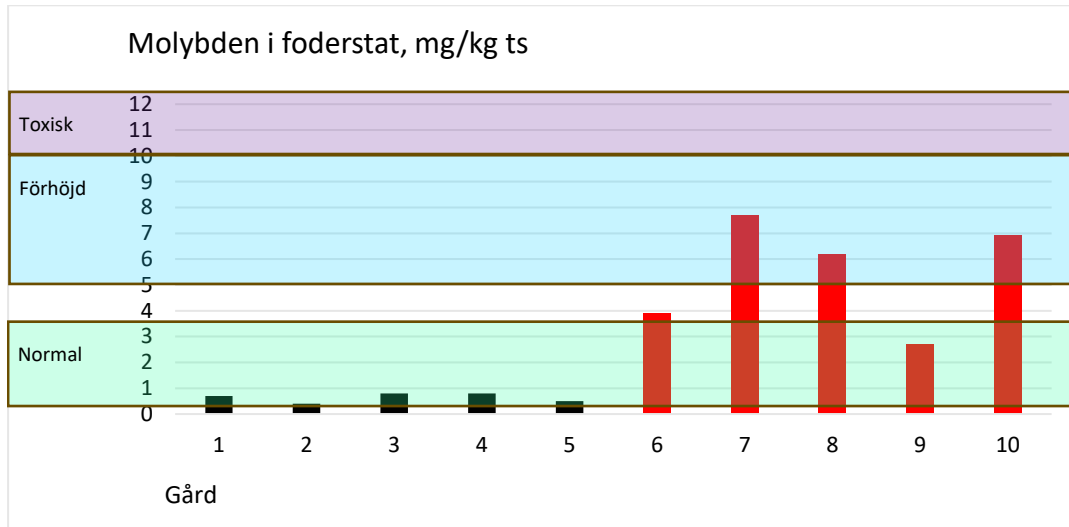
**Figur 10.** Foderstaternas innehåll av koppar (Cu, mg/kg ts) är plottade mot träck (A), urin (B), mjölk (C), hår (D) och lever (E). Foderstaternas skattade innehåll av absorberad koppar (Cu abs) är plottade mot träck (a), urin (b), mjölk (c), hår (d) och lever (e). En punkt är en gård belägna i område med antingen låga (LÅG svarta punkter) eller höga (HÖG röda punkter) molybdnivåer.

### Bedömningar av brist och överskott

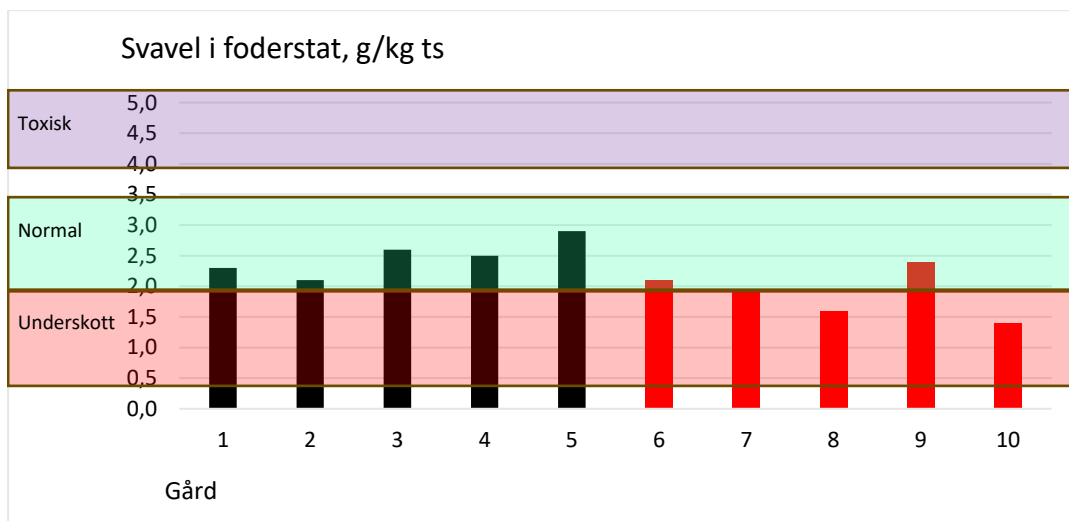
Vid beräkning av total mängd koppar som ska tillföras vid utfodring ska man ta hänsyn till foderstatens innehåll av molybden och svavel. I litteraturen kan man finna olika sätt för att bedöma om kor på gården har generell brist eller överskott av koppar. Koncentration av molybden i foderstaten ger en indikation om när man ska ge extra koppar (figur 11). Överskott av svavel i foder kan påverka koppartillgången negativt, medan underskott kan påverka mikroberna i vommen med minskad proteinsyntes (figur 12). Foderstatens koppartillförsel bör täcka behovet. Differensen mellan tillfört koppar och behov av koppar bör vara noll eller högre (figur 13). Värdering av mjölkproven visas i figur 14, hår i figur 15 och lever i figur 16.

