

September 2021

# Förekommer emissioner i golvsystem med modern tät betong?



**BYGGFÖRETAGEN**  
➤ Produktionsplanering betong



## Förekommer emissioner i golvsystem med modern tät betong?

*Det beror på var man mäter! Mätt på ytskiktets ovansida fungerar modern tät betong utmärkt så länge den kombineras med ett lager av väl uttorkad avjämning. På undersidan samlas det med tiden rikligt med emissioner, trots ett klart godkänt fuktillstånd i golvet. Det finns anledning att misstänka att det även tidigare bildades emissioner vid godkända fuktillstånd men att de fördelade sig annorlunda i golvsystemet och att en striktare syn på fukt inte kommer att eliminera dessa. Det är dags att på allvar ställa sig frågan om vad som är en golvskada, då höga emissioner under ytskikt inte alls behöver bero på en fuktskada, samt hur emissioner under ytskikt skall hanteras, så länge de inte kommer ut i större omfattning i omgivningen.*

### Ger torr avjämning under limmade ytskikt ett emissionsfritt golv?

Inom ramen för SBUF 13560 *Framtidens golvsystem med modern, tät betong* har undersökts huruvida modern tät betong kombinerad med porös avjämning kan snabba på byggprocessen och möjliggöra tidigare mattläggning utan att skapa fuktproblem. I den tidigare publicerade rapporten Stelmarczyk m.fl. 2021 ges det en fullständig bakgrund till undersökningen inkl. syfte, upplägg samt resultat avseende fuktillstånd i de undersökta konstruktionerna. Där konstaterades det att konceptet fungerar fuktmässigt i de allra flesta fall. Ett beroende till betongens uppnådda täthet vid avjämning och mattläggning observerades i enlighet med tidigare misstanke. Två av de undersökta betongplattorna med yngre betong med högre vattenbindemedelstal (vbt) låg på gränsen för kritisk RF i avjämningen eller överskred den något efter avjämning och mattläggning. Samtliga av de övriga betongplattorna konstaterades fungera fuktmässigt då de hade en god till mycket god marginal till det ställda kravet. Detta bekräftar tidigare slutsatser baserade på simuleringar inom SBUF 13354. Där påvisade beräkningsresultaten att den låga transportförmågan för fukt i modern tät betong i princip sätter den klassiska omfördelningen av fukten i betongen ur spel. Då denna rapport skall ses som en fortsättning på Stelmarczyk m.fl. 2021, förutsätts att läsaren har kännedom om innehållet i publikationen i fråga.

Att kravställda fuktnivåer är uppnådda påvisar inte om golvet är problemfritt eller ej. För hög fuktnivå möjliggör en transport av hydroxidjoner från betong och/eller avjämning till limmet och ytskiktet. Detta i sin tur förorsakar alkalisk hydrolys av bindemedel i limmet samt mjukgörare i ytskiktet och resulterar i emissioner av flyktiga ämnen som kan påverka människor negativt. Förebyggande av för höga fuktnivåer i betong som leder till emissioner sker genom en metodik som togs fram under 1990-talet och början av 2000-talet baserat på dåtidens betong och dess egenskaper, se huvudsakligen Wengholt Johnsson 1995. Det är dessa arbeten som ligger till grunden för dagens innehåll avseende fuktmätning och kritiska gränsvärden i RBK:s fuktmätningmanual samt AMA Hus. Då betongen idag är annorlunda utfördes även emissionsmätningar inom SBUF 13560 som komplettering till fuktmätningar. Avsikten med mätningarna var att få en mer komplett bild av vad som sker i de undersökta betongplattorna. Syftet var att kontrollera om underskridande av kritiskt RF i avjämningen ger en emissionsbild som motsvarar den accepterade emissionsbilden i Wengholt Johnsson 1995.

## Hur mättes emissioner?

De primära mätobjekten, dvs. betongplattorna gjutna med modern tät betong med ovanpåliggande avjämning samt pålimmat ytskikt, beskrivs i detalj i den tidigare rapporten Stelmarczyk m. fl. 2021. För att säkerställa en rimlig jämförelse av resultaten med Wengholt Johnsson 1995 togs även två referensobjekt fram. Dessa plattor bestod av 110 mm betong utan ovanpåliggande avjämning. Som bindemedel i betongen valdes Velox Slite från Cementa, dvs. Ordinarie Portlandcement (OPC) utan tillsatser av slagg eller flygaska. Cementet hade en specifik yta på 375 m<sup>2</sup>/kg. Detta cement motsvarade bäst cementet som användes i den tidigare undersökningen. En skillnad föreligger dock. Velox Slite har en inblandning av ca 4% kalkstensfiller, vilket inte var brukligt 1995. Detta misstänks ge en tätare betong i enlighet med resonemang i Stelmarczyk m.fl. 2020a samt resultat i Linderoth & Johansson 2019. Vbt för betongen valdes till samma som i den tidigare undersökningen, dvs 0,66. Ett utav referensobjekten uttorkades till 85% RF på ekvivalent djup innan mattläggning och kallas fortsättningsvis *den torra referensen*. För det andra objektet utfördes mattläggning en månad efter gjutning, då objektet fått hydratisera i förseglat tillstånd. RF på ekvivalent djup vid mattläggning var ca 94%. Det objektet kallas vidare för *den blöta referensen*. Som lim användes samma produkt som för de övriga mätobjekten, dvs. CascoProff Extra LE. När det gäller ytskikt användes en matta från Tarkett, IQ-Optima. Denna matta har ett ångmotstånd motsvarande den i den tidigare undersökningen fast innehåller en annan mjukgörare. Observera att RF redovisas utan påslag för mätosäkerhet, på samma sätt som i Wengholt Johnsson 1995. För mätosäkerheter i resp. mätning samt andra detaljer se bilagor för resp. betongplatta.

Emissionsmätning för jämförelse mot den tidigare utredningen utfördes på ovasidan av mätobjekten, mot ytskiktets yta enligt FLEC, se Figur 1. Mätningen av emissioner utfördes av Polygon | AK och vidare analys av IVL Svenska Miljöinstitutet AB. För detaljer kring FLEC se bilaga 1 och för analysen se bilaga 3. Som komplettering utfördes även kammarmätning på uttaget prov under ytskikten. För samtliga

betongplattor utom referenserna bestod provet av avjämning, ca 30–40 g. För referensobjekten bestod provet av betong närmast lim och ytskikt, ca 60 g. Provtagningen utfördes av Polygon | AK, kammarmätning av Chemik Lab AB och analys av IVL Svenska Miljöinstitutet AB. För detaljer kring kammarmätningen se bilaga 2 och för analysen se bilaga 3. Kompletterande mätningar av bakgrundsemissioner, egenemissioner samt emissioner från delobjekt och specialbehandlade objekt har också utförts i projektet. Bakgrunds- och egenemissionerna visade inte några anmärkningsvärda resultat och redovisas inte i denna rapport. Emissioner från vissa delobjekt samt specialbehandlade objekt redovisas då de tillför värde i analysen av resultaten. För samtliga resultat hänvisas läsaren till den kommande slutrapporten för SBUF 13560, del 2.



Figur 1. Mätning av emissioner ovanpå ett ytskikt med FLEC. Foto: Polygon | AK.

## Förväntade nedbrytningsprodukter

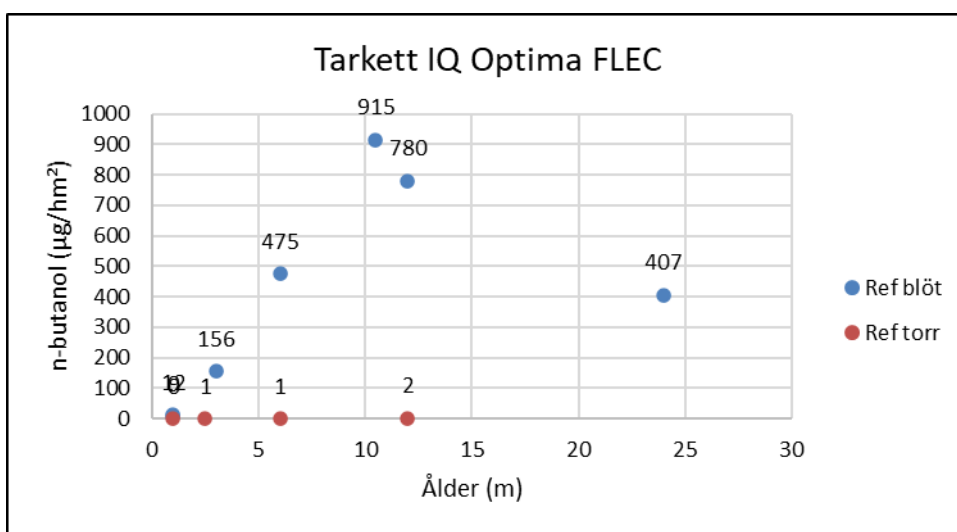
Som tidigare konstaterat i Stelmarczyk m.fl. 2020b (slutrapport SBUF 13560 del 1) är det av vikt att förbereda tolkningen av de uppmätta emissionerna genom att analysera möjliga nedbrytningsprocesser och fastställa vilka slutprodukter man förväntar sig från alkalisk hydrolys. För detta krävs kunskap om ingående delmaterial i golvsystemet, inkl. bindemedel, lösningsmedel samt mjukgörare i lim och ytskikt. För ytskikten är detta relativt lätt då mjukgörare framgår av byggvarudeklarationen. I detta fall handlar det om DINCH, med nonanoler, respektive DOTP, med 2-etylhexanol, som förväntade emissioner. Limmen brukar vara polymerdispersioner, där de ingående monomererna vanligen domineras av butylakrylat. Byggvarudeklarationen för limmen brukar tyvärr inte specificera ingående monomerer i tillräcklig detalj för att dra säkra slutsatser om förväntade emissioner. Här ger en kammarmätning av egenemissioner en bra fingervisning om förväntade nedbrytningsresultat då samma ämnen ingår som lösningsmedel. De förväntade ämnena i detta fall sammanfattas i tabellen nedan.

Material	Mjukgörare	Förväntade emissioner		
		n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
CascoProff Extra LE	-	Ja*	(Ja)*	Nej
Tarkett iQ Granit	DINCH	Nej	Nej	Ja
Tarkett iQ Optima	DINCH	Nej	Nej	Ja
Forbo Sphera	DOTP	Nej	Ja	Nej

**Tabell 1. Förväntade emissioner från alkalisk hydrolys av lim resp. ytskikt. \*Observera att n-butanol förväntas som huvudemission från nedbrytning av lim och 2-etylhexanol endast som sidoemission, dvs. i märkbart mindre omfattning än n-butanol.**

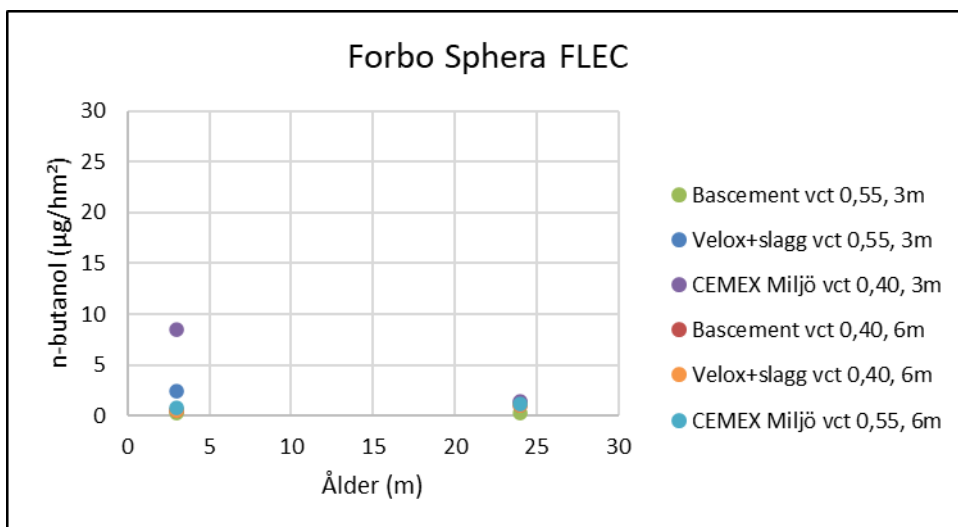
## Hur gick det på ovansidan?

Emissioner på ovansidan av referensobjekten efterliknade väl försöken i Wengholt & Johnsson 1995. Ett exempel ges i Figur 2, där emissioner för n-butanol visas. Den blöta referensen visar höga värden som toppar vid ca ett år för att sedan avta något. Den torra referensen ligger väldigt lågt, nästan i nivå med bakgrundsemissioner. 2-etylhexanolen liknar n-butanol, men håller en lägre totalnivå för den blöta referensen, vilket är förväntat då den kommer från limmet och inte från ytskiktet. Emissioner av nonanoler från ytskiktet utvecklas för den blöta referensen något senare i tid än limemissionerna. Den torra referensen har för 2-etylhexanol samt nonanoler lika låg emissionsbild som i Figur 2. Observera att i sammanställningen nedan visas endast vissa diagram, som åskådliggör huvudtrender i mätningen. För fullständiga detaljer se bilaga för respektive betongplatta. Det bör även påpekas att den torra referensen har i skrivande stund inte uppnått en ålder motsvarande 24 månader efter matläggning, varför motsvarande mätvärden saknas i diagrammen. Detta ger en god överensstämmelse med den tidigare undersökningen, trots vissa skillnader i de ingående materialen.



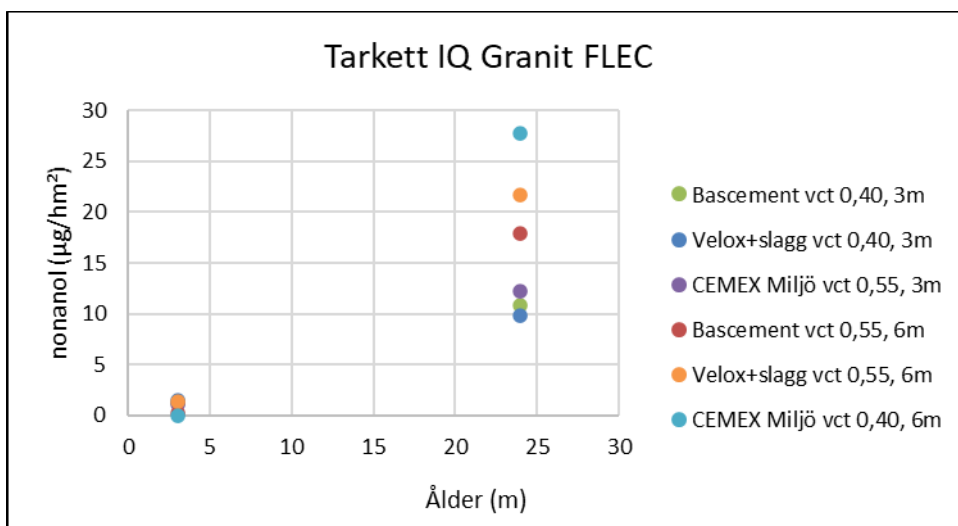
**Figur 2. Emissioner av n-butanol på ovansidan (FLEC) av referensobjekten med Tarkett iQ Optima som ytskikt.**

När det kommer till mätobjekten med modern tät betong är emissionerna av n-butanol sam 2-etylhexanol på ovansidan (FLEC) också mycket låga. Exempel på detta ges i Figur 3 med n-butanol, som förväntas från limmets hydrolys, för samtliga betongplattor med Forbo Sphera som ytskikt.



Figur 3. Emissioner av n-butanol på ovansidan (FLEC) av mätobjekt med modern tät betong och Forbo Sphera som ytskikt.

Emissioner av nonanoler från ytskikt med DINCH som mjukgörare, se Figur 4, är också under laboratoriets praktiska gräns för anmärkning, se bilaga 3 för detaljer om gränser. Här finns dock en möjlig växande tendens (då det endast finns resultat vid två tidpunkter får man vara något försiktig avseende slutsatser om tendens).

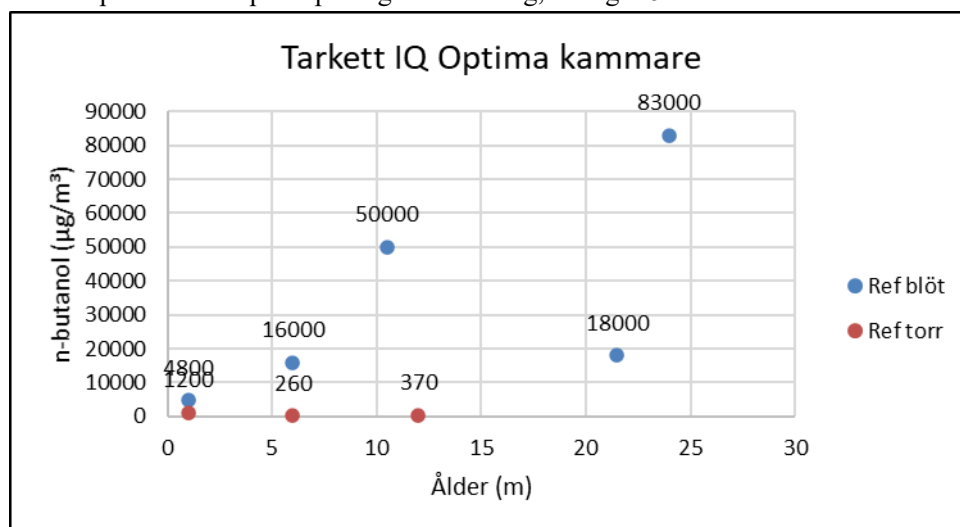


Figur 4. Emissioner av nonanoler på ovansidan (FLEC) av mätobjekt med modern tät betong och Tarkett iQ Granit som ytskikt.

Då det tidigare konstaterats att det över lag inte föreligger fuktproblem i mätobjekten med modern tät betong, dvs RF överstiger inte kritiskt gränsvärde, i anslutning till lim och ytskikt ser totalbilden av emissioner på ovansidan av betongplattorna rimlig ut.

### Hur gick det på undersidan?

Bilden av emissionerna under ytskikten är mycket mer komplex än den på ovansidan. Den går inte heller att jämföra med Wengholt Johnsson 1995 då sådana mätningar inte utfördes i den undersökningen. Emissionerna av n-butanol i referensplattorna är i princip enligt förväntning, se Figur 5.

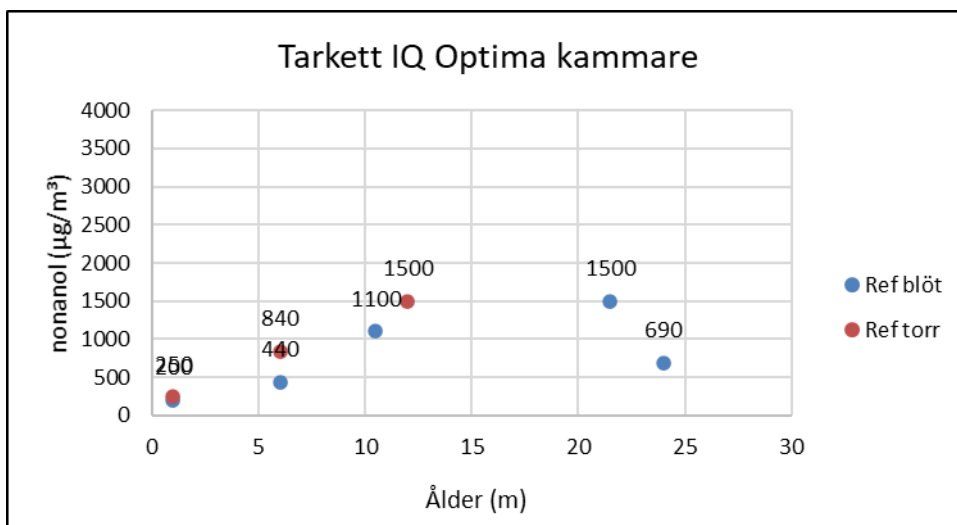


**Figur 5. Emissioner av n-butanol under ytskiktet (kammarmätning) för referensobjekten med Tarkett IQ Optima som ytskikt.**

För den blöta referensen erhålls mycket höga värden samtidigt som den torra ligger på en mycket mer acceptabel nivå. Här bör observeras att den tidiga toppen för den torra referensen (ca 1200 µg/m³) rimligen bör vara kopplad till primär hydrolys p.g.a. limfukten. Dessa emissioner tycks avta sedan med tiden. Observera dock att värdet för 24 månader i den torra referensen saknas i analysen då det inte hunnit mätas upp i skrivande stund. En liknande bild erhålls för 2-etylhexanolen, som för referensplattorna härstammar från limmen.

