

Ett hus i Sandby borg –

Elementanalys av jordprover från Hus 4



Kandidatuppsats i laborativ arkeologi
Stockholms universitet, Arkeologiska forskningslaboratoriet
HT 2017
Ellinor Hedberg
Handledare: Sven Isaksson, Ludvig Pappmehl-Dufay

Abstract: The purpose of this study is to give a better understanding of the usage and spatial organization of house 4 excavated in Sandby Borg during the 2016 year excavation by the Kalmar läns museum and contribute to the knowledge about Sandby borg and other ringforts/hillforts. X-ray fluorescence (XRF) analysis was used on 31 soil samples from the house and 3 from the alley nearby. The result shows that there is a difference between the areas in the house that indicate they have been used for different purposes. In the inner part of the house and along the central axis there is an accumulation of elements indicating two different activity areas. The back of the house indicates metal-/glass crafting and the front indicate food preparation. The lack of elements at the sides could indicate bench-like constructions, fixed to the walls, which have also been suggested during the excavation.

Omslagsbild: Fotografi från utgrävningen av hus 4 i Sandby borg, Öland under sommaren 2016

Innehållsförteckning

| | | |
|-----|--------------------------------|----|
| 1 | Inledning..... | 1 |
| 1.1 | Syfte och frågeställning..... | 1 |
| 2 | Bakgrund | 2 |
| 2.1 | Fornborgar..... | 2 |
| 2.2 | Öländska fornborgar..... | 2 |
| 2.3 | Sandby borg..... | 2 |
| 2.4 | Hus 4..... | 7 |
| 3 | Metod | 12 |
| 3.1 | Jordprover | 12 |
| 3.2 | Röntgenfluorescens (XRF) | 13 |
| 3.3 | Tidigare forskning..... | 16 |
| 3.4 | Insamling | 16 |
| 3.5 | Bearbetning | 17 |
| 3.6 | Elementanalysen | 17 |
| 3.7 | Bearbetning av data | 17 |
| 4 | Resultat..... | 18 |
| 5 | Diskussion..... | 21 |
| 5.1 | Tolkning av resultat | 21 |
| 5.2 | Problem och svårigheter | 22 |
| 5.3 | Fortsatt forskning | 23 |
| 6 | Sammanfattning..... | 24 |
| 7 | Referenser | 25 |
| 8 | Bilagor..... | |

1 Inledning

Återkommande frågeställningar i arkeologiska undersökningar är vilken verksamhet som har bedrivits på platsen. Ofta finns tillräckligt med information om detta men ibland kan det vara svårt att förstå vad området har använts till. Geokemiska analyser kan vara användbart när det man ser med ögat inte räcker till (Hjulström 2007:251). Husens rumsliga organisation påverkas inte bara efter praktiska förutsättningar utan även av ideologiska. Genom att analysera kulturlager kan man få information om de anläggningstomma ytorna och de ytor som varit avgränsade på något sätt som t.ex. rum i hus (Hjulström 2007:251).

Fornborgar finns i hela Sverige och var i bruk under bronsåldern till medeltiden (Welinder 2004:422f). Tolkningarna av fornborgarna har varit svårt då materialet inte varit så väldokumenterat. De kan ha använts som försvar, kultplats och inspirerade av romerska förlagor. På Öland finns en skärskil sorts runda fornborgar som ligger på flatmarken och som varit i bruk från folkvandringstid till medeltiden. En av dessa borgar är Sandby borg som kommit i nytt ljus genom flertalet utgrävningar sedan 2010. Det unika med Sandby borg är att människorna i borgen utsattes för en massaker och att man aldrig återvände till platsen vilket lämnade vardagslivet orört i borgen vilket gör det intressant för forskningen om folkvandringstiden. År 2016 undersöktes hus 4 och jordprover togs från kulturlagret.

Jordproverna från 2016 års undersökning av hus 4 i Sandby borg valdes ut för vidare undersökning i hopp om att kunna säga något mer om huset och om Sandby borg. En typ av analys är elementanalys och bygger på att ämnen från mänskliga aktiviteter anrikas i marken och kan främst användas för att identifiera rumsliga skillnader och organisation och koppla de olika ämnena till olika typer av aktiviteter. Det bra med att undersöka just de här jordproverna är att fyndkontexten redan är känd vilket gör det lättare att koppla elementen till vissa aktiviteter.

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med studien är att öka förståelsen för hus 4 och Sandby borg och på så sätt bidra till kunskapen om andra fornborgar och folkvandringstiden som helhet.

För att göra detta ska användningen av hus 4 undersökas och om det finns rumsliga skillnader så som olika aktiviteter och se hur pass väl resultatet passar till de redan gjorda tolkningarna av huset efter makrofossilanalys, anläggningar och fynd.

Följande frågeställningar formulerades:

Vad har huset använts till? Finns det några rumsliga skillnader?

2 Bakgrund

2.1 Fornborgar

En fornborg syftar på ett område omringat av vallar eller murar som ligger otillgängligt. Fornborgar finns i hela Skandinavien och har daterats användas från bronsåldern till medeltiden. Ofta dateras de till järnåldern 500 f. Kr. – 1000 e. Kr. Under 200- och 300-talen började en ny typ av fornborg att byggas i form av befästa stormannagårdar. Murarna hos dessa var oftast högre än hos de äldre borgarna och det finns terrasser där hus har stått. Fynden från sådana borgar innehåller genomgående föremål som kopplas till hög status som importerade glasbägare, guldföremål och vapen och de verkar tyda på en maktelit (Welinder 2004:422f, 449ff). I vissa av fornborgarna har man hittat husterrasser som tyder på att de har varit tillfälligt bosatta (Andersson 2012:9). Under 1900-talet gjorde man många undersökningar av fornborgar i Sverige men då metoderna var gammeldags så är informationen om fyndkontexterna begränsade. En av de kändaste är Eketorp på Öland. Försök har gjorts för att förstå fornborgarna men tolkningarna har baserats på ett begränsat material och behöver vidare undersökas (Andersson 2012:3). Fornborgarna brukar främst kopplas till krig där de har fungerat som försvar. Andra teorier är att de har haft en kulturell funktion och att de har varit ett sätt att centralisera makten och produktionen som är inspirerat av romarriket där hemmet, specialhantverk, handel och militär var samlat på ett ställe. Tecken på detta är att man tycks ha hittat hallbyggnader i fornborgarna (Andersson 2012:11f). Bland de vanligaste aktiviteterna som man hittat i fornborgarna är metallhantverk och textiltillverkning (Andersson 2012:13, Olausson 2009:50).

2.2 Öländska fornborgar

Öland har flertalet fornborgar kallade ringborgar från folkvandringstid som liknar varandra och som skiljer sig mot borgarna på fastlandet och ligger på flat mark men ofta på mer otillgängliga platser nära våtmarker (Stenberger 1933) men även centralt i odlingslandskapet och på gränsen mellan skogen och odlad mark (Andersson 2012:9, Olausson 2009:44). Att de inte ligger på höjder kan bero på det naturliga platta landskapet på Öland (Andersson 2012:9, Wegraeus 1976). De är mestadels runda eller ovala och har ringmurar med yttre skal av kalksten och murkärnor av kalk- och gråstensblock (Stenberger 1933). Det finns ca 15-19 fornborgar på Öland (bild 1) där Sandby borg klassats som en mellanstor borg (Fallgren 2008:119ff, Näsman 2001:93) och de flesta är byggda under sen romersk järnålder eller folkvandringstid men flera av dem har använts under lång tid i flera omgångar vilket inte verkar vara fallet med Sandby borg (Papmehl-Dufay 2018:8). Några av dessa är den stora Gråborg, Ismantorp med sina nio portar och det utgrävda Eketorp (Stenberger 1933:455, 475). 11 borgar har spår efter husgrunder varav 6 av dem är radiellt ihopsatta (Holmring 2014:43-44).

2.3 Sandby borg

Sandby borg är samtida med ca 10 andra borgar på Öland mellan ca 200-700 e. Kr. (Näsman 1997:201, Fallgren 2008:122). I Sandby borg har man hittat fem smyckesdepåer med förgylla spännen, rester utav djurben, spjutspetsar, ett romerskt guldmynt och en mängd glaspärlor från sydvästra och södra Europa som hittades i centralkvarteren vilket man vet från Eketorp är elithusen. Man hittade även en mängd skelett som har dött en våldsam död d.v.s. spår efter en massaker. Ett mysterium är att man aldrig återvände till platsen och att den aldrig plundrades (www.sandby.se).



Bild 1: Karta över ringborgar (Holmring 2014:4).

Sandby borg ligger närmre havet än någon annan fornborg och är bygd på en låg strandvall (Stenberger 1934:37) och har en oval form. Borgen kan ha legat precis invid en hamn (Holmring: 2014:32). Husgrunderna i Sandby borg och Eketorp II är väldigt lika och murarna är konstruerade på samma sätt. Båda har ett 50-tal husgrunder som ligger längsmed sidorna av ringmuren med ett centralkvarter i mitten och har tre portar in till borgen (www.sandby.se).

Strandlinjen har inte ändrats så mycket där Sandby borg ligger sedan den tid då den användes (1500 år sedan) vilket man kunde se på SGU:s kartor. På den Ekonomiska kartan från 1941 syns inga spår av att man har odlat i borgen (se bild 2).

Enligt SGU har området runt Sandby borg låga halter utav zink naturligt medan mindre mängder utav nickel, koppar och arsenik har hittats. Enligt geokemisk atlas över Sverige finns det stora mängder kalcium (Ca), mangan (Mn), svavel (S) och strontium (Sr) på Öland jämförelse med resten av landet. Andra ämnen som fanns i något större mängder var arsenik (As), barium (Ba), kadmium (Cd), kobolt (Co), molybden (Mo), nickel (Ni) och antimon (Sb). pH-värdet på Öland ligger på 7,5 (Andersson 2014:53ff). Torium (Th) förekommer i låga halter på Öland vilket förbryllar då torium förekommer i höga halter utav kalksten (Andersson 2014:142). Detta är dock inte av så stort intresse för den här undersökningen då proverna togs med så stort intervall att de inte säger något om just Sandby borg.



Bild 2: Ekonomiska kartan 1941 där gula områden är områden där man har odlat.

I "Propugnacula Ölandica" av J. H. Rhezelius 1634 finns den första skriftliga beskrivningen av borgen. Det finns "tomtningar" i borgen från 1797. Andra som beskrivit borgen är Abraham Ahlqvist 1827 och Nils Henric Sjöborg 1822 som även har skissat en ritning (bild 3) över borgen. Mårten Stenberger 1933 har hittills gett den mest detaljerade beskrivningen där han nämner att borgen odlades på 1800-talet (Papmehl-Dufay 2018:8f, Stenberger 1933:255f). I ATA har Johan Peter Persson fått tillstånd att odla upp borgen mot att ringmuren inte fick ändras år 1869. Det finns inga spår av denna odling idag (Papmehl-Dufay 2018:9). I samband med Eketorps undersökning 1964-1974 gav en förnyad beskrivning av Ölands fornborgar (Wegraeus 1976, Näsman 2001).

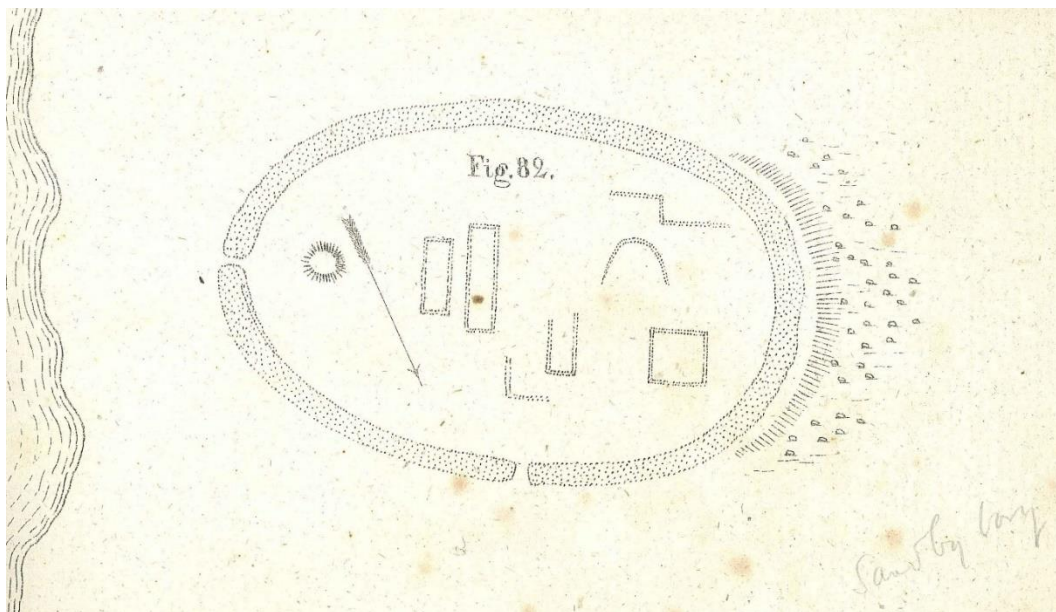


Bild 3: Sjöborgs skiss över Sandby borg (Sjöborg 1822).

1974 gjordes en flygfotografering där det tydligt framgår att borgen haft radiella hus längsmed hela murens insida och att det funnits en dubbel rad hus i mittaxeln i östvästlig riktning. Husen har uppskattats till 54 stycken. 2010 och 2011 gjorde Andreas Viberg geofysiska undersökningar vilket

gett en klarare bild av borgen (Papmehl-Dufay 2018:10). Husens placering påminner om Eketorp II från samma tid (Papmehl-Dufay & Alfsson 2016). Se bild 4.

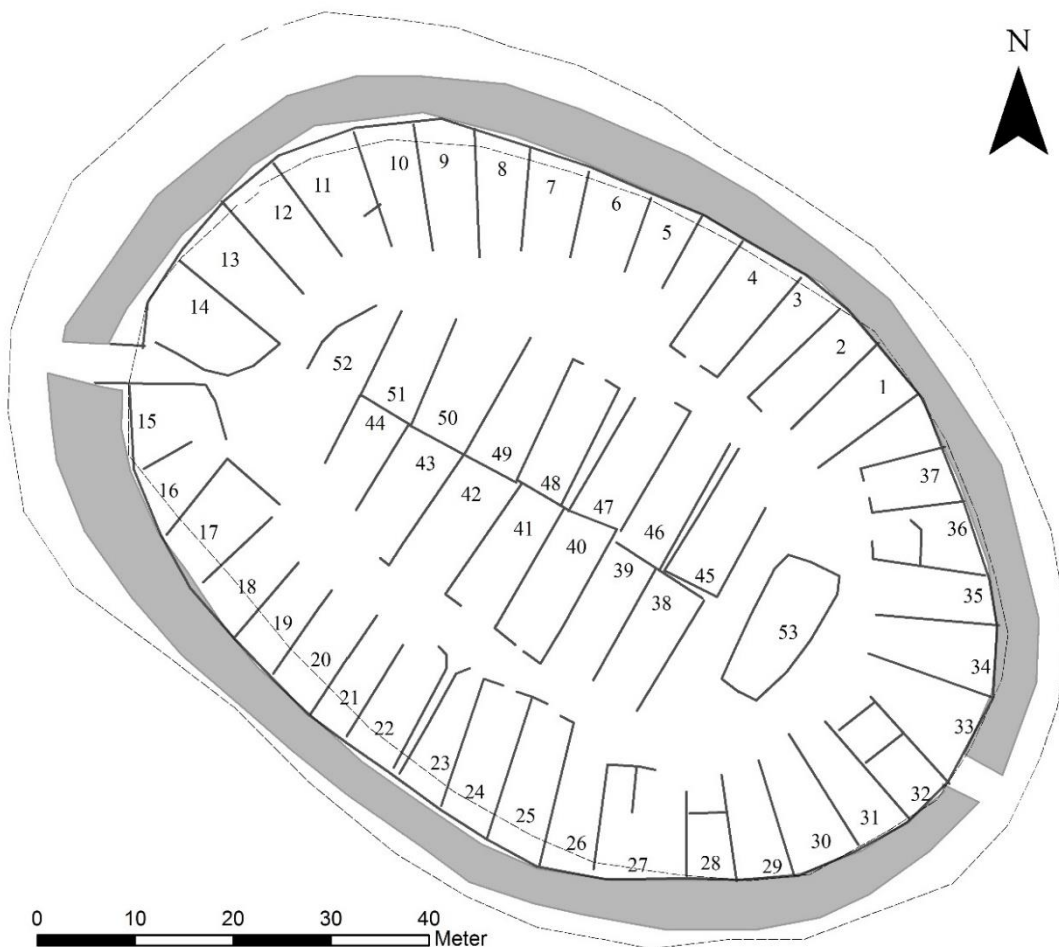


Bild 4: Ritning över Sandby borg och dess anläggningar baserat på flygfoton och geoprospektering (Gunnarsson 2016:17).

Sandby borg ligger i Sandby socken som ligger vid Ölands östra kust och kulturlandskapet är öppet med åkrar och betande strandängar. I södra Sandby finns flera stensättningar och resta stenar. Sandby borg ligger på en låg höjd bredvid stranden och undergrunden består av sand och kalkhällar som fortsätter ut i vattnet. Borgmuren är kraftigast mot land där det finns en ingång och ett yttre befästningsverk. Det finns även en ingång i öster mot Östersjön och en tredje i vallen i norr (Papmehl-Dufay 2018:4). Västra långsidan täcks av en sentida stengårdsgård som löper i nordöstlig-sydvästlig riktning tvärs över borgen. I sydöstra delen av borgen finns en synlig husgrund som en förhöjning 17 x 8 m, d.v.s. hus 53. Nio meter i sydöst om huset finns en grop som tolkats som en möjlig brunn (Papmehl-Dufay 2018:7).

Innermåttarna av muren är ca 95 x 65 m och yttermåttarna 104 x 70 m. Muren är en kraftig skalmur med ett yttre skikt av kallmurad kalksten fylld med gråsten och grus (Papmehl-Dufay 2018:6f).

Nordväst om borgen finns rader med stenblock i ett bågformat försvarsverk och är ca 150 m långt och 10-15 m brett. I den norra delen av detta försvarsverk finns en sötvattenkälla (Papmehl-Dufay 2018:7). Se bild 5.



Bild 5: Drönarfoto över borgen. Foto: Sebastian Jakobsson (Papmehl-Dufay 2018:8).

Sedan 2011 har Kalmar läns museum genomfört undersökningar i Sandby borg (Papmehl-Dufay 2018:3) efter att man hittat plundringsgropar i borgen 2010 vilket ledde till att man gick med metalldetektor där fem smyckesdepåer upptäcktes som man grävde upp och tog tillvara. Depåfynden från 2010 har kunnat dateras till folkvandringstid ca 400-550 e. Kr. och tyder att borgen varit i bruk under denna period (Dutra & Victor 2011). Flera spår tyder på att det var en rik miljö med många högstatusföremål. Det märkvärdigaste med borgen är att borgen visar tydliga spår på att ha utsatts för en attack där många vuxna och barn slagits ihjäl (Papmehl-Dufay 2018:3).

Utgrävningen ingår i ett forskningsprojekt som pågår mellan 2016-2018. Undersökningen 2016 genomfördes under fem veckor under sommaren 2016 (Papmehl-Dufay 2018:3). Undersökningens syfte var att undersöka ett helt hus i samma schakt samt ett större stycke av gatan för att ge en tydligare bild av utomhusmiljön. Hus 4 valdes för att man av tidigare undersökningar av radiella hus i borgen antytts vara mer vardagliga bostadshus/fähus för att ge en mer nyanserat bild (Papmehl-Dufay 2018:14). Se bild 6.



Bild 6: Foto från utgrävningen av Hus 4 sommaren 2016. Foto: Ludvig Papmehl-Dufay.

Under sommaren 2016 var det väldigt torrt vilket gjorde att ett område i den nordöstra delen av borgen framträdde som var frodigare vilket kan vara ett fortfarande fuktigt vattenhål men detta kunde inte ses i de geofysiska resultaten (Papmehl-Dufay 2018:19). Genom flygfoto framträdde gränderna till portarna tydligt och av detta verkar det som om borgen hade fyra portar, en i varje väderstreck (Papmehl-Dufay 2018: 20).