Inkonsekvensen i resultaten belyses bland annat för gård 1: utfodringen visar normal positiv balans (100 mg överskott koppar per ko och dag) men kopparhalten i mjölkproven indikerar på lägre än normalt på gränsen till brist medan kopparhalten i leverproven indikerar på överskott på gränsen till toxisk. Det ska noteras att djuren som gått till slakt är andra djur än de som har blivit provtagna för mjölk, urin, träck, och hår. Att djuren har

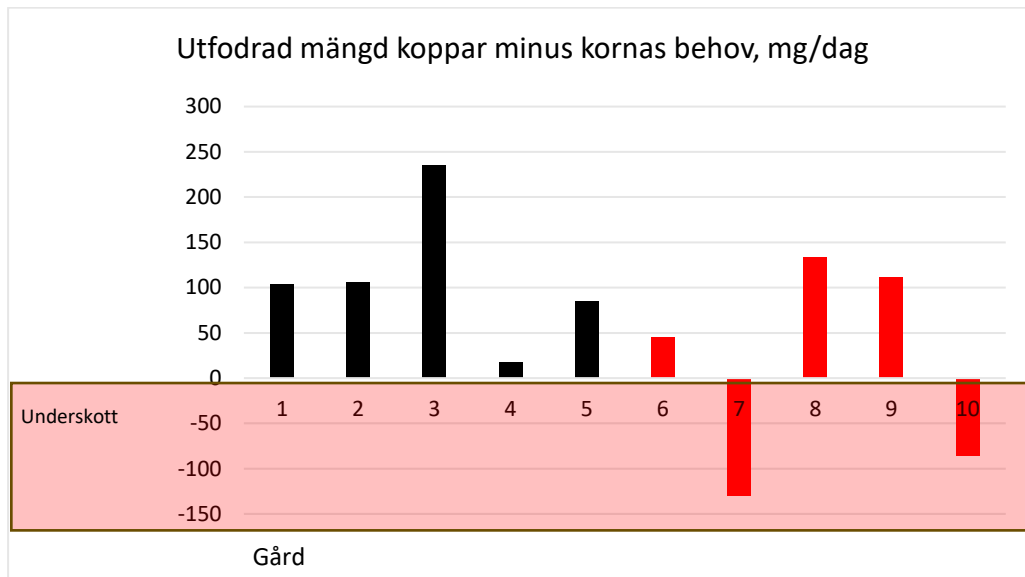
gått till slakt kan ha en orsak som bidrar till mer koppar inlagrat i levern (hälsoskäl eller slutgödda). Det kan vara en orsak till att leverproverna generellt visade höga värden.



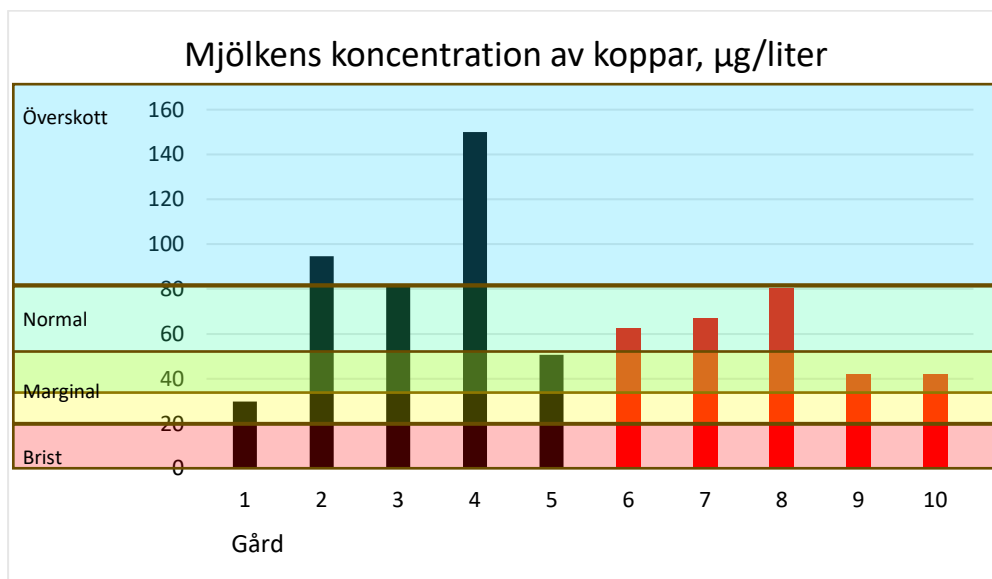
**Figur 11.** Bedömning av foderstaternas innehåll av molybden. Varje stapel motsvarar en gård med låga respektive höga molybdennivåer i fodret (svart LÅG, röd HÖG). Alla LÅG-gårdar och en HÖG-gård hade normala molybdennivåer i fodret (0,5-3,5 mg/kg ts enligt Puls, 1993). Tre HÖG-gårdar hade förhöjda nivåer (5-10 mg/kg ts enligt Puls, 1993) och en HÖG-gård låg mittemellan normal och förhöjt. Ingen låg på toxiska nivåer (>10 mg/kg ts enligt Puls, 1993).



**Figur 12.** Bedömning av foderstaternas innehåll av svavel. Varje stapel motsvarar en gård med låga respektive höga molybdennivåer i fodret (svart LÅG, röd HÖG). Tre HÖG-gårdar hade underskott på svavel (<2 g/kg ts) medan övriga hade normala nivåer (>2 g/kg ts). Ingen hade toxiska nivåer av svavel (>4 g/kg ts) enligt NASEM (2021).

