

# Polysulfat i vall

Sonja Gäddnäs

Examensarbete för Agrolog (YH)-examen

Utbildningen för Bioekonomi

Raseborg 2022

## EXAMENSARBETE

Författare: Sonja Gäddnäs

Utbildning och ort: Utbildningen för bioekonomi, Raseborg

Inriktning: Lantbruksnäringarna

Handledare: Paul Riesinger

Titel: Polysulfat i vall

---

Datum: 22.04.2022 Sidantal: 29

Bilagor: 15

---

### Abstrakt

Vall är en gröda som har en lång växtperiod; beroende på artsammansättningen skördas vallen två till fyra gånger per säsong. Alltför höga koncentrationer av växttillgängliga näringsämnen i marken kan leda till höga utlaknings- och avrinningsförluster. Vid gödsling av vallen borde man också beakta husdjurens näringsbehov så att inte näringskoncentrationerna blir för höga eller låga. Beroende på gödselmedlets löslighet kan grödans näringsbehov säkerställas genom ett enda gödslingstillfälle i samband med etableringen av vallen, genom gödsling inför odlingssäsongen, eller genom gödsling inför varje tillväxt. Polysulfat är ett långsamt lösligt förrådsgödselmedel som innehåller svavel, kalium, kalcium och magnesium; Polysulfat passar grödor som har en lång växttid.

Syftet med studien var att klarlägga Polysulfatets effekt på vallskörden med fokus på skördens kvantitet samt dess kvalitet med avseende på mjölkkons behov av näringsämnen. Effekten av Polysulfat jämfördes med ett led som gödslades med kaliumklorid. Försöket utformades som ett storruteförsök bestående av fyra upprepningar av två försöksled. Undersökningen utfördes i en andra års vall i Jeppo, Finland.

Mellan de två leden påvisades inga skillnader i skördemängden, dock fanns skillnader i råprotein, smältbart råprotein, aminosyror absorberade i tunntarmen (AAT) samt i proteinbalansen i våmmen (PBV). I andra skörden var proteinvärdena signifikant lägre i Polysulfatledet än i kaliumkloridledet, i tredje skörden var de signifikant högre. Orsaken antas vara en fördröjd mobilisering av kalium från Polysulfat, som först orsakat en brist, och sedan ett överskott av kalium.

Polysulfat bedöms vara lämpligt som ett förrådsgödselmedel, inte minst på grovkorniga och kaliumfattiga jordar samt till grödor med en lång växttid. Mobiliseringen av näringsämnen från Polysulfat kan dock fördröjas av torka. För att också under sådana förhållanden säkerställa grödans försörjning med kalium bör markförrådets växttillgängliga förråd vara tillräckligt högt.

---

Språk: svenska

Nyckelord: Polysulfat, kalium, vall, mjölkko

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Sonja Gäddnäs

Koulutus ja paikkakunta: Biotalous, Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto: Maaseutuelinkeinot

Ohjaaja(t): Paul Riesinger

Nimike: Polysulfaatti nurmessa

---

Päivämäärä: 22.04.2022 Sivumäärä: 29

Liitteet: 15

---

### Tiivistelmä

Nurmi on viljelykasvi, jolla on pitkä kasvukausi; lajikoostumuksesta riippuen nurmi korjataan kahdesta neljään kertaa kauden aikana. Liian suuret kasvien saatavilla olevat ravinteiden pitoisuudet maaperässä voivat aiheuttaa suuria huuhtoutumis- ja valumahävikkejä. Nurmea lannoittaessa muotoilu on otettava huomioon myös lemmikkieläinten ravitsemustarpeet, jotta ravintoainepitoisuudet eivät kasva liian korkeiksi tai mataliksi. Lannoitteen liukoisuudesta riippuen viljelyn ravitsemukselliset tarpeet voidaan varmistaa yhdellä lannoitusmahdollisuudella, joka liittyy nurmen perustamiseen, lannoitteella ennen viljelykautta, tai lannoituksen kautta jokaisen kasvun edessä. Polysulfaatti on hitaasti liukeneva varastojen lannoite, joka sisältää rikkiä kaliumia, kalsiumia ja magnesiumia; Polysulfaatti sopii viljelykasveille, joilla on pitkä kasvukausi.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Polysulfaatin vaikutusta nurmisatoon keskittyminen sadon määrään ja sen laatu suhteessa lypsylehmän ravinteiden tarpeeseen. Polysulfaatin vaikutusta verrattiin kaliumkloridilla lannoitettuun koejäseneseen. Koe suunniteltiin suurikokoiseksi kokeiluksi, joka koostui neljästä toistosta kahdesta koejäsenestä. Tutkimus tehtiin toisen vuoden nurmissa Jepuassa, Suomessa.

Kahden koejäsenen välillä ei havaittu eroja sadonkorjuussa, eroja oli kuitenkin raakaproteiinissa, sulavassa raakaproteiinissa, ohutsuolessa imeytyvässä valkuaisessa (OIV) ja pötsissä valkuaisaseessa (PVT). Toisessa sadonkorjuussa proteiiniarvot olivat huomattavasti alhaisemmat polysulfaattikoejäsenessä kuin kaliumkloridikoejäsenessä, kolmannella sadonkorjuulla ne olivat huomattavasti korkeammat. Syynä uskotaan olevan viivästynyt kaliumin mobilisaatio Polysulfaatista, joka ensiksi aiheutti puutetta, ja sitten ylijäämä kaliumista.

Polysulfaattia pidetään sopivana varastolannoitteena, erityisesti karkearakaisella ja kaliumpitoisilla maaperillä sekä viljelykasveilla, joilla on pitkä kasvukausi. Kuivuus voi kuitenkin viivästyttää ravinteiden mobilisoitumista Polysulfaatista. Jotta myös tällaisissa olosuhteissa voidaan varmistaa viljelykasvien kaliumpitoisuus, maavaraston kasveille saatavilla oleva varasto, pitäisi olla riittävän suurta.

---

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: Polysulfaatti, kalium, nurmi, lypsylehmä

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Sonja Gäddnäs

Degree Programme: Degree Programme in Bioeconomy, Raseborg

Specialisation: Agriculture

Supervisor(s): Paul Riesinger

Title: Polysulphate in ley

---

Date: 22.04.2022 Number of pages: 29

Appendices: 15

---

### **Abstract**

Ley is a crop that has a long growing season; depending on the species composition, the ley is harvested two to four times per season. Excessive concentrations of plant nutrients in the soil may result in high leaching- and run-off losses. Fertilisation of grasslands should also consider the nutritional requirements of domestic animals so that the nutrients-concentrations are neither too high nor too low. Depending on the solubility of the fertiliser, the nutritional requirements of the crop may be ensured by a single fertilisation in connection with the establishment of the grassland, by fertilisation at the beginning of the growing season, or by fertilising before each growth. Polysulphate is a slowly soluble fertiliser containing sulphur, potassium, calcium, and magnesium; Polysulphate is suitable for crops that have a long growing season.

The purpose of the study was to clarify the effect of Polysulphate on ley with focus on the dry matter yield and its quality with regard to the nutritional need of dairy cows. The effect of Polysulphate was compared with a treatment that was fertilised with potassium chloride. The trial was designed as a large-scale trial, consisting of four replications of two treatments. The survey was carried out in a second year-ley in Jeppo, Finland.

The two treatments did not differ in dry matter yield. However, there were differences in crude protein, digestible protein, amino acid absorbed from the small intestine (AAT), and protein balance in the rumen (PBV). In the second harvest, the protein values were significantly lower in the Polysulphate treatment than in the potassium chloride treatment, in the third harvest they were significantly higher. The reason is assumed to be delayed mobilisation of potassium from Polysulphate, which first caused a lack, and then an excess of potassium.

Polysulphate is considered to be suitable as a storage fertilizer, on coarse-grained soils and soils poor of potassium, as well as for crops with a long growing season. However, the mobilisation of nutrients from Polysulphate can be delayed by drought. To ensure the supply of the crop even in such conditions, the concentrations of plant-available soil-potassium should be sufficiently high.

---

Language: Swedish

Key words: Polysulphate, potassium, ley, dairy cow

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Teoretisk bakgrund.....	2
2.1	Polysulfatets utvinning och förädling.....	2
2.2	Polysulfatets egenskaper som gödselmedel.....	2
2.3	Växtens behov och upptagning av näringsämnen.....	4
2.4	Mjölkkons behov av näringsämnen.....	6
3	Aktuell forskningsfront.....	8
3.1	Polysulfat på oljeväxter och höstvet.....	8
3.2	Polysulfat på lusern.....	10
3.3	Polysulfat på konventionell gräsvall och ekologisk klövergräsvall.....	11
4	Material och metoder.....	12
4.1	Försöksplatsen.....	12
4.2	Försökets genomförande.....	13
4.2.1	Uppläggning.....	13
4.2.2	Anläggning och skötsel.....	14
4.2.3	Väderlek.....	15
4.3	Provtagning.....	17
4.3.1	Förhållanden under provtagning.....	18
4.3.2	Behandling av proverna.....	19
4.4	Dataanalys.....	21
5	Resultat.....	21
5.1	Biomassaskörd.....	21
5.2	Foderkvalitet.....	22
5.3	Mineraler.....	25
6	Diskussion och slutsatser.....	25
	Källförteckning.....	30

## 1 Inledning

När man producerar sitt eget foder åt husdjuren bör gödseln inte bara täcka grödans behov för att åstadkomma höga skördar; gödseln skall också tillföra de näringsämnen som husdjuren behöver, i tillräckliga koncentrationer och i lämpliga förhållanden till varandra. För att uppnå detta behövs god odlings- och gödslingsplanering.

Mängdmässigt behöver vallen främst kväve, kalium och svavel men också fosfor, kalcium och magnesium. Kväve, kalium och svavel är benägna att lakas ut; därför är det inte lämpligt att tillföra dessa näringsämnen i form av förrådsgödsling. Speciellt kväve och svavel behöver tillföras inför varje skörd. Beroende på markens bördighetsklasser bör fosfor ges åtminstone inför första vallskörden, kalium åtminstone inför andra vallskörden.

Mjölkkon behöver näringsämnen för uppbyggnaden av skelettet, regleringen av vatten/salt- balansen, enzymernas funktion och mycket mera. Dessa näringsämnen behöver tillföras med grovfodret eller med kraftfodret. För hög konsumtion av näringsämnena kan också medföra hälsorisker. Höga kaliumkoncentrationer hämmar upptaget av kalcium och magnesium. Därför är det viktigt att balansen mellan näringsämnena är den rätta.

Eftersom vallen har en lång växttid kan gödselmedel med långtidsverkan komma till användning. Sådana gödselmedel skulle kunna förse vallen med en tillräcklig mängd av näringsämnen under hela växtsäsongen. Polysulfat saluförs som ett kompletteringsgödselmedel för vall, potatis och sockerbetor; det innehåller svavel, kalium, kalcium och magnesium. Polysulfat löser sig långsamt, vilket gör att näringsämnena finns tillgänglig under hela växtsäsongen. Den långsamma lösligheten minskar också risken för utlakning. Polysulfat är ett relativt nytt gödselmedel i Finland. Polysulfat produceras av ICL och bryts vid Boulby gruvan i Cleveland, Storbritannien. För att få en bättre bild av Polysulfatets effekter har ett växtodlingsförsök utförts på vall.

Det här examensarbetet handlar om Polysulfat specifikt till vall. Syftet med studien var att klarlägga Polysulfatets effekter på vallskörden med fokus på vallens kvantitet och kvalitet. I undersökningen behandlas också mjölkkons behov av näringsämnen.

Hypotesen för arbetet är att Polysulfat lämpar sig som ett förrådsgödselmedel till vall, att det hålls kvar i marken och löser sig i passlig takt med grödans behov, och att det ger

lämpliga koncentrationer av svavel, kalium, kalcium och magnesium i vallfodret, med avseende på mjölkornas behov.