2.4 Hus 4

Schaktet placerades för att täcka hela hus 4 och en större del av gatan framför och sydväst om huset ingång och en smal remsa på den västra långsidan för att undersöka gränden till en av portarna som man tror fanns här. Schaktet var ca 156 m² och 85 m² upptogs av hus 4. Med en meters mellanrum i ett rutnät över hela huset samt på gatan utanför togs prover för lipidanalys (Papmehl-Dufay 2018:16f).

Väggarna i hus 4 var relativt välbevarade och framträdde omedelbart under grästorven men norra delen av huset var täckt av rasmassor från borgmuren. Huset är 14 m långt med en trapetsoid form där huset var bredast vid borgmuren med 6,8 m medan gaveln i södra änden var 5,5 m. Innanför väggarna var huset 12 m långt och 4-5 m brett. Väggarna var jämna och ca 1 m breda och byggda av kalksten i skalmursteknik. Norra gaveln var gemensam med borgmuren. Huset var anlagt direkt på berggrunden med ett väldigt tunt humöst jordlager. 1,15 m öppning där ingången varit. Flertalet anläggningar kunde identifieras som eldstäder, stolphål, arbetsytor och tidigare resta kalkstenshällar (Papmehl-Dufay 2018:20f). Se bild 7.



Bild 7: Hus 4 sett från ovan. Foto: Sebastian Jakobsson (Papmehl-Dufay 2018:21).

De olika lagren var raseringslager, brukningslager och kulturlager. I brukningslagret hittade man människoben, djurben, brända tänder, keramik, glas och metallföremål. Det humösa kulturlagret var stratigrafiskt låst av mänskliga kvarlevor och representerar husets sista brukningsfas och antas representera en trampyta med uppbyggt kulturlager. Fynd från detta lager var människoben, djurben, brända ben, keramik, glas och metallföremål. I östra halvan 12 x 2,5 m fanns ett brukningslager med mycket mörkt humöst material som var kraftigt fyndförande med obrända ben bl.a. så hittades en hundvalp direkt ovanpå detta lager vilket tyder på att husets funktion/konstruktion skiljer sig mellan den västra och östra delen. Under trampytan fanns ett sandlager och under det kalkberggrunden (Papmehl-Dufay 2018:22ff).

Spår av eldning fanns i flera delar av huset, mest påtagligt längs den längsgående mittaxeln (bild 8). Tre härdar och en sotfläck identifierades, varav två av härdarna var belägna längsmed mittaxeln och den tredje i mitten av husets vänstra halva. Sotfläcken A9198 låg intill sten-packningen A9000 centralt i husets innersta del och en bit ner framkom härden A9183 och innehöll rikligt med kolfragment med flera kvistar intakta och låg direkt på berggrunden och verkar vara stratigrafiskt senare. I både sotfläcken och härden hittades fiskben. Härden A8998 låg väster om mittaxeln i mellersta delen av huset och fyllningen var svart och sotig och innehöll kolbitar med ben där en del hade slaktspår och låg direkt på berggrunden. Härden A8679 låg längsmed mittaxeln i den främre södra delen av huset och fyllde upp en svacka i den underliggande berggrunden och kanterna var klädda med kol där man hittade ben och obränt trä (Papmehl-Dufay 2018:26).

Det fanns totalt 7 stolphål inne i huset. Två större längsmed mittaxeln (bild 8) i närheten av sten-packningen i den norra delen. De andra fyra stolphålen låg prydligt placerade ca 90 cm från husets västra långvägg och med 1,5/ 3 m avstånd från varandra och tyder på någon form av konstruktion som t.ex. väggfasta inredningsdetaljer som bänkar. Stolphålen längsmed mittaxeln delar ytterligare in huset i en östlig och en västlig del där den östliga delen består av ett mörkt och fett lager och den västra av hårt packat grusigt lager men det är inte troligt att det beror på en vägg då härdarna låg där (Papmehl-Dufay 2018:26f).

Det fanns tre stycken sten-packningar i huset (bild 8). Stenpackning A8996 låg innanför dörren och bestod av ca 10 0,3-1 m stora kalkstensflisor där man både ovanpå och under hittade kvarlevor av en vuxen. Stenpackning A9000 bestod av en vällagd L-formad konstruktion i den nordvästra delen av 0,1-0,3 m stora stenar med hårt packat humusblandat grus mellan. Stenpackning A8999 var en stenläggning med vita och röda kalkhällar och låg kant i kant med härden A8679 (Papmehl-Dufay 2018:27).

Flera anläggningar som kunde kopplas till fasta konstruktioner hittades i huset. Tydligast var A9003 längsmed östra väggen och var ca 2 x 0,6 m och var rektangulärt oregelbunden med symmetriskt placerade gropar och tolkas som en fast väggkonstruktion som en bänk. En liknande konstruktion fanns mot den västra långväggen i höjd med A9003 och var en 1,6 x 1 m stor försänkning med kalkstensgrus (Papmehl-Dufay 2018:28).

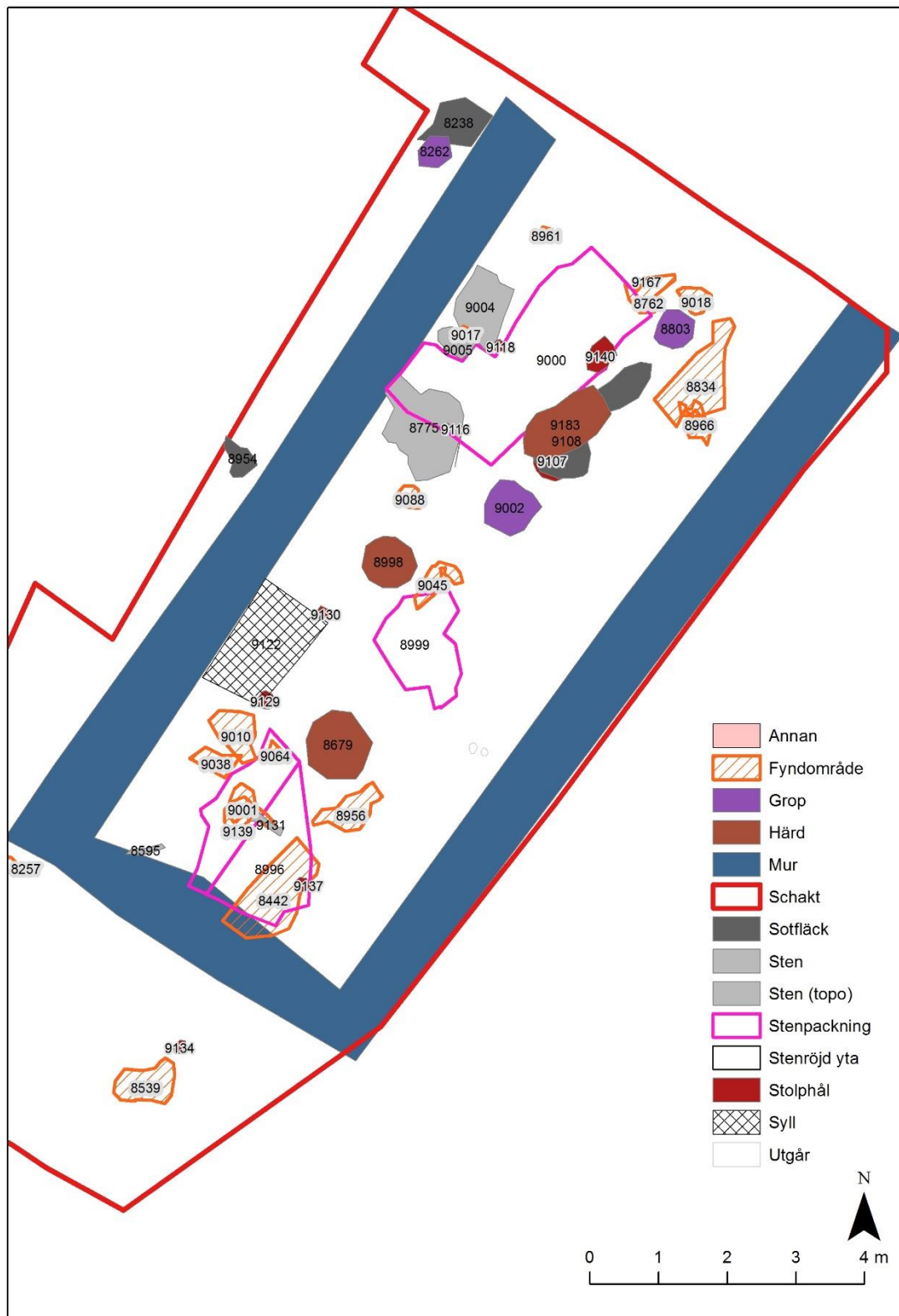


Bild 8: Anläggningar i hus 4 (Papmehl-Dufay 2018: 25).

I den inre delen av huset på den västra sidan hittades en koncentration av flera anläggningar tillsammans med en mängd fynd av glasrester (bild 9) som spill, smältor, droppar, råmaterial och slag från en hantverksprocess och området har därför tolkats som en glasverkstad (Papmehl-Dufay 2018:29, 38).

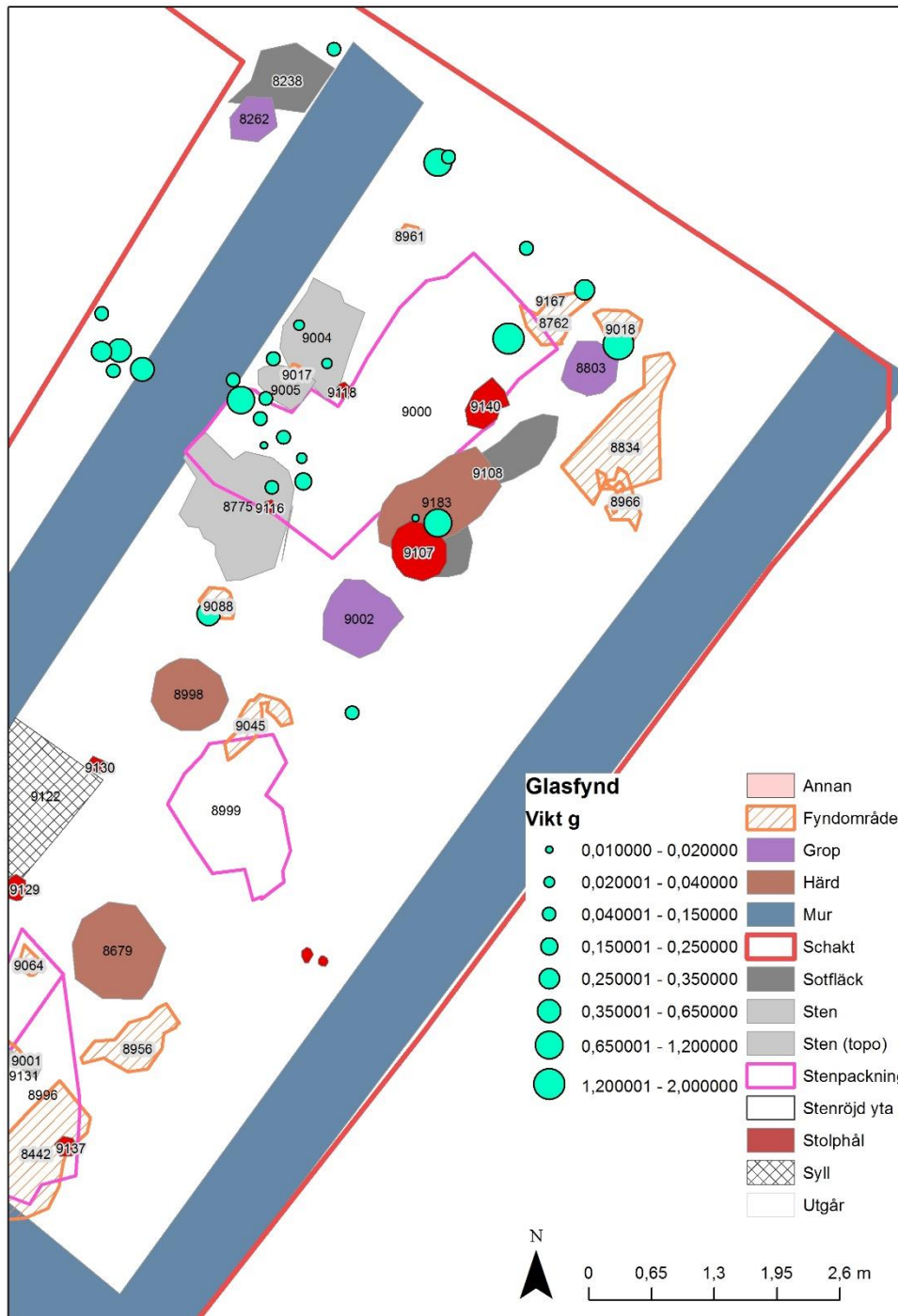


Bild 9: Ritning över hus 4 med spridningen av glasfynd runt den troliga glasverkstaden (Papmehl-Dufay 2016:29).

Vad gäller gatan utanför så var inte raseringslagret lika kraftigt som i huset och brukningslagret dominerades av humöst grus och fynden var hårt fragmenterade (Papmehl-Dufay 2018:32). I lagret till gränden bestod fyllningen av torvig sand med rasmassor och kalksten och innehöll spridda människoben och djurben, brända ben och glas. I gränden hittade man även ett stenlager som bestod av mindre stenar med djurben, brända ben, keramik och glas och skulle kunna tillhöra en rasad portöverbyggnad eller de båda husväggarna som raserat ut i gränden. Fyllningen var mycket mörk och humös i södra delen och fylld med stenar som avvek från de vanliga kalstensmassorna och tolkas som dränering (Papmehl-Dufay 2018:35).

Fyndmaterialet från 2016 års undersökning dominerades kraftigt av ben från djur och människor där merparten är obränt. Tio pärlor hittades varav sju på gatan och i gränden där en är en bronsbjällra av samma typ som redan hittats i smyckesgömmor i borgen, fem är av glas och fyra av bärnsten (Papmehl-Dufay 2018:36). Keramik hittades i både gatan, gränden och i huset och väger ca 4 kg och består av ca 2200 skärvor och fragment. Merparten fanns i huset med en tydlig koncentration i ett långsgående stråk i mitten i anslutning till eldstäderna. På några platser hittades kompletta krossade kärl. Det fanns 39 bitar bränd lera ca 82 g i mittstråket i huset mellan härdarna som är sintrade och har tolkats som infodring till härdar (Papmehl-Dufay 2018:37). I huset hittades 14 fynd av harts och fanns bl.a. i anslutning till stenpackning A9000 och kan tyda på att något har förvarats i askar. En korrelation mellan glasfynd och harts fanns i det område som tolkats som "skaffereri" (Papmehl-Dufay 2018:39f).

Metallföremål som hittades bestod av järn och kopparlegering. Det fanns ca 50 järnfragment som var jämnt fördelade mellan gränden, gatan och huset. De bestod av 33 spikar/nitar, 7 ämnesjärn, 2 beslag, en märkla, en klämma, en böjd platta och en pilspets. I nordvästra hörnet hittades plattan tillsammans med ett fragmenterat skaft och som troligen hört ihop med plattan som påminner om verktyg som hittats i samband med glashantverk under senare perioder. Det fanns 13 kopparlegeringar varav 6 hittades på gatan och 7 i huset. 2 smältor hittades i den västra delen av huset och en klippbit av brons i den nordvästra delen vilket tyder på metallhantverk (Papmehl-Dufay 2018:37f).

I den inre delen av huset och i gränden i väst hittades 41 glasbitar som består av spill, droppar, råmaterial och slagg vilket tros representera ett småskaligt glashantverk (Papmehl-Dufay 2018:39).

115 fynd av mänskliga skelettdelar hittades vid utgrävningen där flera element tillhör samma individer (Papmehl-Dufay 2018:45). Under rasmassorna i söder i huset hittades mycket djurben som kan tyda på en avskrädesplats och består av avfall och hela djur som självdött i borgen (Papmehl-Dufay 2018:47f). I hus 4 hittades skelett av fyra människor och få benfragment av en femte människa. Det fanns en självdöd hund inne i huset. Två av skelettfynden fanns i närheten av husets ingång och två i närheten av entrén och är eldpåverkade (Papmehl-Dufay 2018:48). Totalt utgörs alla människoben av 12 individer. Individ 12 var ett barn, individ 13 och individ 14 hittades innanför entrén, individ 15 hade sina ben utspridda i den inre norra delen av hus 4. Spår efter ett till barn fanns även om mycket sparsamma. (Papmehl-Dufay 2018:49ff).

Hus 4 har tolkats som ett specialiserat hantverkshus och rester av glashantverk hittades i form av glassmältor och spill tillhörande hantverk med pärlor (Papmehl-Dufay 2018:72).

Växtmakrofossilanalys gjordes där provtagning, preparering och preliminär analys gjordes på plats under ett fältbesök i tre dagar (Papmehl-Dufay 2018:72ff). Provtagning gjordes även löpande under utgrävningen. Bevarandegraden för äldre organiskt material var lågt p.g.a. att det fanns levande rotträdar, fröer och daggmaskkokonger som gjort att färskare material kan ha omlagrats. Tidigare studier har visat att husen i borgen hade torvtak och kan förklara varför jordlagret är tjockare i huset.

Det finns dock inga spår av rotfild som tyder på att huset har brunnit. Sanden ovanpå allt har troligtvis uppstått genom vindpåverkan och bioturbation och gör att odling kan uteslutas på denna plats (Papmehl-Dufay 2018:72ff).

Merparten av det makroskopiska materialet från golvlagret i huset ses som spår av att man lagat mat och tyder på en bred matlagning som är vanligt för bostadshus. Det finns brända/obrända ben från däggdjur/fågel och ben och fjäll från fisk, skalkorn, några fragment hasselnötsskal och en lök. Amorfa förkolnade klumpar och kan vara rester av bröd då de hittades i mitthärden. I golvlagret och i ett stolphål fanns mineralsmältor och glasdroppar som bara uppstår vid höga temperaturer som man får genom att använda bälgar. Det fanns förkolnade örtfragment som kan ha varit tändmaterial. Koncentrationen av matrester var mest vid mitthärden (Papmehl-Dufay 2018:78f). Liknande mönster finns även i vanliga hantverksmiljöer i modern tid (Papmehl-Dufay 2018:79).

3 Metod

För att besvara frågeställningarna användes jordprover som analyserades med röntgenfluorescens (XRF).

Valet av analysmetod baserades på tillgången av material, kostnad, omfattning och tid då den valda analysmetoden går snabbt att utföra och är kostnadseffektiv samt att jordprover från utgrävningen fanns nära till hands på institutionen där analysen genomfördes. Metoden är dessutom vetenskapligt beprövad och återupprepar. Men resultatet kan vara svårtolkat då de olika elementen/ämnena är svåra att koppla till specifika aktiviteter och att de måste analyseras i kontext till fynd, anläggningar och kombineras med andra analysmetoder som lipidanalys. Då kontexten för hus 4 redan finns grundligt beskriven kommer det att kunna gå att sätta in resultatet i någon form av kontext vilket gör att metoden kommer att kunna användas för att besvara frågeställningen. Lipidanalys genomfördes inte som komplement på grund av tidsbegränsningar.

3.1 Jordprover

I anledning av valt analysmaterial är det relevant att närmare förklara vad jordprover kan användas till inom arkeologi.

Mänskliga aktiviteter påverkar markens kemiska beståndsdelar som leder till avvikelser mot naturens naturliga sammansättning. Avvikelserna kan vara både förhöjda värden och minskade värden (Isaksson 2008:21, Andersson 2012:14). Områden som brukar ses som tomma kan nu få tolkningsbara variabler (Andersson 2012:14, Hjulström 2007:251).