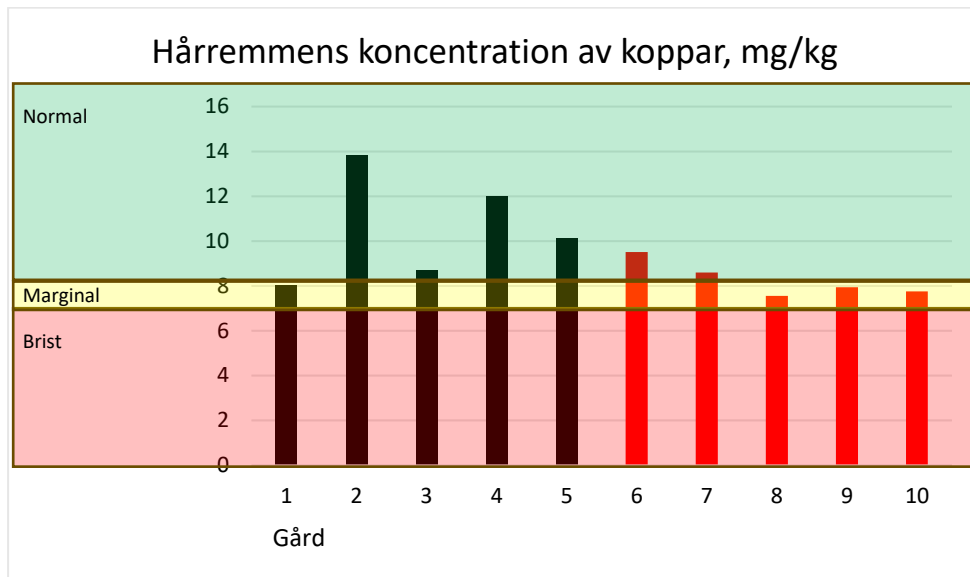


**Figur 13.** Utfallet av utfodringen visade att 8 av de 10 gårdarna igenomsnitt utfodrade tillräcklig mängd koppar i förhållande till kornas beräknade behov, medan två gårdar underutfodrade koppar enligt rådande utfodringsrekommendationer (NASEM, 2021). Ingen utfodrade med toxiska nivåer (>35 mg/kg ts enligt EU, 2018). Varje stapel motsvarar en gård med låga respektive höga molybdennivåer i fodret (svart LÅG, röd HÖG).

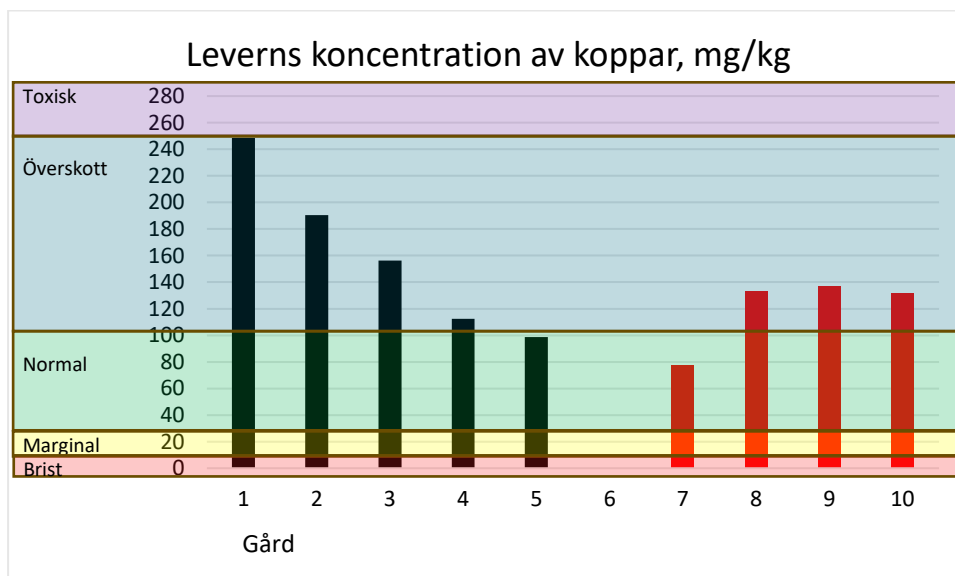


**Figur 14.** Bedömning av mjölkprovns genomsnittliga kopparinnehåll: ingen gård uppvisade brist (<20 µg/liter), en gård ligger i fältet marginal (20-35 µg/liter enligt Nederländskt laboratorium), ytterligare tre gårdar ligger i samma fält enligt en annan källa (20-50 µg/liter enligt Puls, 1993) och skulle kunna vinna på att öka koppartilldelningen, sju gårdar ligger i normal nivå (35-80 µg/liter enligt Nederländskt lab; 50-60 µg/liter enligt Puls, 1993). Medan två gårdar låg i fältet överskott (>80 µg/liter enligt Nederländskt lab) och skulle vinna på att minska koppartilldelningen. Varje stapel motsvarar en gård med låga respektive höga molybdennivåer i fodret (svart LÅG, röd HÖG).