## 2 Teoretisk bakgrund

### 2.1 Polysulfatets utvinning och förädling

Polysulfat är produktnamnet på bergarten polyhalit. Polysulfat är ett hydratiserat sulfat som består av svavel (S) kalium (K), kalcium (Ca) och Magnesium (Mg). I berggrunden förekommer mineralet som stora fibrösa bitar. Den kemiska formeln är:  $K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$ . Polysulfat är vattenlösligt med rester av gips och syngenit. Polysulfatprodukten är mycket ren med 95 procent Polyhalit, mindre än fem procent natriumklorid (NaCl) och lite bor (B) och järn (Fe) (Yermiyahu, Zipori, Faingold, Yusopov, Faust & Bar-Tal, 2017). Polysulfat består av 19,2 procent svavel, 11,6 procent kalium, 12,2 procent kalcium och 3,6 procent magnesium (Imas & Morell, 2019).

Polysulfat inlagrades för cirka 260 miljoner år sedan. Då låg Europa längre söderut och Boulby låg på kanten av ett brett och grunt hav som kallades Zechstein-havet. Rådande varma och torra förhållanden förångade havet snabbare än vad det fylldes på. Detta gav upphov till att polyhalit, halit och kalium lämnades efter (ICL, u.å.).

Polysulfat produceras av ICL (North York Moors Nationalpark i Storbritannien) vid Boulby gruvan i Cleveland, Storbritannien. Boulby gruvan i Cleveland är den första funktionella Polysulfatgruvan i världen. I den här gruvan ligger Polysulfat mineralskiktet på 1250 meter (Yermiyahu et al., 2017) under Nordsjön utefter Norra Yorkshire kusten i Storbritannien. Från den här källan har det beräknat att en miljard ton Polysulfat är tillgängligt (ICL, u.å.). Efter brytningen krossas och behandlas materialet för att få olika kornstorlekar. Polysulfat förekommer i fyra olika former: granulat (2-3 mm), mini granulat (1-2 mm), premium (rundare och slätare än granulaten) och som pulver (Imas & Morell, 2019).

### 2.2 Polysulfatets egenskaper som gödselmedel

Polysulfat är en mineralgödsel som rekommenderas för kompletteringsgödsling av potatis, trädgårdsväxter, vall och höstsäd (Vilelijän Avena Berner, u.å.). Framställningen av Polysulfat sker enbart genom mekaniska processer. Detta gör att Polysulfatet har ett lågt

koldioxidavtryck och att det kan användas inom ekologisk odling. Polysulfatet har en låg halt av klor, vilket gör att det passar för mera klorkänsliga grödor som till exempel potatis (ICL, u.å.). Polysulfat passar bra att användas på jordar vars bindningskapacitet för näringsämnen är låg som grovkorniga jordar samt i grödor som bevattnas (Huang, Yermiyahu, Shenker & Ben-Gal, 2020).

Polysulfatet är tillgängligt för grödan direkt vid applicering men löser sig långsammare än andra sulfatbaserade gödselmedel. Dawson (2017) testades lösligheten för Polysulfat och andra lösliga svavelhaltiga gödselmedel (ammoniumsulfat, kaliumsulfat och kieserit). Efter 30 dagar hade ammoniumsulfat, kaliumsulfat och kieserit lösts upp till 100 procent. Polysulfatet hade endast löst upp till 84 procent.

Ett annat försök som utfördes både i laboratoriemiljö och i fältmiljö visade att Polysulfat löser sig långsammare än andra gödselmedel. I laboratorieexperimentet användes nio, 18 och 27 gram Polysulfat som lades i en hink med en liter vatten. Vattnet blandades om med en elektrisk omrörare i 24 timmar. I laboratorietestet löstes gödselmedlets innehåll av kalium och magnesium till 100 procent medan kalcium inte löstes upp i lika stor grad. I fältförsöket användes ett, två och tre kg Polysulfat per hektar. Vid en nederbörd på 300 mm hade Polysulfatets näringsämnen löst upp sig till 75-100 procent. Först löste sig kalium, sedan magnesium, svavel och till sist kalcium. När nederbörden ökades gradvist till 800 mm var skillnaden av lösligheten relativt stor. Kalium och magnesium var helt upplösta, lösningen av svavel skedde något stegvist. Lösligheten av kalcium blev nästan det samma som vid bevattning av 300 mm vid appliceringen av ett och två kg Polysulfat per hektar och ökade lite vid tre kg Polysulfat per hektar. Polysulfat behöver mera vatten än andra gödselmedel för att kunna lösas upp tillräckligt (Yermiyahu, Zipori, Omar & Beer, 2019). En förlängd löslighetstakt har en rad fördelar, såsom minskad risk för utlakning och en längre pågående näringsmobilisering. Speciellt på utlakningsbenägna jordarter, som grovkorniga jordar, kan ett långsamt lösligt gödselmedel vara bra (ICL, u.å.). Den utdragna mobilisering av växtnäringsämnen passar till grödor som har en lång växttid och en utdragen upptagning av växtnäringsämnen, som till exempel potatis, sockerbetor och vall (Riesinger, 2022. Personligt meddelande).

Till vallar borde Polysulfat appliceras så att svavelbehovet anpassas till grödans behov av kväve (ICL, u.å.). Rekommenderade givor för Polysulfat till potatis och trädgårdsväxter är



300-600 kg/ha, till oljeväxter 100-300 kg/ha, samt till spannmål, örter och vall 100-200 kg/ha (Viljelijän Avena Berner, u.å.).

### 2.3 Växtens behov och upptagning av näringsämnen

I grödan återfinns växtnäringsämnen i rotsystemet, i den ovanjordiska biomassan eller i växtdelar som förs bort med skörden. I vallgrödor finns en tredjedel och upp till hälften av det totala näringsinnehållet i rotsystemet. Av växtens levande vikt utgör vatten med 80-85 procent den största andelen, 15-20 procent består av organiskt material. Växtens organiska material består av kol, syre, väte och lite kväve samt svavel. Efter förbränning återstår cirka en procent i form av aska. I askan finns mineralämnena, både makronäringsämnen och mikronäringsämnen (Riesinger, 2006, s. 8).

Växterna tar upp kol och syre från luften, och väte från vatten (Riesinger, 2006, s. 9). Leguminoser (t.ex. klöverarter och trindsädesarter) kan tillgodogöra sig luftkväve genom symbiotisk kvävefixering (Riesinger, 2006, s. 81-82). Från markens växtnäringsförråd upptas mineralämnena av grödan. En komplettering av markens växtnäringsförråd i form av organiska och mineraliska gödselmedel görs i den mån som det är nödvändigt för att uppfylla grödans behov (Riesinger, 2006, s. 9).

Växtnäring som är löst i markvätskan eller utbytbar bunden till markpartiklarna kan utnyttjas av grödan. All växtnäring i jorden kan inte tas upp direkt av växten; växtnäringsförråden är bundna i organiska eller oorganiska föreningar. Jordens näringsinnehåll och hur mycket som frigörs till markvätskan beror på jordarten och mullhalten. Växtens näringsupptag påverkas av jordens dränering och struktur, eftersom grödans rötter växer bättre i bra jordstruktur, vilket i sin tur förbättrar näringsupptaget (Båth, u.å.). De följande avsnitten fokuserar på de näringsämnen som kan tillföras med Polysulfat, dvs. svavel, kalium, magnesium och kalcium.

Svavelkoncentrationen i jorden är cirka en ton per hektar. 95-99 procent av svavlet i jorden är bundet i organiska föreningar. Vid nedbrytningen av organiskt material och vittring av svavelrika mineraler frigörs svavel som sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Sulfatjoner förekommer fritt i markvätska men kan också vara associerade till mineralpartiklar eller bundna i oxidform med järn och aluminium. Växterna tar upp svavel i form av sulfat via rötterna. Via bladen kan grödan ta upp svavel i form av svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ) där det omvandlas till sulfat.

Svavelkoncentrationen i grödan är 0,1-1,5 procent. Svavel som växten inte har användning för lagras i grödan som sulfat. Det kan vara upp till 60 procent som lagras på detta sätt (Båth, u.å.).

Svavel har en betydelse för fotosyntesen och proteinbildningen (Riesinger, 2006, s. 13). Vid svavelbrist kan både proteininnehållet och sockerhalten sjunka i vallen. Det är viktigt att hålla en bra N/S- kvot för att inte det skall bli svavelbrist. I vallar uppstår svavelbrist vid en N/S- kvot mellan 12-17. Kvoten borde inte överstiga 12 (Jonsson, 2012). I stråsäd bör N/S- kvoten vara 10-1-1,5 (Andersson, Kvarmo, Malgeryd, Hjelm, Stenberg, Listh, Börling, Jonsson & Johansson, 2021). Svavelbrist påverkar foderkvaliteten ytterligare genom att gräset börjar lyxkonsumera molybden (Mo). Höga molybdenhalter i grovfodret minskar tillgängligheten på koppar (Jonsson, 2012), vilket innebär att djuren lider kopparbrist (molybdenosis).

Kaliumkoncentrationen i jorden varierar beroende på jordart. I genomsnitt finns det 0,1-60 ton kalium per hektar. Från primära mineraler som fältspat och biotit, och från sekundära lermineraler som illit och montmorillonit mobiliseras kaliumet genom vittring till jonform ( $K^+$ ). Kaliumjonen kan bindas till ytan av mineral- och mullpartiklar (katjonbyteskapacitet) eller så förekommer det löst i markvätskan. Grödan tar upp kaliumet i form av kaliumjoner som förekommer i markvätskan. I markvätskan förekommer dock inga höga kaliumkoncentrationer och grödornas behov är i synnerhet på lerfattiga jordar större än vad den aktuella tillgången är och vad som kan mobiliseras från markförrådet. Grödans kaliumkoncentrationer varierar mellan 1-6 procent av torrsbstanshalten (Båth, u.å.).

Kalium är viktigt för att uppnå goda vallskördar (Yara, 2022). Kaliumet spelar en stor roll i växternas ämnestransport och ämnesomsättning. Kalium gör att stödjevävnaderna i växten blir kraftigare. Kalium kan även minska svampinfektioner, genom att bladytan bildar tjockare cellväggar (Riesinger, 2006, s. 43). Under fotosyntesen hjälper kaliumet till att bilda socker och stärkelse, vilket förbättrar vinterhärdigheten (Weidow, 2008, s. 110). Vid för höga kaliumkoncentrationer i grovfodret kan halten av magnesium och kalcium minska (Gustafsson, 2017).

Kalcium förekommer i marken bundet i mineraler som fältspat och kalцит, bunden till lerpartiklar eller löst i markvätskan. Kalciumjonen ( $Ca^{2+}$ ) som grödan tar upp, transporteras upp i grödan med transpirationsströmmen. Grödans upptag av kalciumjoner kan påverkas

av jordens pH-värde och koncentrationen av andra positivt laddade joner som kalium och magnesium. I grödan varierar kalciumkoncentrationen mellan 0,1-5 procent (Båth, u.å.).

Kalcium är viktigt för växtens celledelning, cellsträckning och stabilitet (Gustafsson, 2017). Kalcium gagnar dessutom transportprocesser genom vävnader och i celler (Båth, u.å.). Vallar som består av klöver innehåller mera kalcium än gräsdominerande vallar (Gustafsson, 2017).

Magnesium förekommer i marken bundet i biotit, hornblände och montmorillonit. Efter vittring förekommer det såsom de andra katjonerna kalium och kalcium på ytan av markpartiklar (katjonbyteskapacitet) eller löst i markvätskan. Från markvätskan tar växten upp magnesium i form av joner ( $Mg^{2+}$ ). Grödans upptagning påverkas av höga ammonium- och kaliumtal, pH-värdet, ledningstalet och jordtemperaturen. Koncentrationen av magnesium i grödan är 0,1-0,5 procent (Båth, u.å.).

Magnesiumbrist förekommer ganska ofta när det finns för mycket kalium i förhållande till magnesium (Gustafsson, 2017). Magnesium är viktigt vid proteinbildningen och vid andra enzymreaktioner (Weidow, 2008, s. 110).

## **2.4 Mjölkkons behov av näringsämnen**

Mjölkkon har ett stort behov av speciellt makromineraler (fosfor, kalcium, magnesium, kalium, natrium, klor och svavel). Behovet av makromineraler uppgår till 20-150 g per dag. Mjölkkon behöver också en del mikromineraler (järn, mangan, zink, koppar, jod, selen och kobolt). Behovet av mikromineraler är betydligt mindre, tusendels till miljondels gram per dag. Mineralerna tas upp i jonform till blodet från våmmen eller tarmarna (Nilsson, 2019, s. 81). I grovfodret kan mineralhalterna variera beroende på vallens artsammansättning, årsmånen, skördetidpunkten och markens mineralinnehåll (Gustavsson, 2015).