Den vanligaste analysmetoden är fosfatanalys. Fosfor, betecknat P, och finns i alla levande organismer och organiskt material. När organiskt material hamnar i jorden blir det komposterat till fosfatjoner (Andersson 2012:14). Det finns alltså inte fosfat i obunden form i naturen utan påträffas tillsammans med fyra syreatomer och bildar fosfatjonerna. Fosfatjonen hittas i förening med en annan jonförening som tillsammans bildar olika fosfatmineraler som fosfat och kalcium. Det finns tre olika typer av fosfat. Oorganisk, organisk och växttillgänglig. Växttillgängligt fosfat är den fosfat som växter kan ta till sig, oorganisk fosfat bunden till mineraler och lerpartiklar ser till att fosfaten tillgängliga till växter håller en jämn nivå genom att när en viss mängd växttillgängligt fosfat försvinner tillförs samma mängd från den oorganiska och när växter tar upp fosfat och ingår i levande

organismer är den organisk och förs på så sätt över till människor och djur. När växter och djur dör löses endast en del av det organiska fosfaten upp p.g.a. marksyror och blir växttillgänglig fosfat och det som blir kvar är mineralbunden oorganisk fosfat vilket är svårslösligt och resulterar i förhöjda värden. Aktiviteter som kan ge förhöjda värden är avfallshögar, gödselstackar och andra koncentrationer av organiskt material. Fosfat kan bara säga att något organiskt material har anrikats på platsen men inte av vad (Isaksson 2008:21f) vilket gör tolkningen problematisk. Det kan t.ex. vara kopplat till mathantering, förbränning av organiskt material och ved eller ben hantverk (Andersson 2012:15, Middleton 2004:53).

Elementanalys eller spårämnesanalys mäter markens innehåll av grundämnen, främst metaller. Elementen finns dels naturligt i markens mineral, geologiskt, dels i levande organismer och kan anrikas eller minska genom mänskliga aktiviteter (Isaksson 2008:23, Andersson 2012:15). Det är inte bara organisk material utan även oorganisk material som skapar en elementförhöjning så som metallhantverk. Beroende på aktivitet varierar mängden ansamlade grundämnen. Elementanalys kan ge information om vilka material/aktiviteter som kan ha gett upphov till ansamlingen. Då ämnena även naturligt förekommer i marken och i flera olika material kan inte själva förekomsten av ett element direkt indikera något utan det är tillsammans med den arkeologiska kontexten som elementen måste analyseras (Isaksson 2008:23). Det är de inbördes variationerna som är av intresse, d.v.s. att elementhalten är stora i jämförelse med kulturlagrets övriga homogenitet (Hjulström 2007:253f).

Ämnen som förhöjs p.g.a. mänsklig påverkan är kalcium, koppar, kalium, mangan, bly och zink (Hjulström 2007:252). Följder av djurhållning kan ses genom förhöjda värden av fosfat och magnesium. Magnesium är ett ämne som ingår i växternas klorofyll som djuren får i sig från dem och anrikas i djurens avföring. Därmed kopplingen mellan dynga och magnesium. Om endast magnesium är förhöjt utan fosfat så tyder det på träaska då magnesium finns i stor mängd i detta och kan identifiera platser där man har eldat. Spår av koppar och järn kan tyda på att platsen har använts till metallhantverk (Isaksson 2008:23). Ökade värden av kalcium har tolkats om områden för matberedning och benhantering t.ex. från slakt men finns även i träaska. Kalium är kopplat till uppvärmningsaktiviteter som till härdar (Isaksson 2000, Middleton 2004: 56, Konrad 1983:26). Mangan har tolkats komma från matberedning men även från koppar då dessa hör ihop med fosfor (Parnell 2002:392). Mangan har även kopplats till spannmål (Hjulström 2008:18). Koppar, mangan, järn, zink, bly kopplade till metallhantverk (Hjulström 2007:256). Zink tillsammans med järn finns i kött (Isaksson 2008).

Varje plats är unik vilket gör att värden från en plats inte kan överföras till en annan och det är därför viktigt att se hur ämnena inom området korrelerar med varandra och jämföra det mot andra informationskällor som fynd och konstruktioner (Andersson 2012:17). Vid provtagningen är det viktigt att proverna tas från samma lager (Hjulström 2007:253). Kulturlager är det jordlager som är blandat med rester från mänsklig aktivitet framförallt genom bosättning (Isaksson 2008:27).

Det finns flera metoder för att göra en elementanalys men den metod som användes vid undersökningen var XRF – röntgenfluorescens.

3.2 Röntgenfluorescens (XRF)

Då XRF var den analysmetod som användes går jag här igenom hur den fungerar och dess användningsområden.

När elektroner från det inre skalet av en atom tas bort bildas vakanser/tomrum och atomen blir instabil och försöker att åtgärda detta genom att en elektron eller röntgen emitteras. Röntgen emitteras då en elektron från yttre elektronskal faller in och därmed sänker sin energi och överskottsenergin kommer ut som röntgenstrålning. Då grundämnen ofta har flera elektronskal som har olika energinivåer inom varje skal så avger de strålning med flera olika våglängder/energier som man sedan kan mäta så att man får ett röntgenspektrum d.v.s. en graf med våglängden längsmed x-axeln och intensiteten längsmed y-axeln. Beroende på de olika grundämnenas kärnladdning och orbitala elektronenergier så får varje grundämne ett unikt mönster i detta spektrum men fel kan uppstå då energin/våglängden för ett grundämnes spektra från L-skalet kan likna energin/våglängden för ett grundämnes spektra från K-skalet (Isaksson 2009:36f).

För att kunna utnyttja detta fenomen måste man skapa vakanser i atomerna i ett prov vilket man gör genom att tillföra tillräckligt mycket energi så att elektroner slits loss. En vanlig metod till detta är röntgenfluorescens (XRF) då man använder sig utav röntgenstrålning för att tillföra energi. Provet bestrålas med röntgen som sliter loss elektroner i de inre skalerna och sedan mäter man den avgivna röntgenstrålningen kallad sekundär röntgenstrålning som elektronövergångarna ger upphov till (Isaksson 2009:37).

Röntgenstrålning uppstår när vakanser i de inre elektronskalerna fylls upp (Pollard 2007: 93). Övergången mellan elektronskalerna är namngett efter skalet där den primära vakansen sker och kallas för K, L, M och N (Pollard 2007:94). Ifall en elektron tas bort från en inre energinivå i ett av de tyngre elementen skapas en vakans vilket är ett ostabilt tillstånd vilket åtgärdas genom två processer. Röntgenstrålningsprocessen som resulterar i utstrålning av en röntgenstråle och Auger-processen som resulterar i utstrålning av en elektron. I röntgenstrålningsprocessen sker en inre omstrukturering av de yttre elektronerna där en elektron från en högre energinivå trillar ner för att fylla vakansen. Energiskillnaden mellan de två nivåerna avges som en röntgenstrålning av energi. I Auger-processen trillar en yttre elektron ner för att fylla vakansen men istället för att avge en röntgenfoton skjuts en tredje elektron ut. Sannolikheten för att den inre skalvakansen ska ge upphov till den ena eller andra av de här processerna beror på energinivån på den initiala vakansen och atomvikten. Auger-processen är endast signifikant i vakanser i L-skalet och skal på högre nivåer och i K-skalet för lättare element (Pollard 2007:94ff). Vakanser i K-skalet ger två spektroskopiskt tydligt skilda utstrålningslinjer som namnges och K_{β} där K_{α} är den starkaste. L-skalet har tre utstrålningslinjer som kallas L_{α} , L_{β} och L_{γ} . Övergångar sker även från högre elektronskal men intensiteten av dessa är så låg att de sällan används i analytiska mätningar (Pollard 2007:96). Röntgen är inte influerade av kemisk bindning då de kommer från inre skal övergångar vilket gör att röntgenutstrålningspektra unikt och kvantitativt karakteriserar huvudatomen (Pollard 2007:98).

Röntgenfluorescens (XRF) spektrometri baseras på principen att primära röntgenstrålar från ett röntgenrör eller en radioaktiv källa faller in på ett prov och skapar inre skal vakanser i K, L, M-skalerna i atomerna på ytlaget. Dessa vakanser leder till skapandet av sekundära (fluorescerande) röntgenstrålning vars energi är karakteristiskt för elementen som finns i provet. Några av dessa röntgenstrålningar rymmer från provet och räknas och deras energier mäts och jämförs med kända värden för varje element och på så sätt kan elementen som finns i provet identifieras och kvantifieras (Pollard 2007:101).

EDXRF (Energi dispersive XRF) ser den sekundära röntgenstrålningen som avges som en röntgenfoton vars energi är karakteristiskt för atomen som den kom ifrån. Ett EDXRF-system består av en solid statisk apparat som avger elektroner proportionellt mot energispektrumet från röntgenstrålningen som avges från provet och samtidigt mäter energin från den infallande fotonen och räknar antalet fotoner med kända energier. Detektorn är kapabel att detektera information från alla element

samtidigt vilket gör metoden snabb. Program ser till så att toppar identifieras och kvantifieras (Pollard 2007:102ff).

Röntgenstrålning absorberas i luft där strålningen från atomer med låga atomnummer absorberas bäst och därför är det viktigt med vakuum om man ska analysera lätta element (Pollard 2007:106). XRF analyserar endast ytan, den övre millimetern, av proven vilket gör att det fungerar bäst om man gör om materialet till korn på en plastfilm, Mylar, som inte detekteras av XRF (Pollard 2007:107). Mätningen av ett känt element i ett komplext material kan påverkas av närvaron av ett annat element p.g.a. spektral överlappning där ett vanligt exempel är järn och arsenik (Pollard 2007:108).

EDXRF används främst för snabb identifiering och semikvantitativa analyser av en stor mängd material inklusive metaller och deras legeringar, keramik, glas, gagat, fajans, pigment, glaseringar, ädelstenar och industriella rester (Pollard 2007:118).

XRF är inte lämpade för att detektera lätta ämnen med atomnummer 8 eller lägre på grund av Auger-processen då kinetisk energi istället för röntgenstrålning avges (Kjellin 2004:7). Mätvärden under detektionsgränser utgör ett problem (Kjellin 2004:8). Vissa ämnens röntgenlinjer ligger nära varandra och kan vara svåra att skilja på. Alla metaller med energitoppar i närheten av järn bör kontrolleras inklusive vanadin, krom, mangan, kobolt, nickel och koppar. Andra problem kan komma från överlappning mellan K/L, K/M eller L/M linjer som t.ex. arsenik och svavel (Kjellin 2004:9). Matrisen påverkas av partikelstorlek, likformighet, homogenitet och provytans beskaffenhet och ett sätt att åtgärda detta är att mortla och sikta all prover till en likformig partikelstorlek (Kjellin 2004:9). XRF ger högre halter av ett ämne desto finare det är (Kjellin 2004:29) d.v.s. provbearbetningen har en stor påverkan på mätresultatet (Kjellin 2004:32). Vattenkvoten i provet påverkar resultaten då en högre vattenkvot ger lägre mätvärden och därför ska proven torkas innan (Kjellin 2004:10, 28). Vid mätning i provkoppar bör Mylar- eller polypropylenfilm användas (Kjellin 2004:11) då vanliga provpåsar påverkar resultatet (Kjellin 2004:31). När man börjar använda instrumentet måste man kalibrera instrumentet och kontrollera om mätvärdena stämmer överens med prover med en känd halt och eventuellt anpassa kalibreringskurvans skärningspunkt och lutning. Detta gör man även med jämna mellanrum mellan proven (Kjellin 2004:12).

ED-XRF analyser av arkeologiska sediment är till för att identifiera aktivitetsområden och bedöma råa materials proveniens och element av intresse är låga Z element som sodium, titanium, mangan och järn (Hunt 2014:626/1). I vissa pXRF spektrometrar kommer en del Ca toppar att mätas in som P då dess toppar är samma som P:s K_{α} och kan leda till upptäckten av falska P koncentrationer (Hunt 2014:627/2). Nickel kan påverkas av överlappningar med K_{α} från Cu från sin K_{β} linje. Filter påverkar även detekteringen och kvantifieringen av Ni (Hunt 2014:629/4).

Till varje XRF-spektrometer finns kalibreringsjord men de brukar fokusera på tungmetaller och inte arkeologiskt intressanta element. Viktigt för kalibreringen är att provet innehåller alla element som är intressanta i provmaterialet, att det har en dynamisk räckvidd för de förväntade elementkoncentrationerna och att det är certifierade referensmaterial (CRM). Element av intresse ur en arkeologisk synvinkel är Mg, Si, K, Ca, Ti, Zn, Rb, Nb, Th, P, S och Cl. Kornstorleken påverkar provresultatet. Röntgenstrålning passerar lättare genom mindre korn och tränger djupare ner i provet vilket ger en mer representativ sekundär röntgenstrålning (fluorescens). Provet ska även vara heterogent t.ex. att beståndsdelarna för provet varierar över provytan. Detta åtgärdas bäst genom att pressa ihop provet till en disk (Hunt 2014:630/5ff). Bänkfäst XRF-spektrometer har fullt vakuum för att minska påverkan från luft då lågenergi röntgenstrålningar adsorberas av luft (Hunt 2014:636/11).

3.3 Tidigare forskning

Kemiska analyser av jord har en relativt lång historia inom vetenskaplig arkeologi t.ex. har fosfat använts sedan 1930 (Arrhenius 1935) och analysen av metallelement sedan 1960 (Middleton & Price 1996:673). Under järnåldern i Skandinavien är de synliga fynden för få för att man ska kunna se olika ytors användningsområde och det behövs geokemiska metoder för att få ut den här informationen (Hjulström & Isaksson 2008:180f). Det finns rumsliga samband mellan markens kemiska sammansättning och de olika förhistoriska aktiviteterna på platsen vilket gör att denna metod kan användas vid tillfällen då arkeologisk data är liten (Isaksson, Hjulström & Wojnar 2004:325). Det går att skilja på ytors olika användningsområden genom elementanalys (Hjulström & Isaksson 2008:177).

Ökade halter av fosfor uppstår vid avlämnandet avfall och organisk förmultning. Det finns även i aska tillsammans med kalium, magnesium och kalcium. När fosfor uppstår i jorden p.g.a. mänskliga aktiviteter formar det stabila komplex med aluminium, kalcium och järn (Gauss 2013:2951/10). Entwistle hittade anrikningar av kalium, torium, rubidium och cesium i samband med mänskliga bosättningar framförallt i aska (Gauss 2013:2951/10). Fosfor, strontium och kalcium anses vara typiska element som påverkas av människor som främst anrikas genom deponeringen av organiskt material och avfall (Gauss 2013:2951/10). Fosfor förväntas vara anrikat i gränderna då de är områden där stora mängder avfall och extremt deponeras (Gauss 2013:2952/11). Resultatet av undersökningen visar att XRF-analyser av sediment ger meningsfulla resultat som lätt kan korreleras med annan arkeologisk data (Gauss 2013:2956/15).

Träaska kan skapa förhöjningar av magnesium, kalium och kalcium beroende på träslaget och begravningsmiljön runt platsen. Magnesium finns även i avföring (Isaksson, Hjulström & Wojnar 2004:311). Koncentration av rester av träaska i ett område tyder på att det varit en vägg runt området (Isaksson, Hjulström & Wojnar 2004:320). Matförråd hade förhöjda värden av kalcium och lador och stall hade förhöjda värden av magnesium. Spårelement kopplade till metallhantverk var järn, koppar och zink i samband med härdar men även kalium (Isaksson 2000:52f).

Metaller binder sig till ett stort antal föreningar (Isaksson, Wojnar-Johansson & Hjulström 2000:3). Kalium (K) finns i många mineraler och tas upp av växter. Därför är träaska full av detta. Kalcium (Ca) är vanlig i karbonater i sandsten och silikatmineraler och finns i växter och finns därför även den i träaska men även i ben och skal. Magnesium (Mg) finns i silikatmineraler och karbonater och finns i växter i mindre grad än kalium och kalcium. Det finns i träaska men även i växters klorofyll så att de finns i avföring. Järn (Fe) finns i många mineraler och finns i små mängder i växter och kan spåras till järnhantverk och blod. Koppar (Cu) finns i sulfidmineral och kan spåras till kopparhantverk, skaldjur och insekter. Zink (Zn) finns i både växter och djur. Strontium (Sr) finns ofta med kalcium (Isaksson, Wojnar-Johansson & Hjulström 2000:9f).

I Hjulströms undersökning från 2008 delades ämnena in i olika kluster och då de olika områdena korsade de hypotetiska rumsgränserna indikerades det istället var ett öppet område (Hjulström 2008:70). Ingångarna påverkades av slitning och hade låga koncentrationer av kemiska ämnen. Träaska har mycket K p.g.a. upptagningen av detta genom men även Ca. K tillsammans med Mg har använts för att identifiera områden med härdar. Fe och Zn finns i kött och Mn i spannmål och kan indikera mat (Hjulström 2008:72).

3.4 Insamling

För att undersöka detta användes jordproverna som togs i samband med 2016 års utgrävning av hus 4. 31 prover valdes metodiskt ut från de 92 antalet jordprover som togs från kulturlagret vid

utgrävningen. De valdes baserat på att de var tagna i huset och inte i muren/väggen och fördelat över hela ytan. 3 prover togs i gränden bredvid huset för att kunna användas som referensprov. Proverna var numrerade på följande sätt: Inne i huset 1-84 och från 85-92 i gränden intill. Följande prov valdes: 2, 4, 6, 9, 11, 14, 16, 18, 21, 23, 26, 28, 30, 33, 35, 38, 40, 42, 45, 47, 50, 52, 54, 57, 59, 62, 64, 66, 69, 71, 76 från huset och 87, 89 och 91 från gränden. De förvarades frusna innan analysen gjordes.

3.5 Bearbetning

Innan proverna analyserades med röntgenfluorescens så mättes de upp i 35 bägare varav ett var en metodblank som sedan torkades över natten i ett torkskåp på 80 grader. Efter torkningen mortlades de i en minut var med 1,5-2mm i vibrationshastighet och sedan siktades de med ett 0,25 mm såll i en halv minut med 0,5-1mm vibrationshastighet var med aluminium som fångade upp dem innan de fördes över till mätkoppar täckta med plastfilm. Efter varje mortling och siktning rengjordes och diskades alla redskapen av så att jord från andra prov inte skulle kunna blandas ihop med varandra. Därefter kunde de undersökas med röntgenfluorescens. Varje prov kördes tre gånger var med standardiserade jordprover i början, mitten och slutet av körningen för att se till så att maskinens inställningar inte ändrat sig under alla mätningarna. Varje körning tog 1 minut. Innan instrumentet började användas gjordes en körning på en instrumentblank utformad som en metallbricka vilken maskinen godkände. Det standardiserade provet som kördes var Nist2710a. Det standardiserade provanalyserna måste ha en relativ standardavvikelse under 20 % mot de korrekta värdena som följde med provet för att maskinen ska ha en bra precision. Majoriteten av de grundämnen som hittades i proverna bestod av silikon och syre och flera andra ämnen då proverna till stor del bestod av luft och plastbehållare, s.k. light elements (LE). Även det standardiserade provet låg i en liknande behållare i plast med plastfilm. För att detektera de relevanta ämnena i proverna mäts de i enheten ppm (part per million). Intressanta ämnen ur ett arkeologiskt perspektiv är kalcium, järn, magnesium, fosfor, koppar och zink.

3.6 Elementanalysen

Elementanalysen som användes var röntgenfluorescens (XRF) som nämnts ovan. Det instrument som användes vid analysen var Olympus Delta Premium DP-6000-CC som var placerad i en Delta portable workbench. Instrumentet är utrustat med ett röntgenrör med en Rh-anod med max 4 W. Två strålar användes i den aktuella applikationen; 40 kV i 30 sekunder och 10 kV i 30 sekunder, som följdriktigt ger en total analysid på 60 sekunder.

Instrumentblanken eller metaldisken som användes var SiO₂. Referensprovet som användes var ett certifierat referensmaterial från National Institute of Standards & Technology i USA kallat Nist2710a som analyserades parallellt med de andra jordproverna så att relativ standardavvikelse och avvikelse från certifierat värde för vart och ett av metallgrundämnena i analysen kunde beräknas. Data samlades in och röntgenspektra kontrollerades med hjälp av mjukvaran Innov-X Delta.