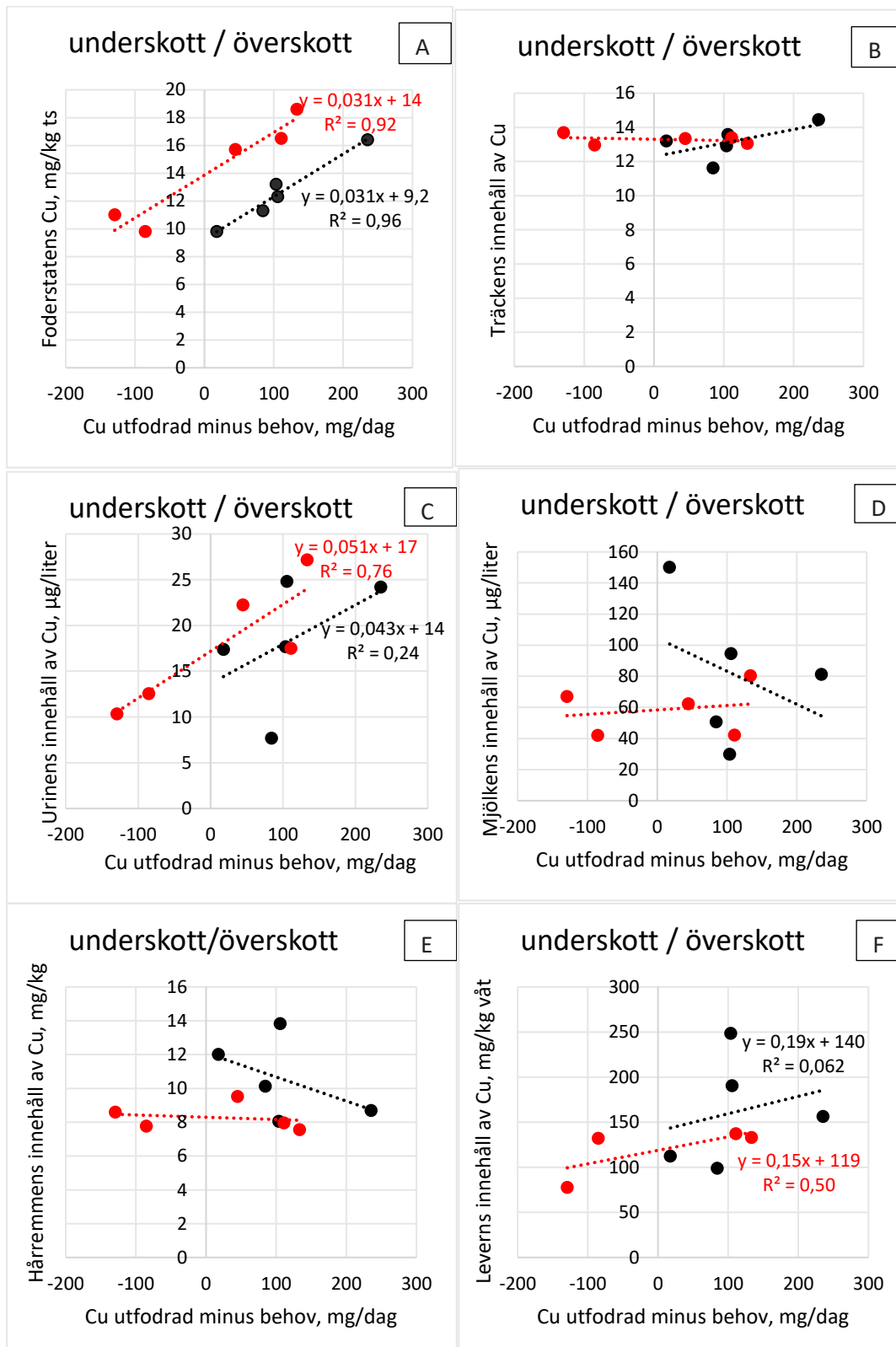
**Figur 15.** Bedömning utifrån hårprovets kopparinnehåll. Ingen gård är i fältet för brist (lägre än 6,7 mg/kg), fyra gårdar ligger i fältet marginal (6,7-8,3 mg/kg). Det är normala nivåer på gränsen till brist och gårdarna skulle kunna vinna på att öka koppartilldelningen, medan resten av gårdarna låg i fältet för normala nivåer (8,3-32 mg/kg). Bedömningsnivåer är efter Puls (1993). Varje stapel motsvarar en gård med låga respektive höga molybdennivåer i fodret (svart LÅG, röd HÖG).



**Figur 16.** Bedömning utifrån leverprovets kopparinnehåll. Ingen gård i fältet för brist (<10 mg/kg) eller marginal (10-25 mg/kg), två gårdar ligger i fältet normal (25-100 mg/kg), medan resten av gårdarna låg i fältet överskott (100-250 mg/kg). Ingen ligger i fältet för risk för förgiftning (toxiska nivåer över 250 mg/kg). Indelning av bedömningsnivåerna är enligt Puls (1993). Varje stapel motsvarar en gård med låga respektive höga molybdennivåer i fodret (svart LÅG, röd HÖG).

Samband mellan under- och överutfodring av koppar och kopparkoncentration i provmaterialen visas i (figur 17 A-F). Trendlinjer som visar positivt samband med foderstatens underskott/överskott är kopparkoncentrationen i foderstat, urin och lever. Träck, mjölk och hår visar inget samband i denna studie. Interceptet i trendlinjens

ekvationer indikerar på tillräckligt koppartillskott. Till kor som får foder med låga molybdennivåer räcker 9,2 mg Cu /kg ts i foderstaten, medan kor som får foder med förhöjda molybdenvärden behöver 14 mg/kg ts (figur 17 A). Vår studie indikerar att adekvata nivåer av koppar kan avläsas i urinprov, med gränsvärdet 14 µg/liter till kor med låga molybden i foder respektive 17 µg/liter till kor som får foder med höga molybden (figur 17 C). Ett problem kan dock vara att kopparkoncentrationen i urin är så låg att laboratorerna kan ha svårt att detektera den.



**Figur 17.** Koppar i foderstaten (A), träck (B), urin (C), mjölk (D), hår (E) och lever (F) är plottat mot foderstatens tillförda koppar minus kons kopparbehov. En punkt motsvarar en gård (låga molybden i fodret svarta punkter, höga molybden i fodret röda punkter). Interceptet i trendlinjens ekvation indikerar på minsta nivå för att få adekvat mängd koppar till djuren.

### Massbalanser – mängder in och ut

Massbalanser är balansen mellan vad som kommer in och vad som kommer ut. I tabell 6 är genomsnittliga intaget via fodrets koppar per dag och ut är daglig kopparutsöndring i mjölk, urin, träck och hår och koppar som kan ackumuleras i levern. Utsöndringen utgör tredjedel av vad som konsumeras. Den mängd som ackumulerats i levern lagras in på 6 dagar. Resultaten tyder på att vi inte har fångat all koppar. Provtagning och analys säkerhet på laboratorerna har stor påverkan på koncentrationer och mängder. Nivåer är dock rimliga jämfört med litteratur. Frågan är vart kopparen tar vägen?