Svavel ingår i aminosyror och B-vitaminer (Nilsson, 2019, s. 221). En bra balans mellan kväve och svavel behövs, för att mjölkkon skall kunna använda de proteiner som våmmikroberna bildat utifrån nedbrytningen av foderproteinerna (Eriksson, 2005). Vid svavelbrist minskar mjölkkon foderintaget och mjölkproduktionen (Nilsson, 2019, s. 221). En lämplig svavelhalt i foderstaten ligger mellan 2-2,5 g/kg ts (Eriksson, 2005). Enligt Jonsson (2014) rekommenderas en svavelhalt på 2,7-3,2 g/kg ts för att säkerställa en bra skörd och en tillräckligt hög koncentration i fodret.

I kroppen behövs kaliumet för koldioxid- och syretransporten och vid aktiveringen av enzymer. Kaliumet har också en betydelse för nervimpulser och muskelsammandragningar (Eriksson, 2005). För höga halter av kalium i fodret kan minska upptagningen av kalcium och magnesium. Detta kan ge upphov till kalvningsförlamning, som uppstår när kalciumhalten i blodet är lågt. Låga halter utav magnesium som följd av höga halter av kalium i fodret kan utlösa tetani (beteskramp) (Nilsson, 2019 s. 190-192). En hög halt av kalium i grovfodret kan också ge upphov till dålig fruktsamhet hos mjölkkon, som följd av brist på andra mineral, till exempel magnesium och natrium (Nilsson, 2019 s. 142). Kaliumbrist kan däremot ge upphov till minskat foderintag (Nilsson, 2019 s. 221).

Enligt Eriksson (2011) är en kaliumhalt på 16-24 g/kg ts lämplig för utfodring av mjölkkor om grovfodret samtidigt har en kalciumhalt under 6,2 g/kg ts. Men vid kalciumtal över 6,2 g/kg ts skulle en kaliumhalt på 25-30 g/kg ts vara lämpligt. Ett kaliumtal som överstiger 30 g/kg ts eller understiger 15 g/kg ts är enligt Eriksson (2011) olämpligt för utfodring av mjölkkor. För sinkor skulle en kaliumhalt på 10-20 g/kg ts i grovfodret vara lämplig när kalciumhalten är hög (Eriksson, 2011).

Mjölkkons kalciumbehov varierar mellan 5-6,5 g/kg ts beroende på avkastningen. Kalciumet är en viktig del vid bildning av skelettet och tänderna. Kalciumet hjälper till vid överföring av nervimpulser och vid musklernas funktioner (Nilsson, 2019 s. 221). Kalcium inverkar också på hjärtats rytm och vid bildning av blodkroppar. Blodkropparna är en viktig beståndsdel i mjölken (Eriksson, 2005). Kalciumbrist kan ge upphov till tillväxtstörningar, benskörhet, dålig mjölkavkastning, dålig fruktsamhet och vid akut brist även förlamningar (Nilsson, 2019 s. 221).

Magnesium behövs för enzymernas funktioner, förmedling av nervimpulser, musklernas arbete, bildning av ben och immunförsvaret. Vid magnesiumbrist kan mjölkkon drabbas av beteskramp. Obalanser mellan kalium och magnesium kan leda till låg fetthalt i mjölken (Eriksson, 2005).

### 3 Aktuell forskningsfront

#### 3.1 Polysulfat på oljeväxter och höstvet

2013 och 2014 utfördes ett försök på två platser i nordöstra Frankrike. I försöket testades Polysulfat på oljeväxter och höstvet i jämförelse med andra svavelgödselmedel. Syftet med studien var att se hur oljeväxter och höstvet påverkas av Polysulfat i jämförelse med andra mera vanliga svavelgödselmedel. Jordarterna varierade mellan de två försöksplatserna. Första försöksplatsen utmärktes av siltjordar, den andra av kalkrika jordar (Dugast, 2015).

I de båda försöken i oljeväxter jämfördes Polysulfat med gödselmedlet Mag25TM som är ett magnesiumsulfat ( $MgSO_4$ ) innehållande 9,8 procent magnesium och 12,3 procent svavel. I båda oljeväxtförsöken användes urea ammoniumnitrat som kvävegödselmedel. 2013 utgjordes försöket av ett kontrollled som inte fick någon gödsel, ett försöksled gödslat med kväve, ett försöksled med urea ammoniumnitrat plus Polysulfat och ett försöksled med urea ammonium nitrat plus magnesiumsulfat. Polysulfat applicerades vid tidig hjärtbaldsstadie och referensbehandlingen magnesiumsulfat applicerades 15 dagar senare när hjärtbladen utvecklats helt. Följande år 2014 bestod försöket av ett försöksled med bara kväve. I de andra fyra försöksled applicerades urea ammoniumnitrat plus Polysulfat samt urea ammonium nitrat plus magnesiumsulfat i båda utvecklingsstadierna.

I höstveteförsöket 2013 användes granulerat ammoniumnitrat innehållande sulfat som referensgödsel i stället för magnesiumsulfat. I form av en tredje behandling applicerades Polysulfat tillsammans med ammoniumnitrat. 2014 användes ureaammoniumnitrat som kvävegödselmedel i stället för ammoniumnitrat. 2014 bestod försöket alltså av fyra olika gödselkombinationer. Gödselkombinationerna var först ett nolled var det inte lades några gödselmedel, ett led med bara kvävegödsling, ett led med Polysulfat och ureaammoniumnitrat och ett led med ureaammoniumnitrat plus magnesiumsulfat. I alla försöken användes fosfor, kalium och magnesium för att hålla balansen för dessa näringsämnen (Dugast, 2015).

2013 var oljeväxtförsöket placerat på siltjord; i nolledet uppgick skörden till 2,9 ton/ha fast detta led inte hade fått något kväve. I ledet var endast kväve applicerades ökade skörden med nästan 50 procent jämfört med nolledet. Försöksleden var svavel applicerades

(Polysulfatledet och magnesiumsulfatledet) tenderade till en ökad avkastningen. Inga signifikanta skillnader fanns mellan försökledet som gödslats med kväve och de två försöksleden som gödslats med svavel. 2014 var försöket placerat på kalkhaltig jord; detta år och på denna plats uppnådde ingen utav Polysulfatleden och magnesiumsulfatleden upp till 2,6 ton/ha. I de led där man hade gödslat endast med kväve ökade avkastningen med cirka 50 procent jämfört med nolledet. Effekterna av svavel syntes bäst i det försök som utfördes på den kalkrika jorden. Avkastningen ökade med endast tio procent vid försöket på siltjorden, men på den kalkrika jorden fördubblades avkastningen jämfört med det led som gödslats med endast kväve. Inga signifikanta skillnader fanns mellan de två olika svavelgödselmedlen Polysulfat och magnesiumsulfat (Dugast, 2015).

Skördeskillnaderna mellan åren 2013 och 2014 kan ha berott på att de grunda kalkrika jordarna hade dålig förmåga att hålla vatten och förse grödan med vatten. Resultaten kan också ha påverkats av skillnader i väderförhållandena mellan åren. Kraftig nederbörd kan leda till att svavel lakas ut, och då kan en applicering av svavel öka skörden (Dugast, 2015).

I höstveteförsöket 2013 sågs inga signifikanta skillnader i avkastningen och proteinhalten mellan de led som endast gödslats med kväve och de led som gödslats med svavel. 2014 när höstveteförsöket var placerat på den kalkrika jorden, gav försöksledet gödslad med endast kväve, Polysulfatledet och magnesiumsulfatledet 89 procent högre skörd jämfört med nolledet. Dock fanns inga signifikanta skillnader mellan ledet som gödslats endast med kväve och leden som gödslats med svavel. Proteinhalten ökade från 9,3 till 10,6 procent av kvävegödslingen. Kvävegödslingen bidrog till största delen av skörde- och proteinökningen. Svavelgödslingen bidrog endast till en liten del (Dugast, 2015).

Varför svavelgödselmedlen inte gav någon effekt på avkastningen berodde troligtvis på att det fanns andra faktorer som påverkade avkastningen, till exempel försöksplatsens lokala väderförhållanden, topografi med mera. Avsaknaden av svavelns effekt kan också ha berott på att jorden har kunnat leverera tillräckligt med svavel, vilket kan ha gjort att en komplettering med svavel inte har varit nödvändigt (Dugast, 2015).

Dugast (2015) drar slutsatsen att Polysulfatets effekt inte skiljde sig från de andra svavelgödselmedlens effekt. Det enda som kan skilja är priset av de olika gödselmedlen.

### 3.2 Polysulfat på lusern

Vid Vésigneul-sur-Marne i Frankrike testades under andra och tredje året 2019-2020 effekten av Polysulfat i kombination med kaliumklorid (KCl) på perennial lusern, lusernens skörd och kvalitet (Morell, de Villenaut & Carnec, 2019).

Försöket utgjordes av fyra olika behandlingar. Ett led gödslades endast med 500 kg/ha kaliumklorid. Följande tre försöksled gödslades med 450 kg/ha kaliumklorid i kombination med 200 kg/ha granulerat Polysulfat, följande försöksled med 405 kg/ha kaliumklorid i kombination med 405 kg/ha granulerat Polysulfat, och sista försöksledet med 310 kg/ha kaliumklorid i kombination med 800 kg/ha Polysulfat i pulverform. Försöket bestod också av en nollruta som inte fick någon extra näringstillförsel. Försöket utgjordes av ett blockförsök med tre upprepningar (Morell, de Villenaut & Carnec, 2019).

De genomsnittliga skördarna 2019 och 2020 var 16,12 ton/ha respektive 10,62 ton/ha. Den låga skörden 2020 berodde på torka i mars och april. Torkan påverkade den första skörden. 2019 såg man inga skillnader i torrsubstansskörden mellan behandlingarna. Men 2020 såg man betydande skillnader i två av de tre delskördarna. I första skörden 2020 gav försöksleden gödslade med 200 kg/ha och 405 kg/ha Polysulfat signifikant högre skörd än försöksledet med endast kaliumklorid och nolledet. I andra skörden sågs inga signifikanta skillnader mellan behandlingarna. I tredje skörden var försöksledet gödslats med 200 kg/ha Polysulfat signifikant högre än försöksleden gödslade med 405 kg/ha och 800 kg/ha Polysulfat samt kaliumkloridledet och nolledet. Polysulfatleden gödslade med 405 kg/ha och 800 kg/ha Polysulfat och kaliumkloridledet var också signifikant högre än nolledet (Morell, de Villenaut & Carnec, 2019).

Skillnader i kvaliteten syntes speciellt 2020. En betydande förbättring i kvaliteten syntes var Polysulfat hade applicerats, dock var skillnaderna inte signifikanta. Lusernen påverkades i stor utsträckning av torkan vilket kan ha gjort att resultaten blev missvisande. Slutligen förbättrades lusernens skörd och kvalitet av kaliumgödsling. Polysulfat användes till att delvist ersätta kaliumklorid för att förse lusernens kaliumbehov. Vid kombinationen Polysulfat och kaliumklorid förbättrades avkastningen nämnvärt, och kvaliteten hade en tendens att förbättras (Morell, de Villenaut & Carnec, 2019).

### 3.3 Polysulfat på konventionell gräsvall och ekologisk klövergräsvall

I Nederländerna utfördes 2021 två olika försök i gräs- och gräs-klövervall. Det ena försöket utfördes i konventionellt odlad gräsvall där jordarten var sandjord och det andra utfördes i ekologiskt odlad klövergräsvall där jordarten var sandjord med inblandningar av lera. I den konventionellt odlade vallen jämfördes effekten av svavelapplicering med Polysulfat plus kalkammonsalpeter med ammoniumsulfatsalpeter som applicerades på kontrolledet. I den ekologiskt odlade vallen fokuserade man endast på svavelappliceringen över lag (ICL, 2021).