3.7 Bearbetning av data

Dessa mätningar fördes sedan över till ett Excel-program för bearbetning. Medelvärden och standardavvikelser beräknades. Ämnen som det fanns väldigt lite eller nästan inget av togs bort ur datan. Sedan gjordes en faktoranalys (i Statistica 13) där de fyra första faktorerna plockades ut då de

täckte 86 % av variansen av proven. All proven fick X, Y koordinater och utifrån dessa gjordes kartbilder baserat på hur mycket de olika skillnaderna av de olika ämnena i rummet var, där desto större och mörkare punkter stod för en högre koncentration av ämnet jämför med koncentrationen av ämnet i de andra proven och inte mellan de olika ämnena.

Dessa kartbilder baserat på resultatet jämfördes med informationen som fanns publicerad om hus 4 om de olika anläggningarna och fynden och med tidigare undersökningar där elementanalys hade använts och en diskussion om vad dessa ämnen kunde innebära i den kontext de hittats i gjordes.

Om några rumsliga skillnader ska antas ha upptäckts i rummet så är det resultat man vill ha olika kluster tydligt avgränsade i olika områden av huset och för att kunna koppla huset till vissa användningsområden ska resultatet innehålla olika ämnen som tydligt kan kopplas till en viss typ av aktivitet. Undersökningen har inga exakt förväntade resultat mer än att det antas bekräfta redan upptäckta anläggningar och rumsindelningar.

4 Resultat

Jordproverna samlades in i ett mönster med ca 1 meters avstånd över hela huset och förvarades frusna innan de förbereddes. Proven preparerades genom att de krossades med en mortel och siktades till en kornstorlek på 0,25 mm och fördes över till provkoppar täckta av en plastfilm.

Totalt gjordes 116 körningar. I de första två körningarna kördes en metaldisk och ett test av Nist2710a en gång. Tre körningar gjordes på varje prov som bestod av 34 jordprover och en blank vilket motsvarar 105 körningar och 9 körningar var på samma standardprov (Nist2710a) vars innehåll redan var klart för att se om det skedde några förändringar medan proven kördes. Detta gjordes i början, mitt i (efter prov 57), och i slutet tre gånger var och medelvärden och standardavvikelser beräknades på dessa 9 provresultat för varje ämne för att se om mätningarna för dessa var användbara. Mindre fel fanns för ämnena fosfor, koppar och arsenik medan ett större fel upptäcktes för magnesium. Nickel dök upp i resultatet även fast det inte fanns med i det standardiserade provet.

Standardavvikelser och medelvärden för alla tre resultaten från varje prov beräknades och sammanställdes till ett resultat (se bilaga 1) och lades in i diagram som bildade kartbilder över de olika ämnena i huset (se bilaga 2). Observera att norr ligger neråt på kartbilderna så att proverna från ingången ligger högst upp och de längst back i huset längst ner till skillnad från övriga foton/översikter av huset som visats som visar huset med norr/bakre delen av huset högst upp och söder/ingången längst ner. De ämnen som valdes ut för närmare undersökning var fosfor, svavel, kalium, kalcium, mangan, järn, koppar och zink.

Fosfor (bilaga 2) hade höga koncentrationer ute i gränden men även i mitten av den främre delen av huset mot utgången i en linje med väldigt små koncentrationer utåt kanterna och diagonalt genom bakre delen av huset. Svavel (bilaga 2) hade mindre koncentrationer ute i gränden och i bakre delen av huset medan det fanns en tydlig linje i mitten genom den främre delen av huset mot ingången med små koncentrationer utmed sidorna precis som för fosfor. Kalium (bilaga 2) hade höga koncentrationer ute i gränden och i mitten och i bakre delen av huset med mindre koncentrationer i den främre delen vid ingången. Kalcium (bilaga 2) hade höga koncentrationer ute i gränden och i främre delen av huset vid ingången i mitten med starkare koncentrationer i den östra delen och mindre i den västra och i bakre västra delen av huset. Mangan (bilaga 2) hade höga koncentrationer ute i gränden och diagonalt genom bakre delen av huset och små koncentrationer i hela främre delen

av huset. Järn (bilaga 2) hade höga koncentrationer ute i gränden och diagonalt genom bakre delen av huset och i något mindre mängder genom mitten av främre delen av huset mot ingången med små koncentrationer ute med sidorna och följer mönstret för mangan. Koppar (bilaga 2) hade ett tydligt mönster i huset med något starkare koncentrationer i mittgången i främre delen av huset och diagonalt i bakre delen av huset med små koncentrationer i övriga delar av huset. Zink (bilaga 2) hade höga koncentrationer ute i gränden och i mittgången i främre delen av huset och diagonalt i bakre delen av huset med något högra koncentrationer runtomkring och lite längsmed sidorna av huset.

Sedan gjordes en faktoranalys där 4 faktorer stod för 86 % av variansen i proverna (bilaga 3). Mängden anges i ppm (parts per million), d.v.s. delar per miljon.

Faktor ett bestod utav fosfor (P), svavel (S), koppar (Cu) och zink (Zn). Faktor två av torium (Th). Faktor tre av Aluminium (Al), Kalium (K), Järn (Fe), Nickel (Ni) och Arsenik (Ar). Faktor fyra av kalcium (Ca). Dessa delades in i kluster som även de fick kartor (se bilaga 4).

Faktor 1 (bilaga 4) hade höga koncentrationer i mittgången i främre delen av huset med mindre koncentrationer vid sidorna och diagonalt i bakre delen av huset. Bara ett av de tre proven i gränden hade höga koncentrationer. Faktor 2 (bilaga 4) hade höga koncentrationer i gränden och i bakre delen av huset. Längst till öst längst bak mot väggen och i väst i den främre bakre delen, mer i mitten av huset i det diagonala mönstret som identifierats i övriga prover. Faktor 3 (bilaga 4) hade höga koncentrationer i gränden och diagonalt i bakre delen av huset och hade låga koncentrationer i främre delen av huset. Faktor 4 (bilaga 4) hade höga koncentrationer i gränden och längst bak in mot muren inuti huset och i främre östra delen av huset och följer mönstret för kalium vilket inte är så konstigt då faktor 4 endast bestod av kalium.

Dessa punktdiagram/kartor jämfördes mot kartan över de olika anläggningarna i huset (se bild 8) och mot fynd som hittats på platsen.

Som beskrivet innan i beskrivningen av huset så låg det fyra döda människor vid ingången på en stenpackning och det var tre härdar längsmed mittaxeln av rummet där den mittersta hade man hittat rester utav skalkorn och ben från fågel och fisk som kopplas till matberedning, medan man vid härden och den stora stenpackningen i den västra bakre delen av huset hade man hittat spår utav glasfragment och ett redskap som man tolkat har använts till detta. Längsmed långsidorna hade man hittat spår efter vad man tolkat varit bänkliknande konstruktioner. Ute i gränden hade man hittat en massa skelett från slaktade och ihjälsvulna djur samt flera fyndföremål som pärlor. Över hela golvet i huset hade man hittat spår utav matrester samt keramikfragment längsmed mittaxeln mellan de tre härdarna. Fosfor fanns det mycket av invid de tre härdarna längsmed mittaxeln och vid ingången där skeletten hade hittats men även i gränden. Svavel fördelade sig på liknande sätt som fosfor och fanns i mitten av huset vid de två främre härdarna och vid ingången men även i bakre delen av huset invid härden och vid stenpackningen där. Kalium fanns endast i den bakre delen vid stenpackningen och härden men även ute i gränden och är kopplat till uppvärmning. Kalcium fanns vid härden och stenpackningen i den inre delen av huset men även längsmed mittsträckan mellan de två främre härdarna och vid ingången där skeletten hade hittats, samt i gränden där mängder av benfynd anträffats men även i bortre norra änden av den L-formade stenpackningen där utspridda benfragment hade hittats. Mangan fanns vid stenpackningen och härden längst back men även ute i gränden. Järn fördelade sig på liknande sätt med undantag för något starkare koncentration i mittgången och starkt vid ingången där skeletten hade hittats. Kanske har det uppstod av blod? Järn finns även i kött. Koppar fanns vid ingången men även vid den första härden längs fram i huset och vid härden längs in i huset samt vid en punkt ute i gränden. Zink fanns längsmed alla härdarna längsmed mittaxeln och vid ingången och vid stenpackningen samt högre halter i gränden. Generellt

var det höga halter av alla ämnen ute i gränden med undantag för svavel och koppar. De förhöjda värdena fanns oftast i mittgången i främre delen av huset och samlat runt stenpackningen och härden i den bakre delen av huset och i mindre längsmed husväggarna, skärskilt i den främre delen av huset med undantag för ett förhöjt värde på kalcium i det främre östra hörnet med järn och mangan.

Faktor 1 som bestod utav fosfor, svavel, koppar och zink fanns koncentrerat vid ingången där skeletten hittats och vid de tre härdarna längsmed mittaxeln men även vid sållet i den främre västra delen av huset (bild 8) och i den bakre mittersta delen av huset samt på ett ställe ute i gränden. Faktor 2 som bestod av torium fanns i mitten av huset vid den mittersta härden och ute i gränden samt i det östra hörnet längst in i huset. Faktor 3 som bestod av aluminium, kalium, järn, nickel och arsenik var koncentrerat till härden och stenpackningen längst in i huset och ute i gränden samt i mitten vid den östra långsidan. Faktor 4 som endast bestod utav kalcium fanns i en linje från sållet till väggen mittemot och i bakre delen av huset var det som starkast och något på stenpackningen längst bak och högre halter nästan än vad som var synligt i huset fanns i gränden intill.

De olika klustren av ämnena fördelade sig tydligt på olika sätt i rummet. En stark koncentration i mittgången i främre delen av huset och en stark koncentration i bakre delen av huset (bild 10). En tolkning av denna indelning är att det har varit en vägg mellan dessa två områden i huset och att det har funnits bänkar på sidorna i den främre delen av huset vilket har hindrat att ämnen har ansamlats där eller att man har släpat med sig en massa utifrån. Ett exempel på den tydliga indelningen är kalium som finns koncentrerat i den bakre delen av huset (Bild 11).



Bild 10 & 11: Försök att visa jordprovernans fördelning i schaktet. Detta är inte på något sätt korrekt inpassat utan mest för att ge en bild hur de fördelade sig. Första bilden visar faktor 1 som bestod utav P, S, Cu och Zn. Andra bilden visar kalium (Ca) där man tydligt kan se de förhöjda värdena i den bakre delen av huset.

5 Diskussion

5.1 Tolkning av resultat

Som nämdes i inledningen finns det ett begränsat material om fornborgar (Andersson 2012:3) vilket gör den här undersökningen relevant ur ett större perspektiv då det kan bidra till att öka inte bara förståelsen om hus 4 och Sandby borg utan även om andra fornborgar.

Öland består av kalkhällar och kan påverka halten kalcium som upptäcktes i proverna tillsammans med fynd av ben och eldstäder. I kulturlagret hittades ben, keramik, glas och metallföremål (Papmehl-Dufay 2018:23). Skelett av en vuxen hittades på stenpackningen vid dörren (Papmehl-Dufay 2018:27). Majoriteten av fyndmaterialet var ben (Papmehl-Dufay 2018:36). Mycket djurben hittades i den södra delen av huset (vid ingången) vilka har tolkats var rester från avfall och från självdöda djur (Papmehl-Dufay 2018:47f). Två skelett hittades vid ingången och spridda ben fanns i norra bakre delen av huset (Papmehl-Dufay 2018:49ff). Kalciumhalterna i huset kommer troligtvis från benmaterialet. De förhöjda värdena av kalcium i gränden intill kan förklaras av den stora mängd benmaterial som hittades där.

Tre härdar fanns längsmed mittaxeln av huset. I mitten av inre delen av huset (N) fanns en sotfläck och strax under den intill stenpackningen en hård där man hittade kolfragment och fiskben. Den andra härden var i mitten av huset där kol och slaktspår hittades och i främre delen av huset fanns den tredje härden där man hittade kol, ben och obränt trä (Papmehl-Dufay 2018:26). Spår av ämnen kopplade till träaska och uppvärmning som hittades kan förklaras av härdarna som kalcium, kalium och mangan (Gauss 2013:2951/10, Hjulström 2008:18). Dessa ämnen var främst koncentrerade i den bakre delen av huset vilket tyder på en mer intensivare eldning (se bilaga 2). I samband med härdar har man även hittat torium (Gauss 2013:2951/10) och kan vara en förklaring till koncentrationen av torium i den bakre delen av huset.

Bland fyndmaterialet fanns föremål av järn och koppar bl.a. 50 stycken järnfragment som var fördelade mellan huset och gränden där några av dem har tolkats som glashantverksverktyg. Smältor och en klippbit av brons hittades i västra delen av huset (Papmehl-Dufay 2018:37f). Koppar, mangan, järn och bly är kopplade till metallhantverk. Järn, koppar, mangan och zink i den bakre delen av huset tyder därför på att metallhantverk har pågått där.

Vid den L-formade stenpackningen i det nordvästra bakre hörnet av huset och i gränden utanför hittades glasrester (Papmehl-Dufay 2018:38) och de bör vidare analyseras för att man ska kunna klarlägga mer om själva glasverkstaden. Då pärltillverkning inte är ett skärskilt städad hantverk och småbitar av glas sprätter iväg då glas hettas upp (Råhlander 2014:25) d.v.s. lämnar mycket spill efter sig kan det varit något som pågått i huset. Vid pärltillverkning används deglar utav lera (Råhlander 2014:14). Hantverket kännetecknas även av uppsättandet av tillfälliga lerugnar av bränd och obränd lera över en öppen hård för tillverkningen som tas ner efter marknadssäsongen (Råhlander 2014:25). Det finns även exempel på hur man har gjort förberedelse av hantverk inne i bostadshuset innan man tog med sig dem till verkstaden (Gustafsson 2013:101). Spåren av eldning och metallhantverk stärker teorin om att det varit en glasverkstad längst bak i huset. I samband med undersökningen hittades fem glaspärlor (Papmehl-Dufay 2018:36) och kanske skulle man kunna analysera dem tillsammans med glasresterna och se vad det skulle ge.

Vid makrofossilanalys av prover från golvlagret hittades spår av matlagning som är vanligt för bostäder, främst invid mitthärden. T.ex. hittades ben från fågel, fisk och skalkorn (Papmehl-Dufay

2018:78f). Kalcium finns på platser för matberedning/spannmål liksom mangan tillsammans med ämnen som koppar och fosfor. (Hjulström 2008:18). Fosfor som är kopplat till avfall hittades i den främre delen av huset och tyder på matlagning. Järn och zink kan kopplas till kött och blod och kan vara en förklaring till förekomsten av dessa ämnen. Järn kan komma från blod och kan förutom matlagning bero på att människor har slagits ihjäl och kan förklara den höga halten järn precis vid ingången (bilaga 2).

Fosfor uppstår vid dumpning av organiskt material som t.ex. avfall, mat och ved (Isaksson 2008:21). Att det fanns höga halter fosfor i gränden kan förklaras av att det är en plats där man kan ha gjort sig av med mycket avfall.

Spår av bänkar eller andra fasta konstruktioner hittades inne i huset (Papmehl-Dufay 2018:27f) och förstärker teorin om att avsaknaden av ämnen vid sidorna i främre delen av huset beror på detta. Vid bänken som antogs ha varit vid den högra sidan (Ö) var det som en försänkning med kalkstengrus och kan förklara den förhöjda kalciumhalten som hittades där.

I faktor 3 var ämnen som aluminium, arsenik, nickel tillsammans med järn och kalium. Enligt SGU:s geokemiska atlas (Andersson 2014) så finns det små mängder nickel, koppar och arsenik naturligt i marken vid Sandby borg och kan vara en av förklaringarna till halterna av dessa ämnen och undersökningar av den övriga marken runt om Sandby borg kan behöva undersökas. Men i detta fall var det främst de rumsliga skillnaderna som söktes och detta bör därför inte vara något större problem då halten av dessa ämnen bör vara jämt utspridda över området och alltså inte ha olika skillnader i de olika proven.

Viktigt att ta med i diskussionen är att olika ämnen har olika spridningsgrad vilket kan göra så att vissa ämnen kan ha spritt sig till huset eller därifrån medan andra ämnen koncentreras då de har lång spridning.

Arsenik absorberas starkt till jord och transporteras därför ofta korta sträckor men lösliga former kan färdas med vattendrag. Ämnen som det binder sig till är järn, aluminium, kalium och mangan (Kjellin 2004:15). Koppar används i legeringar som brons och i naturen är det ett viktigt näringsämne för växter och djur och är det som binds hårdast till marken och har låg rörlighet (Kjellin 2004:16f). Nickel finns vid metaboliska processer för djur och människor och är rörligare desto lägre pH-värde och orörligare desto mer lera, järn och manganoxider det finns i marken (Kjellin 2004:18). Zink är ett viktigt näringsämne för växter och djur och är en av de mest mobila tungmetallerna men absorberas lättare om det finns en högre halt lera, organiskt material och järnoxider (Kjellin 2004:18).

Syftet med undersökningen var att ge en bättre bild av hus 4 och Sandby borg genom att besvara frågeställningarna om användning och rumsliga skillnader. Det framkom en tydlig gräns mellan den främre och den bakre delen av huset som tyder på olika användningsområden. Spårämnen av eldning och metallhantverk/ghashantverk kunde kopplas till den bakre delen där glassmältor från ghashantverk hittats. Matlagning kunde kopplas till den främre delen. Halterna utav fosfor pekar även på att den bakre och mittersta delen av huset har varit under användning.

5.2 Problem och svårigheter

Problem för undersökningen var att inte alla prover kunde vara med ur kostnads och tidssynpunkt vilket kunde ge en ännu tydligare bild av huset, även om de 31 prover som togs inne i huset kan anses vara tillräckliga för att kunna upptäcka rumsliga skillnader. Proverna kan ha utsatts för kontamination vid själva provtagandet och under prepareringen av proverna då korn från andra prov

kan ha kommit med och spår av papper när redskapen diskades av och aluminium som jorden samlades upp på trots att detta till så hög grad som möjligt försökte undvikas genom diskning av redskapen mellan varje prov och användandet av rena kärl och koppar.

Ämnen som verkade konstiga i resultatet efter XRF kan bero på kontamination eller att maskinen har blandat ihop de olika ämnens sekundära röntgenstrålning då ämnens strålning från olika elektronskal kan likna varandra. Ett problem som uppstod vid själva analysen av jordproverna med XRF var att värden för magnesium avvek för mycket från värdena för att kunna säga något signifikant om dess fördelning vilket kunde ha varit ett intressant ämne för undersökningen och som fick tas bort på grund av detta. Ett problem med maskinen är att den ständigt har ett fel på runt 5 % vilket kan ha påverkat resultatet. För att motverka detta gjordes tre analyser på varje prov där ett medelvärde av dem räknades ut med en standardavvikelse för att försäkra sig om att detta inte hade så stor inverkan på resultatet.

Svårigheter att sammanställa kartmaterialet uppstod även då skissen över jordproverna hade numrering åt fel håll vilket gjorde att kartorna visades med norr neråt till skillnad från kartorna som de jämfördes mot som hade norr uppåt. Att få de olika kartbilderna att passa ihop med samma skala visade sig även vara svårt och skulle behöva göras i mer detalj. Arbetet skulle även behövt mer tid att samla in mer referensmaterial än vad som gjordes för att kunna ge en bättre tolkning av resultatet men som berodde på tidsbegränsningen.