**Tabell 6.** Massbalans, mängder in och ut verkar inte stämma var tar kopparn vägen?

In	Ut				Akkumulering
Foderintag	Mjölk	Urin	Träck	Hår	Lever
25 kg ts	35 liter	30 liter <sup>1</sup>	6,8 kg ts <sup>2</sup> 50 kg	0,07 kg/d <sup>3</sup>	8 kg <sup>4</sup>
<u>Koncentration</u>					
13 mg/kg ts	70 µg/l 0,070 mg/l	18 µg/l 0,018 mg/l	13 mg/kg ts	9,4 mg/kg	148 mg/kg
<u>Mängder</u>					
337 mg	2,5 mg	0,5 mg	90 mg	0,7 mg	1480 mg

<sup>1</sup> urinmängd är skattad enligt Bannink m fl (1999). <sup>2</sup> träckmängd är skattad med NorFor (NorFor FRC version 2.10). <sup>3</sup> hårmängd skattad enligt Yoo (2013) (en ko har cirka 8m<sup>2</sup>hud, hårstrån växer ca 0,05 mm/dag, det är ca 100 strån per cm<sup>2</sup> hud, ett hårstrå har radie ca 61 µm och densiteten 62 mg/cm<sup>3</sup> (dvs. 62 kg/m<sup>3</sup>)). <sup>4</sup> vikt på lever är 5-10 kg baserad på erfarenhet från J. Krafft (personligt meddelande).

### Slutsatser

- Från denna studie var urinprov från 5 kor per gård mest korrelerad med tillgänglig koppar från gårdens foderstat.
- Leverprov från levande djur, som anses vara bäst, kan vi inte uttala oss om eftersom vi inte utförde leverbiopsier. Kopparinnehåll i leverprov från gårdens slaktade djur inom en relativt kort tidsperiod, visade ett svagt samband.
- Kopparinnehåll i mjölk-, träck- och hårprov från fem slumpmässigt utvalda kor per gård visade inte på något samband med kopparintag. Bedömning av mjölkprovernas, leverprovernas och hårprovernas kopparinnehåll, gav olika resultat och samband kunde inte påvisas.
- Vid värdering av foderstaternas tillgänglighet av koppar till djuret, efter hänsyn taget till molybden och svavel, var 2 av 10 gårdar för låga i koppar och 8 hade tillräcklig mängd efter utfodringsrekommendationerna.
- Gårdar i områden med förhöjda nivåer av molybden i marker och gårdsproducerat foder behöver ge mer koppar än normala fall samt utfodra djuren med utgångspunkt efter skattad absorberad mängd koppar.

Foderstatskontroll	Värde	Lås	Min	Max
Cu tot, mg/dag	279	<input type="checkbox"/>	198	
Cu abs tot, mg/dag	9,9	<input type="checkbox"/>	9,9	
Mo, mg/kg TS	7,89	<input type="checkbox"/>		
Cu, mg/kg TS	13,6	<input type="checkbox"/>		
Cu/Mo, .	1,7	<input type="checkbox"/>		

**Figur 18.** När det är förhöjda värden av molybden i foderstaterna rekommenderas att optimera på foderstatens absorberad mängd koppar (Cu abs) i stället för total mängd koppar (Cu tot). Man behöver inte följa kvoten Cu/Mo. Bilden kommer från foderstatsprogrammet IndividRAM® (Växa, NorFor FRC version 2.10).

## Tack

Stort tack till de tio gårdar som ställde upp i vårt kopparprojekt. Stort tack till husdjursagronomerna Ida Hansen och Lisa Stensson som utförde provtagning, registrering och sammanställde materialet i sina respektive examensarbeten. Stort tack till Dalsjöfors kött, HKScan och Skövde slakteri för leverprovtagning. Stort tack till medsökande och forskare Cecilia Kronqvist vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) som var vetenskaplig huvudhandledare till Ida och Lisa. Stort tack till Stiftelsen nötkreatursstiftelsen i Skaraborg som finansierade och gjorde projektet möjligt. // projektledarna Maria Åkerlind och Torbjörn Lundborg, Växa.

## Referenser

Bannink, A., Valk, H. & Van Vuuren, A.M. (1999). Intake and Excretion of Sodium, Potassium, and Nitrogen and the Effects on Urine Production by Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 82 (5), 1008–1018.

Eriksson, J. & Söderström, M., 2009. Kartor – baserad på Mark- och grödoinventeringen och Nationell jordartskartering. Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala <https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/akermarksinventeringen/kartor/> [2024-03-26]

EU. 2018. Commission implementing regulation (EU) 2018/1039 of 23 July 2018 concerning the authorisation of Copper(II) diacetate monohydrate, Copper(II) carbonate dihydroxy monohydrate, Copper(II) chloride dihydrate, Copper(II) oxide, Copper(II) sulphate pentahydrate, Copper(II) chelate of amino acids hydrate, Copper(II) chelate of protein hydrolysates, Copper(II) chelate of glycine hydrate (solid) and Copper(II) chelate of glycine hydrate (liquid) as feed additives for all animal spec. *Official Journal of the European Union* L186/3. [24.7.2018].

EU, 2019. Commission implementing regulation (EU) 2019/1965 of 26 November 2019 concerning the authorisation of sodium molybdate dihydrate as feed additive for sheep. *Official Journal of the European Union* L307/12. [28.11.2019].

Hansen, I., 2023. Evaluation of liver and fur copper concentration in dairy cows : in relation to dietary intake of copper and molybdenium. Examensarbete, avancerad nivå A2E. SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Uppsala. <https://stud.epsilon.slu.se/19602/> [2024-03-26]

Lätt, K., 2019. Mineral elements in clover and grass forage in Sweden. Examensarbete, avancerad nivå A2E. SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Uppsala <https://stud.epsilon.slu.se/14647/> [2024-03-26]

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM), 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25806>. [2024-03-26]

Puls R., 1993. Mineral levels in animal health- diagnostic data. Sherpa international. US

Stensson, L., 2023. Dairy cow copper status in molybdenium rich areas : focus on copper excretion in faeces, urine and milk. Examensarbete, avancerad nivå A2E. SLU Institutionen för husdjurens utfodring och vård; Uppsala <https://stud.epsilon.slu.se/19604/> [2024-03-26]

Underwood E.J. & Suttle N.F., 1999. The mineral nutrition of livestock. 3<sup>rd</sup> Edition. CABI publishing, UK.