På den konventionella gården gödslades Polysulfatledet med 45 ton/ha flytgödsel (139 kg kväve), 292 kg/ha kalkammonsalpeter som innehåller 79 kg kväve och 200 kg/ha Polysulfat. Kontrolledet gödslades med 45 ton/ha flytgödsel (139 kg kväve) och 293 kg/ha ammoniumsulfatsalpeter som innehåller 76 kg kväve och 95 kg svaveltrioxid. Inför andra skörden applicerades 17 ton/ha flytgödsel (52 kg kväve) och 158 kg kalkammonsalpeter (43 kg kväve) på båda försöksleden. Försöket utgjordes av ett blockförsök som bestod av två behandlingar som upprepades fyra gånger. Banden var sex gånger 50 meter stora (ICL, 2021).

På den ekologiska gården gödslades Polysulfatledet med 20 ton flytgödsel som blandades med 7,5 ton vatten (63 kg kväve) och 227 kg/ha Polysulfat. Kontrollen gödslades med 20 ton flytgödsel som blandades med 7,5 ton vatten (63 kg kväve). Inför andra skörden gödslades båda försöksleden med 18 ton/ha flytgödsel utblandat med vatten (48 kg kväve) (ICL, 2021).

På den konventionella gården sågs inga signifikanta skillnader i torrsubstansskörd. Råproteinhalten tenderade till att vara något högre i kontrolledet. Men skillnaderna var inte signifikanta. Svavelkoncentrationen var högre i kontrolledet än i Polysulfatledet, vilket kan förklaras av att kontrolledet hade gödslats med mera svavel än Polysulfatledet. Andra signifikanta skillnader syntes i mangan- och fosforkoncentrationerna. Båda var signifikant högre i kontrolledet än i Polysulfatledet. De höga koncentrationerna av mangan och fosfor tyder på en aktivare upptagning av gödseln i kontrolledet (ICL, 2021).

I försöket på den ekologiska gården fanns signifikanta skillnader i torrsubstansskörd och skördens kvävehalt. Kvävehalten var signifikant högre i Polysulfatledet än i kontrolledet.



Detta gjorde att råprotein- och torrsubstansskörden blev högre i Polysulfatledet än i kontrollerledet. Den höga råproteinhalten i Polysulfatledet berodde också på en högre andel klöver. Molybden-, selen- och kopparhalterna ökade med en ökad svavelkoncentration. I de här två försöken fanns inga förhöjda kaliumhalter i grovfodret (ICL, 2021).

## 4 Material och metoder

Effekterna av gödselmedlet Polysulfat i vall testades i form av ett gårdsförsök i fält. Försöket utformades som ett storruteförsök bestående av fyra upprepningar av två försöksled. Ett led gödslades med Polysulfat, referensledet gödslades enligt gårdens rutin.

### 4.1 Försöksplatsen

Försöket utfördes på ett skifte i Jeppo som ägs av Tomas Sandberg. Skiftet har namnet Lönnvik-A och är 2,86 ha stort. Markbördighetsparametrar fastställdes genom markkartering som utfördes 5 maj 2021; varje upprepning representeras av ett samlingsprov. Jordarten karakteriserades som mullrik finmo. pH-värdet varierade mellan 5,4-6,0. Koncentrationerna av växtnäringsämnen i marken varierade mellan provtagningsplatserna. I samtliga upprepningar låg fosforhalterna i bördighetsklassen tillfredsställande, kaliumhalterna i klassen försvarlig. Dessutom analyserades koncentrationerna av kalcium: upprepningarna ett och fyra låg i bördighetsklassen rätt dålig, upprepningarna två och tre i klassen försvarlig; magnesiumhalterna låg i bördighetsklasserna försvarlig (upprepningarna ett och fyra) och tillfredsställande (upprepningarna två och tre). Svavelhalterna låg i klass god (upprepningarna ett, två och tre) respektive tillfredsställande (upprepning fyra), se bilaga 1.

Försöksplatsen plöjdes hösten 2017 med en fyrskärig växelplog som hade en tiltbredd på 16 tum. Plöjningsdjupet var cirka 18 cm. På grund av packningskador på skiftet bibehålles inte plöjningsdjupet. Efter ordentlig upptorkning på våren 2018 alvluckrades skiftet på 40-50 cm djup. Alvluckraren hade tre pinnar med brytbult. Två dagar efter alvluckringen harvades skiftet lätt med S-pinnharv. 21 maj 2018 såddes 20 kg/ha av vallblandningen Vauhti 1 in i korn som skyddssäd. Vallblandningen Vauhti 1 innehåller 45 procent timotej av sorten Tenho, 20 procent engelskt rajgräs av sorten Mathilde, 15 procent rajsvingel av

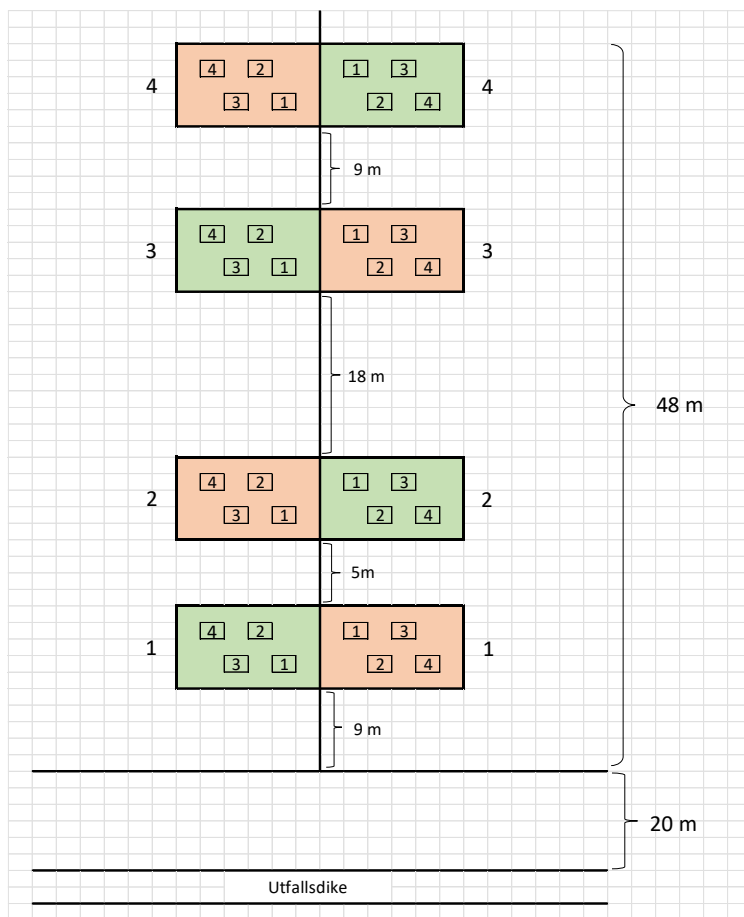
sorten Hykor, 10 procent ängssvingel av sorten Fure, 5 procent rörsvingel av sorten Karolina och 5 procent rödklöver av sorten Altaswede. (Raisioagro Nurmiopas, 2014).

## 4.2 Försökets genomförande

### 4.2.1 Uppläggning

Under odlingssäsongen 2021 utfördes ett försök var man testade gödselmedlet Polysulfat på en andraårsvall. Försöket bestod av två försöksled, ett Polysulfatled respektive ett referensled. Försöksledena upprepades fyra gånger vilket resulterade i åtta rutor. Rutorna mätte två gånger sex meter, det vill säga tolv m<sup>2</sup>. I varje ruta utfördes fyra provtagningar, vilket innebar totalt 32 provtagningsplatser.

Försöket placerades i en rak linje från mitten av skiftet i nordvästlig riktning (figur 1). Från skiftets utfallsdike mättes en 20 meters skyddszon. Från skyddszonens kant mättes en nio meters sträcka, varvid de två första rutorna placerades. Referens- och Polysulfatrutan placerades med kortsidan mot varandra utmed linjen. De två följande rutorna placerades på fem meters avstånd från de två första rutorna, de därpå följande på 18 meters avstånd från föregående, och de sista två rutorna på nio meter från de närmast föregående rutorna. Polysulfat- och det motsvarande referensledet placerades växelvist till höger, respektive till vänster om mittlinjen. Det placerades blåa pinnar vid varje hörn av rutorna för att hitta rutorna bättre vid provtagningen. Försöket täckte ett område på 0,03 hektar. Från försöksplatsens kant återfanns en sträcka på cirka 75 meter till skiftets andra sida. Efter gödselspridningen av sväm på våren fanns det små ojämnheter med områden utan gödsel. Vid skiftets andra sida fanns det ojämnheter som svackor. När placeringen för rutorna valdes, valdes platser där skiftet var platt och hade jämn gödseltäckning.



Figur 1. Försökets uppläggning

#### 4.2.2 Anläggning och skötsel

30 april 2021 anlades gödsel-försöket på en andraårsvall. Vid anläggningen av försöket användes måttband, nylontråd, vinkelprisma och blåa pinnar som uppmärkning. Innan försöket anlades hade jordbrukaren bredspridit  $26 \text{ m}^3/\text{ha}$  nötsväm över hela skiftet. Kväve-, fosfor- och kaliumgivan via svämnet är: 44,2 kg (N), 13 kg (P) och 72,8 kg (K) per hektar. 4 maj spred jordbrukaren Finlandssalpeter med centrifugalspridare över hela skiftet. 8 maj spreds 150 kg/ha Polysulfat på Polysulfatrutorna.

Inför skörd två spred jordbrukaren 350 kg/ha av gödselmedlet Yara NK2 över hela skiftet. Inför gödselspridningen täcktes polysulfatrutorna med presenningar, som fästes i marken med metallkrokar (Figur 2). Polysulfatrutorna gödslades senare för hand med 285,19 kg/ha av gödselmedlet Finlandssalpeter för att motsvara kväveinnehållet i Yara NK2.

Inför den tredje vallskörden spred jordbrukaren 150 kg/ha Yara NK2 över skiftet. Även här täcktes polysulfatrutorna med presenningar och gödslades senare för hand med 122,22 kg/ha Finlandssalpeter.



Figur 2. Polysulfatrutor täckta med presenning 24.06.2021 (Bild: Sonja Gäddnäs)

#### 4.2.3 Väderlek

Fältförsöket pågick från maj-september 2021. Under perioden dokumenterades dagstemperaturen och nederbördsmängden för Jeppo. Både temperaturen och nederbörden har mätts med en digital mätare som anger den högsta och lägsta temperaturen samt den totala nederbörden per dygn. Värdena har sammanställts i Microsoft Excel, där medeltemperaturen och den totala nederbörden för varje månad räknades ut. Värdena för Jeppo jämförs med uppgifter från Meteorologiska institutets väderstation i Seinäjoki, som omfattar temperaturen och nederbörden under tidsperioden 1991-2020. Värdena för Jeppo jämförs med statistik från Meteorologiska institutet för att få ett större perspektiv på hur vädret 2021 skiljer sig från tidigare år.

Majmånad inleddes med något svala temperaturer, dygnstemperaturer på cirka fem grader Celsius. Temperaturen steg gradvist, och 13 maj uppmättes den för månaden varmaste dagen med 27,1 grader Celsius. Medeltemperaturen för majmånad var 8,4 grader Celsius, vilket är lägre än Meteorologiska institutets medeltemperatur för maj mellan 1991-2020 i Seinäjoki, vilket framgår i tabell 1. I mitten av maj kom det åskskurar som gav ifrån sig

regnmängder på 60 mm under fyra dagar. Den totala nederbörden i maj var 74 mm. Jämför man med statistik från Meteorologiska institutet regnade det i maj 34 mm mer i Jeppo än för perioden 1991-2020 i Seinäjoki, se tabell 2.

Juni var en relativt varm månad med dagstemperaturer uppåt 23 grader Celsius. 22 juni uppmättes den högsta temperaturen på 29,4 grader Celsius. I Jeppo var medeltemperaturen i juni 16,8 grader Celsius, vilket var högre än medeltemperaturen för perioden 1991-2020 i Seinäjoki, se tabell 1. 12 juni kom den första nederbörden på 11 mm. Nederbörden var som mest i mitten av juni och avtog till slutet av juni. Nederbörden i juni var 44 mm, vilket var 13 mm lägre än medelnederbörden för perioden 1991-2021 i Seinäjoki (tabell 2). Juli var en extremt varm månad, där den högsta temperaturen på 31,6 grader Celsius mättes 27 juli. Medeltemperaturen i Jeppo var 19,5 grader Celsius, vilket var betydligt högre än medeltemperaturen för perioden 1991-2020 i Seinäjoki, se tabell 1. Nederbörden i juni var liten i början av månaden, men 30 juli kom det 54 mm regn. Torkan i juni och juli gjorde att vallen fick dålig återväxt, vilket resulterade i utdragen andra skörd.