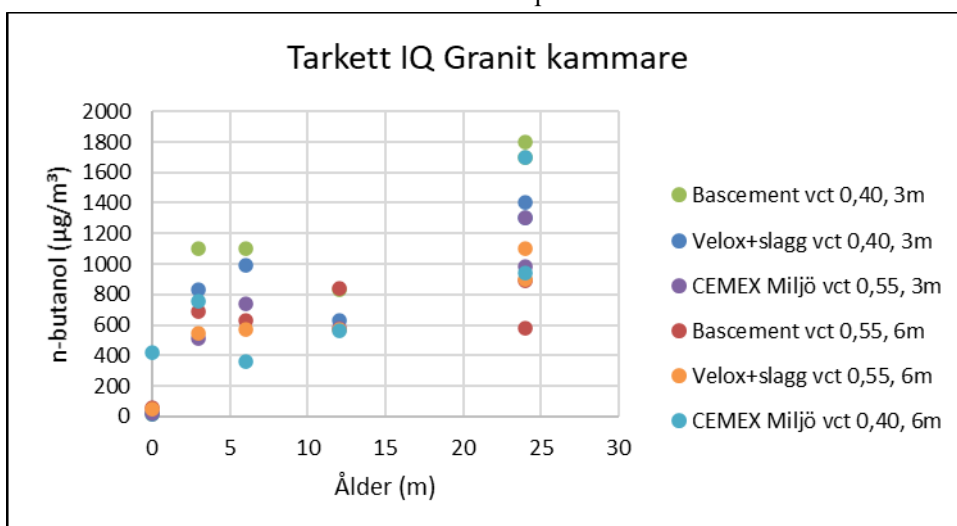
Emissionerna från ytskiktet i form av nonanoler för referensplattorna visas i Figur 6. Här är skillnaden mellan den blöta och den torra plattan inte särskilt tydlig. Detta samtidigt som nivåerna är klart över gränsen för när laboratoriet normalt anmärker för enskilda ämnen i en kammarmätning.





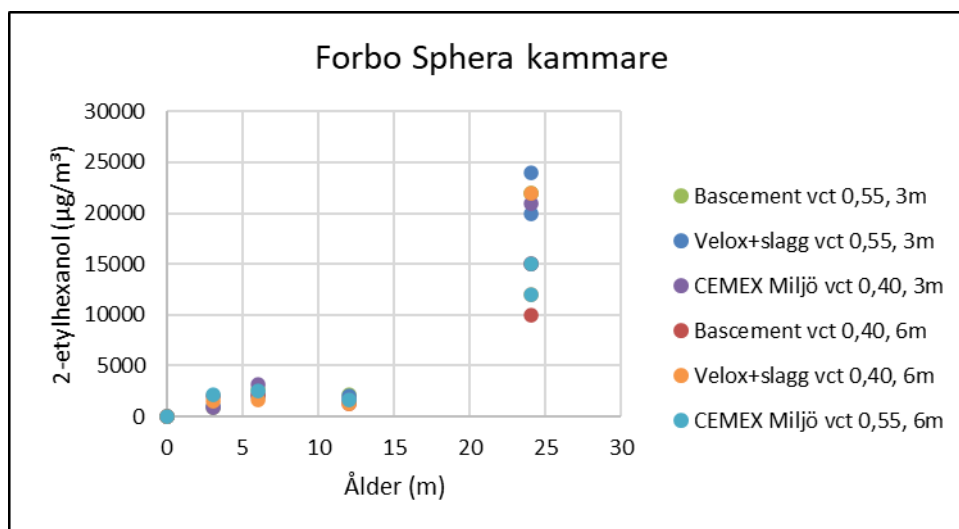
**Figur 6. Emissioner av nonanoler under ytskiktet (kammarmätning) för referensobjekten med Tarkett iQ Optima som ytskikt.**

För betongplattorna med den moderna täta betongen är emissionsbilden inte lika enkel att tolka. När det gäller emissioner från lim ges i Figur 7 en bild av n-butanol. Det finns en initial uppgång, antagligen kopplad till limfukten, därefter en minskning för att slutligen övergå i en långsiktig höjning av värdet. Nivån är jämförbar med emissioner av n-butanol från limfukten i den torra referensplattan.

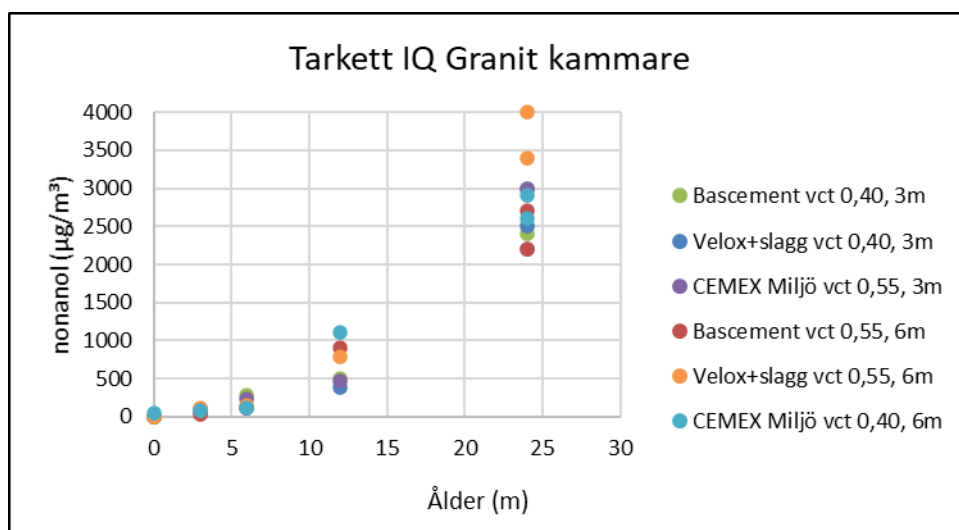


**Figur 7. Emissioner av n-butanol under ytskiktet (kammarmätning) för plattor med modern tät betong och Tarkett iQ Granit som ytskikt.**

Emissioner från ytskikt för modern tät betong sammanställs i Figur 8 samt Figur 9. Emissionerna av 2-etylhexanol från Forbo Sphera kommer ungefär samtidigt tidsmässigt som de för n-butanol. Det som skiljer är överraskande höga värden efter två år. Emissioner av nonanoler från Tarkett iQ Granit ser ut att växa successivt över tid, med tvåårsvärden oproportionerligt höga jämfört med år ett, dock inte i samma extrema nivå som för 2-etylhexanol.



**Figur 8. Emissioner av 2-etylhexanol under ytskiktet (kammarmätning) för plattor med modern tät betong och Forbo Sphera som ytskikt.**



**Figur 9. Emissioner av nonanoler under ytskiktet (kammarmätning) för plattor med modern tät betong och Tarkett IQ Granit som ytskikt.**

Som jämförelse med emissionsnivåer ovan redovisas även värden för ytterligare två typer av objekt. Det första är ett delobjekt där avjämning (ca 17 mm tjock) lades ut på metallfolie, uttorkades till en nivå av 62,8 +/- 1,8 % RF och därefter limmades ytskikt (Forbo Sphera) på avjämningen. Objektet innehåller således inte någon betong, som potentiell källa till hydroxidjoner eller fukt. För detta objekt redovisas emissioner från kammarmätning. De andra två värdena är FLEC-mätningar ovanpå plattor med modern tät betong med höga emissionsvärden under ytskiktet där en punktering av ytskiktet initierats med hjälp av ett ca 2 cm långt hugg med ett stämjärn.

Objekt / mätning	Ålder (m)	Emissioner		
		n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
Avjämnning på metallfolie med lim och Forbo Sphera, mitten / kammarmätning	27,5	990 µg/m <sup>3</sup>	14000 µg/m <sup>3</sup>	0 µg/m <sup>3</sup>
Avjämnning på metallfolie med lim och Forbo Sphera, kant / kammarmätning	27,5	810 µg/m <sup>3</sup>	14000 µg/m <sup>3</sup>	0 µg/m <sup>3</sup>
3 månaders Velox + slagg vct 0,55 med Forbo Sphera, snittad / FLEC	27,5	26 µg/hm <sup>2</sup>	41 µg/hm <sup>2</sup>	0 µg/hm <sup>2</sup>
3 månaders Basement vct 0,40 med Tarkett iQ Granit, snittad / FLEC	27,5	18 µg/hm <sup>2</sup>	3 µg/hm <sup>2</sup>	22 µg/hm <sup>2</sup>

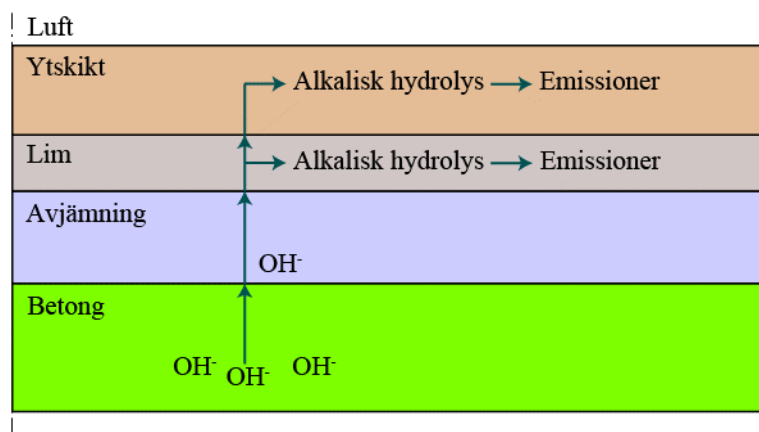
**Tabell 2. Emissioner från enstaka mätningar på specialobjekt. Observera att de översta två raderna är kammarmätning och redovisas som koncentration, till skillnad från de två nedersta som är en FLEC-mätning och redovisas som emissionsfaktor.**

Här bör noteras att emissionsnivån för 2-etylhexanol från objektet utan betong är i samma höga storleksordning som emissionerna i Figur 8. När det gäller de punkterade ytskikten med höga emissionsvärden under, framgår en omedelbar höjning av emissioner på ovansidan för n-butanol och 2-etylhexanol men inte för nonanoler, där sådana förväntas.

### Vad händer egentligen under ytskikten?

Emissionsbilden ovanför ytskikten är förväntad och samstämmig med resultaten av fuktmätningarna i betongplattorna. Referenserna uppför sig som i Wengholt Johnsson 1995 och den nya moderna betongen, som inte uttorkats till 85% på ekvivalent djup, tillsammans med väl uttorkad avjämnning fungerar som koncept. Detta motsvarar väl underlaget på vilket dagens krav på 85% RF på ekvivalent djup är framtaget.

Tittar man under ytskikten blir bilden mycket mer komplex och svårtolkad. Någon hjälp i jämförelse och tolkning från Wengholt Johnsson 1995 eller andra undersökningar från den tiden fås inte då man inte mätte systematiskt under ytskikten. Tolkningen av dessa resultat underlättas av en teoretisk analys av vad som kan hända i golvsystemet. Den schematiska bilden i Figur 10. visar förutsättningar för alkalisk hydrolys i lim och ytskikt.



**Figur 10. Alkalisk hydrolys i lim och ytskikt i golvsystem och tillhörande transport av hydroxidjoner från underliggande delar av golvsystemet.**

Vad som alltid kommer att inträffa då vattenbaserat lim används på cementbaserat underlag är en s.k. **primär hydrolys**. Det stora fuktmängden från limmet kommer initialt att mätta porsystemet i det översta skiktet av underlaget (betong eller avjämning). Detta öppnar upp transportvägar för hydroxidjoner som vandrar från underlaget in i limmet och möjligen vidare in i ytskiktet. Limfukten kvarstannar inte i hög koncentration i den översta delen av underlaget utan fördelas vidare in i golvet. Efter en tid har den spritts ut och fuktigheten har återgått till lägre nivåer där transporten av hydroxidjoner inte är lika hög och den primära hydrolysen avtar i intensitet. Detta förlopp påverkas av det underliggande materialet:

- hur mycket fukt som kan lagras in i det
- hur torrt/blött det är innan limning
- dess transportförmåga för fukt
- dess pH

Man kan genom användning av porös avjämning mellan betong och lim samt god uttorkning av avjämningen inför limning förkorta perioden av primär hydrolys och möjligen begränsa dess intensitet. Det är däremot svårt att eliminera den helt och hållet.

När vågen av limfukt är omfördelad kvarstår det alltid fukt i golvet under limmet och avjämningen. Transporten av hydroxidjoner är beroende av tillgång på kondenserat vatten som medium. Hur mycket av fukten i betongen och avjämningen som finns i form av kondenserat vatten beror dels på RF och dels på materialets sorptionsegenskaper. Tyvärr är det inte rimligt att innan matläggning torka ut dessa material så att allt kondenserat vatten i respektive porsystem elimineras. Detta skulle kräva uttorkning till RF-nivåer långt under dagens krav och kan inte betraktas som praktiskt genomförbart. Som resultat av detta måste man acceptera att det alltid kommer att finnas helt vätskefyllda vägar i porsystemen hos betong och avjämning där transport av hydroxidjoner äger rum. Detta innebär att **sekundär hydrolys**, alltså den som är kopplad till fukt från den underliggande golvkonstruktionen och inte från

limmet, i princip alltid kommer att uppstå. Ju torrare golvet är desto lägre intensitet kommer denna process att ha men det är inte rimligt att förvänta sig att denna intensitet är noll även i ett golv som uppfyller dagens uttorkningskrav. Till detta tillkommer det faktum att lim och ytskikt är behäftade med **egenemissioner**, åtminstone initialt. Det är alltså klart att eliminering av emissioner från alkalisk hydrolys inte är praktiskt möjligt genom uttorkning och fuktsäkerhetstänk för betong och avjämning i golvsystemet. Vad händer då med dessa emissioner och när blir de till ett problem?

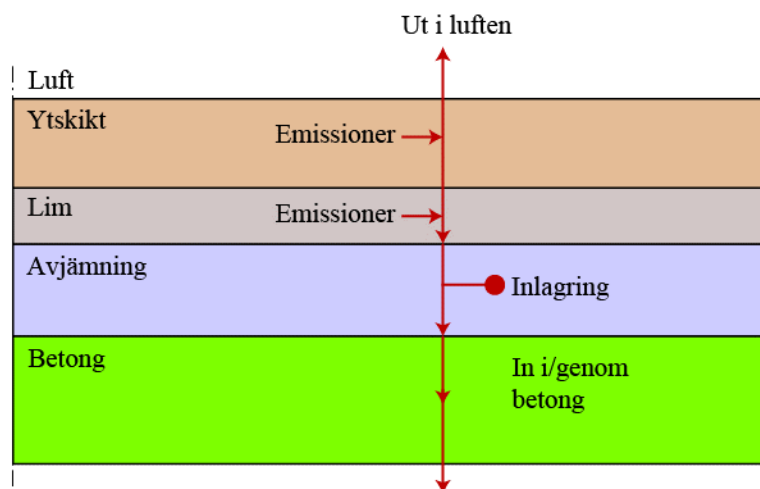
### Det kommer alltid att bildas emissioner under ytskiktet

∨ Som framgår av Figur 11 finns det tre saker som kan hända med emissioner från alkalisk hydrolys i lim och/eller ytskikt:

- **Ut genom ytskiktet** – emissionerna kan penetrera ytskiktet och ta sig ut i luften ovanför golvet. Det är den delen av emissionerna som mäts med hjälp av FLEC.
- **Ner i/genom golvet** – emissionerna kan transporteras ner i avjämningen/betongen under limmet och fördelas inom golvet och/eller komma ut på andra sidan. Flera kammarmätningar på varierande djup kan ge en bild av denna process.
- **Ackumulering/inlagring i avjämningen** – om betongen under är mycket tät och inte transporterar emissioner särskilt väl kommer de att ackumuleras i anslutning till var de bildas. Då porös avjämning normalt sett kombineras med tät betong för att få bukt med limfukten kommer emissionerna att ackumuleras just där. Kammarmätning av avjämningen ger en bild av detta.

I denna undersökning kan konstateras att utflöde av emissioner genom ytskiktet inte är särskilt högt baserat på de låga emissionsnivåerna som erhöles vid FLEC-mätningarna, utom för den blöta referensen. Då mätningarna av RF i underlaget, se Stelmarczyk m.fl.2021, inte heller gav resultat som visar på att fuktproblem förekommer, utom för den blöta referensen är denna bild logisk och samstämmig med Wengholt Johnsson 1995.

Eftersom samtliga betongplattor med avjämning är gjutna med modern tät betong är det rimligt att förvänta sig en försämrad transportförmåga hos betongen jämfört med gammaldags betong. Detta gäller inte bara för fukt utan även för andra, särskilt större molekyler. Detta bör innebära att transportförmågan för n-butanol, en kedja med fyra kolatomer, bör vara reducerad i förhållande till gammaldags betong med ren OPC. För 2-etylhexanol, med åtta kolatomer, och nonanoler, med nio kolatomer, bör transportförmågan vara ännu mer reducerad. Detta leder till misstanken att emissionerna i princip inte transporteras in i betongen utan ackumuleras i avjämningen.



Figur 11. Schematisk bild över vad som kan hända med emissioner i golvsystem

**Varför syns n-butanolen före de andra emissionerna?** N-butanol är den primära emissionen från nedbrytning av lim. När hydroxidjoner transporteras från underlaget når de lim innan de når ytskiktet. Transportvägen tillbaka för n-butanolen är också kortare från lim än från ytskiktet till underliggande material. Vidare är n-butanol en mindre molekyl än de som bildas vid de två andra emissionerna, vilket bör föranleda en lättare/snabbare transport.

**Varför blir tvåårsvärden för 2-etylhexanol och nonanoler så oproportionerligt stora jämfört med vid ett år?** Den mest sannolika förklaringen till detta är mättnad i avjämningsens porsystem avseende dessa molekyler. När väggarna av porsystemet är mättade med adsorberade molekyler kommer mer emissioner endast lagras in i luften i porsystemet. Detta kommer att resultera i mycket högre koncentrationer avlästa genom en kammarmätning. För detaljer kring detta fenomen se bilaga 2.

**Varför blir tvåårsvärden för n-butanol inte lika extrema som vid mätning av de andra emissionerna?** N-butanolen är till viss del vattenlöslig, vilket de andra ämnena inte är. Detta möjliggör en annan inlagring av n-butanol i avjämnningen och lägre koncentrationer vid kammarmätning. För detaljer kring detta fenomen se bilaga 2. Detta fenomen misstänks även kunna bidra till andra störande effekter vid mätning av emissioner, se Grantén & Granlund 2020. Vidare är n-butanolen mindre som molekyl, vilket borde kunna bidra till att den fördelas lättare till resten av golvet.

**Kan man vara säker på att detta inte beror på omfattande sekundär hydrolys?**

Att hävda detta med fullständig säkerhet baserat på befintligt mätunderlag bedöms inte som möjligt. Fukttillståndet i underlaget är inte så högt att det borde orsaka en omfattande sekundär hydrolys. Samtidigt är det tyngsta argumentet mot omfattande sekundär hydrolys resultatet från emissionsmätningen i avjämnning på metallfolie med limmad matta. Resultatet från mätningen av 2-etylhexanolen vid 27,5 månader är i samma storleksordning som tvåårsvärdena för betongplattorna med samma ytskikt. Detta gäller alltså för ett underlag som inte innehåller den största källan till

hydroxidjoner och annan möjlig byggfukt, dvs. betongen. Dessutom för en avjämning som innan mattläggning uttorkats till ca 63% RF. De gemensamma egenskaperna mellan detta objekt och en avjämning på underliggande betongplatta är dock tätheten under avjämningen, vilket stöder tolkningen avseende ackumulering av emissioner samt mätnad i avjämningen.

**Har mattor och lim fått högre egenemissioner och/eller blivit känsligare avseende alkalisk hydrolys?** Denna fråga går inte att besvara baserat på resultaten i detta projekt. Syftet med mätningarna var att undersöka betongens och avjämningens inverkan på resultatet. De undersökta ytskikten är homogena mattor, valda för att representera genomsnittliga volymprodukter på marknaden. Inte heller limvalet medger en jämförelse. Olika ytskikt och lim kommer att ge olika inverkan på emissionsbilden, vilket redovisas i Grantén & Granlund 2020. För att ovanstående fråga skall kunna besvaras krävs ytterligare undersökning.

**Kan man jämföra dessa resultat med andra studier?** Möjligheterna är tyvärr rätt begränsade. Den huvudsakliga jämförelsen med Wengholt Johnsson 1995, som redovisas ovan, täcker endast FLEC-mätningar på ovansidan då kammarmätning inte utfördes i den tidigare undersökningen. Andra systematiska undersökningar av större omfattning från den tiden, t.ex. Sjöberg 2001, Alexandersson 2000 eller 2004, använder också FLEC som huvudsaklig metod. Det förekommer undantag, t.ex. Sjöberg som använder kammarmätning på olika djup för att uppskatta betongens transportförmåga för emissioner, men de är av för liten omfattning för att möjliggöra en jämförelse. När det gäller mer moderna studier är naturligtvis Grantén & Granlund 2020 av intresse. Där används kammarmätning på ett systematiskt sätt och även avjämning utan betong under förekommer som underlag till limning av ytskikt. Det som däremot begränsar jämförelsen mellan undersökningarna är att Grantén & Granlund 2020 endast mäter emissioner t.o.m. sex månader efter mattläggning. Dessa mätningar gav resultat avseende emissioner under ytskiktet i samma storleksordning som mätresultaten i denna undersökning upp till ett år efter mattläggning. Jämförelsen kan dock inte säga någonting om vidare ackumulering och mätnadsfenomenet då sex månader inte räcker för att kunna observera detta.