Etiska synpunkter om undersökningen är att huset och borgen var plats för en massaker och att människorna som blev ihjälslagna där ligger kvar och om det är etiskt att gräva upp döda människor eller inte kan diskuteras. Då detta skedde för så pass längesedan och ingen känner till något om dessa människor anses deras vilotid vara förbi även om det kan kännas olustigt då undersökningarna av Sandby borg vittnar om våldsamma mänskliga handlingar mot andra människor och djurplågeri. Det påminner om en något brutalare sida av människor men informationen kan bidra till en bättre förståelse av platsen och om andra fornborgar och om folkvandringstiden. Fokus för den här undersökningen har dock inte varit på själva massakern, även om den inte kan undvika att påverkas av detta då ihjälslagna människor hittades inne i huset, utan på det vardagliga så som vad huset har använts till och rumsliga indelningar. Om elementanalysen av jordproverna bidragit till en bättre bild av huset eller inte kan diskuteras då dessa är svåra att koppla till specifika företeelser men då det finns relativt gott om uppgifter om huset i övrigt så har de kunnat analyseras i en kontext och kan på så sätt anses ha bidragit mer till att ge en bild av huset än om proverna bara hade analyserats löst utan en kontext runtomkring. Spårämnesanalysen av jordproverna hade kunnat kompletteras med lipidanalyser för att kunna ge en ännu bättre förståelse för husets användning och rumsliga skillnader.

5.3 Fortsatt forskning

Som nämnts ovan kan lipidanalyser för att ge ytterligare en bättre bild av hus 4 göras men framförallt fler analyserade jordprover från de andra husen i Sandby borg skulle vara relevant för att kunna göra jämförande studier och ge en bättre förståelse av borgen som helhet. I framtiden kan även ännu bättre analystekniker ha utvecklats vilket gör det relevant att avvakta med utgrävningar av hela borgen för att spara några hus till framtida forskning med bättre metoder. Då mycket material förstörs vid själva utgrävningarna är det viktigt att man som med hus 4 noga dokumenterar och analyserar allt man hittar i husen och bör fortsätta vid kommande utgrävningar av borgen. Därför bör även saker som kan ses som oviktiga dokumenteras ifall det skulle kunna visa sig vara relevant i framtiden. Detta bör förstås göras efter bästa förmåga och med tanke på kostnader.

6 Sammanfattning

Fornborgar är ett område med vallar/murar som ligger otillgängligt och har kopplats samman med krig, kult och romerska/keltiska förlagor och var i bruk under folkvandringstid till medeltid. På Öland finns det 10-15 andra typer av fornborgar än på fastlandet då de är runda med skalmurarar och ligger på flat mark. I många av dessa borgar har man hittat radiella husgrunder längsmed muren med en större "hallbyggnad" i mitten. Sandby borg daterad till folkvandringstid har kommit i nytt fokus i samband med flera utgrävningar som ägt rum i borgen sedan 2010. Sandby borg är unikt då den utsattes för en massaker och aldrig plundrades vilket ger en frusen ögonblicksbild av vardagen i borgen. År 2016 grävde man ut ett helt hus, hus 4, vid samma tillfälle liksom en bit av gatan och gränden intill i ett försök att få med hela kontexten.

Syftet med undersökningen är att ge en bättre bild av hus 4 och om Sandby borg och andra fornborgar. Frågeställningarna är: Vad har huset använts till? Finns det några rumsliga skillnader?

Totalt har man hittat 54 husgrunder i Sandby borg som påminner om Eketorp II och borgen ligger precis invid strandkanten, olikt andra borgar på ön. Den är 104x70 m och har ett försvarsverk av resta stenar in mot landsidan. Hus 4 valdes för att det i kontrast till hus 54 som grävts ut tidigare år som tolkats som en hallbyggnad för den mäktigaste och rikaste i borgen för att det ska kunna ge en bild av vardagen. Hus 4 är ca 14x6 m och ligger invid muren intill en gränd till en mindre port ut ur borgen. Fynden dominerades av ben från djur och människor men även fynd av keramik, lera, pärlor, järn- och bronsföremål. Ett intressant fynd var spår efter glashantverk som smältor, droppar och slagg. Makrofossilanalys tydda på matberedning med bland annat fågel, fisk och skalkorn och animaliska klumpar som tolkats som bröd. Anläggningar i huset är tre härar längsmed mittaxeln, stenpackningar och spår av fasta väggkonstruktioner, bänkar. Vid utgrävningen togs jordprover från kulturlagret inne i huset för analys.

Den metod som användes för att besvara frågeställningarna var analys av jordproverna genom elementanalysen röntgenfluorescens (XRF) på grund av kostnad, tid och tillgänglighet. Elementanalys går ut på att mänskliga aktiviteter lämnar spår efter sig i marken i form av både organiskt och oorganiskt material. Metoden används främst för identifiering av metaller men även efter ämnen som fosfor, magnesium och kalcium. Flertalet studier visar att metoden kan ge användbar information inom arkeologin tillsammans med den övriga kontexten. Liknande studier hittade att mangan och fosfor kunde kopplas till avfall, mangan, kalium, kalcium till härdar, järn och koppar till metallhantverk. XRF går ut på att när atomer utsätts för röntgenstrålning ger de ifrån sig sina elektroner vilket rättas till genom omflyttning av dem vilket skapar så kallad sekundär röntgenstrålning. Denna kan fångas upp i ett instrument som kan kopplas till olika ämnen då dessa är unika för de olika grundämnena. Förväntade resultat var tydliga kluster som kunde kopplas till olika användningar inom huset.

För undersökningen valdes 34 prover ut, 31 från huset och 3 från gränden. Dessa mortlades och siktades innan analysen och fördes över till provkoppar med plastfilm. Varje prov kördes tre gånger var så att medelvärde och standardavvikelse kunde beräknas och presenteras i diagram på P, S, K, Ca, Mn, Fe, Cu och Zn. Att jämföra mot fanns ett standardiserat prov med kända värden. En faktoranalys visade att 4 faktorer stod för 84 % av variansen. Faktor 1 bestod utav S, P, Cu, Zn, faktor 2 av Th, faktor 3 av Al, Ar, K, Fe, Mn och faktor 4 utav Ca. Resultatet visade tydliga fördelningar av mänskliga aktiviteter i den bakre delen av huset och längsmed mittaxeln där härdarna låg. Spårämnen från eldning och metallhantverk hittades i den bakre delen av huset där spår av glashantverk hittats vid utgrävningen och spår av matlagning i den främre delen. Avsaknaden på sidorna stödde teorin om

bänkar och de två klustren till två olika rum med en vägg mellan. Då det är svårt att koppla vissa ämnen till en viss typ av aktivitet försvårades tolkningen. Problem med undersökningen var möjlig kontamination, mätfel och naturliga ämnen i marken. Resultatet tyder på att det fanns rumsliga skillnader i form av olika aktiviteter som matberedning och hantverk. Undersökningen hoppas kunna bidra till bilden av fornborgar och framtida undersökningar. Till exempel skulle lipidanalys kunna underlätta tolkningarna av användningsområde och närmare analyser av glastillverkningsspåren.

7 Referenser

Andersson, C. 2012. *Runsa – A hilltop settlement during the Migration Period*. Distinguishing spatiality and organization through analyzing chemical imprints of daily activities. Masteruppsats. Arkeologiska forskningslaboratoriet, Stockholms universitet.

Andersson, M., 2014. *Geokemisk atlas över Sverige Geochemical atlas of Sweden*, Sveriges geologiska undersökning (SGU), Uppsala.

Arrhenius, O., 1935, *Markundersökning och arkeologi*. Fornvännen 2/1935: 65-76. Stockholm.

Fallgren, J. -H. 2008. *Fornborgar, bebyggelse och odlingslandskap*. I: Göran Tegnér (red) Gråborg på Öland. Stockholm: KVHAA: 119–147.

Dutra Leivas, I. & Victor, H. 2011. *Sandby borg – undersökningar 2011, Sandby sn, Mörbylånga kommun, Öland*. Museiarkeologi sydost, Kalmar läns museum. Sandby borgs skrifter 1.

Gauss, et al. 2013. *The Early Bronze Age settlement of Fidvár, Vráble (Slovakia): reconstructing prehistoric settlement patterns using portable XRF*. Journal of Archaeological Science 40: 2942-2960.

Gustafsson, N., 2013. *Casting Identities in Central Seclusion. Aspects of non-ferrous metalworking and society on Gotland in Early Medieval Period*. Theses and Papers in Scientific Archaeology 15. Stockholms universitet.

Hjulström, B. & Isaksson, S. 2007. *Dolda spår av forntida verksamhet. Geokemiska analyser i samband med E4-undersökningarna sträckan Uppsala-Mehedeby*. I: Göthberg, H. (red) Hus och bebyggelse i Uppland. Delar av förhistoriska sammanhang. Arkeologi E4 Uppland – studier Volym 3: 351-266. Uppsala.

Hjulström, B., Isaksson, S. & Karlsson, C. 2008. *Prominent migration period building. Lipid and elemental analyses from an excavation at Alby, parish of Botkyrka, Södermanland, Sweden*. ACTA Archaeologica 79: 62-78.

Hjulström, B. 2008. *Patterns in Diversity – Geochemical Analyses and Settlement Changes During the Iron Age – Early Medieval Time in the Lake Mälaren region, Sweden*. Theses and Papers in Scientific Archaeology 11. Stockholm.

Hjulström, B. & Isaksson, S. 2009. *Identification of activity area signatures in a reconstructed Iron Age house by combining element and lipid analyses of sediments*. Journal of Archaeological Science 36: 174-183.

- Holmring, Jacob, 2014, *Rethinking the Iron Age ringforts of Öland – Interpretations and new possibilities*, Stockholm.
- Hunt, A. M. W. & Speakman, R. J. 2015. *Portable XRF analysis of archaeological sediments and ceramics*. Journal of Archaeological Science 53: 626-638.
- Isaksson, S. 2000. *Food and rank in Early Medieval time. Theses and Papers in Scientific Archaeology 3*. Stockholm University. Stockholm.
- Isaksson, S., Wojnar-Johansson, M. & Hjulström, B. 2000. *The Spatial Organisation of Subsistence at an Early Medieval manor: An Application of Soil Chemistry at a Settlement in the Vendel Parish, Uppland, Sweden*. I: S. Isaksson, (red) Food and Rank in Early Medieval Time. ARL, Stockholms Universitet.
- Isaksson, S., Hjulström, B. & Wojnar Johansson, M. 2004. *The analysis of soil organic material and trace metal elements in cultural layers and ceramics*. I: Larsen, J. H. & Rolfsen, P. (red) Halvdanshaugen – arkeologi, historie og naturvitenskap. Universitetets kulturhistoriske museer Skrifter Nr 3. Oslo.
- Isaksson, S. (red) 2008. *Arkeologins laborativa metoder*. Kompendium.
- Isaksson, S. 2009. *Materiallära för arkeologer*. Kompendium.
- Kjellin, J. 2004. *XRF-analys av förorenad mark – undersökning av felkällor och lämplig provbearbetning*. Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet.
- Konrad, V. A., Bonnichsen, R. & Clay, V. 1983. *Soil chemical identification of ten thousand years of prehistoric human activity areas at the Munsungun lake thoroughfare, Maine*. Journal of Archaeological Science, 10: 13-28.
- Middleton, W. D. & Price, T. D. 1996. *Identification of activity areas by multi-element characterization of sediments from modern and archaeological house floors using inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy*. Journal of Archaeological Science 23: 673- 687.
- Middleton, W.D. 2004. *Identifying chemical activity residues on prehistoric house floors: a methodology and rationale for multi-elemental characterization of a mild acid extract of anthropogenic sediments*. Archaeometry 46: 47-65.
- Näsman, U. 1997. *Strategies and tactics in Migration period defence*. I: Nørgård Jørgensen, A. & Clausen, B. L. (red) Military Aspects of Scandinavian Society in a European Perspective AD 1–1300. København: 146–155.
- Näsman, U. 2001. *Tabell över Ölands fornborgar*. I: Aldestam, G. (red) Ölands guldålder. Kalmar: Kalmar Läns Museum/Bildningsförlaget: 93.
- Olausson, M. 2009. *At peace with walls – Fortifications and their significance AD 400 – 1100*. In: L. Holmquist, Olausson & M. Olausson (eds.) The Martial Society: Aspects of warriors, fortifications and social change in Scandinavia. Theses and Papers in Archaeology B:11. Stockholm Universitet.
- Papmehl-Dufay, L., Alfsdotter, C., 2016. *Sandby borg – undersökningar 2014*. Sandby sn, Mörbylånga kommun, Öland. Sandby borgs skrifter 5. Kalmar läns museum.
- Papmehl-Dufay, L. & Victor, H. Manus (2018). *Sandby borg—undersökningar 2016*, Sandby sn, Mörbylånga kommun, Öland. Sandby borgs skrifter 9. Kalmar: Kalmar läns museum.

Parnell, J.J., Terry, R.E. & elson, Z. 2002. *Soil chemical analysis applied as an interpretive tool for ancient human activities in Piedras Negras, Guatemala*. *Journal of Archaeological Science* 29: 379-404.

Pollard, M., Batt, C. Stern, B. & Young, S. M. M. 2007, nytryck 2011. *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge Manuals in Archaeology.

Råhlander, Moa, 2014, *Spår av tillverkningsmetoder i glas: En studie av redskapsspår i glas från Birka*, Kandidatuppsats i Laborativ Arkeologi, Stockholms universitet.

Sjöborg, N. H. 1822. *Samlingar för Nordens fornälskare*. Stockholm. Ett kommenterat urval med inledning av Maj Odelberg utkom 1978, Stockholm: Rediviva.

Stenberger, Mårten, 1933, *Öland under äldre järnåldern*, Stockholm.

Viberg, A., Victor, H., Fischer, S., Lidén, K. & Andrén, A. 2012. *A Room with a View. Archaeological Geophysical Prospection and Excavations at Sandby Ringfort, Öland, Sweden*. I: Viberg, A. Remnant echoes of the Past. Archaeological geophysical prospection i Sweden. Theses and Papers in Scientific Archaeology 13. Stockholms University.

Wegraeus, E. 1976. *The Öland Ring-forts*. I Borg, K., Näsman, U., & Wegraeus, E., (red.) Eketorp. Fortification and Settlement on Öland/Sweden. The Monument. Stockholm: Royal Academy of Letters, History and Antiquities.

Welinder, Stig, Pedersen, Ellen, Anne, Widgren, Mats, 2004, *Jordbrukets första femtusen år. 4000 f. Kr. – 1000 e. Kr.*, Uppsala

Internetkällor

www.sandbyborg.se

8 Bilagor

Bilaga 1 – Resultatdata

Tabell över resultatet från Olympus Delta Premium DP-6000-CC för de olika proverna.
Resultatet visas i ppm (parts per million).

| Reading | X | Y | Mg | Al | Si | P | S | K | Ca |
|---------|-----|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| P2 | 4,5 | 0,5 | 0,833333 | 4,14 | 32,01 | 0,1525 | 0 | 1,373167 | 5,158867 |
| P4 | 2,5 | 0,5 | 0,236667 | 3,406667 | 35,57333 | 0,26 | 0 | 1,217967 | 2,5061 |
| P6 | 0,5 | 0,5 | 0,516667 | 2,95 | 38,11333 | 0,118533 | 0 | 1,154 | 1,161867 |
| P9 | 3,5 | 1,5 | 0,763333 | 4,83 | 24,99667 | 0,290567 | 0,0559 | 1,6225 | 6,288333 |
| P11 | 1,5 | 1,5 | 0,916667 | 4,726667 | 27,07333 | 0,390233 | 0,059833 | 1,393767 | 4,6329 |
| P14 | 4,5 | 2,5 | 0,756667 | 3,723333 | 35,77667 | 0,174733 | 0 | 1,349933 | 1,667 |
| P16 | 2,5 | 2,5 | 0,896667 | 4,643333 | 24,32667 | 0,449433 | 0,1353 | 1,381733 | 4,466967 |
| P18 | 0,5 | 2,5 | 0,56 | 3,11 | 36,35667 | 0,151467 | 0 | 1,139367 | 1,628233 |
| P21 | 3,5 | 3,5 | 0,95 | 5,403333 | 26,11667 | 0,3465 | 0,051067 | 1,952733 | 4,129067 |
| P23 | 1,5 | 3,5 | 0,283333 | 3,026667 | 38,71333 | 0,193767 | 0 | 1,175067 | 1,3431 |
| P26 | 4,5 | 4,5 | 0,853333 | 4,993333 | 24,96333 | 0,384467 | 0,1073 | 1,7846 | 4,109267 |
| P28 | 2,5 | 4,5 | 0,51 | 3,77 | 31,90667 | 0,351667 | 0,0489 | 1,401633 | 2,746333 |
| P30 | 0,5 | 4,5 | 0,716667 | 3,283333 | 39,60667 | 0,082333 | 0 | 1,2727 | 0,944433 |
| P33 | 3,5 | 5,5 | 0 | 3,463333 | 33,74333 | 0,183267 | 0 | 1,5253 | 2,230533 |
| P35 | 1,5 | 5,5 | 0,48 | 4,3 | 31,96667 | 0,293333 | 0,0711 | 1,4408 | 2,6721 |
| P38 | 4,5 | 6,5 | 0,46 | 3,473333 | 35,82667 | 0,1537 | 0 | 1,2726 | 2,744733 |
| P40 | 2,5 | 6,5 | 0,903333 | 4,186667 | 24,47 | 0,768167 | 0,2012 | 1,262233 | 5,034033 |
| P42 | 0,5 | 6,5 | 0,666667 | 3,953333 | 34,65333 | 0,152233 | 0 | 1,238867 | 2,105533 |
| P45 | 3,5 | 7,5 | 0,646667 | 3,653333 | 37,26333 | 0,0593 | 0 | 1,362167 | 1,495233 |
| P47 | 1,5 | 7,5 | 0,776667 | 3,733333 | 35,99333 | 0,180933 | 0 | 1,3727 | 1,623333 |
| P50 | 4,5 | 8,5 | 0,616667 | 3,88 | 32,49333 | 0,213833 | 0,044533 | 1,260233 | 3,628367 |
| P52 | 2,5 | 8,5 | 0,766667 | 4,24 | 27,01 | 0,506233 | 0,1558 | 1,4023 | 4,574567 |
| P54 | 0,5 | 8,5 | 0,81 | 4,353333 | 27,35 | 0,156333 | 0,0231 | 1,2435 | 7,8282 |
| P57 | 3,5 | 9,5 | 0,636667 | 3,433333 | 38,09333 | 0,110767 | 0 | 1,259533 | 1,1401 |
| P59 | 1,5 | 9,5 | 0,416667 | 3,28 | 38,93667 | 0,1785 | 0 | 1,026267 | 1,2551 |
| P62 | 4,5 | 10,5 | 0,873333 | 3,01 | 39,85667 | 0,0839 | 0 | 1,056233 | 0,9804 |
| P64 | 2,5 | 10,5 | 0,79 | 4,08 | 21,86 | 0,4113 | 0,231833 | 1,2385 | 6,100433 |
| P66 | 0,5 | 10,5 | 0,706667 | 3,07 | 37,24 | 0,076033 | 0 | 1,141067 | 2,313767 |
| P69 | 3,5 | 11,5 | 0,23 | 3,146667 | 37,78333 | 0,201533 | 0 | 1,327 | 1,163767 |
| P71 | 1,5 | 11,5 | 0,79 | 3,763333 | 32,36 | 0,261667 | 0,083333 | 1,298167 | 2,934467 |
| P76 | 2,5 | 12,5 | 0,93 | 4,486667 | 23,74667 | 0,353067 | 0,165733 | 1,4034 | 5,916667 |
| P87 | 6,5 | 5,5 | 0,503333 | 4,436667 | 20,71333 | 0,514833 | 0,1175 | 1,4942 | 9,072833 |
| P89 | 6,5 | 3,5 | 0,65 | 3,88 | 23,83 | 0,3858 | 0,0223 | 1,506133 | 9,883833 |
| P91 | 6,5 | 0,5 | 0,553333 | 3,276667 | 21,59667 | 0,318333 | 0 | 1,165433 | 19,07333 |