Medeltemperaturen i augusti var 14,2 grader Celsius, vilket var nästan samma som medeltemperaturen för perioden 1991-2020 i Seinäjoki (tabell 1). Dock var nederbörden riklig i augusti. Nederbörden i Jeppo var 119 mm medan medelnederbörden för perioden 1991-2020 i Seinäjoki var 65 mm. I september var medeltemperaturen i Jeppo lite svalare än för perioden 1991-2020 i Seinäjoki. Medelnederbörden för Jeppo var 55 mm, vilket var nästan samma medelnederbörd som för perioden 1991-2020 i Seinäjoki, vilket framgår i tabell 2.

Tabell 1. Medeltemperaturen år 2021 i Jeppo jämfört med 29-års medeltal i Seinäjoki (Meteorologiska institutet, 2022)

<b>Medeltemperatur (°C)</b>		
<b>Månad</b>	<b>Jeppo 2021</b>	<b>Seinäjoki 1991- 2020</b>
Maj	8,4	9,2
Juni	16,8	13,9
Juli	19,5	16,5
Augusti	14,2	14,7
September	8,7	9,7

Tabell 2. Medelnederbörden år 2021 i Jeppo jämfört med 29-års medeltal i Seinäjoki (Meteorologiska institutet, 2022)

Nederbörd (mm)		
Månad	Jeppo 2021	Seinäjoki 1991- 2020
Maj	74	40
Juni	44	57
Juli	78	80
Augusti	119	65
September	55	52

### 4.3 Provtagning

Under odlingssäsongen utfördes tre provtagningar av den ovanjordiska biomassan i båda försöksleden (Figur 3). Den första provtagningen utfördes 14 juni 2021, den andra 26 juli och den tredje 8 september. Varje provtagning utfördes 1-2 dagar innan vallen skördades. Vid provtagningen användes en mall med måttet 0,25 m<sup>2</sup>. Provtagningen gjordes genom att sätta ner mallen på fyra slumpvist utvalda platser växelvist till höger och vänster inom försöksrutan. Grässtrån som tillhörde provet, men som hade hamnat utanför mallen, fördes tillbaka innanför mallen. Växtproverna klipptes för hand med en trädgårdssax. När proverna klipptes lämnades en stubbhöjd på ca. 8 cm, eftersom det var denna stubbhöjd som tillämpades på det övriga skiftet. Proverna lades i svarta plastpåsar som märktes med uppgifter om orten var försöket utfördes, försöksledets namn, samt upprepningens och delprovets belägenhet inom försöksrutan. Från varje upprepning av försöksleden togs det fyra delprover som i anslutning till individuell vägning sammanslogs till varsitt samlingsprov. Detta resulterade i åtta samlingsprov som skickades vidare för analys (avsnitt 1.3.2.).



Figur 3. Provtagning vid första skördetillfället 14.6.2021 (Bild: Sonja Gäddnäs)

#### 4.3.1 Förhållanden under provtagning

Dagen innan första provtagningen hade försöksrutorna märkts upp för att underlätta arbetet på provtagningsdagen. Det var en utmaning att hitta försöksrutorna i den högväxta vallen. Rutorna hittades med hjälp av måttband och märkpinnar som hade placerats i dikeskanten. Den första provtagningen 14 juni påbörjades tidigt på morgonen med förberedande av utrustning och material. Plastpåsarna som användes vid provtagningen märktes först upp och senare på förmiddagen togs de första proverna. Provtagningen pågick långt in på eftermiddagen. Under dagen var vädret mulet och något svalt vilket underlättade provtagningsarbetet och gagnade provets kvalitet.

Andra provtagningen 26 juli påbörjades tidigt på morgonen, för att undvika den värsta hettan. Dagen innan hade försöksrutorna igen märkts ut. Material som skulle användas till provtagningen förbereddes tidigt för att påbörja provtagningen så snabbt som möjligt. De första proverna togs tidigt på förmiddagen och de sista togs tidigt på eftermiddagen. Under

provtagningen var vädret klart och hett. Detta gjorde att proverna behövde sättas i skugga vartefter de klipptes.

Den tredje provtagningen 8 september påbörjades på morgonen och avslutades senare på eftermiddagen. Innan provtagningen märktes försöksrutorna ut. Materialet inför provtagningen förbereddes och provtagningen påbörjades därefter. Under provtagningen var vädret något svalt men klart, vilket innebar goda förhållanden för provtagning.

#### **4.3.2 Behandling av proverna**

Efter provtagningen lades proverna över natten i ett svalt utrymme. Dagen därpå vägdes alla delprover skilt för sig. Till vägning användes en digital våg som hade en noggrannhet på 0,1 g. När proverna vägdes subtraherades påsens vikt från delprovet. De fyra delprover som togs från en försöksruta sammanslogs efter vägningen till ett samlingsprov. De sammanlagt åtta samlingsproverna markerades med ort, försöksled och upprepning. Proverna skickades till Seilab i Kauhajoki för analys. Vid labbet analyserades foderkvaliteten och mineralinnehållet från varje upprepning. Foderanalysen omfattar torrsubstanshalt (ts), D-värde, råprotein, fiber (NDF), aska, omsättbar energi (ME), aminosyror absorberade i tunntarmen (AAT), proteinbalans i vommen (PBV) och smältbart råprotein. Mineraler som analyserades var kalcium (Ca), kalium (K), fosfor (P), magnesium (Mg), natrium (Na), koppar (Cu), mangan (Mn), zink (Zn), järn (Fe) och svavel (S).

Av torrsubstansskörden och kaliumkoncentrationen från alla tre skördetillfällen beräknades en kaliumbalans (tabell 3 och 4). Kaliumbalansen räknades ut för att se om Polysulfat påverkar grovfodrets kaliumkoncentration. För att räkna ut kaliumbalansen användes Microsoft Excel. Utgående från att räkna ihop hur mycket kalium respektive gödselmedel gav samt hur mycket kalium grovfodret innehöll, beräknades skiftets åkerbalans och vallens utnyttjandegrad.



Tabell 3. Polysulfatledets kaliumbalans

<b>Input</b>				
<b>Kaliumbalans Polysulfatled</b>				
	<b>Gödselmedel</b>	<b>Mängd kg/ha</b>	<b>Kalium %</b>	<b>Kalium kg/ha</b>
Skörd 1	Flytgödsel (m3)	26	0,028	72,8
	Polysulfat	150	11,6	17,4
	Finlandssalpeter	250	1	2,5
Skörd 2	Finlandssalpeter	285,19	1	2,9
Skörd 3	Finlandssalpeter	122,22	1	1,2
<b>Totalt</b>				<b>96,77</b>
<b>Output</b>				
<b>Kaliumbalans Polysulfatled</b>				
	<b>Gröda</b>	<b>Kg ts/ha</b>	<b>Kalium g/kg ts</b>	<b>Kalium kg/ha</b>
Skörd 1	Ensilage	5869,6	27,38	160,71
Skörd 2	Ensilage	4760,8	22,8	108,55
Skörd 3	Ensilage	2035,1	31,7	64,51
<b>Totalt</b>				<b>333,77</b>
<b>Skiftets åkerbalans</b>		<b>-236,99</b>		
<b>Utnyttjandegrad %</b>		<b>345</b>		

Tabell 4. Referensledets kaliumbalans

<b>Input</b>				
<b>Kaliumbalans referensled</b>				
	<b>Gödselmedel</b>	<b>Mängd/ha</b>	<b>Kalium %</b>	<b>Kalium totalt/ha</b>
Skörd 1	Flytgödsel	26	0,028	72,8
	Finlandssalpeter	250	1	2,5
Skörd 2	Yara NK2	350	11,6	40,6
Skörd 3	Yara NK2	150	11,6	17,4
<b>Totalt</b>				<b>133,3</b>
<b>Output</b>				
<b>Kaliumbalans referensled</b>				
	<b>Gröda</b>	<b>Kg ts/ha</b>	<b>Kalium g/kg ts</b>	<b>Kalium kg/ha</b>
Skörd 1	Ensilage	5626	26,08	146,73
Skörd 2	Ensilage	4606,2	23,8	109,63
Skörd 3	Ensilage	2076,9	30,63	63,62
<b>Totalt</b>				<b>319,97</b>
<b>Skiftets åkerbalans</b>		<b>-186,67</b>		
<b>Utnyttjandegrad</b>		<b>240</b>		

## 4.4 Dataanalys

Delprovernas vikter, foderanalyser och mineralanalyser från alla tre skördar sammanställdes i Microsoft Excel för att beräkna ut totalskörd, medelvärden och standardavvikelse. Microsoft Excel användes för att behandla data i t-test och beräkning av p-värde.

## 5 Resultat

### 5.1 Biomassaskörd

Vid de tre skördetillfällena påvisades inga större skillnader för vallarnas medelbiomassaskördar mellan de två försöksleden (figur 4). Vid det första skördetillfället låg biomassaskörden för Polysulfatledet på 5870 kg ts (torrsubstans)/ha och standardavvikelsen har värdet  $\pm 721,2$ . För referensledet var biomassaskörden 5626 kg ts/ha och standardavvikelsen  $\pm 345,4$ .

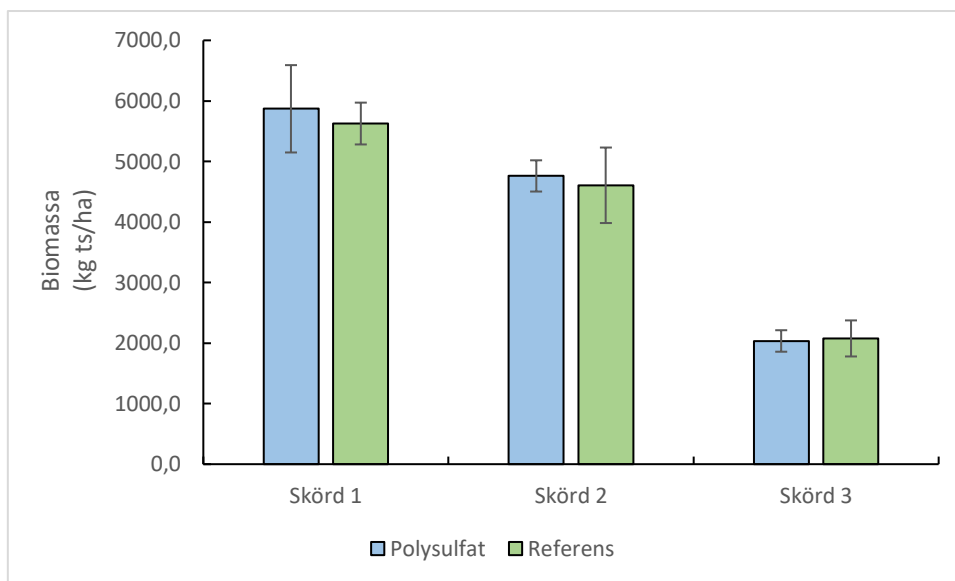
Vid andra skördetillfället låg biomassaskörden för Polysulfatledet på 4761 kg ts/ha. Jämfört med första skörden är andra skörden 18,9 procent lägre. Standardavvikelsen är något lägre med värdet  $\pm 257,8$  jämfört med standardavvikelsen i första skörden. Biomassaskörden för referensledet låg på 4606 kg ts/ha, vilket resulterar i 18,1 procent lägre biomassaskörd jämfört med första skörden. Standardavvikelsen för referensledet är  $\pm 623,4$ .

Vid tredje skördetillfället låg biomassaskördarna för Polysulfatledet och referensledet nästan på samma nivå, 2035 kg ts/ha respektive 2076,9 kg ts/ha. Jämfört med andra skördetillfället har biomassaskörden för Polysulfatledet minskat med 57,3 procent och referensledet med 54,9 procent. Standardavvikelsena för Polysulfatledet och referensledet är  $\pm 177,3$  respektive  $\pm 297,7$ .

Färskskördar, torrsubstanshalter, och torrsubstansskördar för samtliga tre skördar och upprepningar redovisas i detalj för i bilaga 2.