Den sannolika bilden är att det alltid finns emissioner under ytskikten, även om få har mätt dem tidigare på ett systematiskt sätt. Vidare är det mycket sannolikt att den förändrade tätheten i dagens betong medför en annan spridning och inlagring av emissioner i ett golvsystem. Om den relativa fuktigheten i golvet är för hög blir hydrolysen så intensiv att emissionerna går igenom ytskiktet och kan mätas med FLEC på ovansidan. Vid godkända fuktförhållanden finns det också sekundär hydrolys men i mycket mindre omfattning. Huruvida en kammarmätning föranleder en anmärkning från analyslaboratoriet verkar idag vara kopplat till inlagringen, dvs. golvet konstruktion samt materialegenskaperna och inte bara till förekomsten av sekundär hydrolys. Observeras bör att gränser som tillämpas av laboratorier vid bedömning av emissioner i kammarmätning bygger på tidigare statistik och inte är absoluta. Då material och konstruktion utvecklas, t.ex. betongen blir tätare och avjämning används oftare än tidigare, kommer de statistiska gränserna under en period att vara baserade på

material och konstruktion som inte motsvarar verkligheten. Detta problem är tyvärr oundviklig med statistiskt betingade gränser.

Ytterligare en begränsning i denna undersökning är att testerna har fokuserat på endimensionellt flöde av fukt och emissioner genom golvsystemet, dvs. längs med golvet djupdimension. Provkropparna har tillverkats och hanterats så att inverkan av kanteffekter minimerats. I verkligheten tillkommer naturligtvis inverkan av spridning av både fukt och emissioner i tre dimensioner beroenden på hur golvkonstruktionen ansluter till väggar och hörn.

### Är detta ett problem eller...?

En möjlig åsikt är att det som finns under ytskiktet inte är relevant utan att det endast är emissionerna som kommer ut i luften ovan golvet som räknas. Resonemanget är rimligt så till vida att så länge emissionerna inte finns i luften i lokalen kan de inte påverka människor som vistas där. I enlighet med detta är det endast resultat av mätning ovan golvet med FLEC som är intressanta och det är denna typ av emissionsevaluering som uttorkningsgränsen på ekvivalent djup på 85% RF bygger på. Samtliga FLEC-mätningar är inom av labbet tillämpade praktiska gränsvärden. Den samlade bilden av fuktförhållanden i golven med modern tät betong understiger 85% RF under limmet och ytskikten, utom för ett eller två av de minst täta objekten. Detta ger ett klart godkännande till det undersökta konceptet där täthet i betongen utnyttjas för att slippa invänta uppfyllt uttorkningskrav på ekvivalent djup innan avjämning och limning av matta. Samtidigt får man inte glömma att det förekommer kritik mot ovanstående där det menas att en FLEC-mätning inte alltid ger hela bilden. Analysen av emissioner från mätning omfattar endast s.k. indikatorämnen och inte allt som påverkar människor. Det finns redovisade exempel då människor har mått illa i utrymmen där FLEC inte visat förekomsten av emissioner, se Bornehag 1994. Detta har bidragit till att man allt oftare mäter under ytskikten med t.ex. kammarmätning för att utröna om en golvskada föreligger eller ej.

Hur man än ställer sig till mätningarna på ovansidan av betongplattorna bör mätresultaten från undersidan föranleda en vidare analys. Det finns tre potentiella problemställningar baserat på de uppmätta emissionerna under ytskikten:

- **Allt högre koncentration** - Tidsutvecklingen av mätvärdena under ytskikten tyder på fortsatt ackumulering även efter två år. Detta kan med tiden ge allt högre koncentrationer av emissionerna under ytskikten. Då transport av dessa genom ytskiktet ut i luften ovan drivs av skillnader i just koncentration, kan även transporten öka med tiden. Risken finns att detta efter ytterligare en tid blir mätbart även med FLEC på ovansidan av ytskikten.
- **Skadat ytskikt** - Även om transporten genom ett obrutet ytskikt inte blir ett problem, finns det risk att emissionerna läcker ut vid eventuell skada, t.ex. punktering av ytskikt med vasst föremål. Ett enkelt test avseende detta har utförts i projektet med blandat resultat. För två av ämnena erhöles en klar ökning av emissionerna på ovansidan av ytskiktet, för det tredje observerades



ingen större skillnad. I vilket mån detta verkligen blir ett problem återstår att se då effekten av enstaka skador på ytskikten kommer att spädas ut i rumsluften över hela golvet och emissionsfaktorer uppmätta över snittat ytskikt inte kan jämföras med genomsnittlig emissionsfaktor för hela golvet.

- **Byte av ytskikt** - Ytterligare en problemställning kopplad till ackumulerade emissioner i avjämnningen är underhåll av lokalen i fråga. Förr eller senare blir ytskiktet slitet och man kommer att vilja byta ut det. I samband med borttagning av det gamla ytskiktet kommer de tidigare ackumulerade emissionerna att frisläppas över tid från golvet. Är detta ett skadat golv? Skall man bara ventileras ut och limma på ett nytt ytskikt? Skall man även byta avjämnning?

### Vad kan man göra åt detta?

■ Möjligheter att undvika hela denna problemställning tycks spontant vara något begränsade. En sak som är enkel att konstatera är att uttorkning till en lägre RF än 85% inte kommer att lösa problemet med emissioner under ytskiktet. Beviset på detta är emissionsmätningen under ytskiktet limmat på väl uttorkad avjämnning med endast en metallfolie som underlag, alltså utan betong med dess höga pH och ev. byggfukt. Den begränsade spridningen av emissioner inom golvet är tillräcklig för att skapa ackumulering av emissioner i avjämnningen även vid mycket fördelaktiga fuktförhållanden. Vad kan man annars göra:

- Återgången till mer porös och öppen betong ser inte ut som ett praktiskt tänkbart alternativ, åtminstone för tillfället. Under trycket från miljökraven lär varken kalkstensfiller eller puzzolana/halvpuzzolana tillsatser kunna tas bort från betongrecepten. Den moderna täta betongen är att betrakta som något man får lov att leva med.
- Man skulle kunna lägga tjockare avjämnning för att sprida ut emissionerna. Detta kommer att reducera koncentrationen av dem men då det fortfarande kommer att finnas tät betong under, kommer emissionerna ändå att stanna i avjämnningen. Detta kan vara ett sätt att reducera problemets omfattning men det kommer inte att ta bort det. Kvar blir frågan om vad som skall ske med avjämnningen vid byte av matta.
- Kan en löslagd matta var ett alternativ? Frånvaro av limfukt och mindre kontakt mellan ytskikt och det potentiellt alkaliska underlaget kan reducera den låga intensiteten hos den sekundära hydrolysen ytterligare. Huruvida en sådan reduktion är tillräcklig för att få bort de höga emissionsnivåerna under ytskiktet och inga andra förändringar i golvsystemet bidrar i motsatt riktning återstår dock att visa genom en praktisk undersökning som bör omfatta ett tillräckligt långt tidsspänn för att kunna jämföras med resultaten från detta projekt.
- Man kan också bestämma sig för att leva med problemställningen. I ett sådant fall bör man planera för hur inlagring av emissioner i avjämnning skall hanteras i samband med byte av matta.

Hur man än ser på dessa alternativ är det hög tid för en diskussion om vad som skall betraktas som en golvskada. Mätningarna i projektet visar tydligt på svårigheten att tolka resultat av kammarmätningar. Höga värden är inte nödvändigtvis ett bevis på pågående hydrolys, då de kan vara ackumulerade från den primära hydrolysen p.g.a. limfukten. Även mycket höga värden kan mätas upp utan att underlaget innehåller fukt som överskrider gängse gränsvärden. Att likställa förhöjda emissioner under mattan med ett fuktskadat golv är alltså direkt fel. Dessa kan bero på en fuktskada, men de kan även förekomma utan problem med fukt.

## Slutsatser

➤ Emissionsmätningar, utförda i enlighet med hur dagens uttorkningskrav är framtagna (FLEC), bekräftar att den moderna täta betongens låga transportförmåga kan utnyttjas för framtagning av fuktsäkra golvsystem utan att uttorkningskrav på ekvivalent djup i betongen uppfyllts. Konceptet, där detta utnyttjas i kombination med väl uttorkad avjämning, föreslogs ursprungligen baserat på simuleringar av fuktförhållanden i SBUF 13354, se Stelmarczyk m.fl. 2019. Nu, inom SBUF 13560, har konceptet undersökts i praktiken och resultaten bekräftas av både fuktmätningar och emissionsmätningar på ovansidan av de undersökta golvsystemen.

Samtidigt har det inom SBUF 13560 utförts omfattande mätningar av emissioner under ytskikten. Resultaten, även om de inte bedöms vara direkt fuktrelaterade, ger anledning till oro och bör föranleda vidare arbete inom branschen. Initialt kan konstateras att utvärdering av resultat från kammarmätning av emissioner under ytskikten kan vara svår att utföra även med god kunskap om de förväntade emissionerna från alkalisk nedbrytning av lim och ytskikt. Detta beror på att mätmetodens resultat är beroende av många faktorer, vilket kan göra att två olika mätningar i princip är ojämförbara. Det krävs god kunskap om både metodens beroenden samt golvkonstruktionen och de ingående materialen i kombination med flera mätningar för att kunna förstå vad som pågår i golvet. **En kammarmätning med förhöjd eller t.o.m. mycket förhöjda emissioner bevisar inte en fuktskada. Ett exempel på detta är projektets kammarmätning med mycket höga resultat ca 27 månader efter mattläggning i ett stycke avjämning på metallfolie, uttorkat till ca 63% RF innan mattläggning.**

Vidare visar kammarmätningarna att en ackumulation av emissioner sker över tid i avjämningen. Detta gäller främst de större molekylerna, dvs. 2-etylhexanol samt nonanoler. Mellan ett och två års tid efter mattläggning observeras en skarp höjning av nivåerna, vilket tyder på mättnad av avjämningens adsorptionsförmåga för ämnen i fråga. Den höga inlagringen av emissionerna under ytskikten ser inte ut att påverka emissionerna ovanför ytskikten under samma tidsperiod. Detta kan dock vara en potentiellt problem över tid eftersom:

- Möjlig växande koncentration under mattan med tiden kommer att medföra ökad transport genom mattan ut i luften ovan.
- Eventuell skada på mattan kan öppna upp en mer direkt väg för de lagrade emissionerna att komma ut.

- Byte av matta kan resultera i frisläppande av stora emissionsmängder.

Detta potentiella problem är inte fuktrelaterat. Det är mycket sannolikt att det förvärras av fuktproblem i golvet men det kommer att finnas där även vid god fuktsäkerhet. Beviset för detta är ovan nämnda emissionsmätning under matta limmat på väl uttorkad avjämning på metallfolie i stället för på betong. **Om en nivå av uttorkning i avjämningen på 63% RF, utan närvaro av betong som extra källa till hydroxidjoner och ev. byggfukt, inte räcker till för att förhindra en ansamling av emissioner under matta så kommer detta problem definitivt inte att lösas med åtgärder gällande fukt i golvet.**

Den moderna täta betongen fungerar fuktsäkerhetsmässigt väl i kombination med väl uttorkad avjämning. Detta förhindrar dock inte att tätheten på annat sätt bidrar med utmaningar för hantering av emissioner från alkalisk nedbrytning av lim och ytskikt i golvsystem. Den successiva ackumuleringen av emissioner från så väl primär som lågintensiv sekundär hydrolysis samt materialens egenemissioner bygger upp en ansamling i avjämningen som redan idag överskrider labbens praktiska gränser för anmärkning med mer än en tiopotens. Detta kan även medföra fler problem på sikt. Det är av vikt att branschen i närtid adresserar två öppna frågeställningar, som gjorts gällande genom undersökningen i SBUF 13560:

- **Hur skall det potentiella problemet med ackumulerade emissioner i golvet under ytskiktet hanteras? Skall man försöka förhindra att de uppstår och i så fall hur? Uttorkning och fuktsäkerhet löser inte detta problem. Eller skall man planera för att leva med emissionerna? I så fall på vilket sätt och på vems bekostnad?**
- **Vad är en golvskada och när föranleder den reparationsansvar från entreprenören? En kammarmätning under mattan i ett golv utan fuktproblem kan ändå ge höga emissionsvärden. Detta är inte nog bevis för en golvskada med påföljande skadeansvar från utförarens sida.**

Det är hög tid att sluta fokusera enbart på specifika uttorkningskrav på ekvivalent djup i betongen, t.ex. 85% RF. Som visas inom SBUF 13560 går det att uppnå god fuktsäkerhet med moderna material utan att uppfylla dessa. Samtidigt räcker inte ett uppfyllande för att förhindra bildning och ansamling av emissioner i golvsystemet. Uttorkningskravet på ekvivalent djup har spelat ut sin roll och bör ersättas av andra metoder, då begränsning av emissioner från alkalisk hydrolysis samt god fuktsäkerhet fortfarande är viktiga för ett sunt byggande.

## Referenser

Alexanderson 2000 – J. Alexanderson, *Secondary emissions from alkali attack on adhesives and PVC floorings*, AMA-nytt 1/2000

Alexanderson 2004 – J. Alexanderson, *Emissioner vid nedbrytning av limmade golvbeläggningar*, Lund 2004

**Bornehag 1994** – C.-G. Bornehag, *Mönsteranalys av inomhusluft*, R23:1994  
Byggeforskningsrådet

**Grantén & Granlund 2020** – J. Grantén, D. Granlund, *Minimera kemiska golvsador*,  
Slutrapport SBUF 13599 samt 13752, 2020 SBUF

**Linderoth & Johansson 2019** – Linderoth O, Johansson P., *Fuktegenskaper hos  
cementbundet material med flygaskainblandning*, Bygg & Teknik nr 7, 2019

**Sjöberg 2001** – A. Sjöberg, *Sekundära emissioner från betonggolv med limmade  
golvmaterial*, Chalmers Tekniska Högskola 2001

**Stelmarczyk m.fl. 2019** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, *Utredning av  
funktionell uttorkningsnivå hos betong med mineraliska tillsatsmaterial*, SBUF 13354  
Slutrapport, 2019

**Stelmarczyk m.fl. 2020a** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, *Teknisk granskning  
av "Utredning kring PPBs uttorkningsmodul – Slutrapport 2020-02-06"*,  
www.sbuf.se/ppb 2020, numera www.byggforetagen.se/ppb

**Stelmarczyk m.fl. 2020b** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, *Framtidens golvsystem med  
modern, tät betong*, Slutrapport del 1, långsiktig del: en gedigen grund för framtiden,  
SBUF 13560, 2020

**Stelmarczyk m.fl. 2021** – M. Stelmarczyk, T. Rapp, H. Hedlund, S. Carlström, *Kan  
täthet ersätta uttorkning i produktion av betongbaserade golvsystem?*, Byggföretagen  
2021, www.byggforetagen.se/ppb

**Wengholt Johansson 1995** – H. Wengholt Johansson, *Kemisk emission från golvsystem  
– effekt av olika betongkvalitet och fuktbelastning*, Chalmers Tekniska Högskola 1995,

## Erkännanden

Författarna vill rikta ett stort tack till följande personer för deras bidrag till  
projektresultaten i allmänhet och tolkningen av dessa i synnerhet:

Ingrid Johansson, Polygon | AK  
Jan Kristensson, Chemik Lab AB  
Liselott Egelrud, IVL Svenska Miljöinstitutet AB

## Författare

Civ.ing. Marcin Stelmarczyk, The Green Dragon Magic  
Civ.ing. Ted Rapp, Byggföretagen, Tekniskt sakkunnig RBK  
Dr., Adj. Prof. Hans Hedlund, Skanska Sverige AB  
Dr. Fredrik Gränne, NCC Sverige AB  
Staffan Carlström, Swerock AB

## Bilaga 1, Mätmetod FLEC

### Beskrivning

Emissionsmätning mot ytor har utförts enligt Nordtests fältapplikation för FLEC-mätning (NT Build 484) med några modifieringar, vilka listas nedan. Uppmätta halter vid FLEC-mätning anges som emissionsfaktor, EF, vilket är emissionshastighet per yta och tidsenhet med enheten  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ .

FLEC är en mätcell i rostfritt stål som möjliggör riktad mätning av kemiska ämnen som emitteras från en materialyta genom att filtrerad luft tillförs mätcellen via en spalt längs dess perimeter och evakueras via den centralt belägna utgången genom en adsorbent, vilken sedan analyseras. Mätningen inväntar alltså inte jämviktsförhållanden mellan mätobjekt och den analyserade luften utan bygger på ett specifikt mätförfarande som upprepas på samma sätt vid varje mätning.

Provytan avgränsas mot omgivningen genom att mätcellens egen tyngd pressar ner tätningsskivan av silikon, som löper längs ytterkant på mätcellens undersida, tätt mot underlaget. För att säkerställa att mätning görs på luft som passerat över provytan utan okontrollerade bidrag från omgivningen skapas ett övertryck i mätcellen genom att tilluftsflödet, som filtreras genom en koladsorbent, överstiger provtagningsflödet. Restflödet leds ut genom en av kopplingarna vid utgången.

En mätserie består av att systemet monteras mot den aktuella provytan som ventileras med filtrerad luft under 60 minuter varefter provtagning utförs. I detta projekt har provtagning utförts på tenaxadsorbent (Tenax TA) under 30 minuter med ett tilluftsflöde på 110 ml/min och ett provtagningsflöde på 80 ml/min.

Mätningarna har utförts med två FLEC-utrustningar. Bakgrundsmätning mot en plåt av rostfritt stål har utförts med aktuell utrustning vid varje mättillfälle. Provytan torkades av med torrt papper innan systemet monterades. Mellan mätningarna torkades FLEC:ens undersida av med torrt papper. Efter provtagning har tenaxadsorbenterna lämnats till IVL för VOC-analys.

Följande modifieringar av metoden har gjorts vid mätning:

- vid provtagning har adsorbenten monterats på den mittre av de 3 kopplingarna på utgång med restflödet kopplat till en av de andra, istället för tvärtom
- restflödets storlek har inte bestämts under mätning, däremot har det kontinuerligt verifierats under varje mätning att restflöde, och därmed övertryck i mätkammaren, föreligger
- vid mätning mot skrovliga ytor, såsom ren betong- respektive avjämningsyta, uppnåddes inte övertryck i mätcellen med stabilt restflöde med tätningsskivan av silikon varför tätning istället utfördes med latex-slang vid de inledande mättillfällena – i dessa fall utfördes även bakgrundsmätningen på samma sätt

- några mätningar med tilluftsflöde 115 ml/min, i syfte att åstadkomma ett övertryck i mätcellen

## Referenser

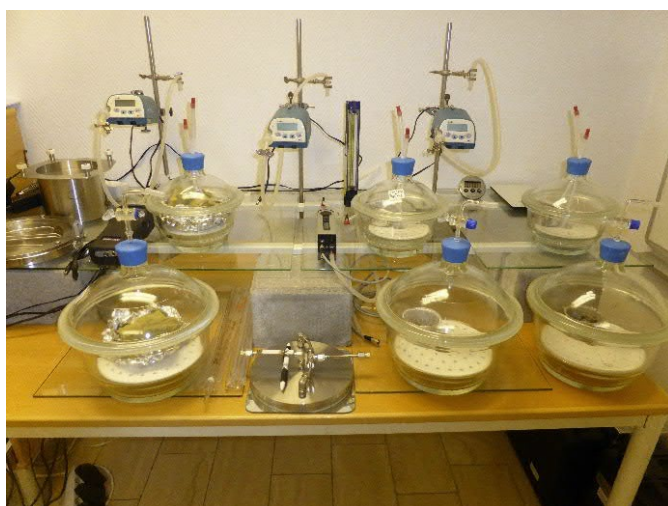
**NT Build 484**– *BUILDING MATERIALS:EMISSION OF VOLATILE COMPOUNDS - On-site measurements with Field and Laboratory Emission Cell (FLEC)*, NT Build 484, Approved 1998-11, ISSN 0283-7153, NORDTEST

## Bilaga 2, Mätmetod kammarmätning med uttaget prov av avjämning eller betong

### Beskrivning

Kammarmätning är en form av s.k. *Static Headspace-Gas Chromatography (HS-GC)*, för detaljer se Kolb & Etre 2006. I kammarmätningen inväntar man inte jämvikt vid utbyte av emissionerna mellan provet och den omgivande luften. Man baserar mätningens jämförbarhet på att processen utförs likadant varje gång. Mätningen utförs på prover av avjämning och/eller betong under golvbeläggningen, vilka tas ut med kärnborr. För exempel på mätuppställning se Figur 12. Mätningar utförs enligt följande procedur:

- Provbitar på ca 30–60 gram lades vid provtagningen i flera lager aluminiumfolie samt plastpåse för transport till labbet.
- Materialprov i aluminiumfolie och påse temperaturkonditioneras i laboratorielokalen under minst 1 dygn.
- Därefter placerades provet i en mätkammare vid ca 23°C i 3 timmar, innan ett luftprov tas ur kammaren. Provet placeras på ett ”hyllplan” mitt i kammaren. Botten förses med 100ml destillerat vatten för att skapa en RF på 100% i kammaren under mätningen.
- Kammaren tillförs renad luft med 100ml/min och luftprovet fångas på en adsorbent, Tenax TA, med ett flöde av 100ml/min i 30 min.
- Adsorbenten sänds till IVL för gaskromatografisk analys med identifiering av ämnen och haltbestämning med masspektrometer.