Weissbach F., 1996. New developments in crop conservation. In: Proc. of the 11th International Silage Conference (eds. Jones, Jones, Dewhurst, Merry & Haigh). IGER, Aberystwyth, Wales. p.11-25.

Yoo, J. M., 2013 Hair coat characteristics of cattle. Master thesis. Cornell University Ithaca, New York State, USA <https://ecommons.cornell.edu/items/89623294-b301-4379-ae16-ed72b4150f01> [2024-03-26]

Personligt meddelande: Jannica Krafft, Växa, produktionsrådgivare

## Bilagor

Följande fem sidor finns mer utförliga resultat från varje enskild gård.

### Bilaga 1 Näringsinnehåll i gårdsproducerat foder:

Analysresultat över torrsubstans (ts), aska, smältbarhet (smbh), råprotein (rp), fiber (NDF), syror (mjölksyra+ättiksyra), stärkelse (stä), socker (soc) och pH

Gård	Analyt Foder	Ts	Aska	Smbh	Rp	NDF	Syror	Stä	Soc	pH
		g/kg	g/kg ts	% av OS	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	
1	Vallensilage 1	313	87	76,8	166	489			18	
1	Vallensilage 2	240	107	72,6	172	493			10	
1	Vallensilage 3	365	72	74,7	119	425	75/20		70	4,1
1	Majsensilage	336	27	74,2	71	391	50/18	288	12	3,9
1	Vetebaserad biprodukt	896	16		77			483		
1	Spannmål	856	16		146	143		637		
1	Åkerböna	848	34		285	249		383		
2	Vallensilage 1	469	75	78,4	176	430	67/12		64	4,1
2	Vallensilage 2	620	79	72,0	115	499	39/7		92	4,9
2	Majsensilage	390	33	77,3	67	342	40/13	321	24	4,1
2	Spannmål	851	25		88	264		518		
2	Åkerböna	839	35		325			421		
3	Vallensilage 1	286	70	80,6	154	434	109/24		12	3,8
3	Vallensilage 3	439	77	76,7	149	434	50/10		77	4,4
3	Vallensilage 4	304	90	76,5	158	425	80/19		20	4,2
3	Majsensilage	333	32	75,7	74	356	67/19	279	19	3,8
3	Helsäd korn	354	36	68,4	87	395	94/15	167	23	3,6
3	Spannmål	833	15		113	131		662		
4	Vallensilage 1	300	82	83,1	213	357	87/12		41	4,2
4	Vallensilage 2	558	68	72,1	150	491	31/8		69	4,9
4	Majsensilage	250	30	78,1	66	373	66/25	265	11	3,7
4	Spannmålsblandning	865	16		110			702		
5	Vallensilage 1	295	80	78,3	147	428	89/20		18	3,9
5	Vallensilage 4	327	91	75,7	137	404	62/12		64	4,2
5	Helsäd	314	69	66,4	97	409	78/15	118	13	3,7
5	Spannmålsblandning	860	21		102			619		
6	Vallensilage 1	347	78	80,0	187	387	103/21		16	4,0
6	Helsäd	520	44	72	95	351	35/10	267	34	4,3
6	Spannmålsblandning	825	18		109			662		
7	Vallensilage 1	444	68	71,3	121	477	53/12		39	4,6
7	Vallensilage 2	541	82	75,6	161	371	29/7		96	5,1
7	Vallensilage 3	585	91	77,0	181	325	17/8		128	5,6
7	Spannmålskross	857	23		146			542		
8	Vallensilage 1	240	81	75,2	136	426	110/18		11	3,9
8	Vallensilage inköpt	255	65	71,1	117	514	71/25		12	4,2
8	Vallensilage 2	260	71	73,6	131	422	67/11		51	4,1
8	Helsäd råg	269	62	70,3	71	562			123	
8	Spannmålskross	868	19		99			628		
9	Vallensilage 1	292	141	82,2	191	346	133/20		10	3,7
9	Vallensilage 4	396	87	78,4	169	370	96/17		53	4,0
9	Spannmålsblandning	853	22		131			552		
10	Vallensilage 1	463	79	74,0	110	479	41/8		103	4,8
10	Spannmålsblandning	841	25		135			534		

## Bilaga 2. Makromineraler (Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S) i gårdsproducerat foder

Analysresultat över på makromineralämnen: kalcium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), klor (Cl) och svavel (S)