| Reading | X | Y | Mg | Al | Si | P | S | K | Ca |
|---------|-----|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| P2 | 4,5 | 0,5 | 0,833333 | 4,14 | 32,01 | 0,1525 | 0 | 1,373167 | 5,158867 |
| P4 | 2,5 | 0,5 | 0,236667 | 3,406667 | 35,57333 | 0,26 | 0 | 1,217967 | 2,5061 |
| P6 | 0,5 | 0,5 | 0,516667 | 2,95 | 38,11333 | 0,118533 | 0 | 1,154 | 1,161867 |
| P9 | 3,5 | 1,5 | 0,763333 | 4,83 | 24,99667 | 0,290567 | 0,0559 | 1,6225 | 6,288333 |
| P11 | 1,5 | 1,5 | 0,916667 | 4,726667 | 27,07333 | 0,390233 | 0,059833 | 1,393767 | 4,6329 |
| P14 | 4,5 | 2,5 | 0,756667 | 3,723333 | 35,77667 | 0,174733 | 0 | 1,349933 | 1,667 |
| P16 | 2,5 | 2,5 | 0,896667 | 4,643333 | 24,32667 | 0,449433 | 0,1353 | 1,381733 | 4,466967 |
| P18 | 0,5 | 2,5 | 0,56 | 3,11 | 36,35667 | 0,151467 | 0 | 1,139367 | 1,628233 |
| P21 | 3,5 | 3,5 | 0,95 | 5,403333 | 26,11667 | 0,3465 | 0,051067 | 1,952733 | 4,129067 |
| P23 | 1,5 | 3,5 | 0,283333 | 3,026667 | 38,71333 | 0,193767 | 0 | 1,175067 | 1,3431 |
| P26 | 4,5 | 4,5 | 0,853333 | 4,993333 | 24,96333 | 0,384467 | 0,1073 | 1,7846 | 4,109267 |
| P28 | 2,5 | 4,5 | 0,51 | 3,77 | 31,90667 | 0,351667 | 0,0489 | 1,401633 | 2,746333 |
| P30 | 0,5 | 4,5 | 0,716667 | 3,283333 | 39,60667 | 0,082333 | 0 | 1,2727 | 0,944433 |
| P33 | 3,5 | 5,5 | 0 | 3,463333 | 33,74333 | 0,183267 | 0 | 1,5253 | 2,230533 |
| P35 | 1,5 | 5,5 | 0,48 | 4,3 | 31,96667 | 0,293333 | 0,0711 | 1,4408 | 2,6721 |
| P38 | 4,5 | 6,5 | 0,46 | 3,473333 | 35,82667 | 0,1537 | 0 | 1,2726 | 2,744733 |
| P40 | 2,5 | 6,5 | 0,903333 | 4,186667 | 24,47 | 0,768167 | 0,2012 | 1,262233 | 5,034033 |
| P42 | 0,5 | 6,5 | 0,666667 | 3,953333 | 34,65333 | 0,152233 | 0 | 1,238867 | 2,105533 |
| P45 | 3,5 | 7,5 | 0,646667 | 3,653333 | 37,26333 | 0,0593 | 0 | 1,362167 | 1,495233 |
| P47 | 1,5 | 7,5 | 0,776667 | 3,733333 | 35,99333 | 0,180933 | 0 | 1,3727 | 1,623333 |
| P50 | 4,5 | 8,5 | 0,616667 | 3,88 | 32,49333 | 0,213833 | 0,044533 | 1,260233 | 3,628367 |
| P52 | 2,5 | 8,5 | 0,766667 | 4,24 | 27,01 | 0,506233 | 0,1558 | 1,4023 | 4,574567 |
| P54 | 0,5 | 8,5 | 0,81 | 4,353333 | 27,35 | 0,156333 | 0,0231 | 1,2435 | 7,8282 |
| P57 | 3,5 | 9,5 | 0,636667 | 3,433333 | 38,09333 | 0,110767 | 0 | 1,259533 | 1,1401 |
| P59 | 1,5 | 9,5 | 0,416667 | 3,28 | 38,93667 | 0,1785 | 0 | 1,026267 | 1,2551 |
| P62 | 4,5 | 10,5 | 0,873333 | 3,01 | 39,85667 | 0,0839 | 0 | 1,056233 | 0,9804 |
| P64 | 2,5 | 10,5 | 0,79 | 4,08 | 21,86 | 0,4113 | 0,231833 | 1,2385 | 6,100433 |
| P66 | 0,5 | 10,5 | 0,706667 | 3,07 | 37,24 | 0,076033 | 0 | 1,141067 | 2,313767 |
| P69 | 3,5 | 11,5 | 0,23 | 3,146667 | 37,78333 | 0,201533 | 0 | 1,327 | 1,163767 |
| P71 | 1,5 | 11,5 | 0,79 | 3,763333 | 32,36 | 0,261667 | 0,083333 | 1,298167 | 2,934467 |
| P76 | 2,5 | 12,5 | 0,93 | 4,486667 | 23,74667 | 0,353067 | 0,165733 | 1,4034 | 5,916667 |
| P87 | 6,5 | 5,5 | 0,503333 | 4,436667 | 20,71333 | 0,514833 | 0,1175 | 1,4942 | 9,072833 |
| P89 | 6,5 | 3,5 | 0,65 | 3,88 | 23,83 | 0,3858 | 0,0223 | 1,506133 | 9,883833 |
| P91 | 6,5 | 0,5 | 0,553333 | 3,276667 | 21,59667 | 0,318333 | 0 | 1,165433 | 19,07333 |

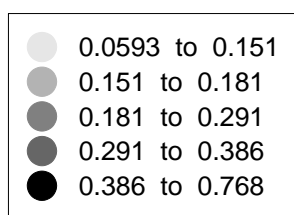
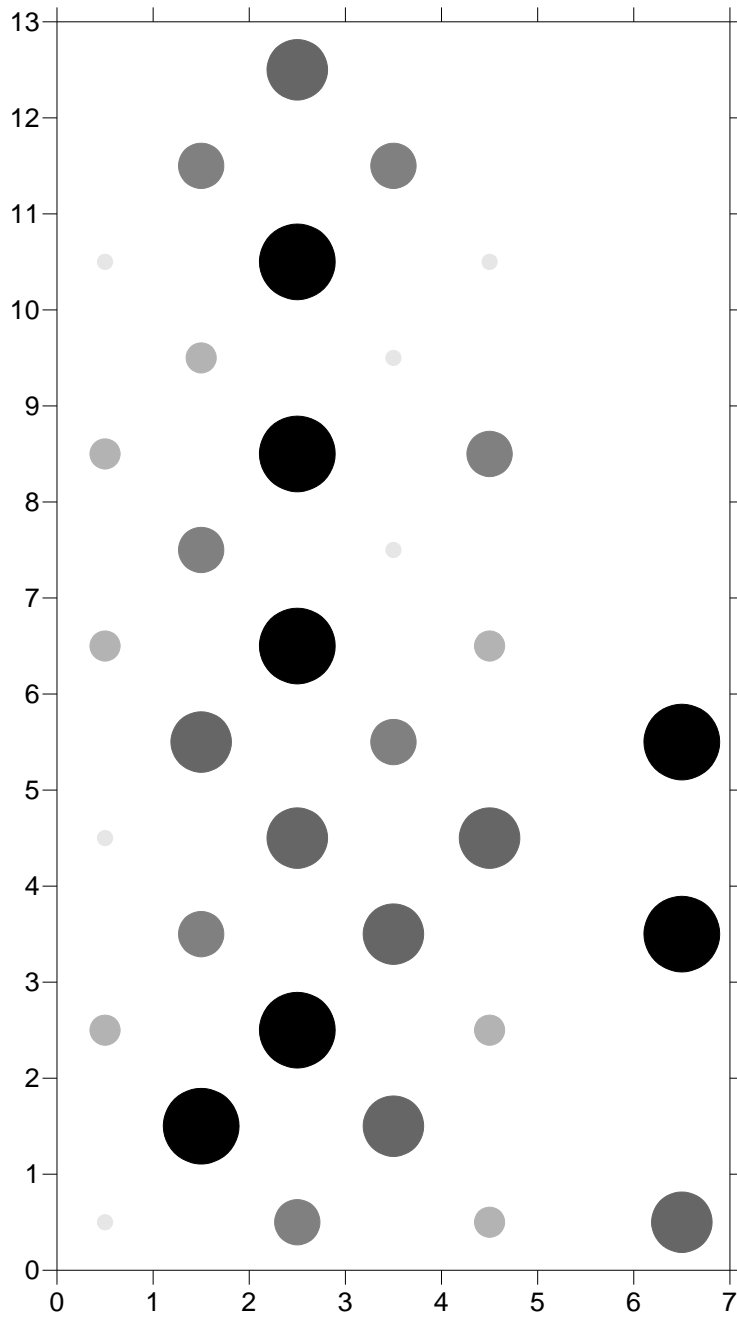
| Reading | X | Y | Mg | Al | Si | P | S | K | Ca |
|---------|-----|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| P2 | 4,5 | 0,5 | 0,833333 | 4,14 | 32,01 | 0,1525 | 0 | 1,373167 | 5,158867 |
| P4 | 2,5 | 0,5 | 0,236667 | 3,406667 | 35,57333 | 0,26 | 0 | 1,217967 | 2,5061 |
| P6 | 0,5 | 0,5 | 0,516667 | 2,95 | 38,11333 | 0,118533 | 0 | 1,154 | 1,161867 |
| P9 | 3,5 | 1,5 | 0,763333 | 4,83 | 24,99667 | 0,290567 | 0,0559 | 1,6225 | 6,288333 |
| P11 | 1,5 | 1,5 | 0,916667 | 4,726667 | 27,07333 | 0,390233 | 0,059833 | 1,393767 | 4,6329 |
| P14 | 4,5 | 2,5 | 0,756667 | 3,723333 | 35,77667 | 0,174733 | 0 | 1,349933 | 1,667 |
| P16 | 2,5 | 2,5 | 0,896667 | 4,643333 | 24,32667 | 0,449433 | 0,1353 | 1,381733 | 4,466967 |
| P18 | 0,5 | 2,5 | 0,56 | 3,11 | 36,35667 | 0,151467 | 0 | 1,139367 | 1,628233 |
| P21 | 3,5 | 3,5 | 0,95 | 5,403333 | 26,11667 | 0,3465 | 0,051067 | 1,952733 | 4,129067 |
| P23 | 1,5 | 3,5 | 0,283333 | 3,026667 | 38,71333 | 0,193767 | 0 | 1,175067 | 1,3431 |
| P26 | 4,5 | 4,5 | 0,853333 | 4,993333 | 24,96333 | 0,384467 | 0,1073 | 1,7846 | 4,109267 |
| P28 | 2,5 | 4,5 | 0,51 | 3,77 | 31,90667 | 0,351667 | 0,0489 | 1,401633 | 2,746333 |
| P30 | 0,5 | 4,5 | 0,716667 | 3,283333 | 39,60667 | 0,082333 | 0 | 1,2727 | 0,944433 |
| P33 | 3,5 | 5,5 | 0 | 3,463333 | 33,74333 | 0,183267 | 0 | 1,5253 | 2,230533 |
| P35 | 1,5 | 5,5 | 0,48 | 4,3 | 31,96667 | 0,293333 | 0,0711 | 1,4408 | 2,6721 |
| P38 | 4,5 | 6,5 | 0,46 | 3,473333 | 35,82667 | 0,1537 | 0 | 1,2726 | 2,744733 |
| P40 | 2,5 | 6,5 | 0,903333 | 4,186667 | 24,47 | 0,768167 | 0,2012 | 1,262233 | 5,034033 |
| P42 | 0,5 | 6,5 | 0,666667 | 3,953333 | 34,65333 | 0,152233 | 0 | 1,238867 | 2,105533 |
| P45 | 3,5 | 7,5 | 0,646667 | 3,653333 | 37,26333 | 0,0593 | 0 | 1,362167 | 1,495233 |
| P47 | 1,5 | 7,5 | 0,776667 | 3,733333 | 35,99333 | 0,180933 | 0 | 1,3727 | 1,623333 |
| P50 | 4,5 | 8,5 | 0,616667 | 3,88 | 32,49333 | 0,213833 | 0,044533 | 1,260233 | 3,628367 |
| P52 | 2,5 | 8,5 | 0,766667 | 4,24 | 27,01 | 0,506233 | 0,1558 | 1,4023 | 4,574567 |
| P54 | 0,5 | 8,5 | 0,81 | 4,353333 | 27,35 | 0,156333 | 0,0231 | 1,2435 | 7,8282 |
| P57 | 3,5 | 9,5 | 0,636667 | 3,433333 | 38,09333 | 0,110767 | 0 | 1,259533 | 1,1401 |
| P59 | 1,5 | 9,5 | 0,416667 | 3,28 | 38,93667 | 0,1785 | 0 | 1,026267 | 1,2551 |
| P62 | 4,5 | 10,5 | 0,873333 | 3,01 | 39,85667 | 0,0839 | 0 | 1,056233 | 0,9804 |
| P64 | 2,5 | 10,5 | 0,79 | 4,08 | 21,86 | 0,4113 | 0,231833 | 1,2385 | 6,100433 |
| P66 | 0,5 | 10,5 | 0,706667 | 3,07 | 37,24 | 0,076033 | 0 | 1,141067 | 2,313767 |
| P69 | 3,5 | 11,5 | 0,23 | 3,146667 | 37,78333 | 0,201533 | 0 | 1,327 | 1,163767 |
| P71 | 1,5 | 11,5 | 0,79 | 3,763333 | 32,36 | 0,261667 | 0,083333 | 1,298167 | 2,934467 |
| P76 | 2,5 | 12,5 | 0,93 | 4,486667 | 23,74667 | 0,353067 | 0,165733 | 1,4034 | 5,916667 |
| P87 | 6,5 | 5,5 | 0,503333 | 4,436667 | 20,71333 | 0,514833 | 0,1175 | 1,4942 | 9,072833 |
| P89 | 6,5 | 3,5 | 0,65 | 3,88 | 23,83 | 0,3858 | 0,0223 | 1,506133 | 9,883833 |
| P91 | 6,5 | 0,5 | 0,553333 | 3,276667 | 21,59667 | 0,318333 | 0 | 1,165433 | 19,07333 |

| Reading | X | Y | Mg | Al | Si | P | S | K | Ca |
|---------|-----|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| P2 | 4,5 | 0,5 | 0,833333 | 4,14 | 32,01 | 0,1525 | 0 | 1,373167 | 5,158867 |
| P4 | 2,5 | 0,5 | 0,236667 | 3,406667 | 35,57333 | 0,26 | 0 | 1,217967 | 2,5061 |
| P6 | 0,5 | 0,5 | 0,516667 | 2,95 | 38,11333 | 0,118533 | 0 | 1,154 | 1,161867 |
| P9 | 3,5 | 1,5 | 0,763333 | 4,83 | 24,99667 | 0,290567 | 0,0559 | 1,6225 | 6,288333 |
| P11 | 1,5 | 1,5 | 0,916667 | 4,726667 | 27,07333 | 0,390233 | 0,059833 | 1,393767 | 4,6329 |
| P14 | 4,5 | 2,5 | 0,756667 | 3,723333 | 35,77667 | 0,174733 | 0 | 1,349933 | 1,667 |
| P16 | 2,5 | 2,5 | 0,896667 | 4,643333 | 24,32667 | 0,449433 | 0,1353 | 1,381733 | 4,466967 |
| P18 | 0,5 | 2,5 | 0,56 | 3,11 | 36,35667 | 0,151467 | 0 | 1,139367 | 1,628233 |
| P21 | 3,5 | 3,5 | 0,95 | 5,403333 | 26,11667 | 0,3465 | 0,051067 | 1,952733 | 4,129067 |
| P23 | 1,5 | 3,5 | 0,283333 | 3,026667 | 38,71333 | 0,193767 | 0 | 1,175067 | 1,3431 |
| P26 | 4,5 | 4,5 | 0,853333 | 4,993333 | 24,96333 | 0,384467 | 0,1073 | 1,7846 | 4,109267 |
| P28 | 2,5 | 4,5 | 0,51 | 3,77 | 31,90667 | 0,351667 | 0,0489 | 1,401633 | 2,746333 |
| P30 | 0,5 | 4,5 | 0,716667 | 3,283333 | 39,60667 | 0,082333 | 0 | 1,2727 | 0,944433 |
| P33 | 3,5 | 5,5 | 0 | 3,463333 | 33,74333 | 0,183267 | 0 | 1,5253 | 2,230533 |
| P35 | 1,5 | 5,5 | 0,48 | 4,3 | 31,96667 | 0,293333 | 0,0711 | 1,4408 | 2,6721 |
| P38 | 4,5 | 6,5 | 0,46 | 3,473333 | 35,82667 | 0,1537 | 0 | 1,2726 | 2,744733 |
| P40 | 2,5 | 6,5 | 0,903333 | 4,186667 | 24,47 | 0,768167 | 0,2012 | 1,262233 | 5,034033 |
| P42 | 0,5 | 6,5 | 0,666667 | 3,953333 | 34,65333 | 0,152233 | 0 | 1,238867 | 2,105533 |
| P45 | 3,5 | 7,5 | 0,646667 | 3,653333 | 37,26333 | 0,0593 | 0 | 1,362167 | 1,495233 |
| P47 | 1,5 | 7,5 | 0,776667 | 3,733333 | 35,99333 | 0,180933 | 0 | 1,3727 | 1,623333 |
| P50 | 4,5 | 8,5 | 0,616667 | 3,88 | 32,49333 | 0,213833 | 0,044533 | 1,260233 | 3,628367 |
| P52 | 2,5 | 8,5 | 0,766667 | 4,24 | 27,01 | 0,506233 | 0,1558 | 1,4023 | 4,574567 |
| P54 | 0,5 | 8,5 | 0,81 | 4,353333 | 27,35 | 0,156333 | 0,0231 | 1,2435 | 7,8282 |
| P57 | 3,5 | 9,5 | 0,636667 | 3,433333 | 38,09333 | 0,110767 | 0 | 1,259533 | 1,1401 |
| P59 | 1,5 | 9,5 | 0,416667 | 3,28 | 38,93667 | 0,1785 | 0 | 1,026267 | 1,2551 |
| P62 | 4,5 | 10,5 | 0,873333 | 3,01 | 39,85667 | 0,0839 | 0 | 1,056233 | 0,9804 |
| P64 | 2,5 | 10,5 | 0,79 | 4,08 | 21,86 | 0,4113 | 0,231833 | 1,2385 | 6,100433 |
| P66 | 0,5 | 10,5 | 0,706667 | 3,07 | 37,24 | 0,076033 | 0 | 1,141067 | 2,313767 |
| P69 | 3,5 | 11,5 | 0,23 | 3,146667 | 37,78333 | 0,201533 | 0 | 1,327 | 1,163767 |
| P71 | 1,5 | 11,5 | 0,79 | 3,763333 | 32,36 | 0,261667 | 0,083333 | 1,298167 | 2,934467 |
| P76 | 2,5 | 12,5 | 0,93 | 4,486667 | 23,74667 | 0,353067 | 0,165733 | 1,4034 | 5,916667 |
| P87 | 6,5 | 5,5 | 0,503333 | 4,436667 | 20,71333 | 0,514833 | 0,1175 | 1,4942 | 9,072833 |
| P89 | 6,5 | 3,5 | 0,65 | 3,88 | 23,83 | 0,3858 | 0,0223 | 1,506133 | 9,883833 |
| P91 | 6,5 | 0,5 | 0,553333 | 3,276667 | 21,59667 | 0,318333 | 0 | 1,165433 | 19,07333 |

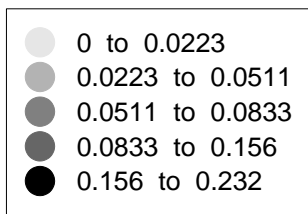
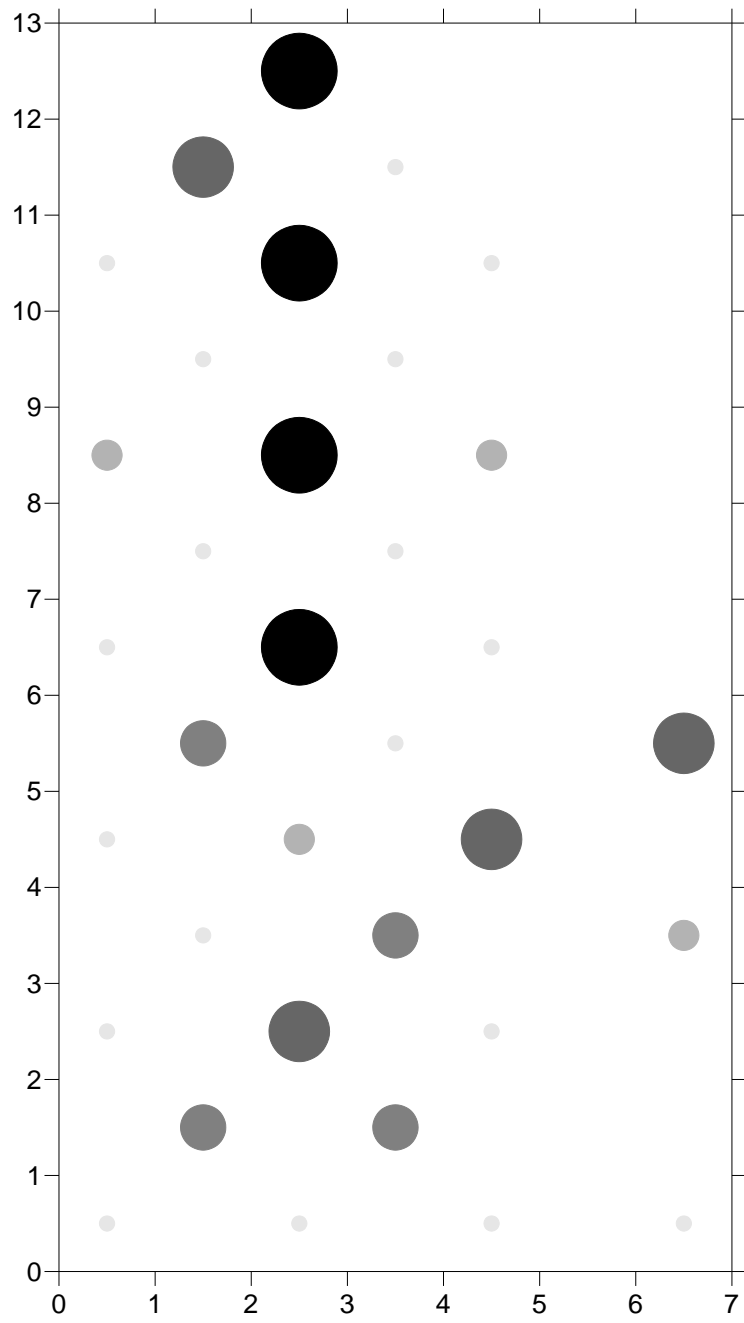
Bilaga 2 – Diagram över fördelningen av P, S, K, Ca, Mn, Fe, Cu och Zn

Måttenheten som används är ppm (parts per million). Storlek och mörkare färg motsvarar högre mätvärden.