Figur 12. Mätuppställning för kammarmätning. Foto: J. Grantén.

## Känslighet i tillämpning och jämförelse av mätresultat

Kammarmätning ger inte ett kvantitativt resultat som är ett direkt mått på hur mycket av det uppmätta ämnet som finns inlagrat i provkroppen. Mätvärdet är inte proportionerligt mot innehållet av emissionen i fråga i provkroppen. Mätningen ger endast ett semikvantitativt resultat som under specifika förutsättningar kan jämföras med andra kammarmätningar. Detta är delvis kopplat till grundutförande hos HS-GC och dels till att metoden i kammarmätningen inte tillåts uppnå jämvikt mellan provkroppen och luften i kammaren. Kammarmätningen fungerar alltså annorlunda än FLEC som ger ett mer direkt mått på hur mycket som emitteras genom en viss yta under en viss tid.

I sitt grundutförande inväntar HS-GC jämvikt mellan provkroppen och luften i kammaren avseende koncentrationen av emissionerna som man mäter. Då detta kan vara en mycket tidsödande procedur när emissioner skall mätas i betong eller avjämning utförs kammarmätningen på ett snabbare sätt där jämvikt inte inväntas. För att förstå vad en mätning verkligen mäter och vad den påverkas av är det lämpligt att ta en närmare titt på bägge varianter av metoden. Redan den jämviktsbaserade HS-GC påverkas av hur ämnen vars koncentration man mäter lagras in i provkroppen i fråga. För porösa material som betong och avjämning sker inlagringen av emissionerna i porsystemet. Det finns huvudsakligen tre sätt för inlagring:

- I luften i den icke vätskefyllda delen av porsystemet
- Adsorberat till porväggar i den icke vätskefyllda delen av porsystemet
- Om ämnet är vattenlösligt, som t.ex. butanol, löst i vatten eller andra lösningsmedel i det vätskefyllda delen av porsystemet

I kammarmätningen mäter man koncentration av emissionerna i en del av luften i kammaren. Man uppskattar att förfarandet ovan låter ca 70% av kammarens ursprungliga luftvolym på 3 liter passera Tenax-adsorbenten. Den ursprungliga mängden av emissioner, inlagrade på olika sätt i provkroppen kommer vid mätögonblicket att fördela sig mellan luften i kammaren och provkroppen med sina respektive inlagringssätt. Man tömmer alltså inte provkroppen på alla emissioner utan snarare en del av dem – hur stor del beror på bl.a. hur inlagringen sker, hur mycket som finns i provkroppen, hur porsystemet ser ut och hur mycket av porsystemet som är vätskefyllt. Detta kan ge upphov till en rad problem vid jämförelse av mätvärden:

- Om mätvärdet för olika ämnen i ett och samma prov är lika behöver det inte innebära att det finns lika mycket av dessa ämnen i provet. Detta beror på att olika molekyler lagras in i materialet på olika sätt. För kvantifiering av innehållet av de mätta ämnena behövs sorptions samband mellan dessa och porsystemen i materialet och dessa är inte kända.
- Om prov från golv A ger ett mätvärde dubbelt så stort, för ett specifikt ämne, som prov från golv B behöver det inte innebära att golv A innehåller dubbelt så mycket av ämnet som golv B. Detta beror snarare på att golven inte består av samma material. Proven från de två golvsystemen har olika porsystem



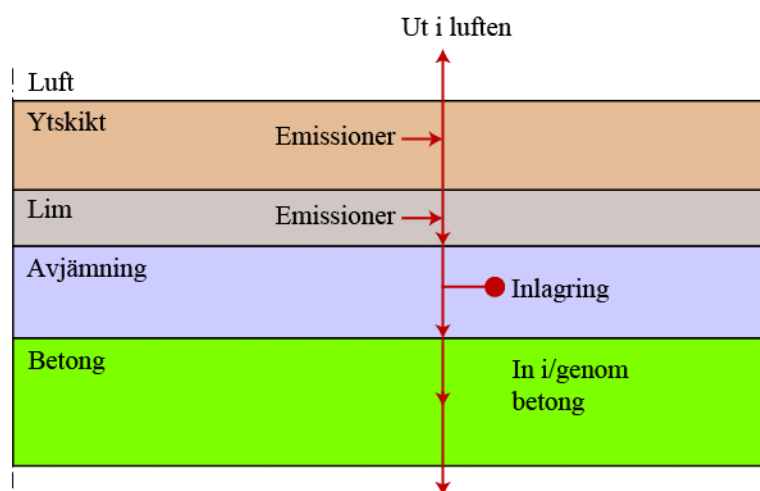
vilket ger skilda inlagringsegenskaper för samma emissioner som i sin tur påverkar mätningen.

- Om prov X ger ett mätvärde dubbelt så stort som prov Y från samma material, t.ex. samma golv vid senare tidpunkt, behöver det inte innebära att prov X innehåller dubbelt så mycket av ämnet som prov Y. En anledning till detta kan vara skillnaden i hur vätskefyllt porsystemet är i respektive prov. Om golvet torkat eller blivit uppfuktat under tiden mellan att proverna tagits uppstår skillnad i hur stor del av porsystemet som är tillgänglig för inlagring i luft och adsorption av ämnet i fråga samt hur mycket vatten som finns för inlagring om ämnet är vattenlösligt.
- Om prov X ger ett mätvärde dubbelt så stort som prov Y från samma material med samma vatteninnehåll i porsystemet, behöver det inte innebära att prov X innehåller dubbelt så mycket av ämnet som prov Y. En anledning till detta kan vara att inlagring genom, t.ex. adsorption på porväggar, inte kan fortgå på grund av att prov X har blivit mättat. I ett sådant fall sker fortsatt inlagring endast i luften i porsystemet, vilket påverkar sorptionsegenskaperna och resultatet av mätningen.
- Temperaturen har också inverkan på utbytet av ämnen mellan provet och luften i kammaren. Samtliga mätningar har utförts vid konstant temperatur, 23°C, vilket eliminerar denna effekt.
- Även RF i luften i kammaren påverkar utbytet vilket har hanterats genom närvaro av vatten i kammaren, som skapar 100% RF i den omgivande luften.

Vid kammarmätningen inväntas inte jämvikt vid utbytet av emissionerna mellan provet och luften. Mätningen bygger på att man ger hela uppställningen lika mycket tid för utbyte varje gång man mäter. Detta gör att metodens resultat blir beroende av faktorer som påverkar hastigheten för utbytet i fråga. Transportegenskaper för emissionerna i provet är en sådan faktor. Provets storlek och fördelning är en annan. Här försöker man hålla de olika provernas vikt någorlunda konstant, men detta påverkar inte hur vikten är fördelad. Ett prov kan bestå av en stor bit samtidigt som ett annat kan vara fördelat i flera mindre bitar. Denna fördelning påverkar hur stor yta hos provet som exponeras mot luften i kammaren, vilket i sin tur påverkar hastigheten för utbyte av emissioner mellan provet och luften i kammaren. Man skulle kunna krossa varje prov till små bitar av ungefär samma storlek för att eliminera stora skillnader i transporten mellan prov och luft, men då krossandet tillför värme till själva provkroppen och skulle påverka provets temperatur har man valt att inte påverka provkropparna mekaniskt.

Ytterligare en källa som kan påverka en jämförelse mellan kammarmätningar är möjliga skillnader i golvkonstruktioner och egenskaper hos de olika materialen. Emissionerna som bildas kan transporteras ut från, eller lagras in i golvet, se schematisk bild i Figur 13. Vad som sker beror på skillnader i materialens transportegenskaper för emissioner. Mattans täthet påverkar hur mycket som transporteras ut i luften ovanför golvet. Betongens täthet påverkar hur mycket som transporteras in i golvet och ut på andra sidan av konstruktionen. Kombinationen av tät

matta och tät betong kan t.ex. resultera att emissioner ackumuleras i avjämningen och väldigt liten del av den lämnar golvet. Detta kan t.ex. resultera i höga mätvärden vid kammarmätning även vid väldigt låg intensitet på alkalisk hydrolys om man låtit emissionerna ackumuleras i avjämningen under en längre tid. I ett golv med öppnare betong och/eller matta kan höga mätvärden mycket väl vara en klar indikation på högintensiv pågående alkalisk hydrolys.



**Figur 13. Schematisk bild över vad som kan hända med emissioner i golvsystem**

Avslutningsvis bör understrykas att ovanstående svårigheter vid jämförelse och tolkning av resultat från kammarmätningar inte bör resultera i att metoden diskvalificeras för mätningar av emissioner i golvsystem. Visserligen verkar emissionsfaktorn, uppmätt med FLEC på ytskiktets ovansida, enklare i tolkning och jämförelse, men denna metod bygger heller inte på jämviktsförhållanden och levererar endast semi-kvantitativa resultat. Den uppmätta emissionshastigheten är inte heller ett bra mått på kvaliteten i inomhusluften då emissionerna späds ut i rummet ovanför ytskiktet och påverkas även av ventilation.

Kammarmätning på uttaget prov från golvsystem är idag den mätmetod som ger den bästa bilden av vad som pågår emissionsmässigt under ytskikten. Utmaningarna ovan bör resultera i att man anstränger sig för att eliminera störande effekter så långt som möjligt. Slutsatser bör inte dras av enstaka resultat. Tolkning av kammarmätningar är en krävande uppgift som förutsätter kunskap om golvsystemets konstruktion, de ingående materialerna samt dess tillstånd. En anmärkning/kommentar i protokollen från ett analyslaboratorium, som baseras på statistiskt underlag, är inte ett absolut konstaterande om en golvskada. Detta bör stället föranleda vidare undersökning och analys innan en slutgiltig tolkning.

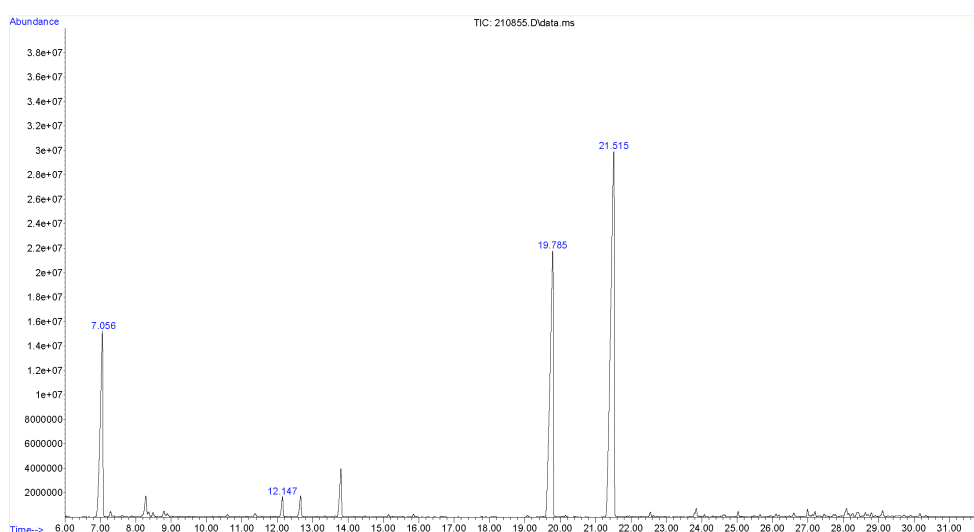
## Referenser

**Kolb & Etre 2006** – B. Kolb, L. S. Etre, *Static Headspace-gas Chromatography*, John Wiley & Sons Inc.2006

## Bilaga 3, Analysmetod

### Beskrivning

Prover från kammarmätning samt FLEC som insamlats på fast adsorbent, Tenax TA, desorberas termiskt och genomgår gaskromatografisk analys. Med denna metod kan man analysera ämnen med kokpunkter från ca. 50°C till ca. 300°C. Resultaten för varje prov redovisas i form av tabell och kromatogram, se Figur 14.



**Figur 14. Exempel på ett kromatogram med intensiteter uppmätta för ämnen med olika retensionstider.**

De specifika ämnena vars halter anges, är beräknade i absoluthalter dvs. med kända halter av det specifika ämnet som referens vid kalibrering. Uträkning av totalhalten nonanoler för SBUF-projektet 13560 utförs på följande sätt:

- 1-nonanol är en av de fyra nonanolerna som ingår i totalhalt nonanoler.
- De övriga tre nonanolerna har retentionstider i kromatogrammet nära 1-nonanol.
- 1-nonanol användes för att kvantifiera totalhalten nonanoler.
- Kalibreringskurva för 1-nonanol upprättades och faktor gentemot toluen beräknades.
- Den sammanslagna halten av de fyra nonanolerna, som misstänks vara nedbrytning från mjukgöraren DINCH, baseras på kalibreringen för 1-nonanol och redovisas numeriskt i tabellform.

Totalhalter av flyktiga organiska ämnen, TVOC, anges i toluenkvivalenter.

Detta innebär att beräkningarna har gjorts som om alla flyktiga organiska ämnen var enbart toluen. Detta görs för att man ska få en uppfattning om totalkoncentrationens

storlek. Observera att TVOC är ett mycket ospecifikt värde, som inte kan kopplas till medicinska hälsoeffekter. Man måste även bedöma de enskilda ämnena. Samtliga provresultat kompenseras för bakgrundvärden från analys av ett blankprov.

Den gräns, som används praktiskt för TVOC i inomhusluft, är  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket motsvarar ca  $102 \mu\text{g}/\text{hm}^2$  för emissioner enligt FLEC. Gränserna gäller för icke-industriell inomhusluft. För enskilda ämnen tillämpas gränsen  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vilket motsvarar ca  $34 \mu\text{g}/\text{hm}^2$  för emissioner enligt FLEC.

Den gräns, som används praktiskt för TVOC i materialprover från kammarmätning är  $3000 - 5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Även för materialprover är ämnesfördelningen av stor betydelse för bedömningen. För enskilda ämnen tillämpas gränsen  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Den provtagnings- och analysmetod som används följer de anvisningar och förslag som kommer från EU och WHO (World Health Organisation) (SIS ISO 16000 serien). Analysen är utförd under IVL:s ackreditering, men inte provtagningen eftersom den inte har utförts av IVL:s personal. Mer information om provtagningsmetoder och bedömningar av provresultat finns på IVL:s hemsida, [www.ivl.se](http://www.ivl.se).

## Bilaga 4, Mätresultat Ref blöt, Velox vct 0,66

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox Slite, vct 0,66
Uttorkning	1 månad förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	94,4 +/- 2,4 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Optima

Tabell 3, Mätobjektegenskaper

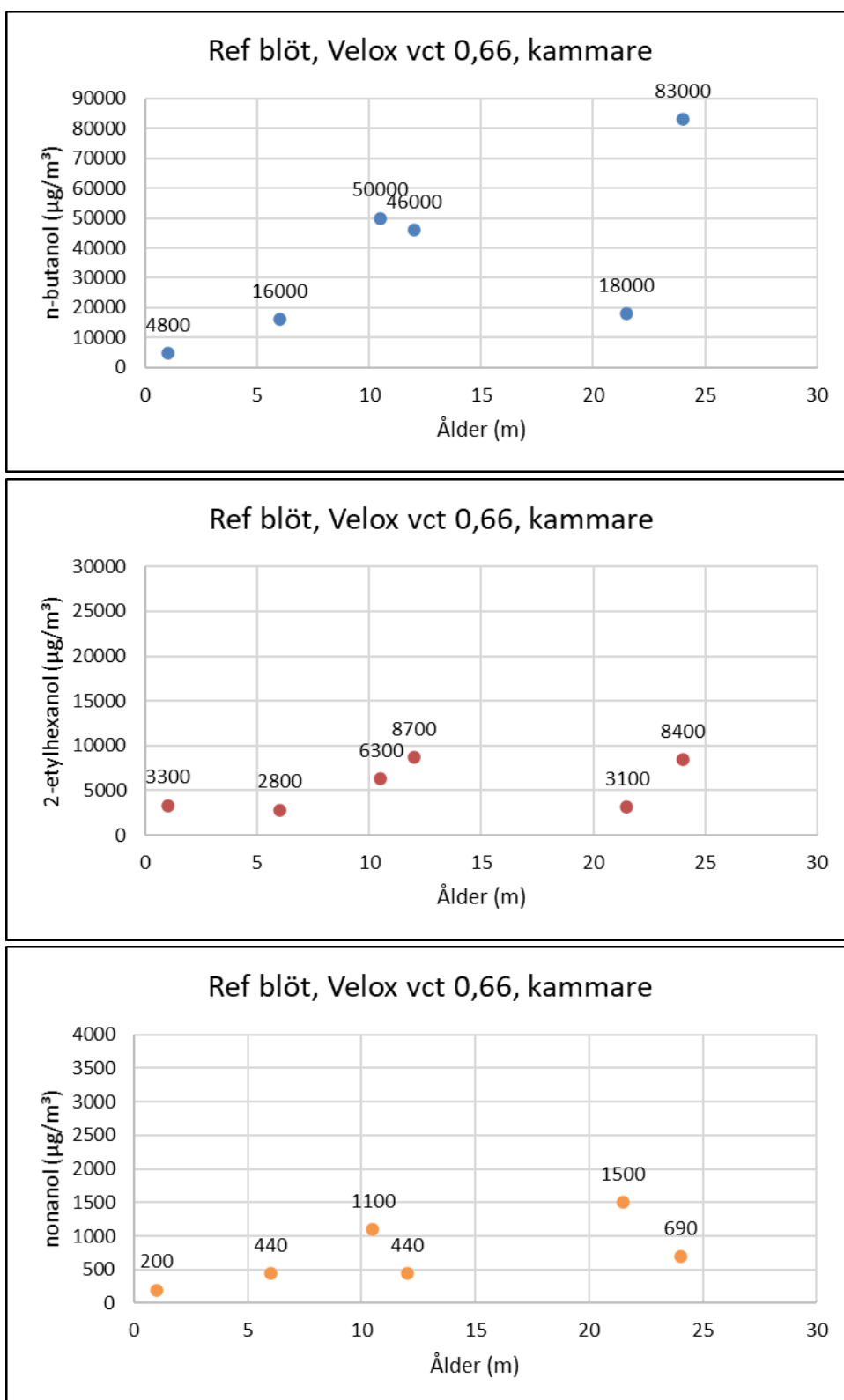
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
1	7400	4800	3300	200
6	12000	16000	2800	440
10,5	41000	50000	6300	1100
12	28000	46000	8700	440
21,5	17000	18000	3100	1500
24	31000	83000	8400	690

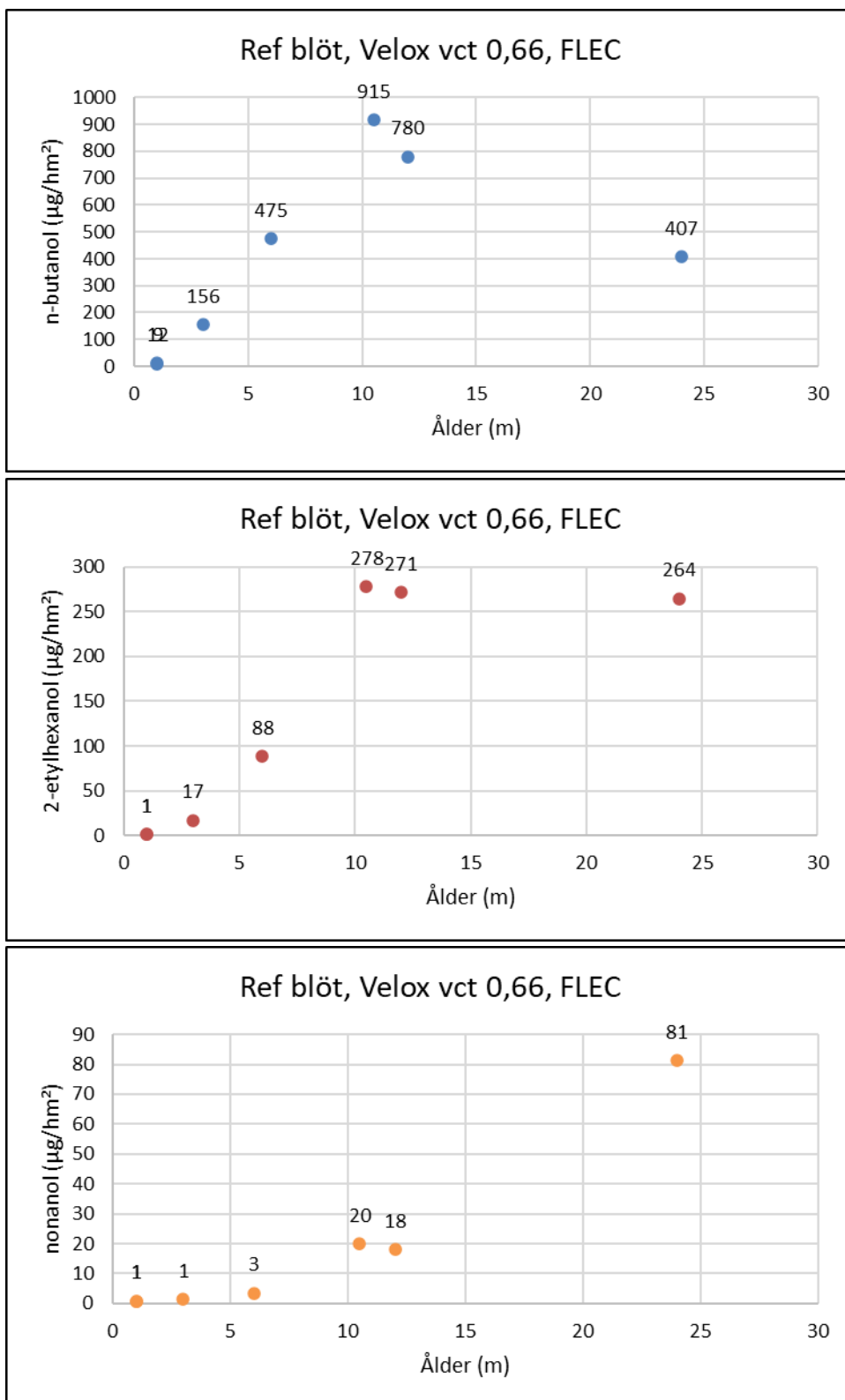
Tabell 4, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i  $\mu\text{g}$  toluenekvivalenter/ $\text{m}^3$ , övriga halter anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
1	32	12	1	1
1	22	9	1	1
3	142	156	17	1
6	373	475	88	3
10,5	746	915	278	20
12	576	780	271	18
24	373	407	264	81

Tabell 5, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i  $\mu\text{g}$  toluenekvivalenter/ $\text{hm}^2$ , övriga halter anges i  $\mu\text{g}/\text{hm}^2$



Figur 15. Kammarmätning av emissioner i Ref blöt, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning. **OBSERVERA** avvikande skala från andra diagram.