Gård	Analyt Foder	Ca	P	Mg	K	Na	Cl	S
		g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts	g/kg ts
1	Vallensilage 1	4,4	2,8	1,6	27	0,6		1,9
1	Vallensilage 2	6,0	2,7	2,1	26	0,7		2,2
1	Vallensilage 3	8,2	2,3	2,6	21	1,5	6,1	2,2
1	Majsensilage	1,2	1,7	1,0	10	0,1	1,5	0,9
1	Vetebaserad biprod	0,2	1,0	0,3	2	3,6		0,7
1	Spannmål	0,3	2,7	1,1	4,2	0,1		1,2
1	Åkerböna	1,7	4,0	1,3	11	0,1		1,4
2	Vallensilage 1	3,5	2,5	1,5	27	0,4	6,8	2,1
2	Vallensilage 2	3,9	2,0	2,1	24	1,1	7,8	2,2
2	Majsensilage	1,0	1,4	1,1	9,5	0,3	2,1	0,7
2	Spannmål	0,5	2,9	1,2	4,6	0,1		0,9
2	Åkerböna	1,1	4,5	1,3	12	0,2		1,7
3	Vallensilage 1	4,2	2,6	1,3	22	2,3	7,7	2,0
3	Vallensilage 3	6,2	2,2	2,2	22	2,4	8,7	2,8
3	Vallensilage 4	7,8	3,7	2,8	24	3,9	10,3	3,3
3	Majsensilage	1,3	1,5	1,0	7,4	0,3	1,5	0,7
3	Helsäd korn	4,0	1,6	1,0	9,5	0,5	2,0	1,1
3	Spannmål	0,4	2,7	1,0	3,9	0,1		1,0
4	Vallensilage 1	4,5	3,1	1,7	25	1,2	3,0	3,2
4	Vallensilage 2	4,9	2,5	2,1	21	1,6	8,0	2,4
4	Majsensilage	1,5	1,7	0,8	8,9	0,3	1,1	0,8
4	Spannmålsblandning	0,4	3,2	1,1	4,8	0,1		1,1
5	Vallensilage 1	5,9	2,9	2,0	32	1,2	5,3	2,3
5	Vallensilage 4	6,5	2,5	2,4	24,3	1,3	8,5	2,1
5	Helsäd	5,0	2,2	1,8	18	1,0	4,3	1,7
5	Spannmålsblandning	0,5	2,9	1,1	4,7	0,1		1,1
6	Vallensilage 1	7,8	3,1	2,0	24	0,5	3,7	2,2
6	Helsäd	5,1	2,1	1,3	11,2	0,2	2,9	1,0
6	Spannmålsblandning	0,5	3,1	1,2	4,1	0,1		1,0
7	Vallensilage 1	8,7	2,2	1,8	22	0,2	1,2	1,3
7	Vallensilage 2	12,3	2,9	3,0	21	0,7	3,0	1,7
7	Vallensilage 3	15,2	2,6	2,8	18	1,0	3,4	2,1
7	Spannmålskross	0,7	3,8	1,3	5,4	0,1		1,5
8	Vallensilage 1	7,6	2,4	1,3	23	0,5	0,6	1,4
8	Vallensilage inköpt	7,7	1,8	1,5	20	0,3	0,6	1,0
8	Vallensilage 2	9,7	2,3	2,0	17	0,8	4,0	1,5
8	Helsäd råg	2,1	2,4	1,0	19	0,1		0,8
8	Spannmålskross	0,4	3,2	1,2	4,5	0,1		1,1
9	Vallensilage 1	7,4	2,8	1,9	24	2,1	4,9	2,4
9	Vallensilage 4	9,2	2,5	2,4	20	2,2	5,4	2,5
9	Spannmålsblandning	0,5	3,1	1,2	4,2	0,1		1,3
10	Vallensilage 1	6,5	2,0	1,5	17	1,1	3,0	1,1
10	Spannmålsblandning	0,9	3,2	1,3	5,3	0,1		1,3



### Bilaga 3 Mikromineraler (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Se, Mo, I) i gårdsproducerat foder

Analysresultat över mikromineralämnen: järn (Fe), mangan (Mn), zink (Zn), koppar (Cu), kobolt (Co), selen (Se), jod (I) och molybden (Mo)

Gård	Analyt Foder	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Se	Mo	I
		mg/kg ts	mg/kg ts	mg/kg ts	mg/kg ts	mg/kg ts	mg/kg ts	mg/kg ts	mg/kg ts
1	Vallensilage 1	99	53	31	5,5	0,04	0,01	0,7	0,2
1	Vallensilage 2	131	74	32	7,7	0,05	0,02	1,0	0,2
1	Vallensilage 3	176	67	20	5,9	0,08	0,02	1,1	<0,2
1	Majsensilage	151	28	23	3,7	<0,04	0,01	0,4	<0,2
1	Vetebaserad bipr	39	7	7	2,1	0,04	0,03	0,3	0,2
1	Spannmål	42	26	28	4,5	0,04	0,01	0,3	0,2
1	Åkerböna	48	15	31	11,3	0,19	0,01	1,3	0,2
2	Vallensilage 1	115	67	26	9,6	0,05	0,02	0,5	0,2
2	Vallensilage 2	79	66	20	5,3	0,06	0,01	0,4	0,2
2	Majsensilage	100	12	15	2,9	<0,04	0,01	0,2	0,2
2	Spannmål	68	31	21	3,8	0,04	0,07	0,6	0,2
2	Åkerböna	54	14	39	14	0,22	0,02	0,5	0,2
3	Vallensilage 1	117	55	19	4,9	0,04	0,01	1,7	0,3
3	Vallensilage 3	131	107	20	5,4	0,06	0,03	1,7	0,2
3	Vallensilage 4	311	125	32	8,4	0,10	0,04	1,9	0,2
3	Majsensilage	86	43	27	3,3	0,04	0,01	0,4	0,2
3	Helsäd korn	202	23	16	4,3	0,04	0,01	0,9	0,2
3	Spannmål	35	35	33	3,3	0,04	0,01	0,6	0,2
4	Vallensilage 1	399	82	30	7,3	0,06	0,02	0,9	0,2
4	Vallensilage 2	182	152	31	8,0	0,06	0,02	1,1	0,2
4	Majsensilage	164	108	35	3,5	0,04	0,01	0,3	0,2
4	Spannmålsblandn	23	29	29	5,5	0,04	0,01	0,4	0,2
5	Vallensilage 1	415	74	39	7,7	0,13	0,02	1,2	0,3
5	Vallensilage 4	215	84	21	5,6	0,06	0,02	0,7	0,2
5	Helsäd	283	61	35	6,0	0,07	0,04	0,5	0,2
5	Spannmålsblandn	48	23	22	3,7	0,04	0,02	0,5	0,2
6	Vallensilage 1	295	138	29	6,2	0,13	0,05	6,7	0,4
6	Helsäd	95	39	19	3,6	0,05	0,01	2,8	0,2
6	Spannmålsblandn	42	30	25	4,0	0,04	0,04	1,9	0,2
7	Vallensilage 1	70	52	14	5,4	0,06	0,02	8,4	0,2
7	Vallensilage 2	79	111	25	8,8	0,04	0,05	4,7	0,2
7	Vallensilage 3	448	79	26	9,6	0,18	0,42	15,1	0,4
7	Spannmålskross	58	35	33	5,0	0,04	0,07	6,1	0,2
8	Vallensilage 1	558	81	20	7,1	0,17	0,07	12,8	0,3
8	Vallensilage inköpt	246	66	16	5,6	0,19	0,02	2,9	0,2
8	Vallensilage 2	116	126	22	7,2	0,09	0,04	12,5	0,2
8	Helsäd råg	49	24	13	3,0	0,04	0,01	3,7	0,2
8	Spannmålskross	42	31	24	3,8	0,04	0,02	2,3	0,2
9	Vallensilage 1	1114	104	28	8,5	0,38	0,04	4,0	0,4
9	Vallensilage 4	341	124	26	8,4	0,17	0,07	3,9	0,4
9	Spannmålsblandning	61	19	30	4,4	0,04	0,02	1,8	0,2
10	Vallensilage 1	180	72	17	4,3	0,10	0,03	7,4	0,2
10	Spannmålsblandning	57	26	31	5,5	0,04	0,05	9,3	0,2