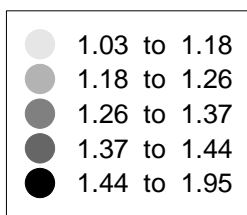
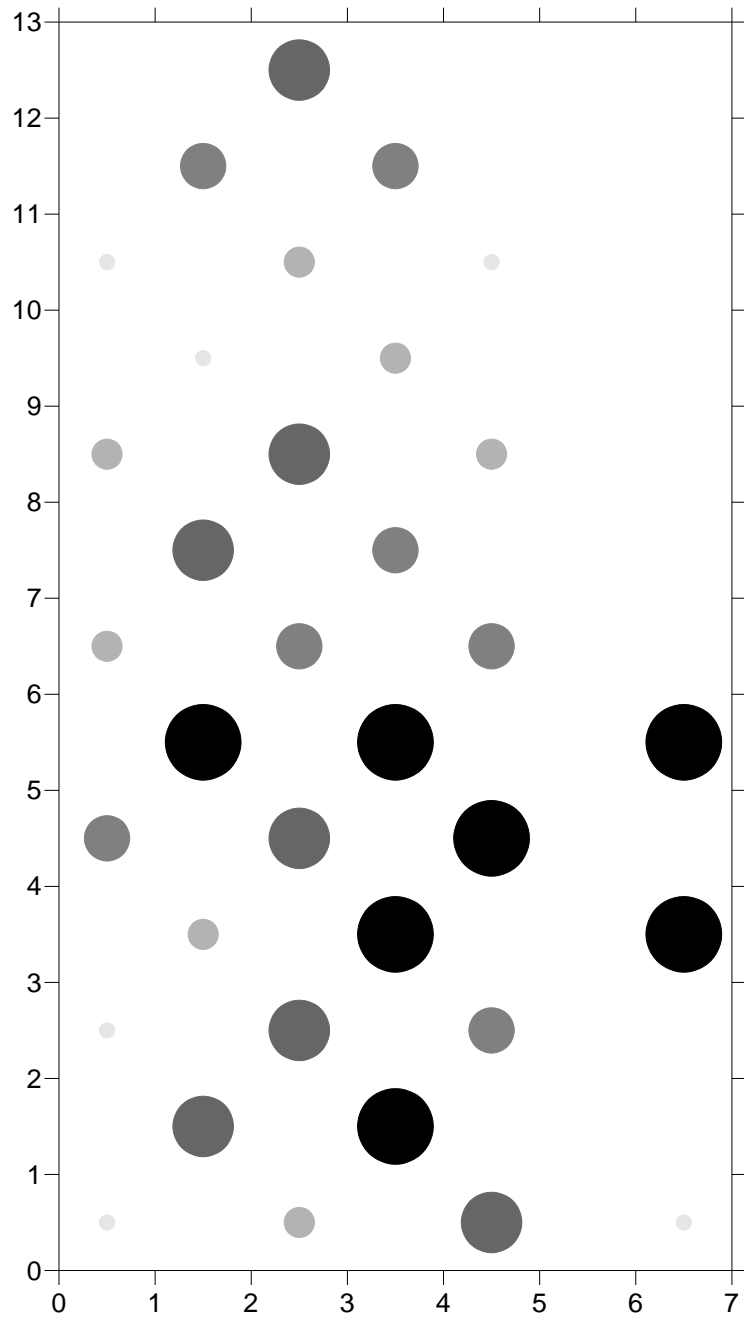
P – Fosfor



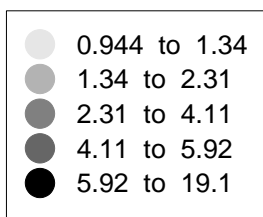
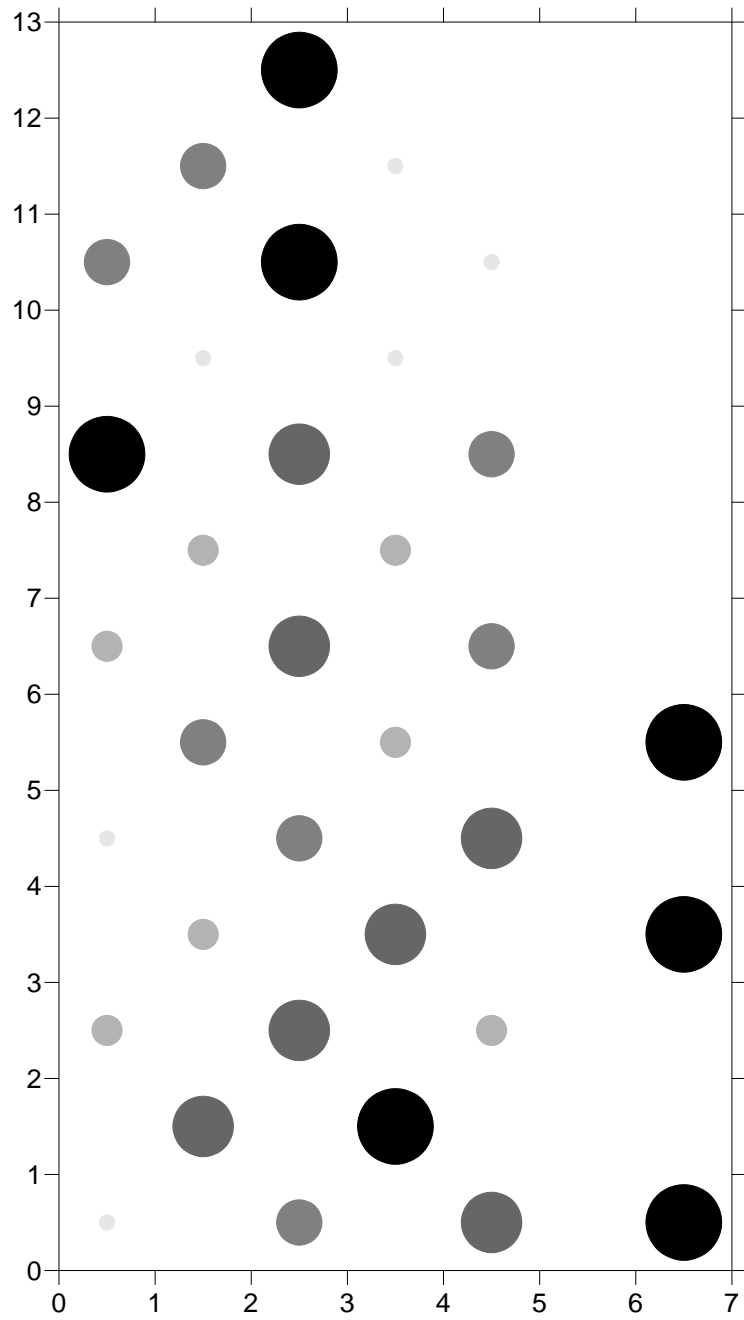
S – Svavel



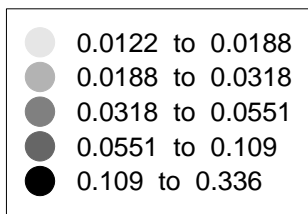
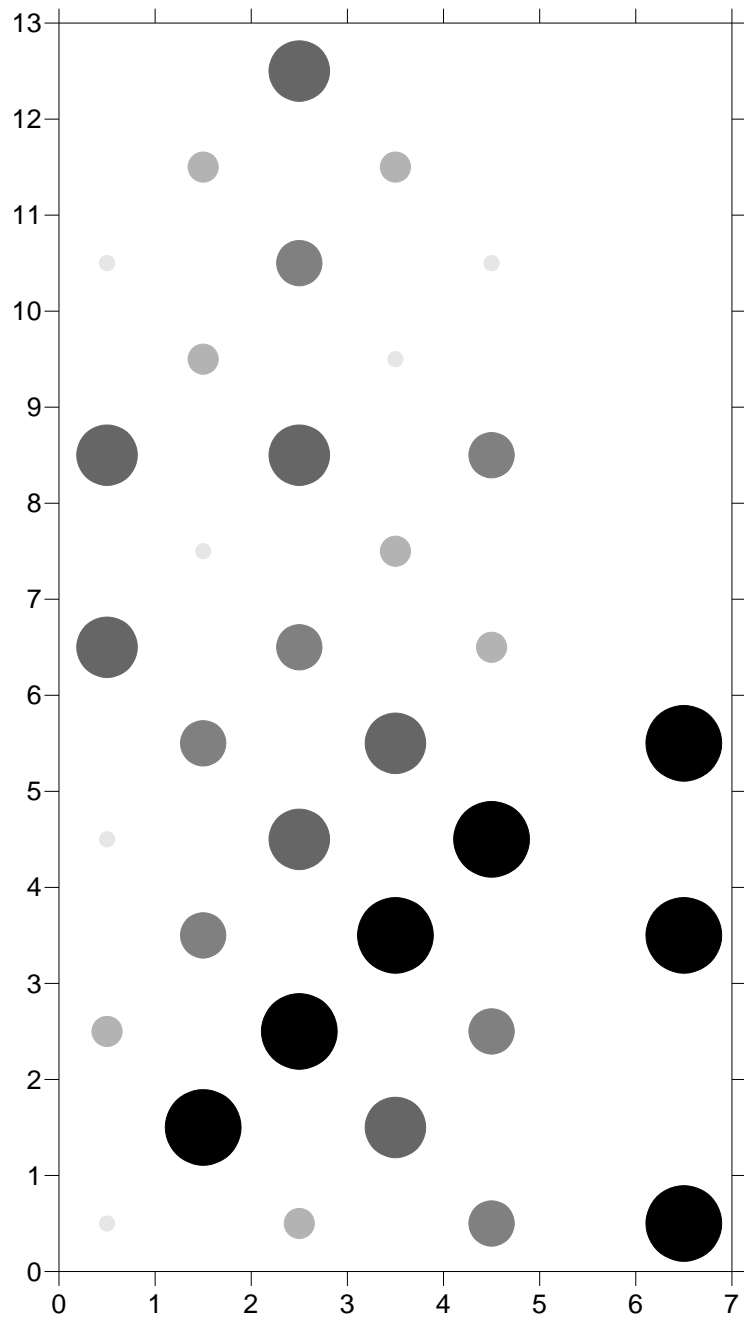
K – Kalium



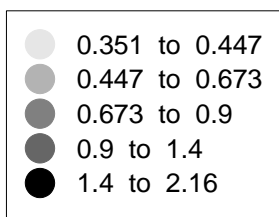
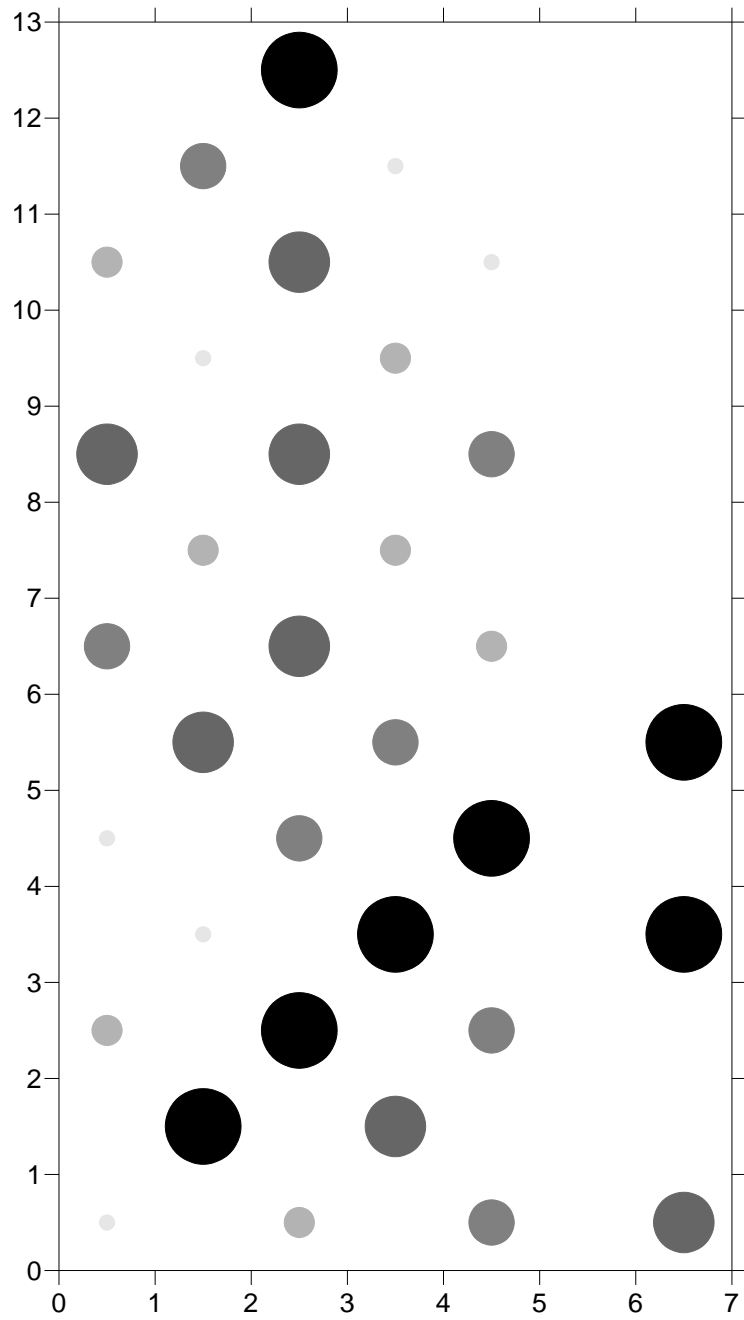
Ca – Kalcium



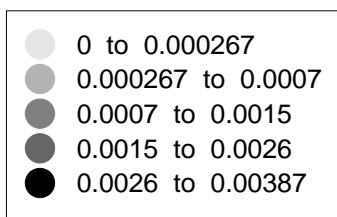
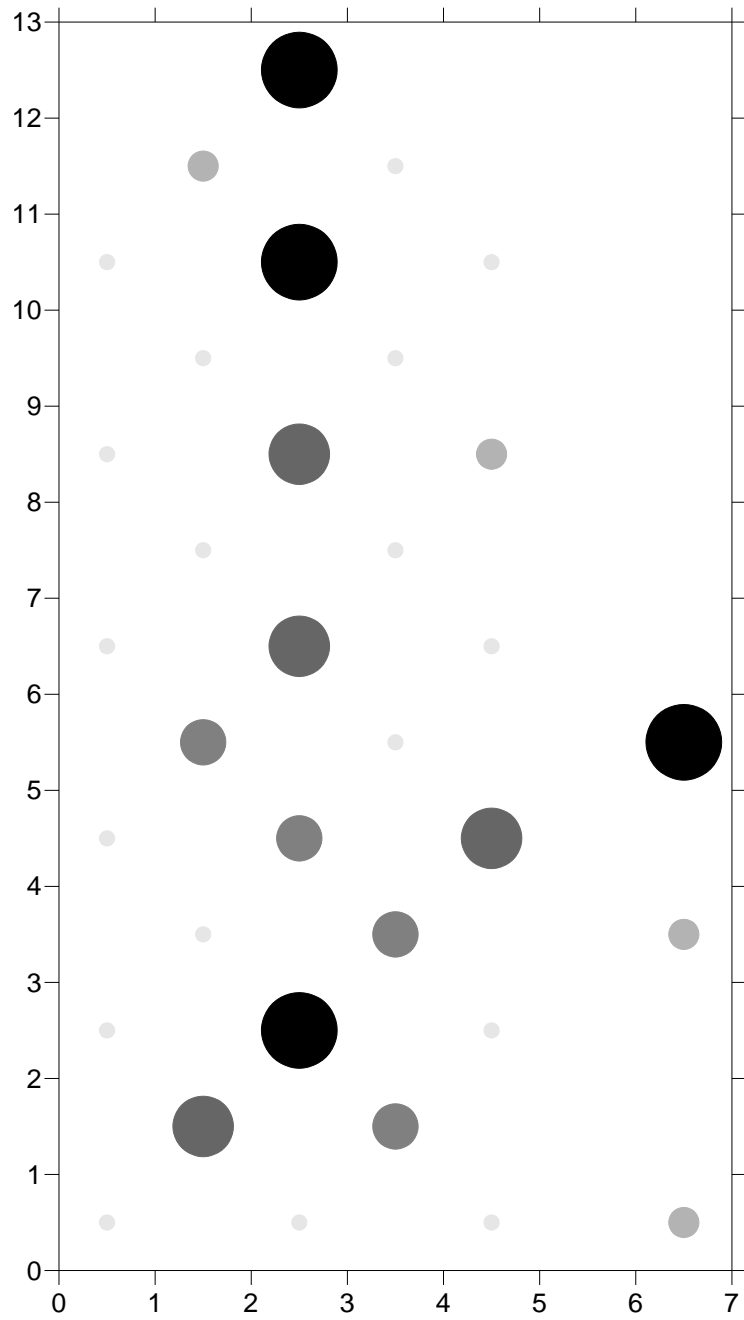
Mn - Mangan