Figur 16. FLEC-mätning av emissioner i Ref blöt, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning. OBSERVERA avvikande skala från andra diagram.

## Bilaga 5, Mätresultat Ref torr, Velox vct 0,66

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox Slite, vct 0,66
Uttorkning	Ensidig fram till 85% utan påslag för mätosäkerhet på ekvivalent djup
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	84,6 +/- 2,0 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Optima

Tabell 6, Mätobjektgenskaper

### Uppmätta emissioner

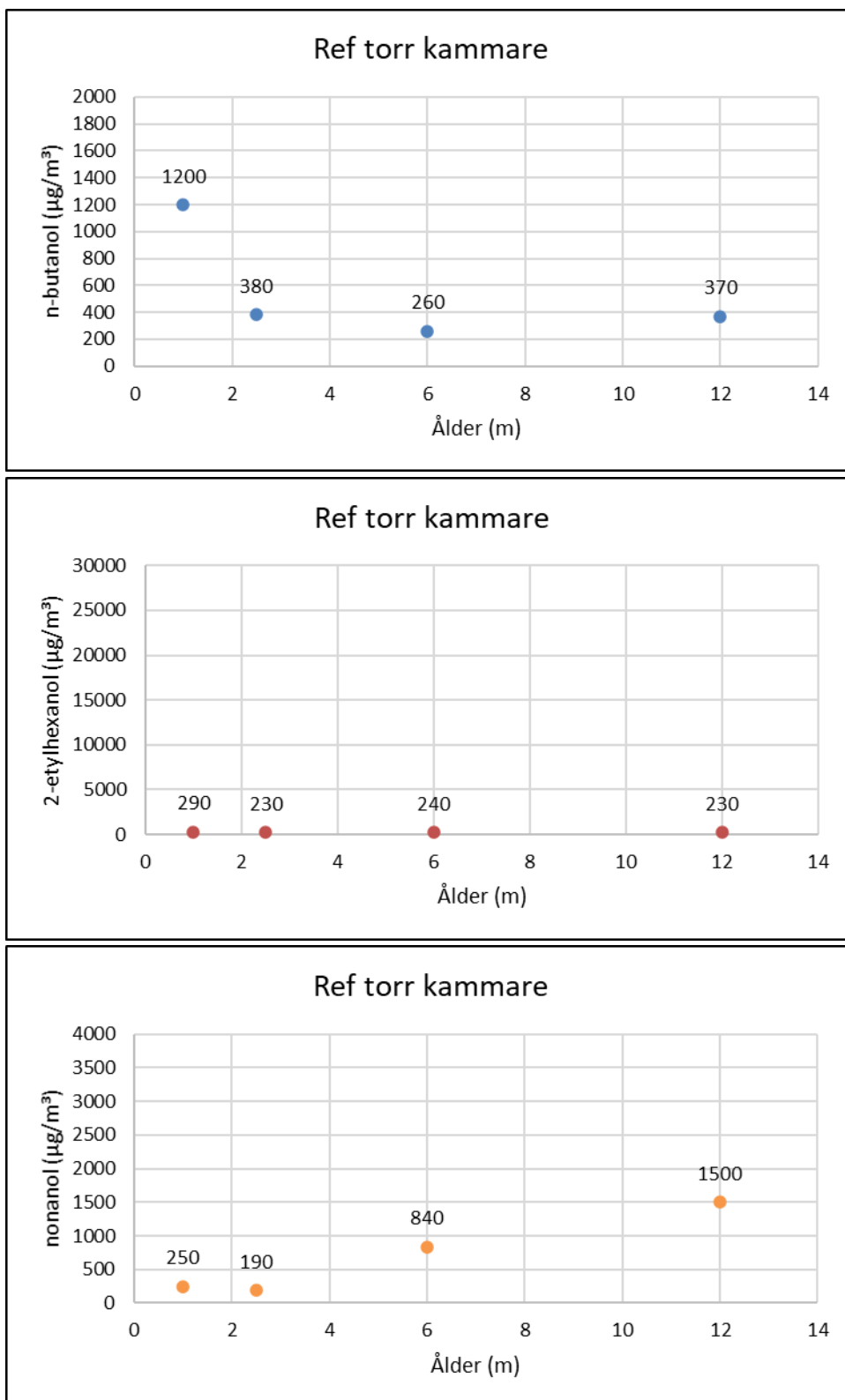
Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
1	5500	1200	290	250
2,5	3100	380	230	190
6	3300	260	240	840
12	6400	370	230	1500

Tabell 7, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i  $\mu\text{g}$  toluenekvivalenter/ $\text{m}^3$ , övriga halter anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

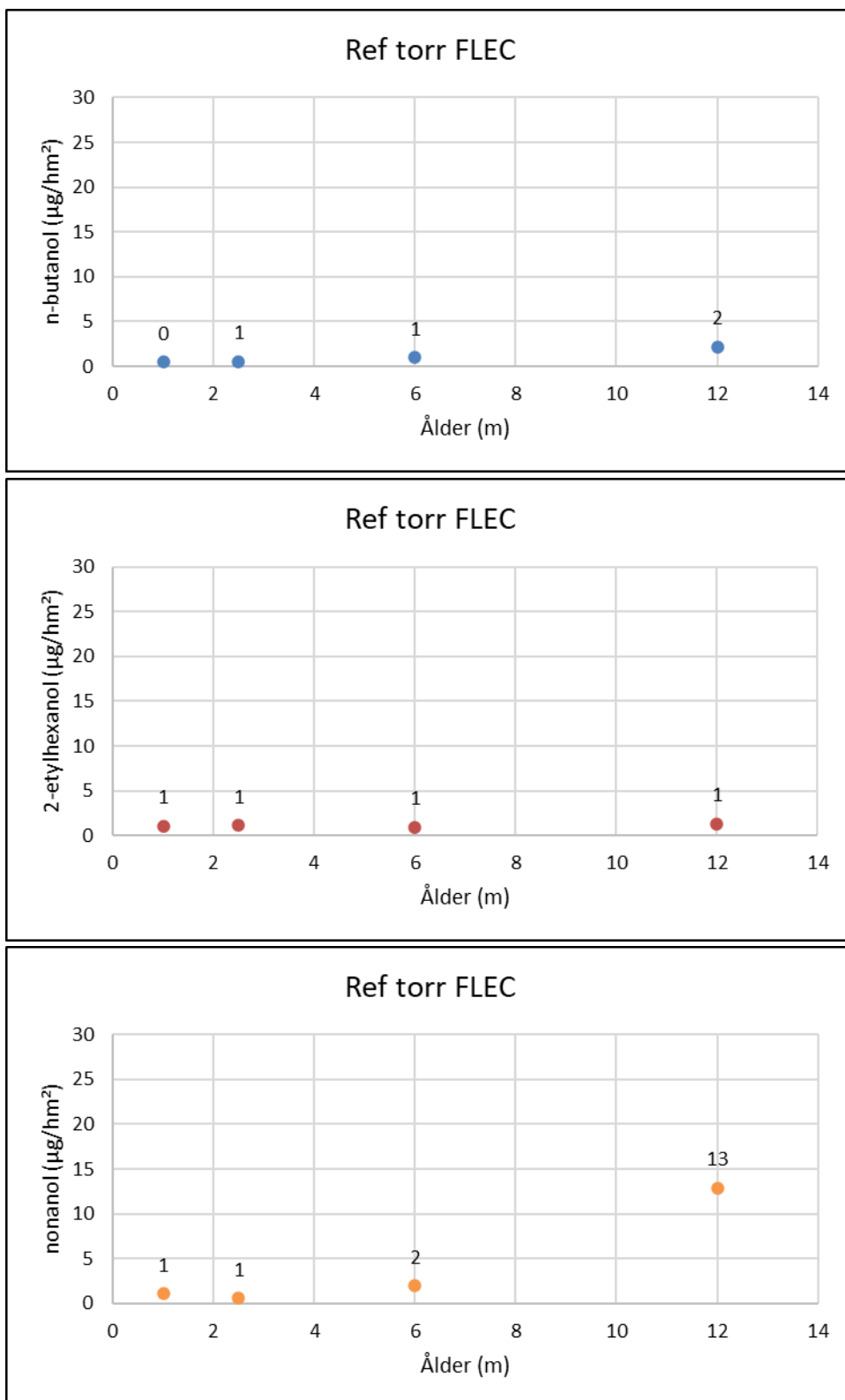
Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
1	16	0	1	1
2,5	12	1	1	1
6	26	1	1	2
12	64	2	1	13

Tabell 8, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i  $\mu\text{g}$  toluenekvivalenter/ $\text{hm}^2$ , övriga halter anges i  $\mu\text{g}/\text{hm}^2$





Figur 17. Kammarmätning av emissioner i Ref torr, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 18. FLEC-mätning av emissioner i Ref torr, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 6, Mätresultat Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,40, 3 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Bascement CEM II/A-V (gamla), vct 0,40
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	86,3 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	71,6 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

Tabell 9, Mätobjektgenskaper

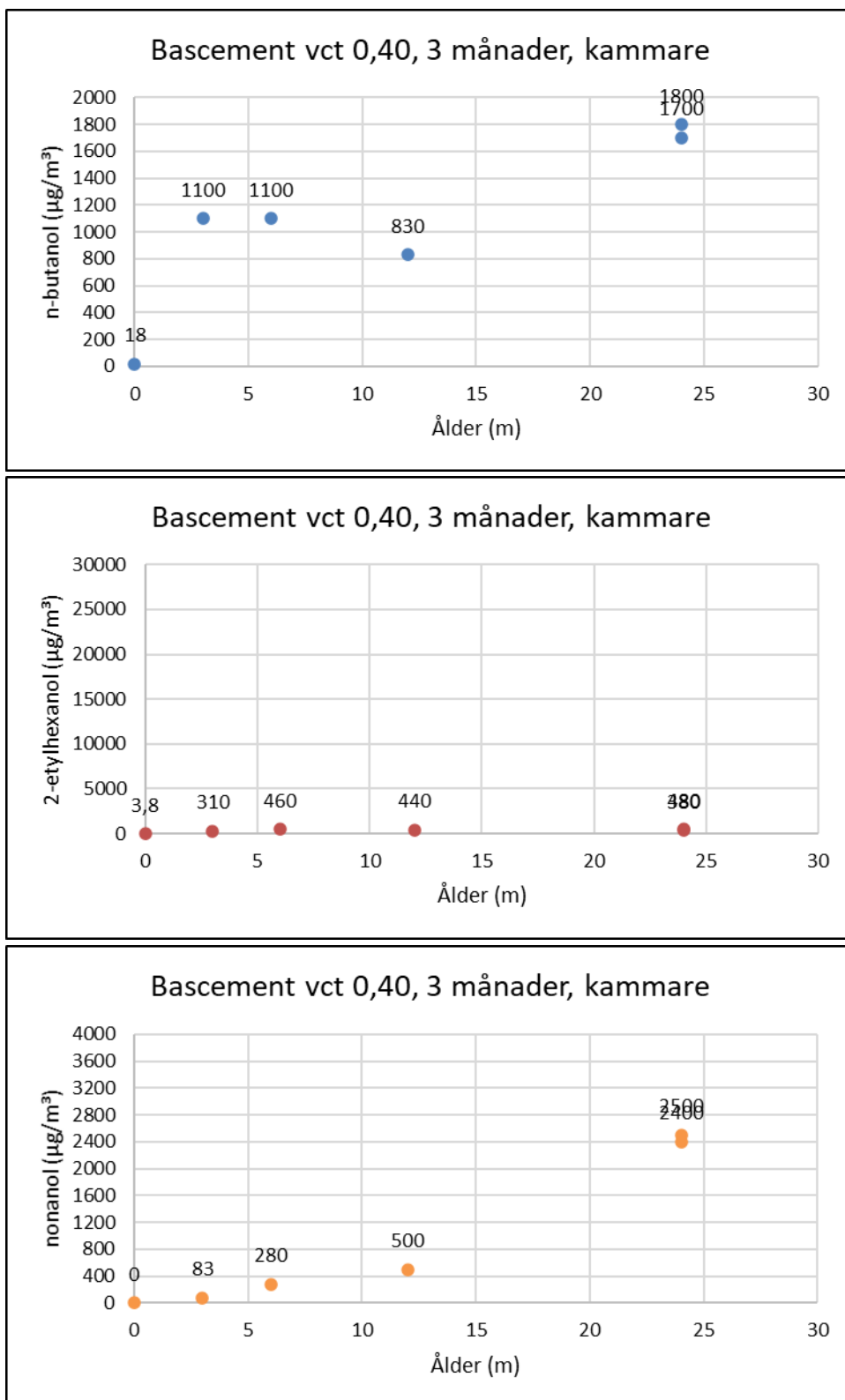
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	250	18	3,8	0
3	4900	1100	310	83
6	6700	1100	460	280
12	4600	830	440	500
24	15000	1800	380	2400
24	17000	1700	480	2500

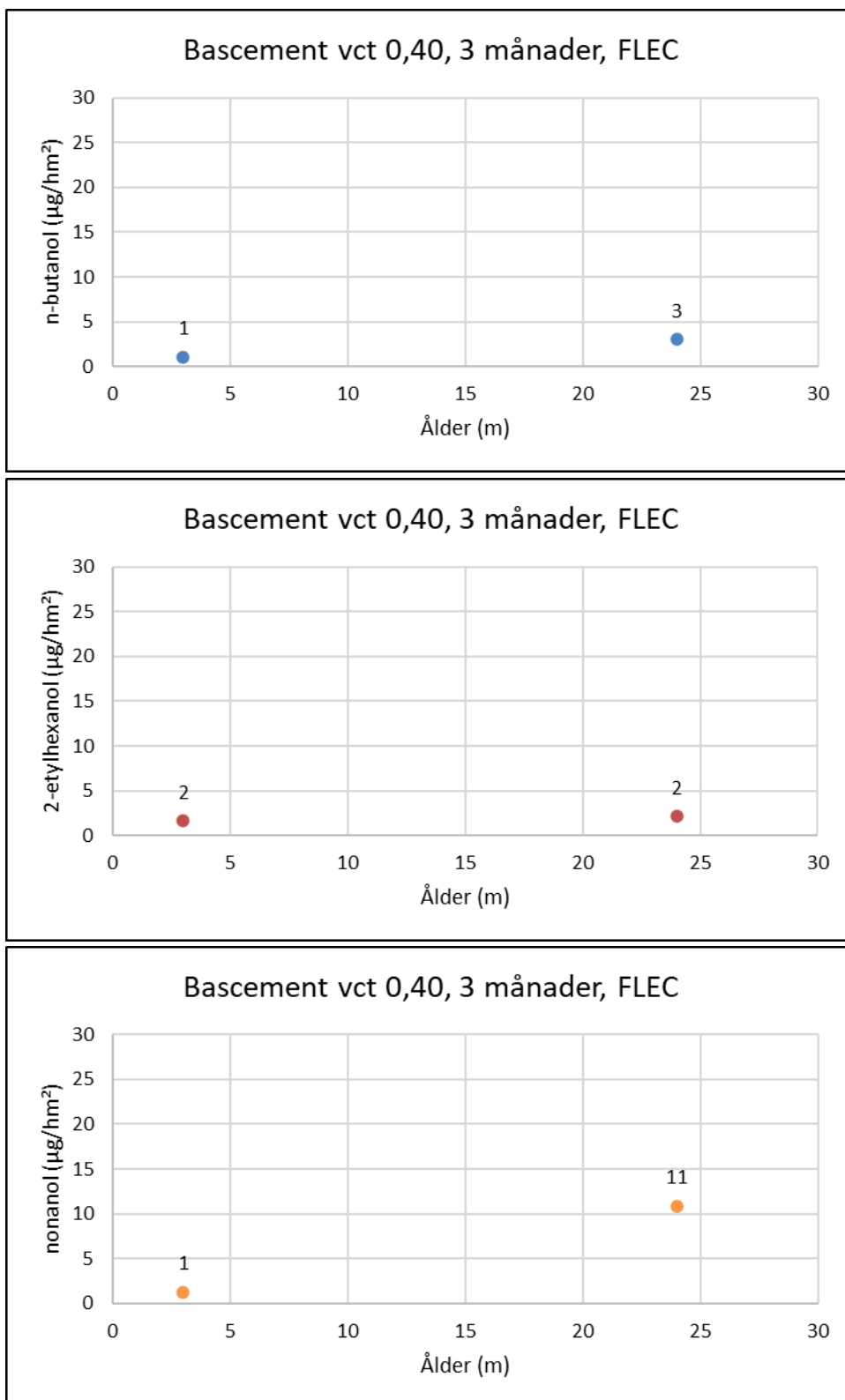
Tabell 10, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	37	1	2	1
24	44	3	2	11

Tabell 11, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/ hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/ hm<sup>2</sup>



Figur 19. Kammarmätning av emissioner i Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,40, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-etylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 20. FLEC-mätning av emissioner i Basement CEM II/A-V (gamla) vct 0,40, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 7, Mätresultat Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,55, 3 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Bascement CEM II/A-V (gamla), vct 0,55
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	88,2 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före matläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	73,5 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

Tabell 12, Mätobjekttegenskaper

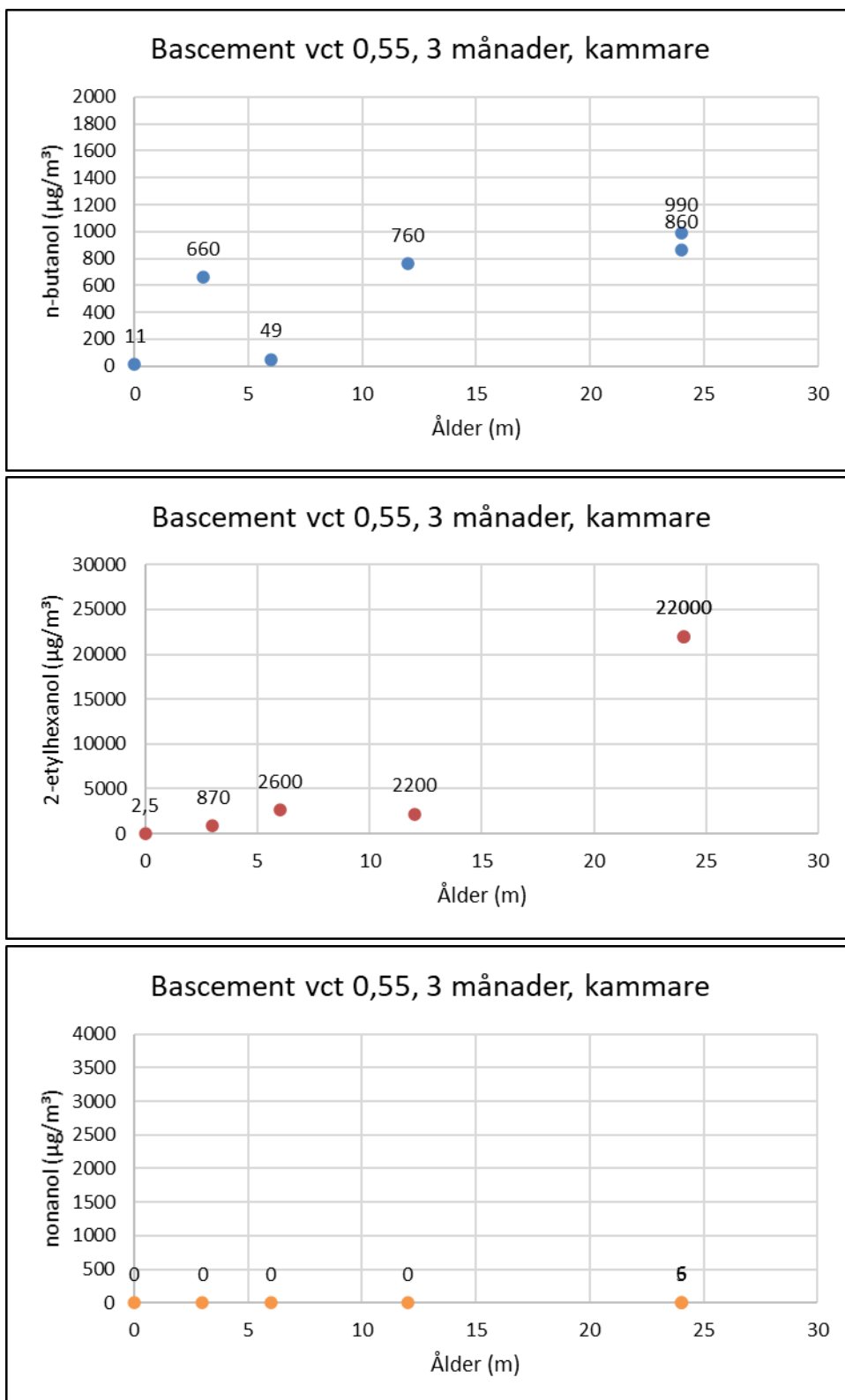
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	260	11	2,5	< 1
3	5600	660	870	< 1
6	10000	49	2600	< 1
12	6800	760	2200	< 1
24	25000	860	22000	5
24	27000	990	22000	6