#### Bilaga 4 Foderintag och mineralbehov från endagars foderstatskontroll

Endags-foderkontroll på mjölkorna. Resultat på svavel (S), molybden (Mo) och koppar (Cu) i foderstaten, skattad absorbtionskoefficient (Abs.koef) och absorberad koppar i kroppen (Cu abs) samt rekommenderat behov av svavel, koppar och absorberad koppar

Resultat mått	Ts-intag kg/ko/dag	S g/kg ts	Behov S g/kg ts	Mo mg/kg ts	Cu mg/kg ts	Behov Cu <sup>1</sup> mg/kg ts	Abs.koef <sup>2</sup> %	Cu abs mg/kg ts	Behov Cu abs <sup>2</sup> mg/kg ts
Gård									
1	24,6	2,3	2,0	0,7	13,2	8,9	4,5	0,59	
2	27,5	2,1	2,0	0,4	12,3	8,5	4,7	0,58	
3	27,1	2,6	2,0	0,8	16,4	7,9	4,1	0,68	
4	26,6	2,5	2,0	0,8	9,8	9,1	4,3	0,42	
5	26,2	2,9	2,0	0,5	11,3	8,0	4,1	0,46	
6	18,4	2,1	2,0	3,9	15,7		3,7	0,58	0,49
7	23,6	1,9	2,0	7,7	11,0		3,1	0,34	0,51
8	24,8	1,6	2,0	6,2	18,6		3,9	0,72	0,51
9	28,1	2,4	2,0	2,7	16,5		3,8	0,62	0,47
10	23,3	1,4	2,0	6,9	9,8		4,1	0,40	0,55
Medel LÅG (gård 1-5)	26,4	2,5	2,0	0,6	12,6	8,5	4,3	0,55	(0,46)
Medel HÖG (gård 6-10)	23,4	1,9	2,0	5,7	14,3	(9,8)	3,7	0,53	0,51

<sup>1</sup> antagit standard absorbtionskoefficient på 5%, <sup>2</sup>absorbtkoefficient där hänsyn tagits till molybden och svavel i foderstaten

### Bilaga 5 Kopparhalt i träck, urin, mjölk, hår och lever

Analysresultat av koppar i träck, urin, mjölk och hår, genomsnitt på prov från 5

slumpmässigt utvalda mjölkkor per gård (minsta till högsta värde inom parentes).

Analysresultat av koppar i leverprover (genomsnitt per gård på prov från slaktade kor).

Prov på lever tagna på slaktade kor från gårdarna var olika i antal (n)

Gård	Träck mg/kg ts	Urin µg/liter	Mjölk µg/liter	Hår mg/kg	n	Lever mg/kg
1	12,9 (8,3-15)	17,7 (12-27)	30 (14-63)	8,1 (6,8-9,1)	5	248 (180-346)
2	13,6 (11-16)	24,8 (13-34)	95 (50-129)	13,8 (11-16)	3	190 (152-210)
3	14,5 (13-17)	24,2 (9,0-49)	81 (46-131)	8,7 (7,5-9,6)	5	156 (112-188)
4	13,2 (12-14)	17,4 (11-27)	150 (86-206)	12,0 (9,8-14)	5	112 (58-154)
5	11,6 (10-14)	7,7 (3,5-11)	51 (15-86)	10,1 (8,9-11)	4	99 (26-140)
6	13,3 (11-16)	22,2 (15-36)	62 (51-78)	9,5 (8,7-10)	0	
7	13,7 (13-15)	10,3 (6,7-17)	67 (33-113)	8,6 (7,2-9,3)	2	78 (41-114)
8	13,1 (12-14)	27,2 (8,3-43)	80 (21-106)	7,6 (6,3-8,4)	5	133 (121-147)
9	13,4 (11-15)	17,5 (11-27)	42 (19-77)	7,9 (7,6-8,3)	6	137 (98-175)
10	13,0 (12-15)	12,5 (10-16)	42 (28-61)	7,8 (5,3-9,3)	1	132 (132)
Medel LÅG	13,2	18,3	81,3	10,5		161
Standardavvikelse på alla LÅG-prov	1,9	10,3	51,5	2,4		71
Medel HÖG	13,3	17,9	58,8	8,3		120
Standardavvikelse på alla HÖG-prov	1,4	9,4	38,5	1,1		23