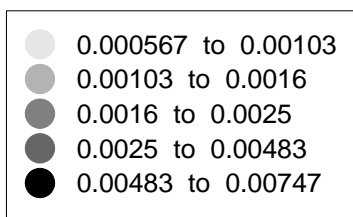
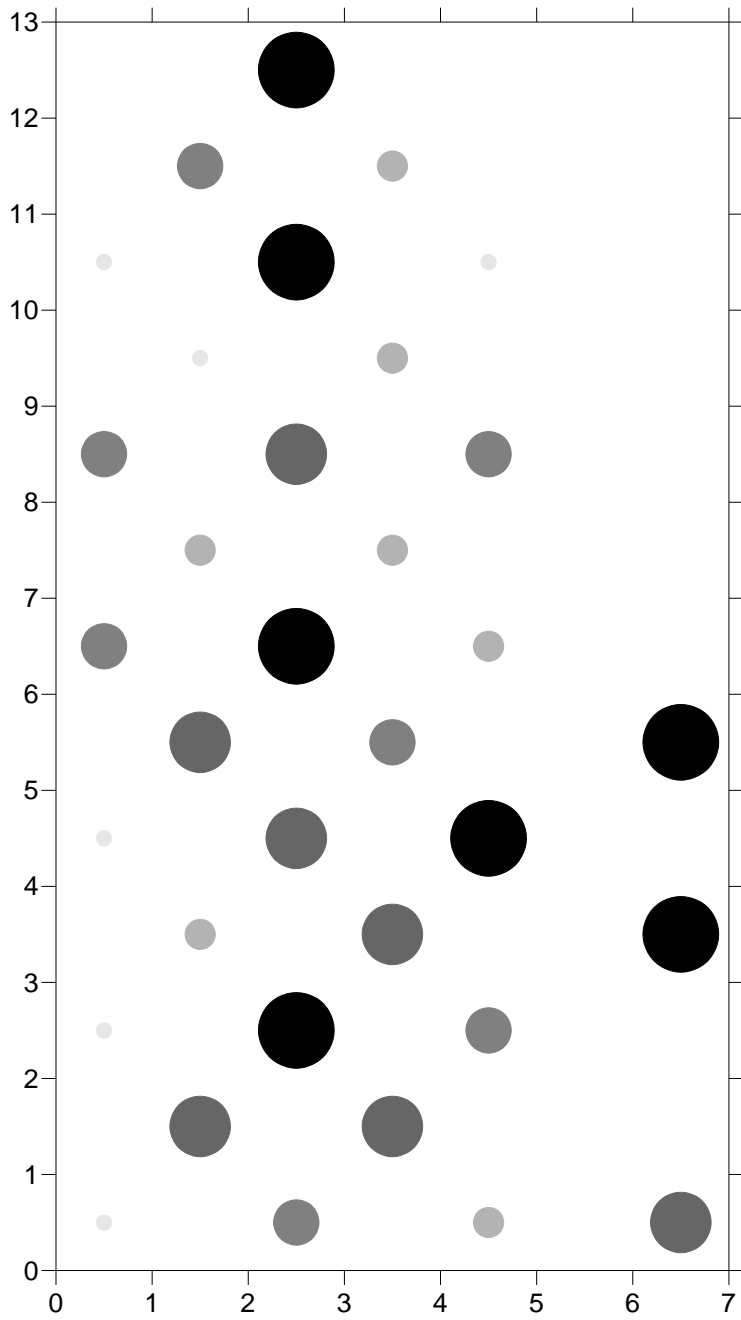
Fe – Järn



Cu – Koppar



Zn – Zink



Bilaga 3 – Resultat av faktoranalys

Faktoranalys av hus 4. De markerade värdena är de med värden över >0,7 och kan anses stå för 86 % av variansen.

Factor Loadings (Varimax normalized), SandbyborgH4

Extraction: Principal components, Marked loadings are >,700000

| | Factor 1 | Factor 2 | Factor 3 | Factor 4 |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Mg | 0,324544 | -0,51575 | 0,509239 | 0,083583 |
| Al | 0,410826 | -0,0119 | 0,828503 | 0,144665 |
| Si | -0,64063 | -0,08091 | -0,41871 | -0,60212 |
| P | 0,801988 | 0,0017 | 0,242928 | 0,312058 |
| S | 0,954277 | -0,07235 | 0,209703 | 0,027637 |
| K | 0,120086 | 0,366627 | 0,796858 | 0,038831 |
| Ca | 0,231966 | 0,04142 | 0,045157 | 0,943958 |
| Ti | 0,556915 | 0,136086 | 0,685831 | 0,358176 |
| V | 0,262337 | -0,1055 | 0,7971 | 0,003906 |
| Mn | 0,193108 | 0,343404 | 0,57179 | 0,554753 |
| Fe | 0,507845 | 0,2038 | 0,726897 | 0,386453 |
| Ni | 0,4394 | -0,00024 | 0,703864 | 0,475134 |
| Cu | 0,887975 | 0,000832 | 0,332104 | 0,125297 |
| Zn | 0,747769 | 0,13344 | 0,416963 | 0,437043 |
| As | 0,273945 | 0,271351 | 0,750051 | 0,293782 |
| Rb | 0,528588 | 0,309482 | 0,679449 | 0,315336 |
| Sr | 0,133191 | 0,431165 | 0,237134 | 0,675427 |
| Y | 0,578871 | 0,255655 | 0,618944 | 0,376383 |
| Zr | 0,683337 | 0,248392 | 0,511946 | 0,168948 |
| Nb | 0,552593 | 0,632742 | 0,303807 | 0,162957 |
| Ta | 0,427235 | 0,453523 | 0,661582 | 0,308085 |
| Pb | 0,651578 | 0,374599 | 0,4467 | 0,363352 |
| Th | -0,00659 | 0,858624 | 0,159719 | 0,205109 |
| Expl.Var | 6,60819 | 2,586949 | 7,082387 | 3,506755 |
| Prp.Totl | 0,287313 | 0,112476 | 0,30793 | 0,152468 |

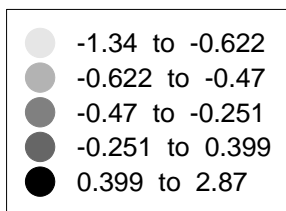
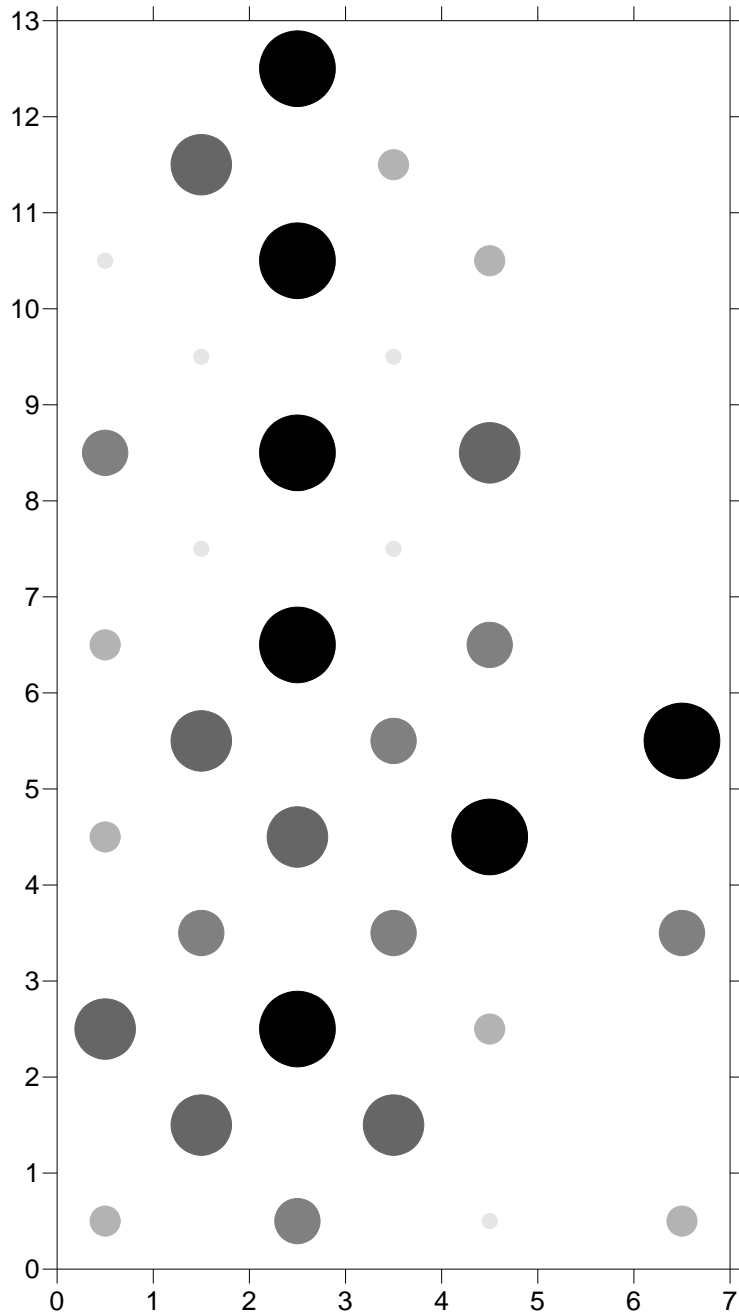
Eigenvalus, SandbyborgH4, Extraction: Principal components.

| | Eigenvalue | % Total variance | Cumulative Eigenvalue | Cumulative % |
|---|------------|---------------------|--------------------------|-----------------|
| 1 | 14,91696 | 64,85635 | 14,91696 | 64,85635 |
| 2 | 2,197135 | 9,552759 | 17,11409 | 74,40911 |
| 3 | 1,552107 | 6,74829 | 18,6662 | 81,1574 |
| 4 | 1,11808 | 4,861216 | 19,78428 | 86,01861 |

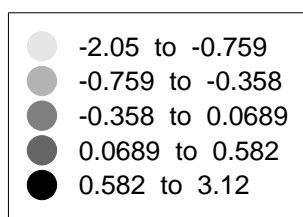
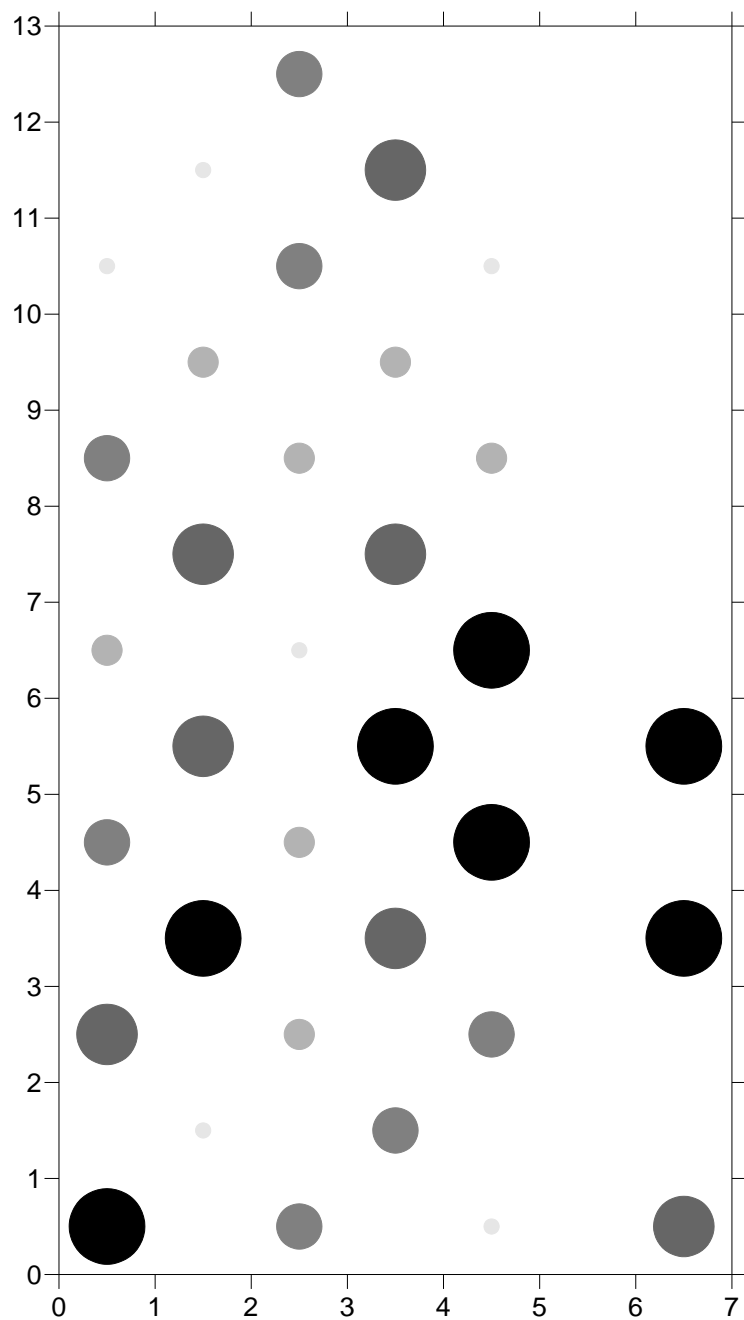
Bilaga 4 – Diagram över faktor 1, faktor 2, faktor 3 och faktor 4

Måttenheten som används är ppm (parts per million). Storlek och mörkare färg motsvarar högre mätvärden.

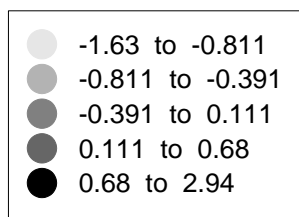
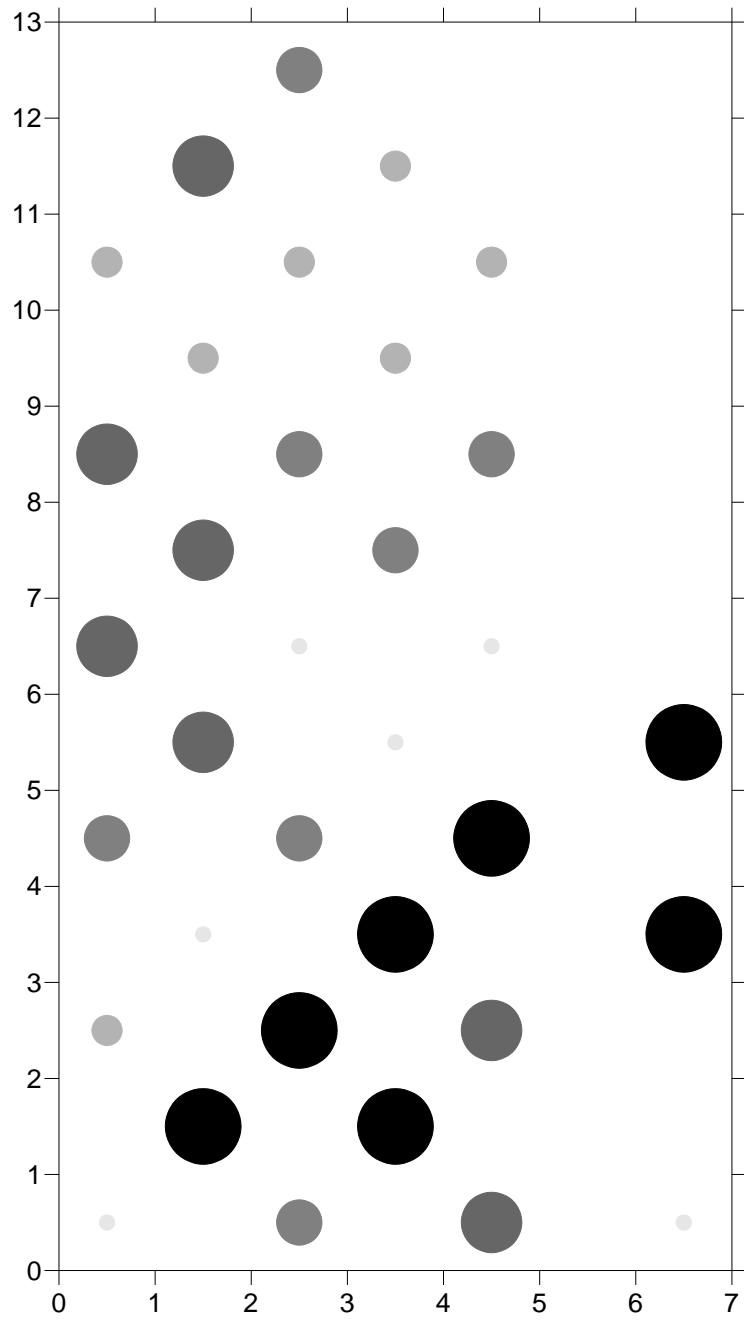
Faktor 1: P (fosfor), S (svavel), Cu (koppar) och Zn (zink)



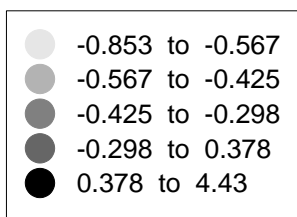
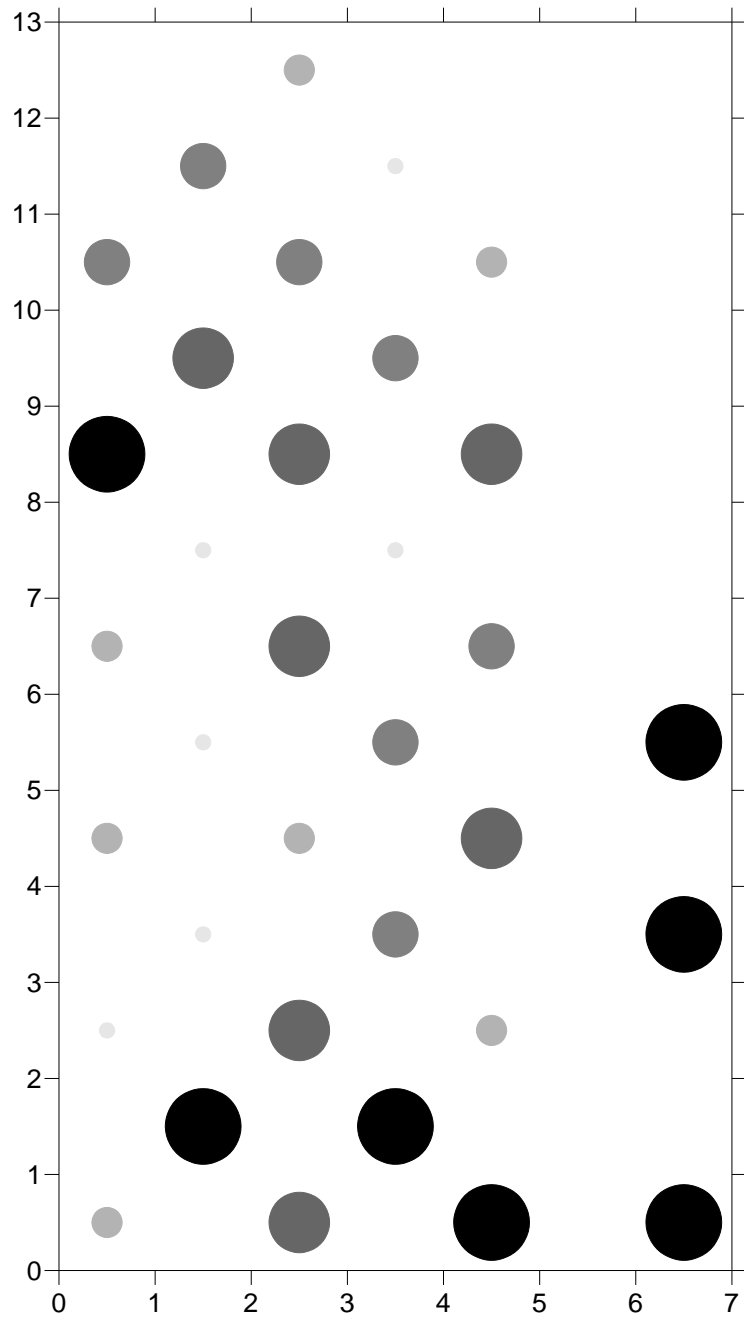
Faktor 2 – Th (torium)



Faktor 3 – Al (aluminium), K (kalium), Fe (järn), Ni (nickel) och Ar (arsenik)



F4 – Ca (Kalcium)





Stockholms
universitet