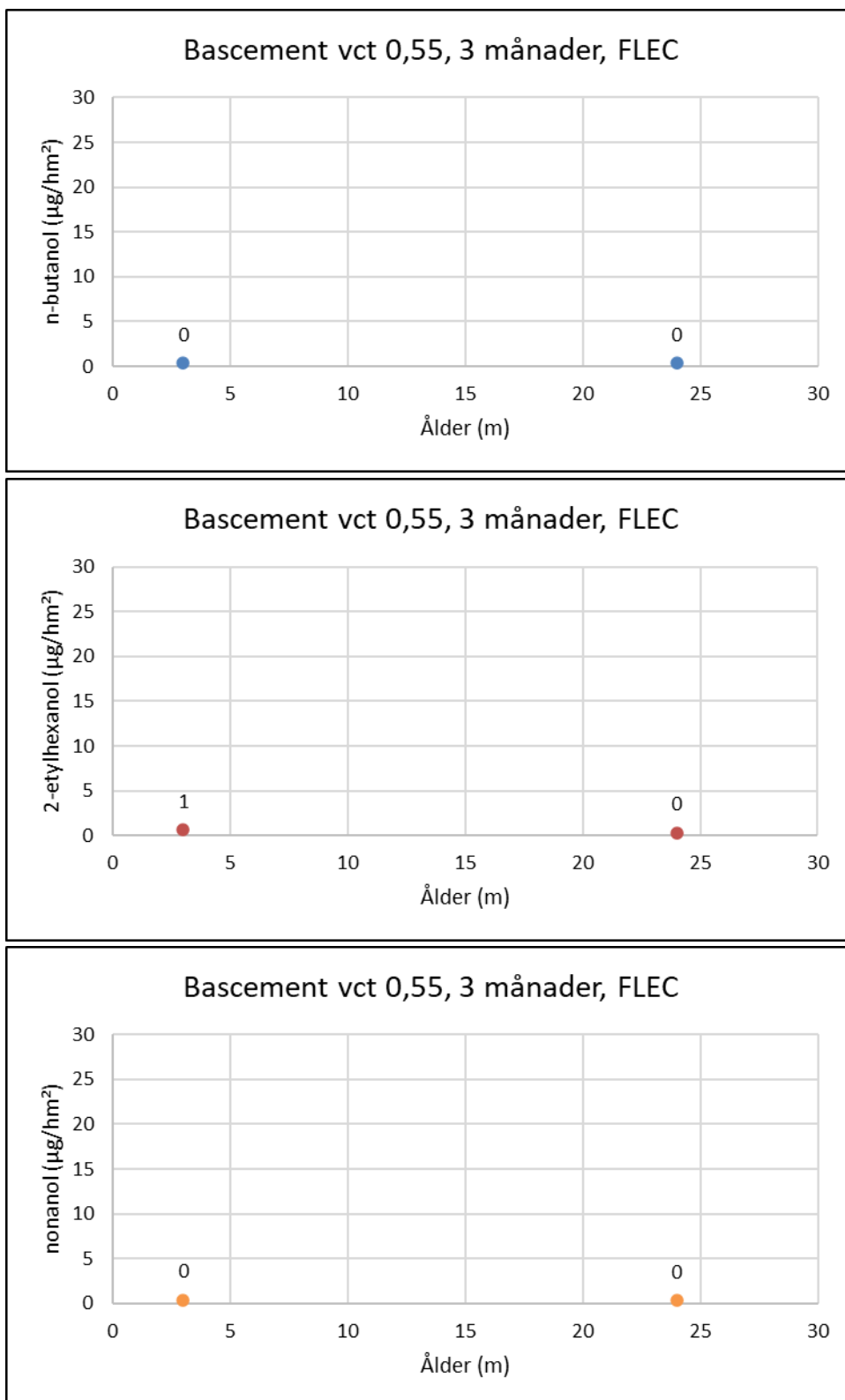
Tabell 13, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. matläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenkvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	21	0	1	0
24	1	0	0	0

Tabell 14, FLEC, ålder anges fr.o.m. matläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenkvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>



Figur 21. Kammarmätning av emissioner i Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,55, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad).  $\text{\AA}lder$  anges fr.o.m. matläggning.



Figur 22. FLEC-mätning av emissioner i Basement CEM II/A-V (gamla) vct 0,55, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. matläggning.



## Bilaga 8, Mätresultat Velox + 30% slagg vct 0,40, 3 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox + 30% slagg, vct 0,40
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	84,8 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	71,7 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

Tabell 15, Mätobjekttegenskaper

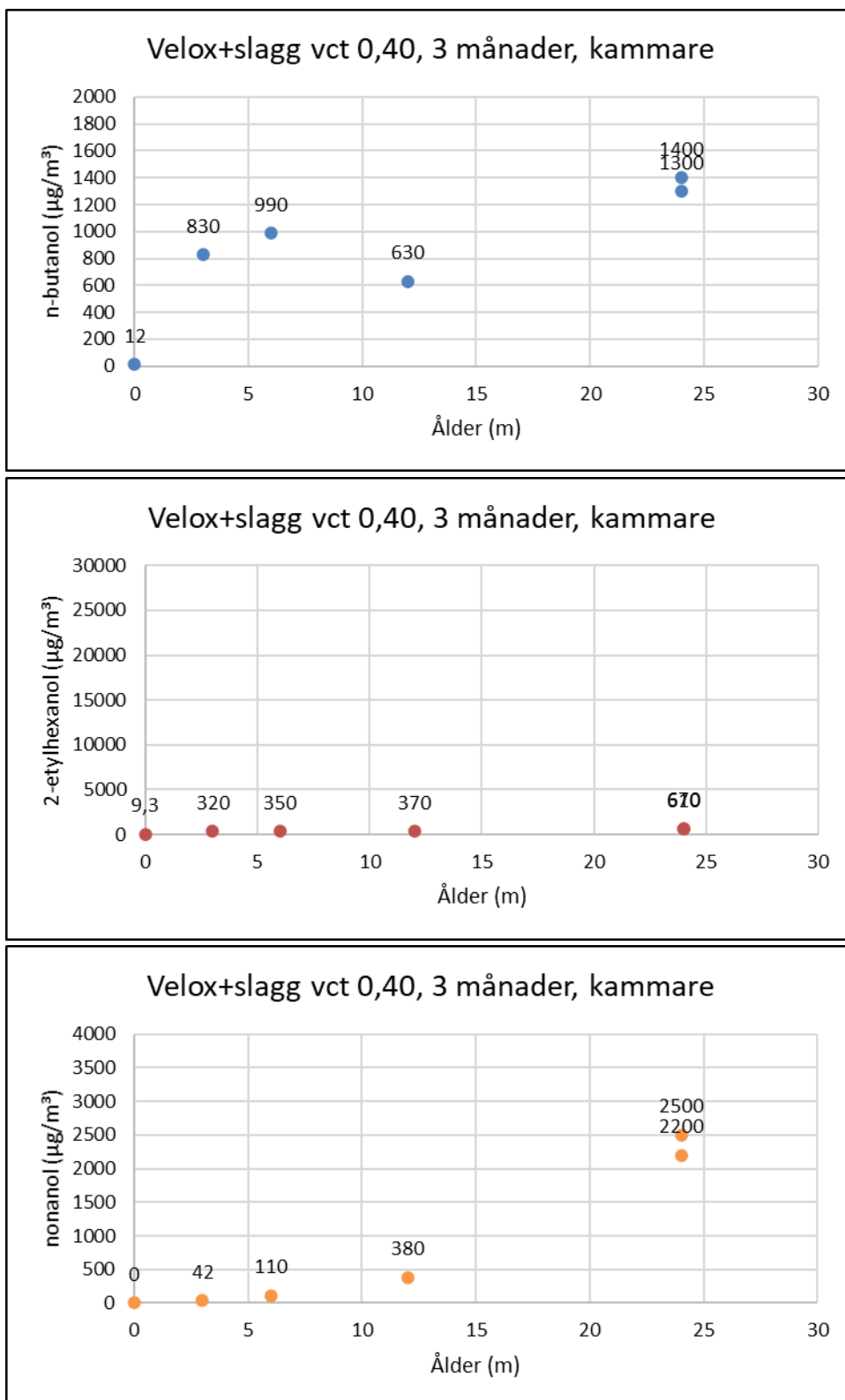
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	610	12	9,3	0
3	4800	830	320	42
6	6000	990	350	110
12	4000	630	370	380
24	17000	1300	670	2500
24	15000	1400	610	2200

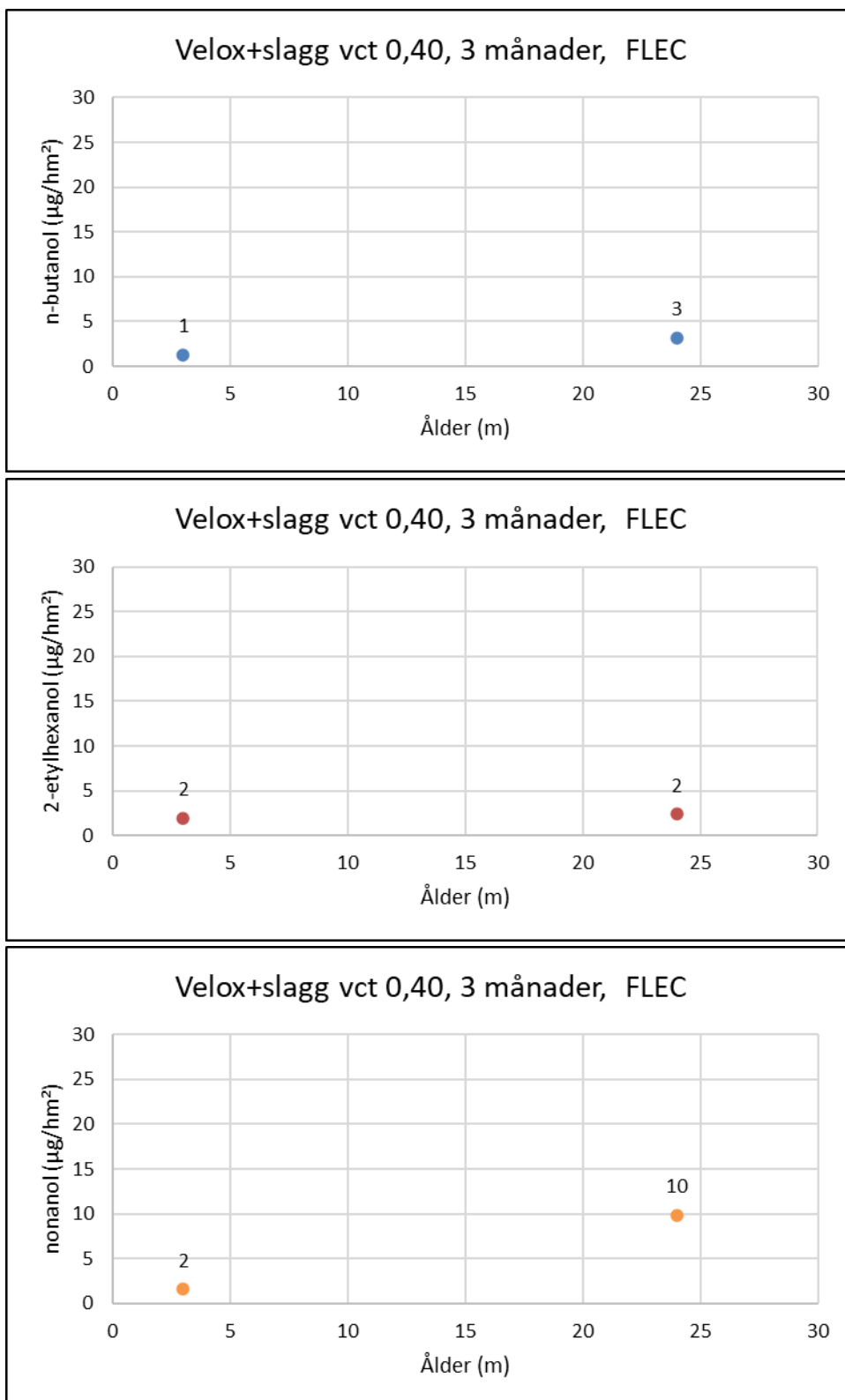
Tabell 16, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	54	1	2	2
24	41	3	2	10

Tabell 17, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>



Figur 23. Kammarmätning av emissioner i Velox + 30% slagg vct 0,40, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 24. FLEC-mätning av emissioner i Velox + 30% slagg vct 0,40, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 9, Mätresultat Velox + 30% slagg vct 0,55, 3 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox + 30% slagg, vct 0,55
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	88,2 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	69,9 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

Tabell 18, Mätobjekttegenskaper

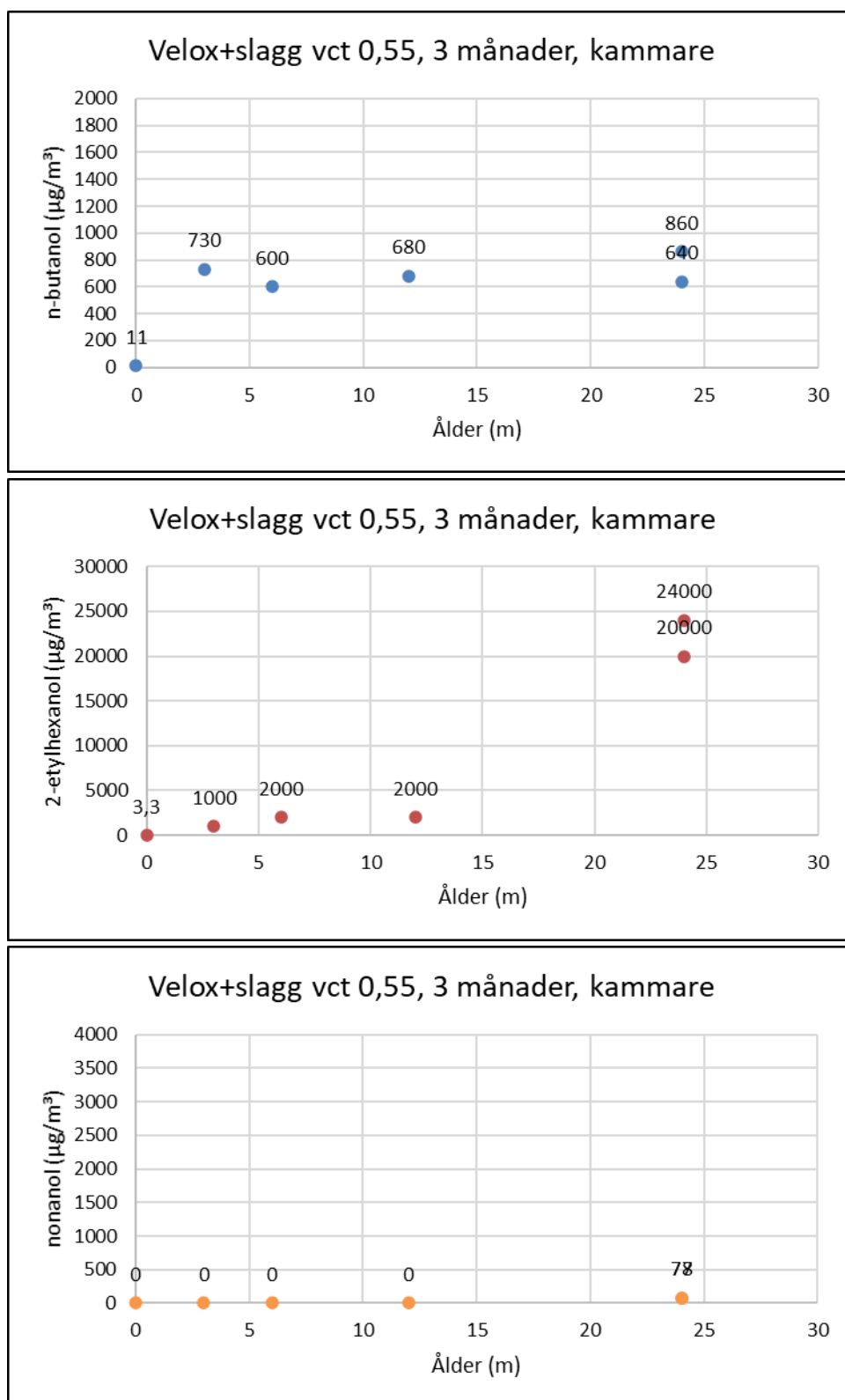
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	230	11	3,3	0
3	6200	730	1000	0
6	8700	600	2000	0
12	7200	680	2000	0
24	28000	640	24000	78
24	26000	860	20000	77

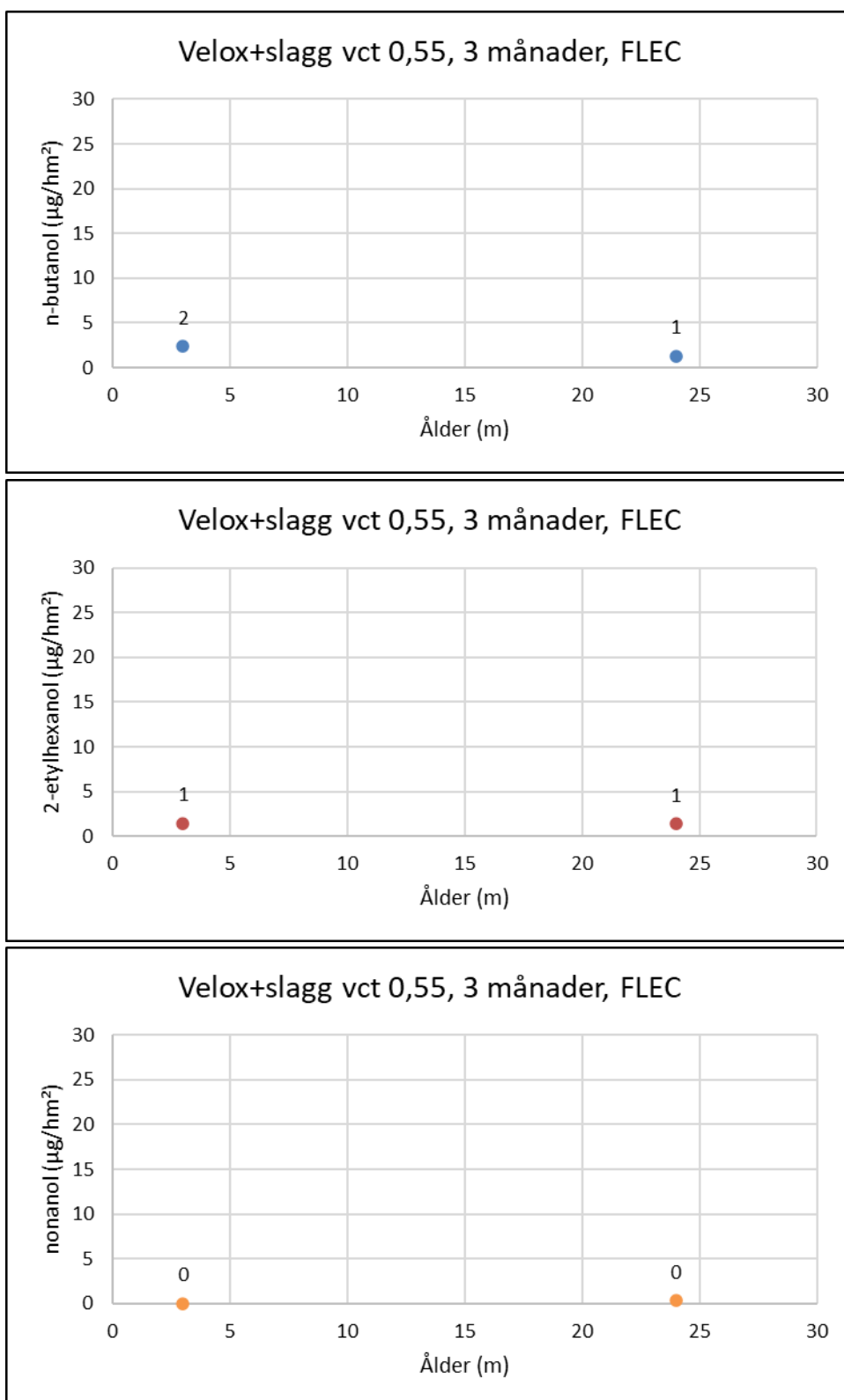
Tabell 19, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	24	2	1	0
24	9	1	1	0