Enligt två sampel t-test (bilagorna 3,4 och 5) gjordes, ett för varje skördetillfälle, förekom inte någon statistisk skillnad mellan Polysulfatled och referensled i någondera av skördarna. P-värdena för t-testen är 0,5752513, 0,6704956 och 0,6215155 (första, andra

respektive tredje skördetillfälle). För att det skall finnas en signifikant skillnad mellan försöksleden behöver p-värdet var mindre än 0,05.

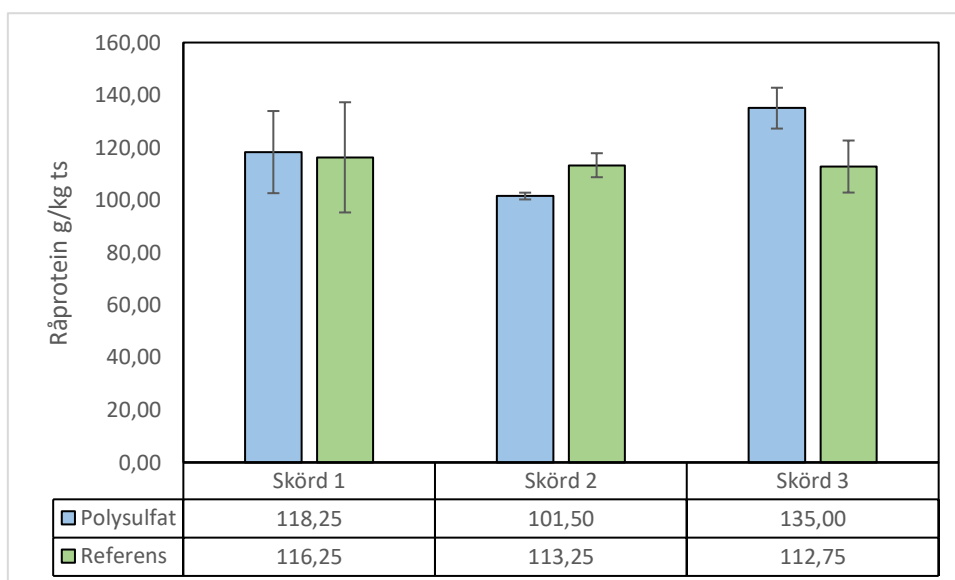


Figur 4. Biomassaskördar (med standardavvikelser) för samtliga tre skördetillfällen

## 5.2 Foderkvalitet

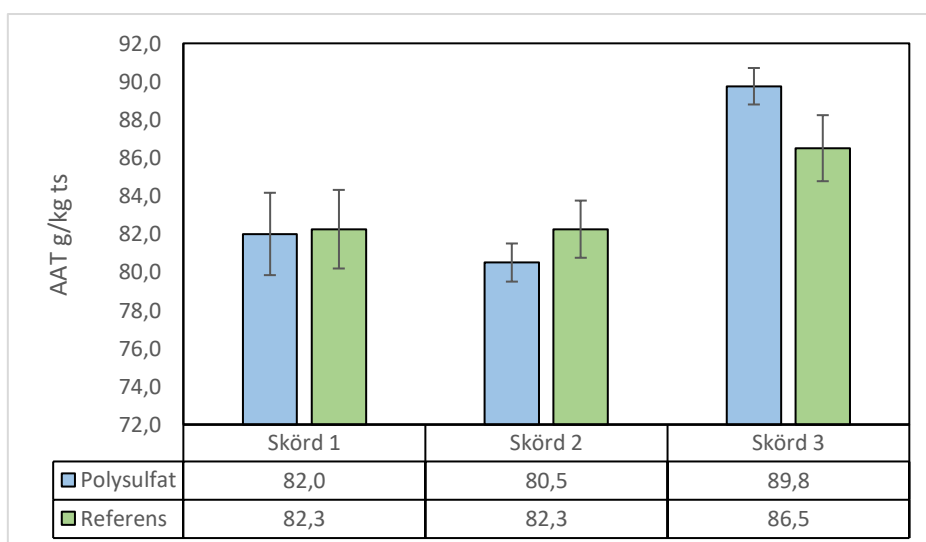
Vad gäller D-värde, fiber, omsättbar energi och aska framkom inte några signifikanta skillnader mellan försöksleden.

I första skörden låg råproteinhalt i båda försöksled på samma nivå; i andra skörden var den signifikant högre i referensledet, och i tredje skörden signifikant högre i Polysulfatledet (figur 5). Till andra skörden minskade råproteinvärdet för Polysulfatledet med cirka 17 g/kg ts och för referensledet tre g/kg ts. I andra skörden är råproteinvärdet för Polysulfatledet 101,50 g/kg ts och för Referensledet 113,25. Det skiljer således 11,75 g råprotein/kg ts mellan försöksleden och skillnaden är statistiskt signifikant med p-värde 0,015865 (bilaga 6). I tredje skörden stiger råproteinvärdet för Polysulfatledet med 33,5 g/kg ts, vilket resulterar i ett råproteinvärde på 135 g/kg ts. Råproteinvärdet för referensledet sjunker däremot med 0,5 g/kg ts, detta ger ett råproteinvärde på 112,75 g/kg ts. Skillnaden blir således 22,25 g råprotein/kg ts mellan försöksleden. Skillnaden är statistiskt signifikant med p-värdet 0,004525, se bilaga 7.



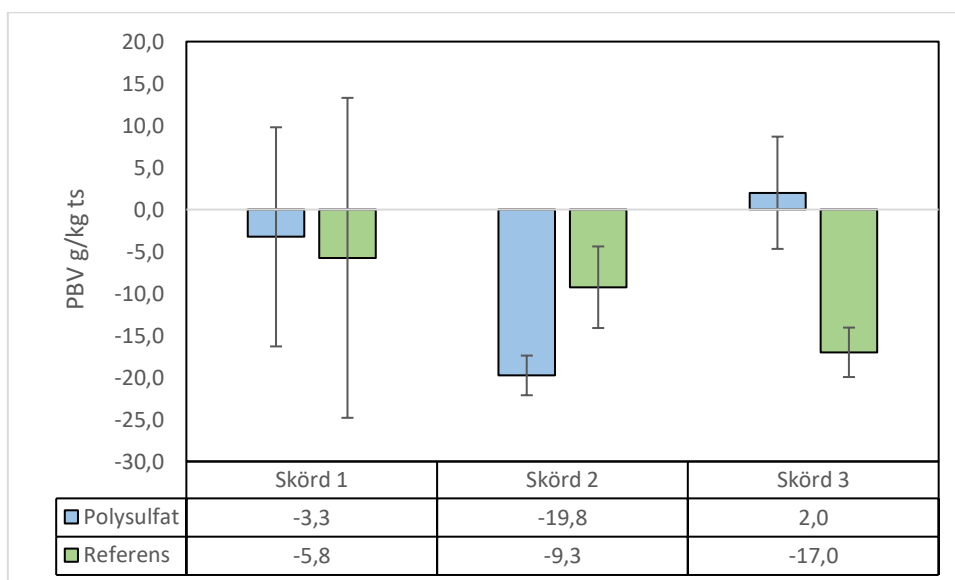
Figur 5. Råproteinvärde (med standardavvikelser) för samtliga tre skördar

Det finns inte någon stor skillnad för AAT-värdet i första skörden där Polysulfatledet har ett medelvärde på 82 g/kg ts och referensledet 82,3 g/kg ts (figur 6). Standardavvikelserna är  $\pm 2,16$  respektive  $\pm 2,06$ . Till andra skörden har AAT-värdet sjunkit till 80,5 g/kg ts för Polysulfatledet medan den i referensledet ligger på samma nivå som i första skörden. Standardavvikelserna är  $\pm 1,00$  respektive  $\pm 1,50$ . Det framkom inga signifikanta skillnader mellan försöksleden i första och andra skörden (bilagorna 8 och 9). I tredje skörden steg AAT-värdet till 89,8 g/kg ts i Polysulfatledet och 86,5 g/kg ts i Referensledet (figur 6). Standardavvikelserna är  $\pm 0,96$  respektive  $\pm 1,73$ . Den statistiskt signifikanta skillnaden för AAT-värdet mellan försöksleden är 3,3 g/kg ts (p-värde 0,021848, bilaga 10).



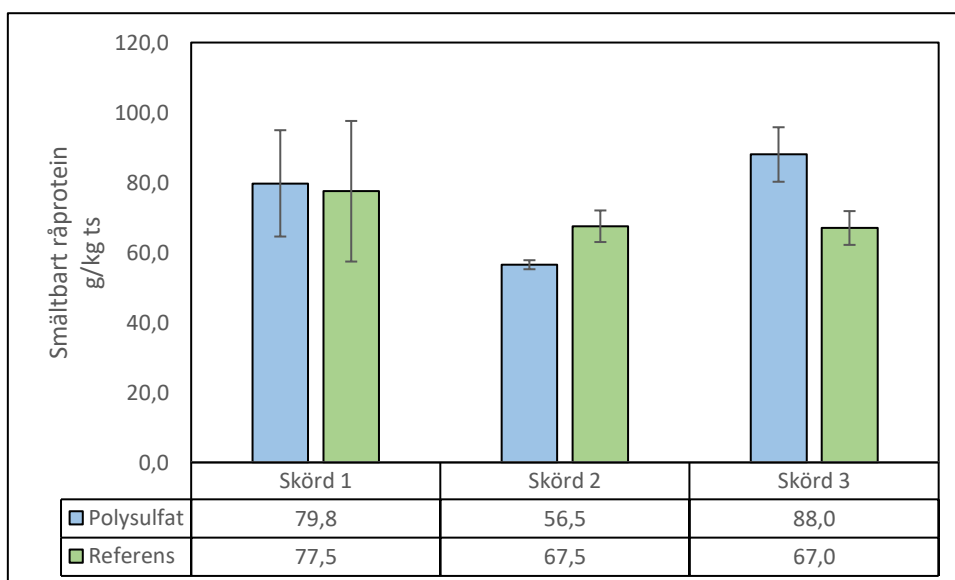
Figur 6. AAT-värde (med standardavvikelser) för samtliga tre skördar

För analysvärdet PBV förekom betydande skillnader mellan försöksleden (figur 7). I första skörden gav Polysulfatledet i medeltal ett negativt värde på -3,3 g/kg ts. Referensledet gav också ett negativt värde på -5,8 g/kg ts. Dessa skillnader var dock inte statistiskt signifikanta (bilaga 11). I andra skörden har PBV-värdet sjunkit till ett negativt värde på -19,8 g/kg ts i Polysulfatledet och i referensledet -9,3 g/kg ts. Skillnaden mellan leden är signifikant med ett p-värde på 0,017714 (bilaga 12). I tredje skörden har PBV i Polysulfatledet ökat till ett positivt värde på 2,0 g/kg ts; referensledet har PBV-värdet däremot sjunkit till ett negativt värde på -17,0 g/kg ts (figur 7). Skillnaden är högst signifikant med ett p-värdet 0,006501 (bilaga 13).



Figur 7. PBV-värde (med standardavvikelser) i samtliga tre skördar

Halten av smältbart råprotein låg på samma nivå i första skörden. I första skörden där medelvärdet för Polysulfatledet är 79,8 g/kg ts och för referensledet 77,5 g/kg ts. I andra skörden sjunker värdena för båda försöksleden. I Polysulfatledet är medelvärdet 56,5 g/kg ts och referensledet 67,5 g/kg ts. I andra skörden finns det en signifikant skillnad mellan försöksleden med ett p-värde på 0,018322 (Bilaga 14). I tredje skörden ökar det smältbara råproteinet för Polysulfatledet till 88,0 g/kg ts. För referensledet däremot sjunker värdet till 67,0 g/kg ts (figur 8). Skillnaden mellan försöksleden i tredje skörden är signifikant med p-värdet 0,005934 (Bilaga 15).