Tabell 20, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>



Figur 25. Kammarmätning av emissioner i Velox + 30% slaggt vct 0,55, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 26. FLEC-mätning av emissioner i Velox + 30% slaggt vct 0,55, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 10, Mätresultat CEMEX Miljö vct 0,40, 3 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	CEMEX Miljö, vct 0,40
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	86,5 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före matläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	69,7 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

Tabell 21, Mätobjekttegenskaper

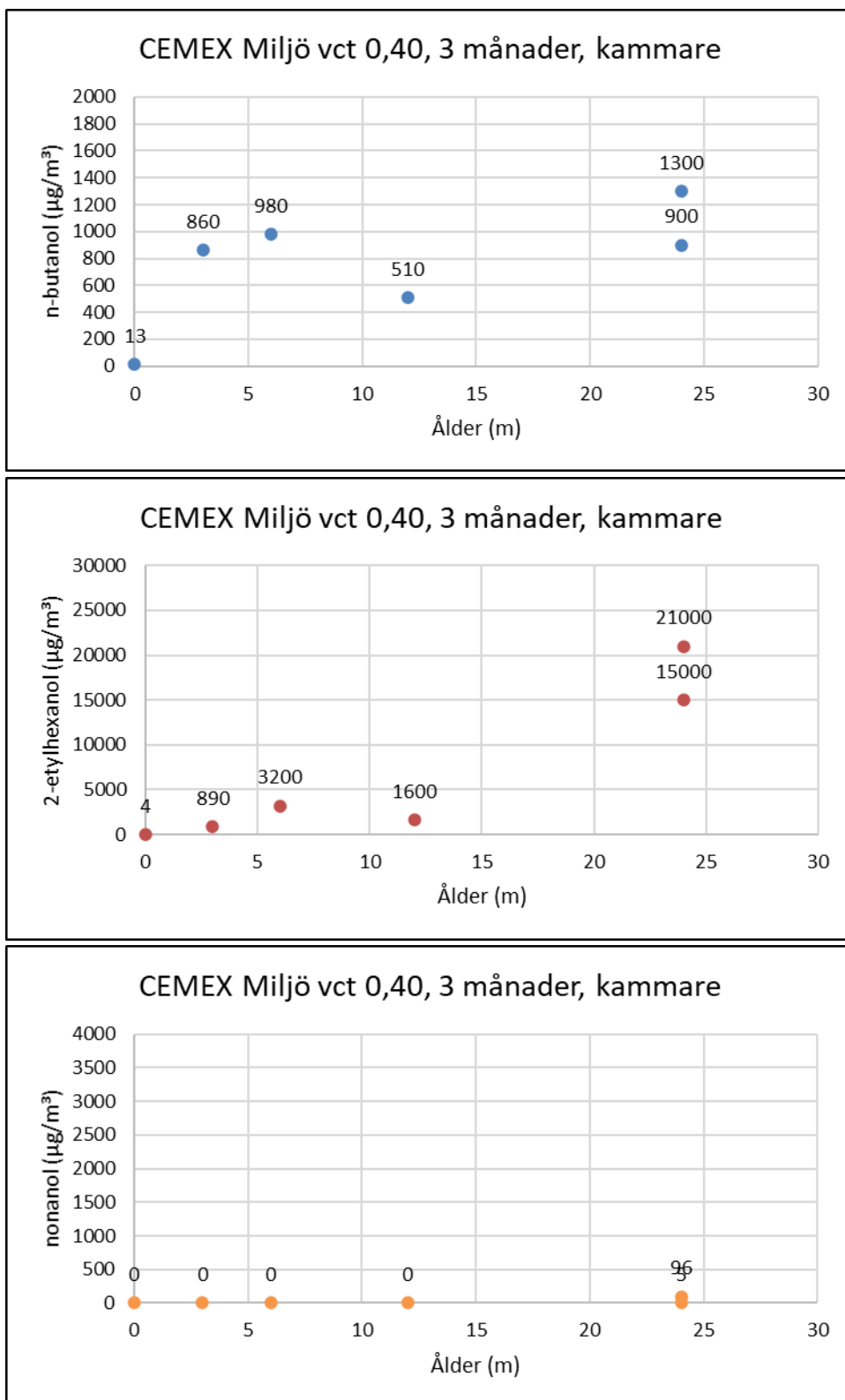
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	170	13	4	0
3	6100	860	890	0
6	12000	980	3200	0
12	5700	510	1600	0
24	27000	900	21000	96
24	23000	1300	15000	5

Tabell 22, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. matläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

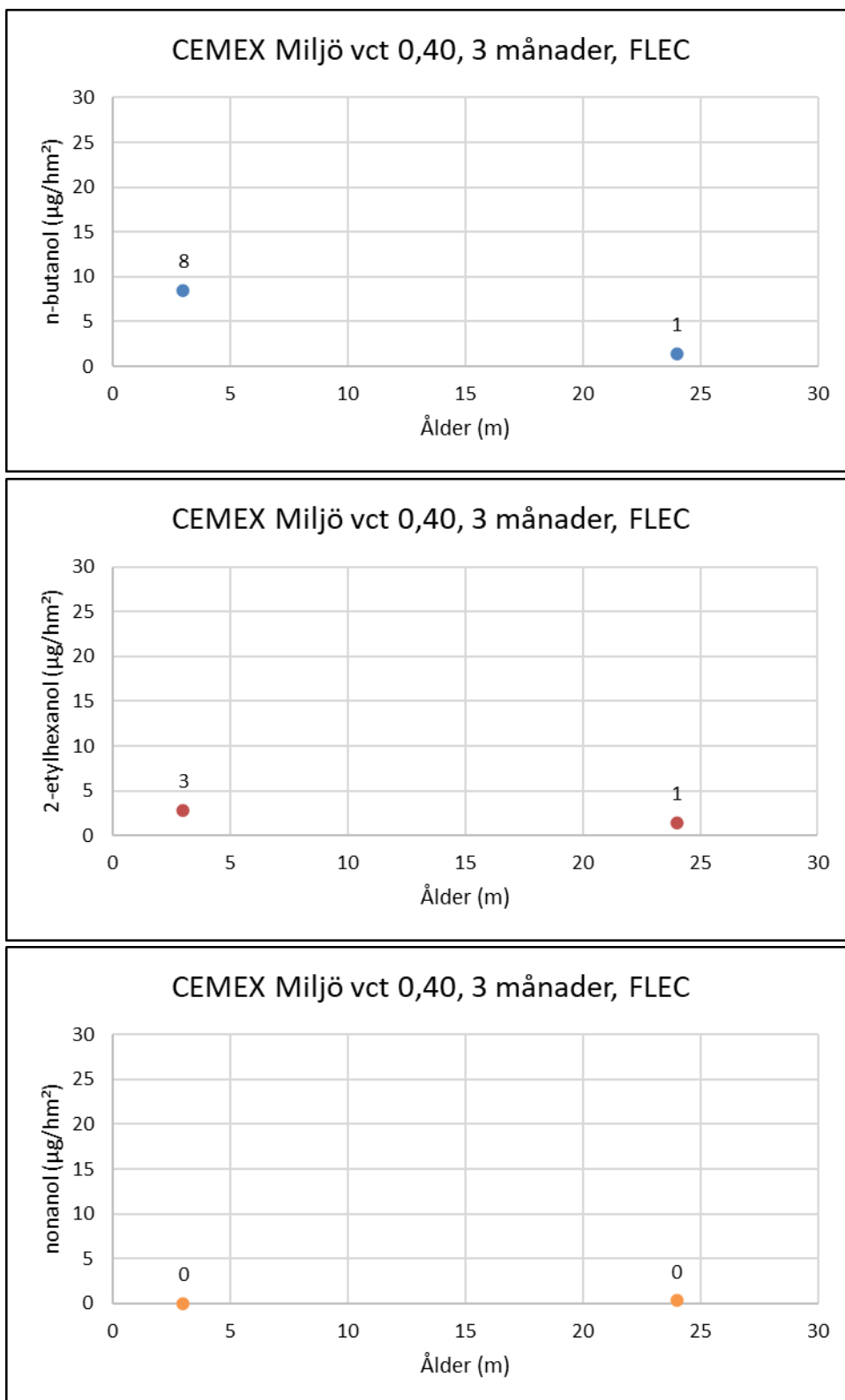
Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	33	8	3	0
24	8	1	1	0

Tabell 23, FLEC, ålder anges fr.o.m. matläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>



Figur 27. Kammarmätning av emissioner i CEMEX Miljö vct 0,40, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.





Figur 28. FLEC-mätning av emissioner i CEMEX Miljö vct 0,40, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 11, Mätresultat CEMEX Miljö vct 0,55, 3 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	CEMEX Miljö, vct 0,55
Uttorkning	3 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	90,4 +/- 2,1 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	74,9 +/- 1,8 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

Tabell 24, Mätobjekttegenskaper

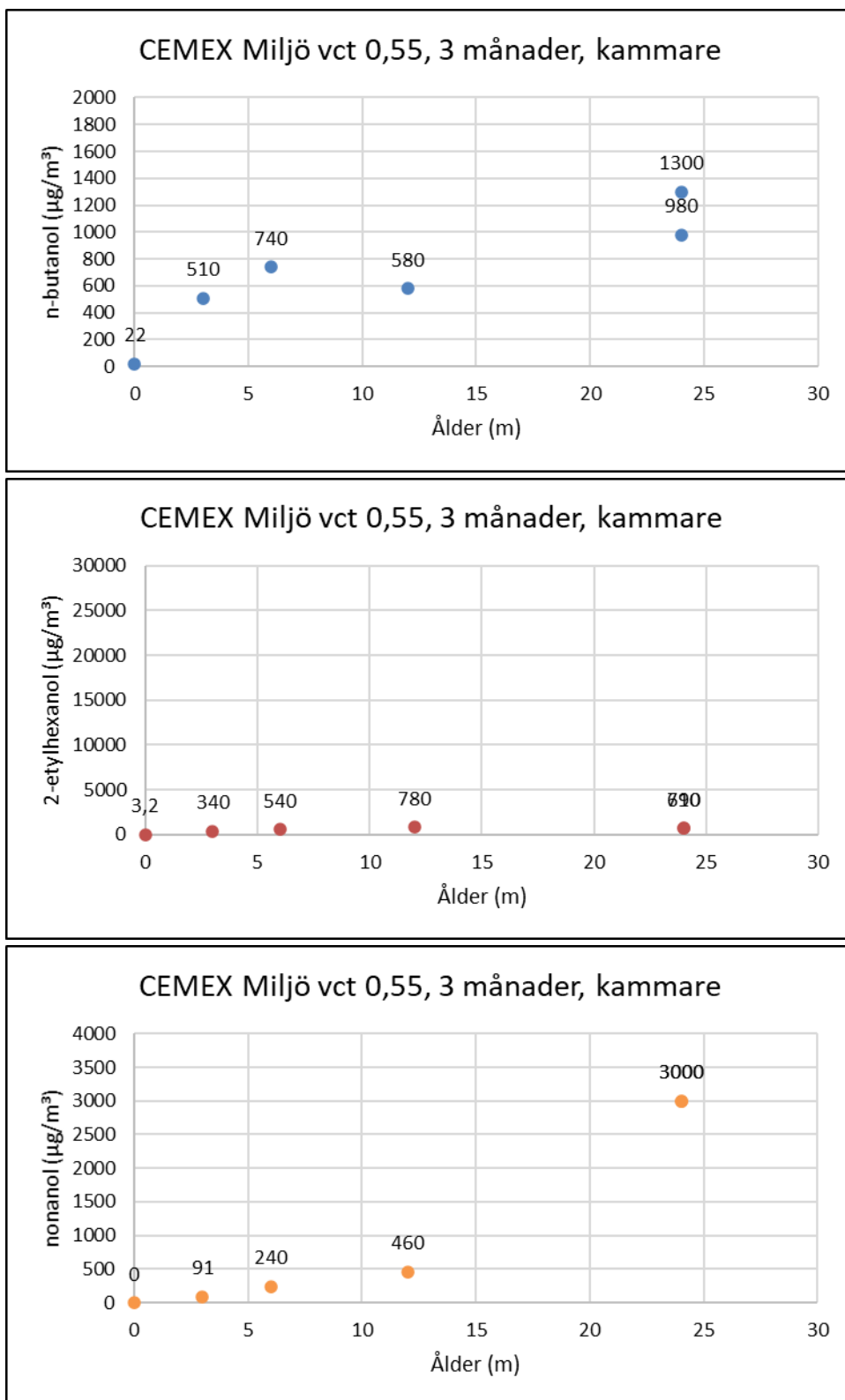
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	250	22	3,2	< 1
3	4300	510	340	91
6	6200	740	540	240
12	4700	580	780	460
24	13000	980	710	3000
24	14000	1300	690	3000

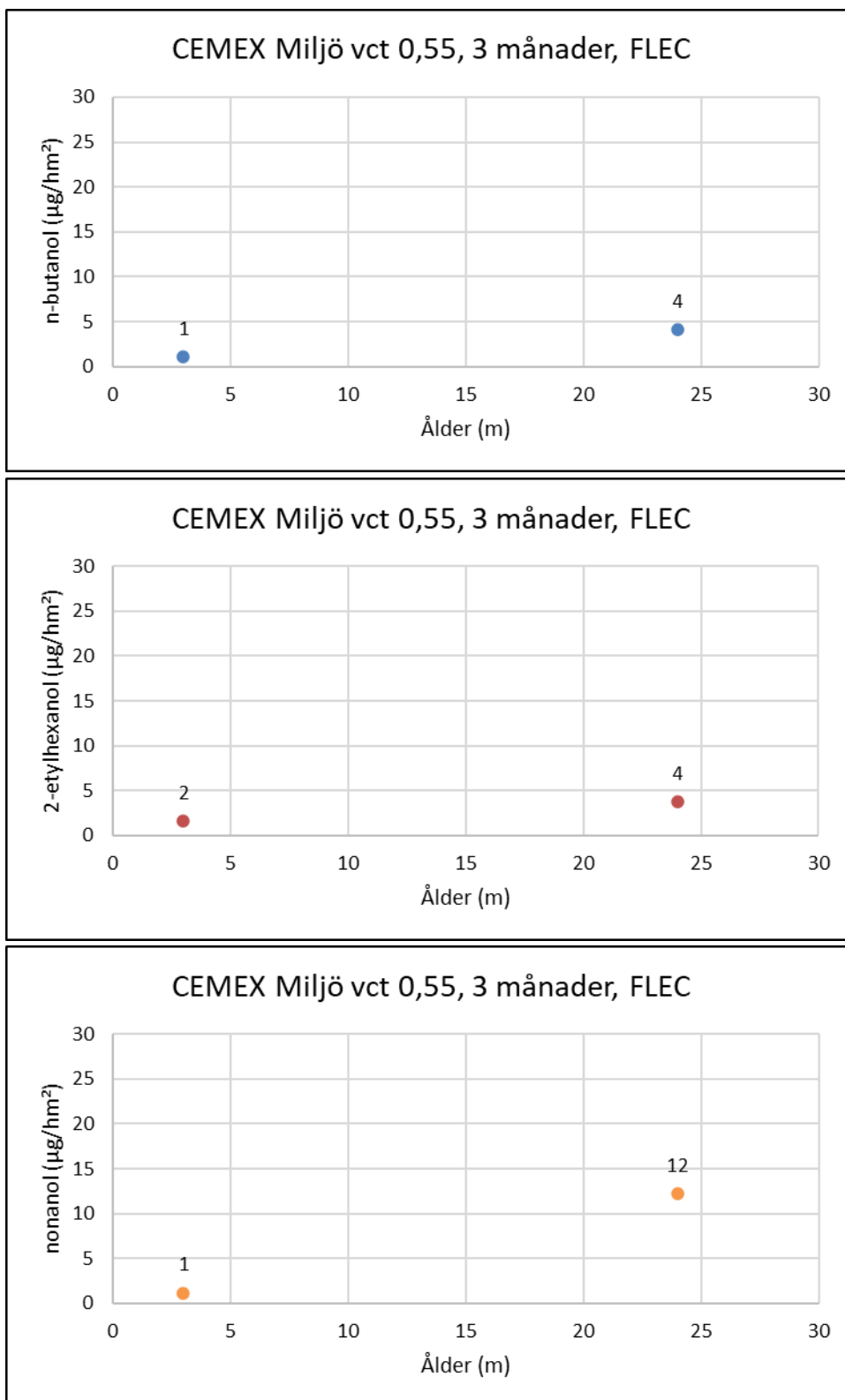
Tabell 25, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	32	1	2	1
24	51	4	4	12

Tabell 26, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>



Figur 29. Kammarmätning av emissioner i CEMEX Miljö vct 0,55, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 30. FLEC-mätning av emissioner i CEMEX Miljö vct 0,55, 3 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 12, Mätresultat Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,40, 6 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Bascement CEM II/A-V (gamla), vct 0,40
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	85,3 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före matläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	66,0 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

Tabell 27, Mätobjekttegenskaper

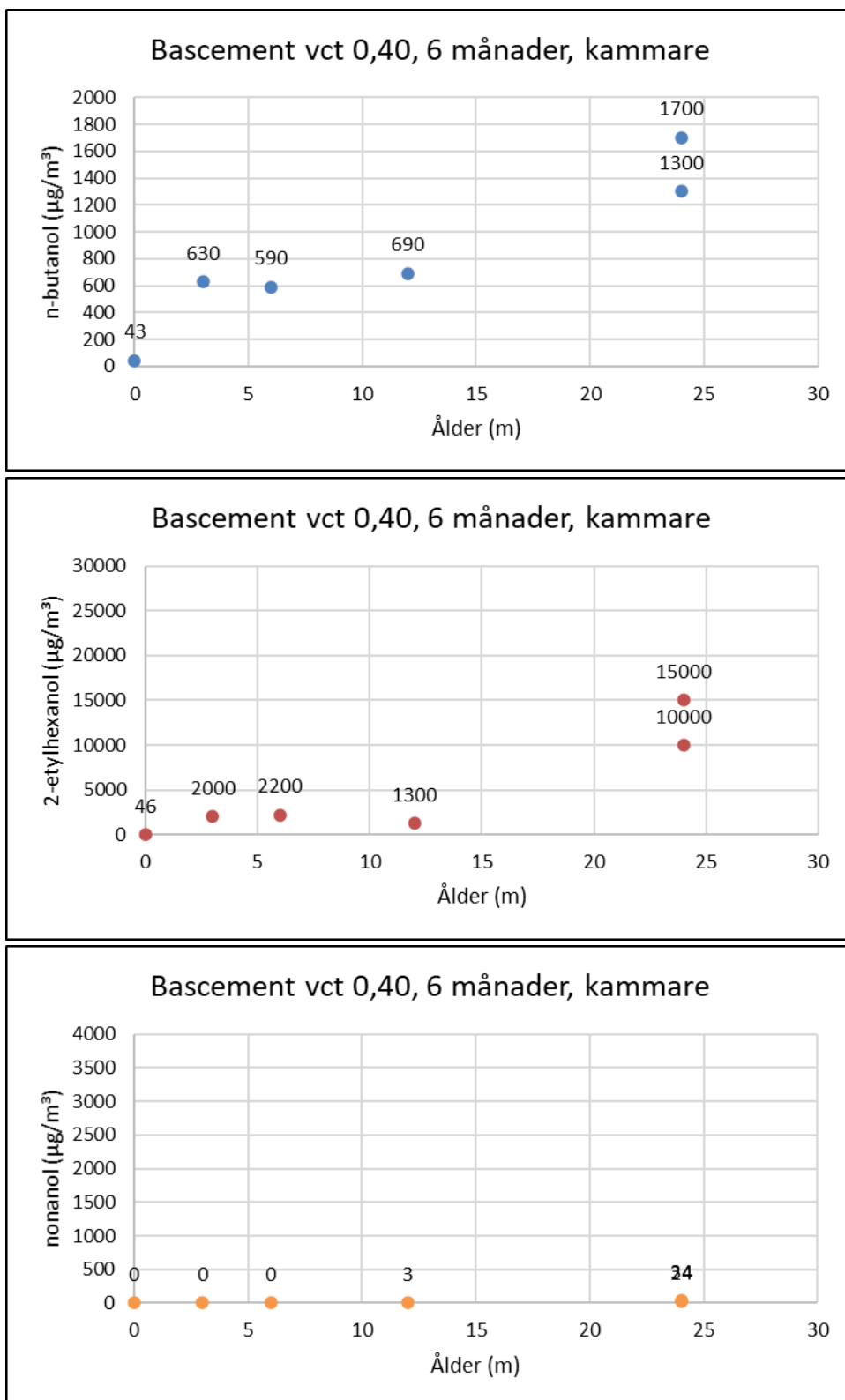
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	520	43	46	0
3	8800	630	2000	0
6	9500	590	2200	0
12	7600	690	1300	3
24	21000	1700	10000	24
24	25000	1300	15000	34