Figur 8. Smältbart råprotein (med standardavvikelser) i samtliga tre skördar

### 5.3 Mineraler

Vad gäller mineralerna så beaktas i detta arbete främst kalium. Det framkom inga större skillnader i mineralinnehållet mellan försöksleden i de tre skördarna. I första skörden är kaliumkoncentrationen för Polysulfatledet i medeltal 27,38 g/kg ts och för referensledet 26,08 g/kg ts. I andra skörden sjunker kaliumkoncentrationen för båda försöksleden. Polysulfatledet har i medeltal en kaliumkoncentration på 22,80 g/kg ts och referensledet 23,80 g/kg ts. I tredje skörden har kaliumkoncentrationen ökat. Polysulfatledet har i medeltal 31,70 g kalium/kg ts och referensledet 30,63 g kalium/kg ts.

## 6 Diskussion och slutsatser

I försöket påvisades inga skillnader i torrsbstansskördar och kaliumhalter mellan försöksleden. För råprotein, smältbart råprotein och PBV-värde förekom inga skillnader i första skörden mellan försöksleden, för AAT-värdet förekom inga skillnader i första och andra skörden.

I försöket påvisades skillnader i råproteinhalten i andra och tredje skörden mellan försöksleden. I andra skörden hade Polysulfatledet en lägre råproteinhalt än referensledet. Dock är inte skillnaden stor, skillnaden kan främst bero på markens bördighet. Väderleken kan också ha haft en betydelse. Den höga temperaturen och avsaknaden av regn i juni och

juli gjorde att grödan utsattes för stress och skörden blev sen. Enligt Riesinger (2006, s.160) resulterar en senare skörd i en lägre råproteinhalt i grovfodret.

I tredje skörden hade Polysulfatledet ett högre råproteinvärde än referensledet. Skillnaden kan bero på att torkan i juni och juli avbröts av hög nederbörd i augusti. Polysulfat kräver mera regn än andra gödselmedel för att lösas ordentligt. Detta kan göra att Polysulfatets innehåll av växtnäringsämnen syntes först i tredje skörden.

Bidragande orsaker till skillnaderna i råproteinhalt mellan andra och tredje skörden beror främst på mobiliseringen av kväve från markens mullhalt och tidigare tillförd flytgödsel. Markpackning däremot kan minska bakteriernas mineralisering av kväve. Spridningen av flytgödsel kan ha gett upphov till körskador. Flytgödseln breddades, vilket kan orsaka en ojämn fördelning av gödseln. Dessa faktorer föreligger dock i samma utsträckning i Polysulfat- och i referensledet.

I alla led förutom i Polysulfatledets tredje skörd, var råproteinhalten i genomsnitt 18 g/kg ts lägre än vad SeiLabs (u.å.) målvärden anger för mjölkkor (130-160 g/kg ts). Detta kan bero på att vallen bestod till största delen utav gräsarter (timotej och engelsk rajgräs). Enligt Riesinger (2006, s. 160) innehåller vallgräs mindre råprotein än valleguminoser. Genom en tillräcklig hög kvävegödsling kan man ändå nå jämförbara kvävekoncentrationer.

Det smältbara proteinet visar hur mycket protein som husdjuren kan använda. I andra skörden var koncentrationen av smältbart råprotein lägre i Polysulfatledet än i referensledet. I tredje skörden var däremot halten smältbart råprotein högre i Polysulfatledet än i referensledet. Skillnaderna beror på att råproteinhalten var lägre för Polysulfatledet jämfört med referensledet i andra skörden men högre i tredje skörden.

PBV-värdet uttrycker balansen mellan ammoniakkväve och omsättbar energi i våmmen (Riesinger, 2006, s. 161). I andra och tredje skörden såg man skillnader mellan försöksleden. I andra skörden var PBV-värdet lägre i Polysulfatledet än i referensledet. I tredje skörden däremot var PBV-värdet högre i Polysulfatledet än i referensledet. Detta kan bero på att råproteinvärdet var något lägre i Polysulfatledet vid andra skörden medan det i tredje skörden var högre i Polysulfatledet än i referensledet.

Polysulfatet tillför också kalcium, magnesium och svavel. Svavel och magnesium som bidrar till proteinbildningen kan ha gjort att Polysulfatledets råprotein, smältbart råprotein och PBV-värde var högre i tredje skörden.

AAT-värdet uttrycker mängden proteiner som kan tas upp i tunntarmen av nötboskap (Riesinger, 2006, s. 162). I tredje skörden fanns skillnader i AAT-värdet mellan försöksleden. Polysulfatledet hade ett högre AAT-värde än referensledet. Skillnaden är dock inte stor, och beror främst på det något högre råproteinvärdet och PBV-värde för Polysulfatledet jämfört med referensledet vid det tredje skördetillfället.

Sammanfattningsvis kan konstateras att de kväverelaterade parametrarna råproteinhalt, halten smältbart protein samt PBV och AAT-värdena troligtvis främst har påverkats av markens mullhalt och av mobiliseringen av växtnäringsämnen från detta förråd. Även spridningen av flytgödseln och väderleken kan ha bidragit till att resultaten blev ojämna. Dessa faktorer kan dock inte på ett systematiskt sätt ha påverkats på olikartade sätt av de två olika kaliumgödslingsleden.

Mycket tyder på att vallens kaliumtillgång har varit tillväxtbegränsande, det vill säga, grödan har kunnat utnyttja kvävetillgången för bildningen av protein bara i den mån som kaliumtillgången har räckt till. Polysulfatet kan ha blivit växttillgängligt senare än NK-gödselns kaliumklorid. I en situation där kaliumbrist begränsar tillväxten skulle detta innebära att Polysulfatledets andra valltillväxt inte fullt ut kan dra nytta av kvävetillgången för sin proteinbildning; i kaliumkloridledet däremot skulle grödans kaliumbehov däremot ha tillgodosetts i större utsträckning, vilket innebär att grödan också kan utnyttja det växttillgängliga kvävet i större utsträckning.

Mellan försöksleden sågs i samtliga tre skördar inga skillnader i kaliumkoncentrationen. Dock är kaliumhalten relativt hög för båda försöksleden i första och tredje skörden. Däremot var kaliumhalten lägre i andra skörden, vilket bekräftar teorin om att Polysulfatledets lägre proteinhalter primärt skulle ha orsakats av kaliumbrist som har begränsat grödans utnyttjande av kväve. Kalium föreligger i markens kemiska reaktionssystem, vilket innebär att mobiliseringen i mindre utsträckning påverkas av temperaturen. Koncentrationen av växttillgängligt kalium i marken är därför inför första skörden i regel hög. Vallskördar avlägsnar betydligt mera kalium än spannmåls-, trindsädes- eller oljeväxtskördar. Som följd av första skördens upptagning och bortförsl kan markens



kaliumleverans vara otillräckligt inför andra och tredje tillväxten. Det är just därför som tillförseln av ett långsamt verkande kaliumgödselmedel till vall är intressant. Detta får dock inte innebära en tidvis kaliumbrist, som i det aktuella fallet, där brist på kalium i Polysulfatledet uppenbarligen har begränsat grödans utnyttjande av kväve.

För att undvika höga kaliumhalter i grovfodret bör man vid gödsling ta i beaktande markens kaliumkoncentration och mobilisering samt växtart och djurslag. Kaliumkoncentrationen i båda försöksleden överskrider den enligt Eriksson (2012) rekommenderade kaliumhalten på 16-24 g/kg ts (vid en kalciumhalt på under 6,2 g/kg ts) i andra och tredje skörden. Detta tyder på att vallens kaliumbehov inte har tillfredsställts av det mera långsamt verkande Polysulfatet i andra skörden.

Balansen mellan med flytgödseln och mineralgödseln tillfört kalium och med vallskörden bortfört kalium var för Polysulfatledet minus 236,66 kg/ha (utnyttjandegrad 345 procent). I referensledet var åkerbalansen minus 186,67 kg/ha (utnyttjandegrad 240). Detta innebär att vallen har tillförts betydligt mindre kalium än vad som har avlägsnats med skörden, i synnerhet i Polysulfatledet. Markens kaliumförråd låg på försvarlig nivå; det förvånar att fältet under denna förutsättning skulle ha kunnat mobilisera omkring 200 kg kalium per ha från markförrådet. Ännu mera förvånansvärt är att kaliumkoncentrationen var hög i första och tredje skörden. Den stora differensen mellan tillfört och bortfört kalium har troligtvis ändå gett upphov till lägre skördar. Skörden påverkas dock också av andra parametrar som väderlek, skördetidpunkt med mera.

Hypotesen inför försöket var att Polysulfat lämpar sig som förrådsgödselmedel och att det ger passliga koncentrationer av kalium i grovfodret. Hypotesen har besannats delvis, eftersom Polysulfat gav lika höga ts-skördar som kaliumklorid. Däremot skiljde sig de två olika behandlingarna åt med avseende på andra och tredje skördens proteinhalter. Polysulfat är inte lika löslig som kaliumklorid, och i samband med ett underskott av tillfört kalium i förhållande till skördens upptag kan en fördröjd tillgång till kalium ha varit den faktor som orsakat den lägre proteinhalten i Polysulfatledets andra skörd.

I det här försöket påverkades de flesta resultat främst av de lokala väderförhållandena och markens innehåll av växtnäring samt dess mobilisering. Torkan i juni och juli som efterföljdes av stor nederbörd i augusti gjorde att resultaten påverkades av årsmånen. För att bättre se Polysulfatets effekter som förrådsgödselmedel, skulle det vara nödvändigt att

under flera år testa det på samma ställe. Intressant skulle också vara att testa Polysulfat på olika jordarter, speciellt grovmo- och sand- samt mulljordar som av naturen har låga kaliumförråd.

Försöksutförandet och försökets design kan förbättras. Resultaten mellan de olika gödselmedlen kan ha påverkats av att gödselmedlen spreds för hand i Polysulfatledet, medan gödseln spreds maskinellt i kaliumkloridledet.

Slutsatserna är att Polysulfat passar lika bra som andra kaliumgödselmedel. Skillnaden är att Polysulfat har en långsammare löslighet, vilket kan vara bra på utlakningsbenägna jordar och till grödor med lång växttid. I det aktuella fallet har grödans utveckling troligtvis påverkats negativt av en försenad kaliummobilisering.

## Källförteckning

Andersson, E., Kvarmo, P., Malgeryd, J., Hjelm, E., Stenberg, M., Listh, U., Börling, K., Jonsson, P. & Johansson, C. (2021). *Rekommendationer för gödsling och kalkning*. Jordbruksverket. Jönköping.

Båth, B. (u.å.). *Ekologisk grönsaksodling på friland, Makronäringsämnen*. Jordbruksverket. Uppsala.

Dawson, C. (2017). *Polysulphate - a prolonged release sulphate fertiliser*. IFC Agronomic Conference. Cambridge (UK).

Dugast, P. (2015). Use of Polyhalite as a source of sulfur for oilseed rape and winter wheat in france. *Electronic International Fertilizer Correspondent*, 43, 21-26.

Eriksson, H. (2011). *Djurhälsa i förhållande till vallfodrets innehåll av olika mineralämnen*. Rapport 3. Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå.

Eriksson, H. (2005). *Mineraler – vallfodrets innehåll och mjölkornas behov*. Nummer 3. Nytt från institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå.

Gustavsson, A. (2015). *Mineralämnen i vallfoder*. Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, rapport 2015:1, SLU Umeå. 23

Huang, C., Yermiyahu, U., Shenker, M. & Ben-Gal, A. (2020). Effect of leaching events on the fate of polyhalite nutrient minerals used for crop fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 43, 2518-2532.

ICL (2021). *Effect of Polysulphate on yield and quality of conventional grass and organic grass-clover*. Nederländerna: Groeikracht BV

ICL. (u.å.) *Getting the best from Polysulphate*. Hämtat 21.03.2022.

<https://polysulphate.com/getting-the-best-from-polysulphate/>

ICL. (u.å.) *Introducing Polysulphate*. Hämtat 14.03.2022.

<https://polysulphate.com/introducing-polysulphate/>

ICL. (u.å.) *Livestock sulphur requirements*. Hämtat 21.03.2022.

<https://polysulphate.com/livestock-sulphur-requirements/>

ICL (u.å.) *Ten reasons to use Polysulphate*. Hämtad 31.03.2022.

<https://polysulphate.com/uploads/Documents/Polysulphate-10-reasons-en.pdf>

ICL. (u.å.) *The Product Polysulphate*. Hämtat 14.03.2022. [https://www.icl-](https://www.icl-uk.uk/product/polysulphate/)

[uk.uk/product/polysulphate/](https://www.icl-uk.uk/product/polysulphate/)

Imas, P. & Morell, F.J. (2019). *Polyhalite: a new multi nutrient fertilizer with sulphur, potassium, magnesium and calcium - for better nitrogen use efficiency*. IFC Agronomic Conference. Cambridge (UK).

Jonsson, P. (2012). Brist på svavel i vallarna. *Arvensis*, 6, 22-23.

Meteorologiska institutet. (2022). *Statistik från och med början av 1961*. Hämtat 10.02.2022 <https://sv.ilmatieteenlaitos.fi/statistik-fran-och-med-1961>

Morell, F.J., de Villenaut, M. & Carnec, F. (2021). Polyhalite enhances alfalfa production, quality, and environmental footprints. *Electronic International Fertilizer Correspondent*, 63, 11-17.

Nilsson, M. (2019). *Mjölkkor*. Tyskland: BMM Förlag

Raisioagro Nurmiopas. (2014). *Vauhti 1 rainataseos*. Hämtat 03.02.2022. <https://docplayer.fi/18030223-Raisioagro-nurmiopas-2014.html>

Riesinger, P. (2006). *Grunder för ekologisk växtodling, Del II Växtnäring*. Vasa: FRAM.

Riesinger, P. (2006). *Grunder för ekologisk växtodling, Del IV Växtodling och förädling av foder*. Vasa: FRAM.

SeiLab. (u.å.). *Tolkningsanvisningar för foderanalyser: Idisslare*. Hämtat 6.4.2022 <http://www.seilab.fi/tutkimukset/.rehututkimukset.html/48143.pdf>

Viljeljän Avena Berner. (u.å.). *Polysulfaatin käyttöohje*. Hämtat 16.03.2022. <https://viljeljanberner.fi/lannoitteet-ja-maanparannus/peruna-ja-puutarhalannoitteet/polysulfaatti.html>

Weidow, B. (2008). *Växtodlingens grunder*. Helsingborg: Lj Boktryck Ab.

Yara. (2022) *Kalium och fosfor till vall*. Hämtat 17.03.2022.

<https://www.yara.se/vaxtnaring/vall/godslingsrad/pk-i-vall/>

Yermiyahu, U., Zipori, I., Faingold, I., Yusopov, L., Faust, N. & Bar-Tal, A. (2017). Polyhalite as a multi nutrient fertilizer – potassium, magnesium, calcium and sulfate. *Israel Journal of Plant Sciences*, 64, 3-4.

Yermiyahu, U., Zipori I., Omer, C. & Beer, Y. (2019). Solubility of Polyhalite under laboratory and field conditions. *Electronic International Fertilizer Correspondent*, 58, 3-9.

## Bilaga 1. Markkarteringsresultat för skiftet Lönnvik-A från 29.06.2021

Provets nummer	1	2	3	4	5
Avsändarens kod					
Matjordlagrets jordart	FMo	FMo	FMo	FMo	
Alvens jordart					
Mullhalt	mr	mr	mr	mr	
*Ledningstal 10xmS/cm	1,5	1,4	1,2	0,8	
*Matjordlagrets surhet	○ 5,4	□ 5,9	□ 6,0	□ 5,7	
Alvens surhet					
*Kalcium (Ca) mg/l	● 664	○ 841	○ 811	● 704	
*Fosfor (P) mg/l	□ 12	□ 12	□ 12	□ 12	
*Kalium (K) mg/l	○ 85	○ 92	○ 100	○ 74	
*Magnesium (Mg) mg/l	○ 93	□ 120	□ 120	○ 97	
*Svavel (S) mg/l	■ 18	■ 15	■ 15	□ 13	
*Natrium (Na) mg/l					
*Bor (B) mg/l					
*Koppar (Cu) mg/l					
*Mangan (Mn)					
*Zink (Zn) mg/l					
*Järn (Fe) mg/l					
Kväve nitrat (NO <sub>3</sub> -N) mg/l					
Växtkod	0	0	0	0	
<p>Endast de bestämningar som i denna rapport försetts med *) är ackrediterade. Resultaten gäller för proven såsom de har mottagits. Rapporten får kopieras endast i sin helhet utan laboratoriets tillstånd. Ackrediteringen gäller inte utlåtandet. Metodbeskrivningen och mätosäkerheten som bilaga. Mätosäkerheten har inte tagits i beaktande i rapporten, när resultaten jämförs med gränserna för bördighetsklasserna.</p> <p><i>Filip Högnabba</i> Filip Högnabba Verkställande direktör Den här analysrapporten är elektroniskt undertecknad.</p> <p><b>FINAS</b> Finnish Accreditation Service T187 (EN ISO/IEC 17025)</p>					
<p><b>Bördighetsklasser</b></p> <p>● Dålig      ○ Försvärlig      ■ God      ■ Betänkligt hög  ○ Rätt dålig      □ Tillfredsställande      ■ Hög</p>					

Bilaga 2. Torrsubstanshalter, totalskördar och torrsubstansskördar per upprepning, försöksled och skördetillfälle.

Ts-skörd i första skörd			
Försöksled och upprepning	Ts-halt g/kg	Skörd kg/ha	Ts-skörd kg/ha
Polysulfat 1:a	193	25017	4828,3
Polysulfat 2:a	191	33012	6305,3
Polysulfat 3:e	168	35391	5945,7
Polysulfat 4:e	191	33504	6399,3
<b>Medel ts-skörd</b>			<b>5869,6</b>
Referens 1:a	211	25571	5395,5
Referens 2:a	177	32027	5668,8
Referens 3:e	190	28117	5342,2
Referens 4:e	185	32960	6097,6
<b>Medel ts-skörd</b>			<b>5626,0</b>
Ts-skörd i andra skörd			
Polysulfat 1:a	242	18962	4588,8
Polysulfat 2:a	261	18606	4856,2
Polysulfat 3:e	264	19242	5079,9
Polysulfat 4:e	275	16430	4518,3
<b>Medel ts-skörd</b>			<b>4760,8</b>
Referens 1:a	234	18641	4362,0
Referens 2:a	258	21467	5538,5
Referens 3:e	270	15732	4247,6
Referens 4:e	243	17599	4276,6
<b>Medel ts-skörd</b>			<b>4606,2</b>
Ts-skörd i tredje skörd			
Polysulfat 1:a	185	10372	1918,8
Polysulfat 2:a	182	12373	2251,9
Polysulfat 3:e	173	10780	1864,9
Polysulfat 4:e	193	10906	2104,9
<b>Medel ts-skörd</b>			<b>2035,1</b>
Referens 1:a	172	9734	1674,2
Referens 2:a	191	10708	2045,2
Referens 3:e	211	10566	2229,4
Referens 4:e	213	11074	2358,8
<b>Medel ts-skörd</b>			<b>2076,9</b>



Bilaga 3. Skillnad i torrsubstansskörd mellan Polysulfatled och Referensled vid första skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

Torrsubstansskörd

	Polysulfat	Referens
Medelvärde	5869,6313	5626,023
Varians	520168,7	119300,3
Observationer	4	4
Antagen medelvärdeskillnad	0	
fg	4	
t-kvot	0,6092747	
P(T<=t) ensidig	0,2876256	
t-kritisk ensidig	2,1318468	
P(T<=t) tvåsidig	0,5752513	
t-kritisk tvåsidig	2,7764451	

Bilaga 4. Skillnad i torrsubstansskörd mellan Polysulfatled och Referensled vid andra skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

Torrsubstansskörd

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	4760,777	4606,169
Varians	66441,65	388674,5
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	4	
t-kvot	0,4583531	
P(T<=t) ensidig	0,3352478	
t-kritisk ensidig	2,1318468	
P(T<=t) tvåsidig	0,6704956	
t-kritisk tvåsidig	2,7764451	

Figur 5. Skillnad i torrsubstansskörd mellan Polysulfatled och Referensled vid tredje skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

Torrsubstansskörd

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	2035,126	2128,581
Varians	31445,937	94925,2
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	5	
	-	
t-kvot	0,5257827	
P(T<=t) ensidig	0,3107578	
t-kritisk ensidig	2,0150484	
P(T<=t) tvåsidig	0,6215155	
t-kritisk tvåsidig	2,5705818	

Bilaga 6. Skillnader i råproteinvärde mellan Polysulfatled och Referensled vid andra skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

Råprotein

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	101,5	113,25
Varians	1,666667	20,91667
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	3	
t-kvot	-4,94509	
P(T<=t) ensidig	0,007933	
t-kritisk ensidig	2,353363	
P(T<=t) tvåsidig	0,015865	
t-kritisk tvåsidig	3,182446	

Bilaga 7. Skillnader i råproteinvärde mellan Polysulfatled och Referensled vid tredje skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

Råprotein

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	135	112,75
Varians	60,66667	22,25
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	5	
t-kvot	4,886963	
P(T<=t) ensidig	0,002263	
t-kritisk ensidig	2,015048	
P(T<=t) tvåsidig	0,004525	
t-kritisk tvåsidig	2,570582	

Bilaga 8. Skillnader i AAT-värdet mellan Polysulfatled och Referensled vid första skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

AAT

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	82	82,25
Varians	4,666667	4,25
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	6	
t-kvot	-0,16744	
P(T<=t) ensidig	0,436261	
t-kritisk ensidig	1,94318	
P(T<=t) tvåsidig	0,872522	
t-kritisk tvåsidig	2,446912	

Bilaga 9. Skillnader i AAT-värdet mellan Polysulfatled och Referensled vid andra skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

AAT

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	80,5	82,25
Varians	1	2,25
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	5	
t-kvot	-1,94145	
P(T<=t) ensidig	0,054933	
t-kritisk ensidig	2,015048	
P(T<=t) tvåsidig	0,109867	
t-kritisk tvåsidig	2,570582	

Bilaga 10. Skillnader i AAT-värdet mellan Polysulfatled och Referensled vid tredje skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

AAT

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	89,75	86,5
Varians	0,916667	3
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	5	
t-kvot	3,284392	
P(T<=t) ensidig	0,010924	
t-kritisk ensidig	2,015048	
P(T<=t) tvåsidig	0,021848	
t-kritisk tvåsidig	2,570582	



Bilaga 11. Skillnader i PBV-värdet mellan Polysulfatled och Referensled vid första skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

PBV

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	-3,25	-5,75
Varians	170,25	362,9167
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	5	
t-kvot	0,21654	
P(T<=t) ensidig	0,418562	
t-kritisk ensidig	2,015048	
P(T<=t) tvåsidig	0,837124	
t-kritisk tvåsidig	2,570582	

Bilaga 12. Skillnader i PBV-värdet mellan Polysulfatled och Referensled vid andra skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

PBV

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	-19,75	-9,25
Varians	5,583333	23,58333
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	4	
t-kvot	-3,88844	
P(T<=t) ensidig	0,008857	
t-kritisk ensidig	2,131847	
P(T<=t) tvåsidig	0,017714	
t-kritisk tvåsidig	2,776445	

Bilaga 13. Skillnader i PBV-värdet mellan Polysulfatled och Referensled vid tredje skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

PBV

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	2	-17
Varians	44,66667	8,666667
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	4	
t-kvot	5,203364	
P(T<=t) ensidig	0,003251	
t-kritisk ensidig	2,131847	
P(T<=t) tvåsidig	0,006501	
t-kritisk tvåsidig	2,776445	

Bilaga 14. Skillnader i smältbart råprotein mellan Polysulfatled och Referensled vid andra skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

Smältbart råprotein

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	56,5	67,5
Varians	1,666667	20,333333
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	3	
t-kvot	-4,69042	
P(T<=t) ensidig	0,009161	
t-kritisk ensidig	2,353363	
P(T<=t) tvåsidig	0,018322	
t-kritisk tvåsidig	3,182446	

Bilaga 15. Skillnader i smältbart råprotein mellan Polysulfatled och Referensled vid tredje skördetillfället

t-test: Två sampel antar olika varianser

Smältbart råprotein

	<i>Polysulfat</i>	<i>Referens</i>
Medelvärde	88	67
Varians	60,66667	23,33333
Observationer	4	4
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	5	
t-kvot	4,582576	
P(T<=t) ensidig	0,002967	
t-kritisk ensidig	2,015048	
P(T<=t) tvåsidig	0,005934	
t-kritisk tvåsidig	2,570582	