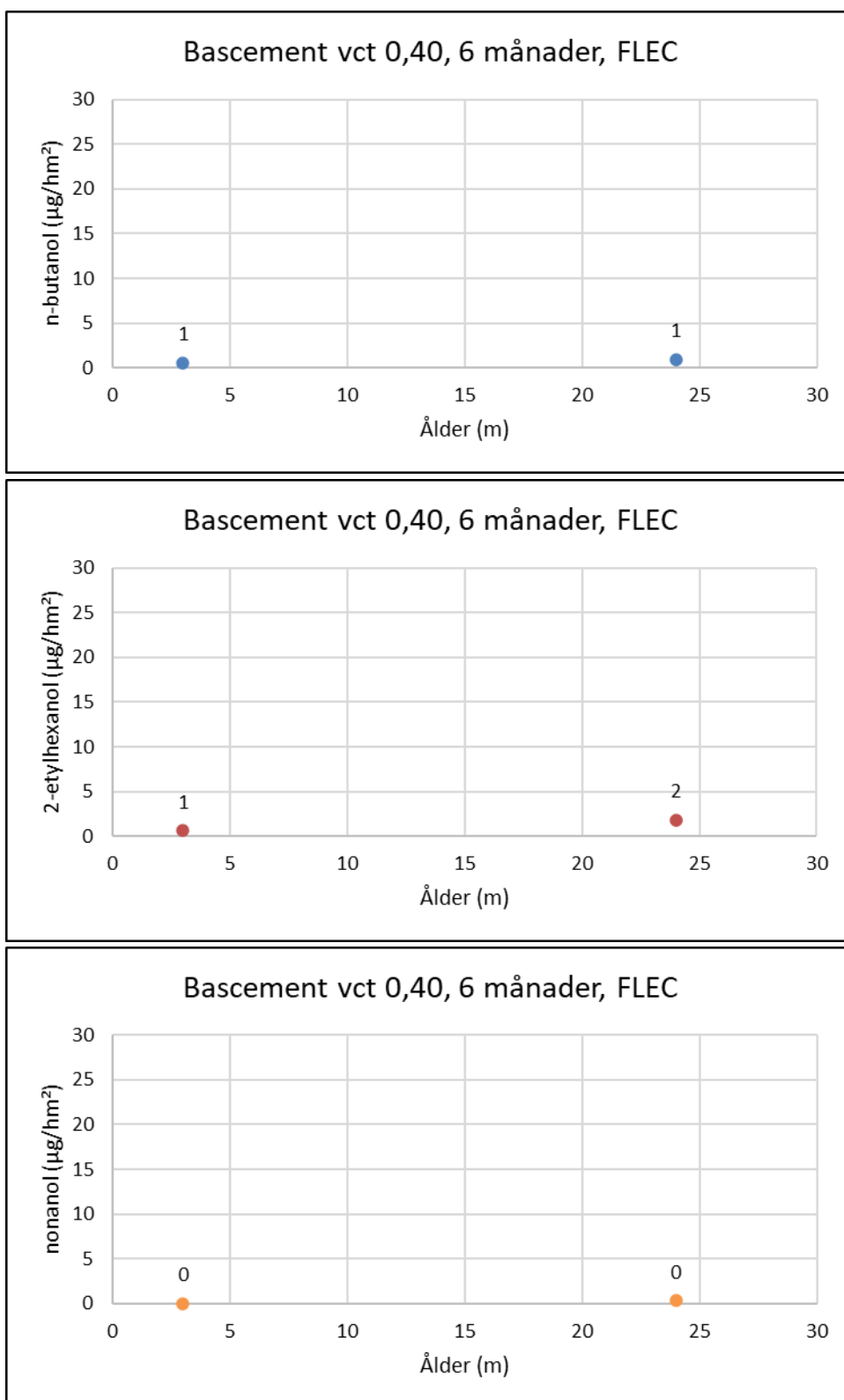
Tabell 28, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. matläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	10	1	1	0
24	9	1	2	0

Tabell 29, FLEC, ålder anges fr.o.m. matläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>



Figur 31. Kammarmätning av emissioner i Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,40, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 32. FLEC-mätning av emissioner i Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,40, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. matläggning.

## Bilaga 13, Mätresultat Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,55, 6 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Bascement CEM II/A-V (gamla), vct 0,55
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	86,8 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	65,9 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

Tabell 30, Mätobjekttegenskaper

### Uppmätta emissioner

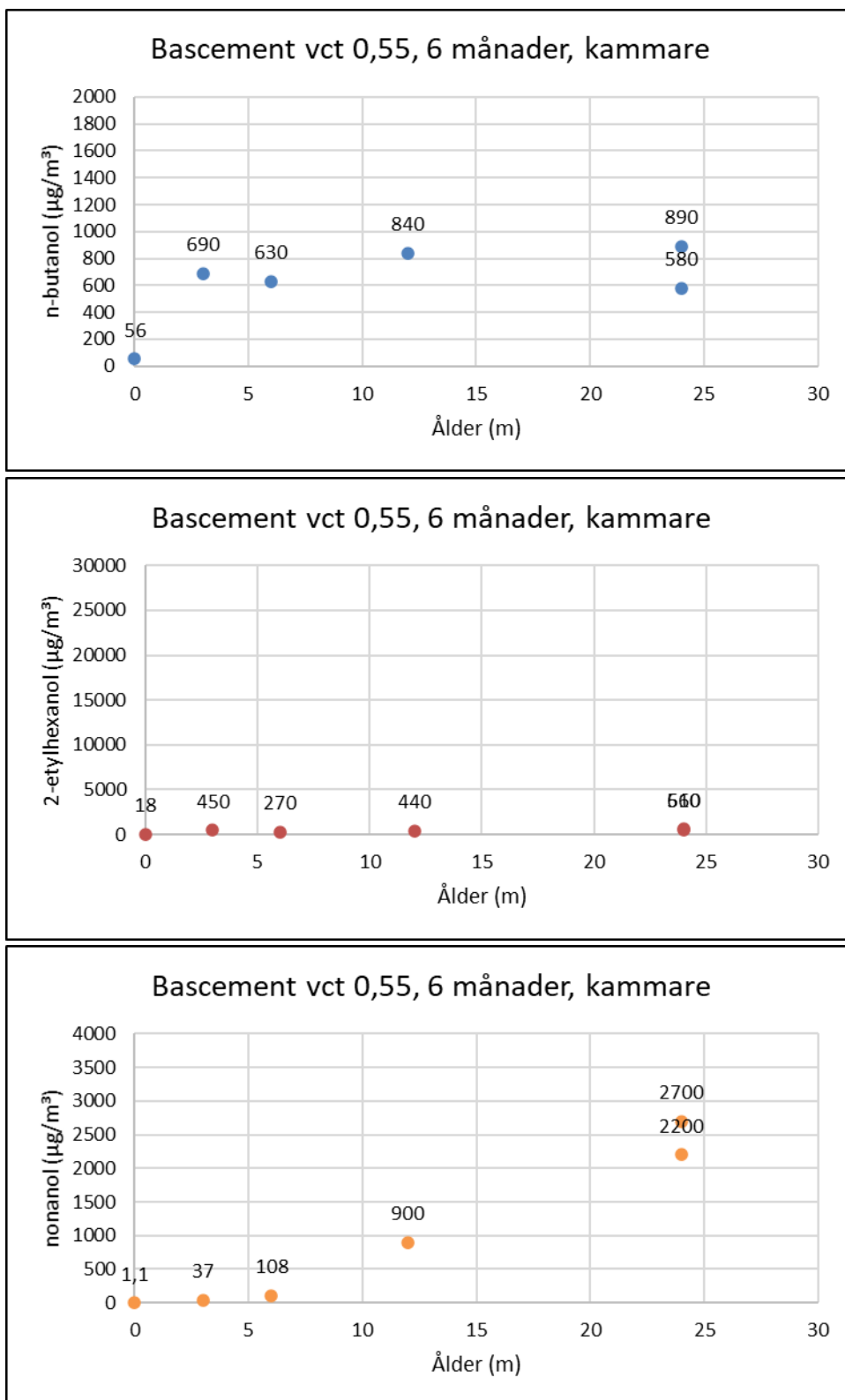
Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	760	56	18	1
3	5200	690	450	37
6	5300	630	270	108
12	7100	840	440	900
24	9400	580	560	2700
24	11000	890	610	2200

Tabell 31, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

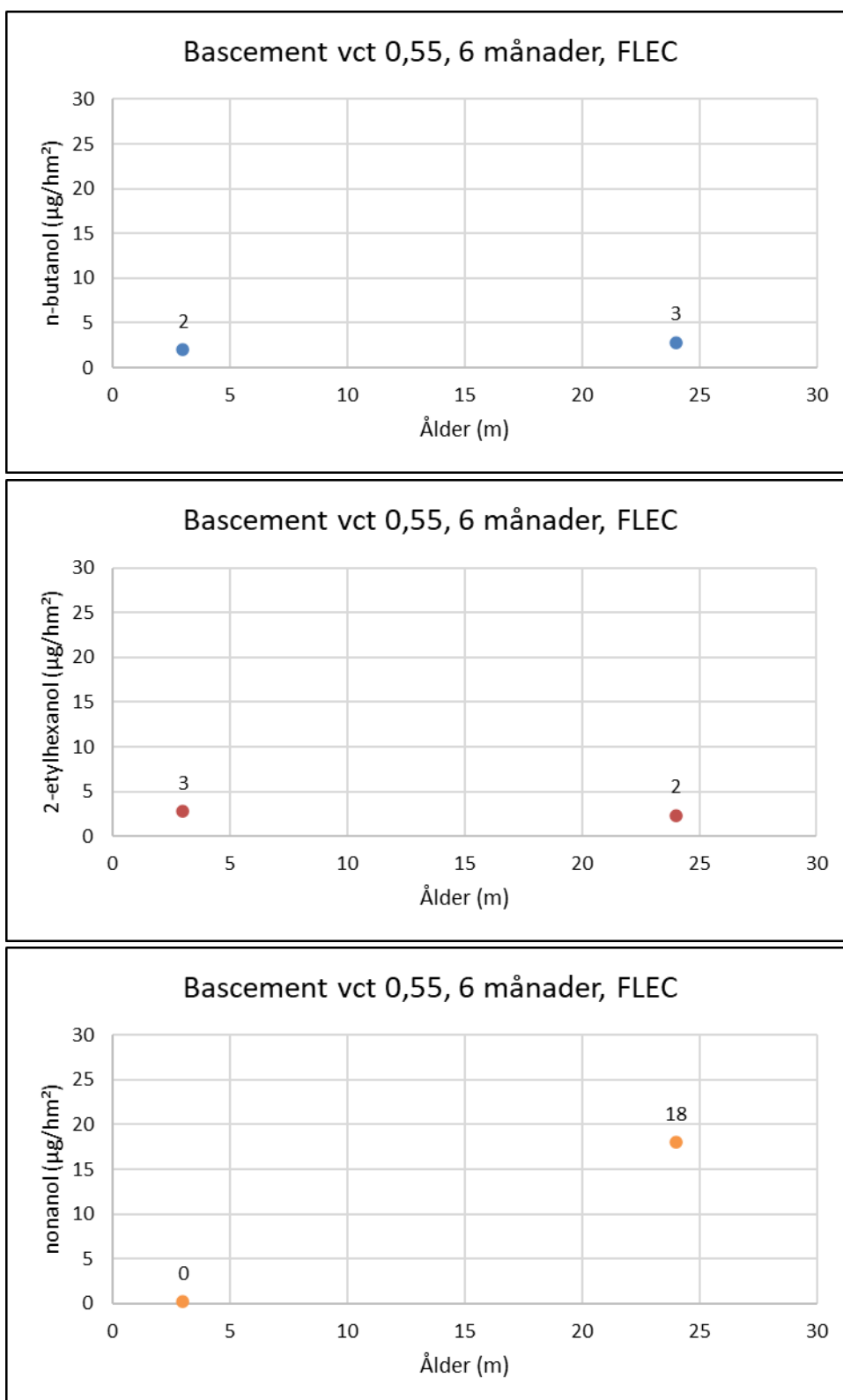
Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	37	2	3	0
24	32	3	2	18

Tabell 32, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>





Figur 33. Kammarmätning av emissioner i Bascement CEM II/A-V (gamla) vct 0,55, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 34. FLEC-mätning av emissioner i Basement CEM II/A-V (gamla) vct 0,55, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 14, Mätresultat Velox + 30% slagg vct 0,40, 6 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox + 30% slagg, vct 0,40
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	84,5 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	66,0 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

Tabell 33, Mätobjekttegenskaper

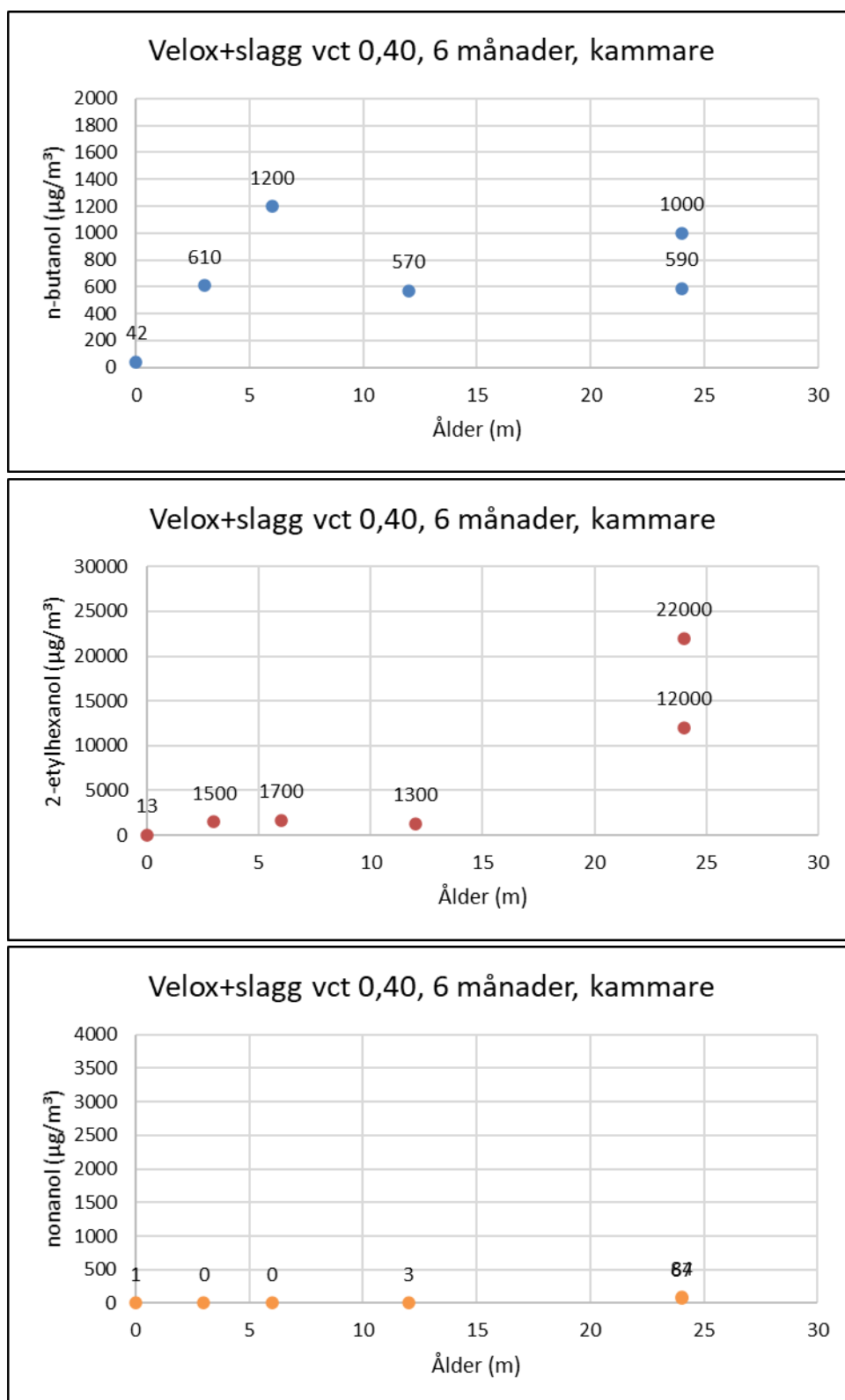
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	440	42	13	1
3	8600	610	1500	< 1
6	9400	1200	1700	< 1
12	6900	570	1300	3
24	19000	590	12000	84
24	29000	1000	22000	67

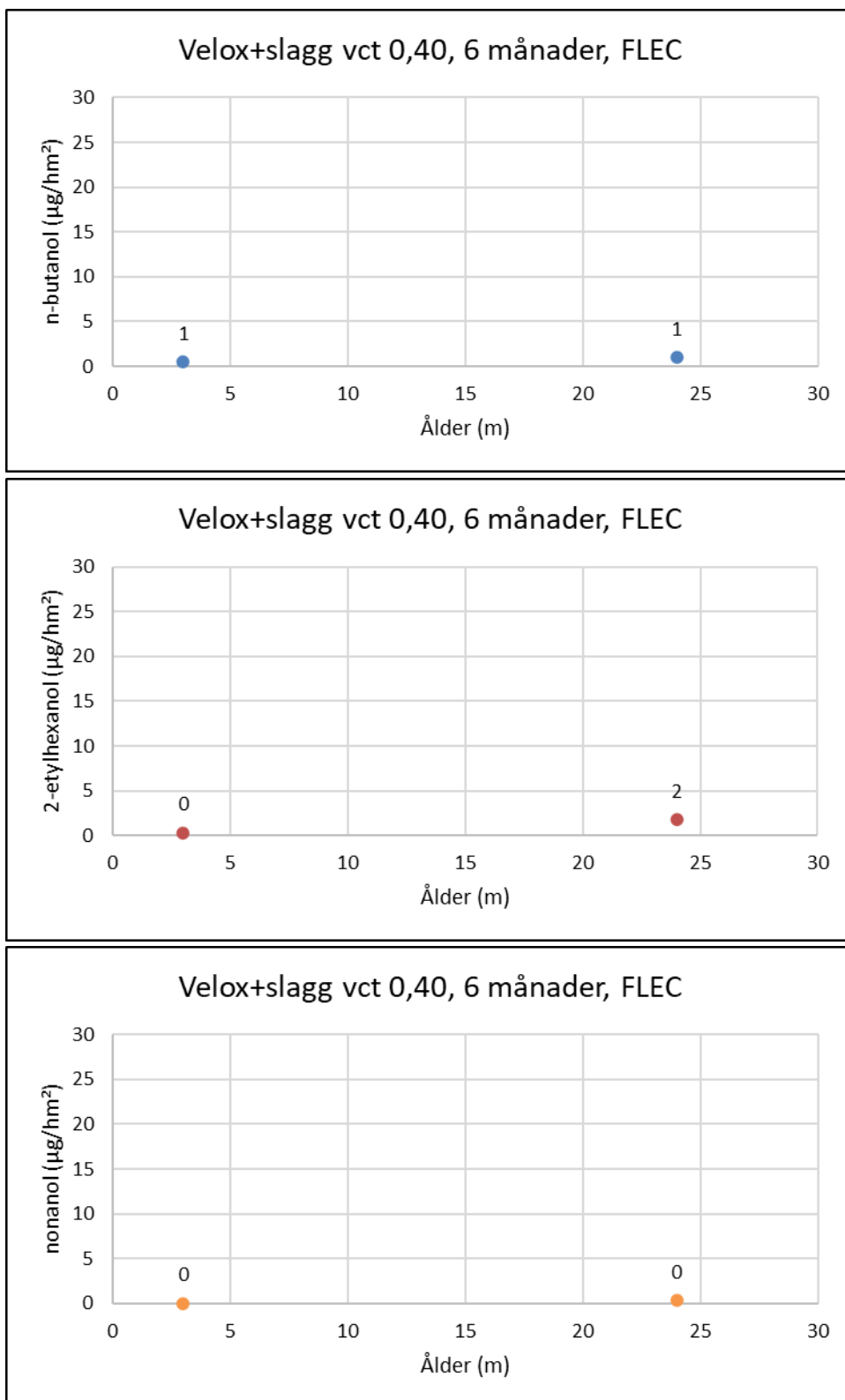
Tabell 34, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	19	1	0	0
24	11	1	2	0

Tabell 35, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>



Figur 35. Kammarmätning av emissioner i Velox + 30% slagg vct 0,40, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 36. FLEC-mätning av emissioner i Velox + 30% slagg vct 0,40, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 15, Mätresultat Velox + 30% slagg vct 0,55, 6 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	Velox + 30% slagg, vct 0,55
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	86,4 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	64,6 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

Tabell 36, Mätobjekttegenskaper

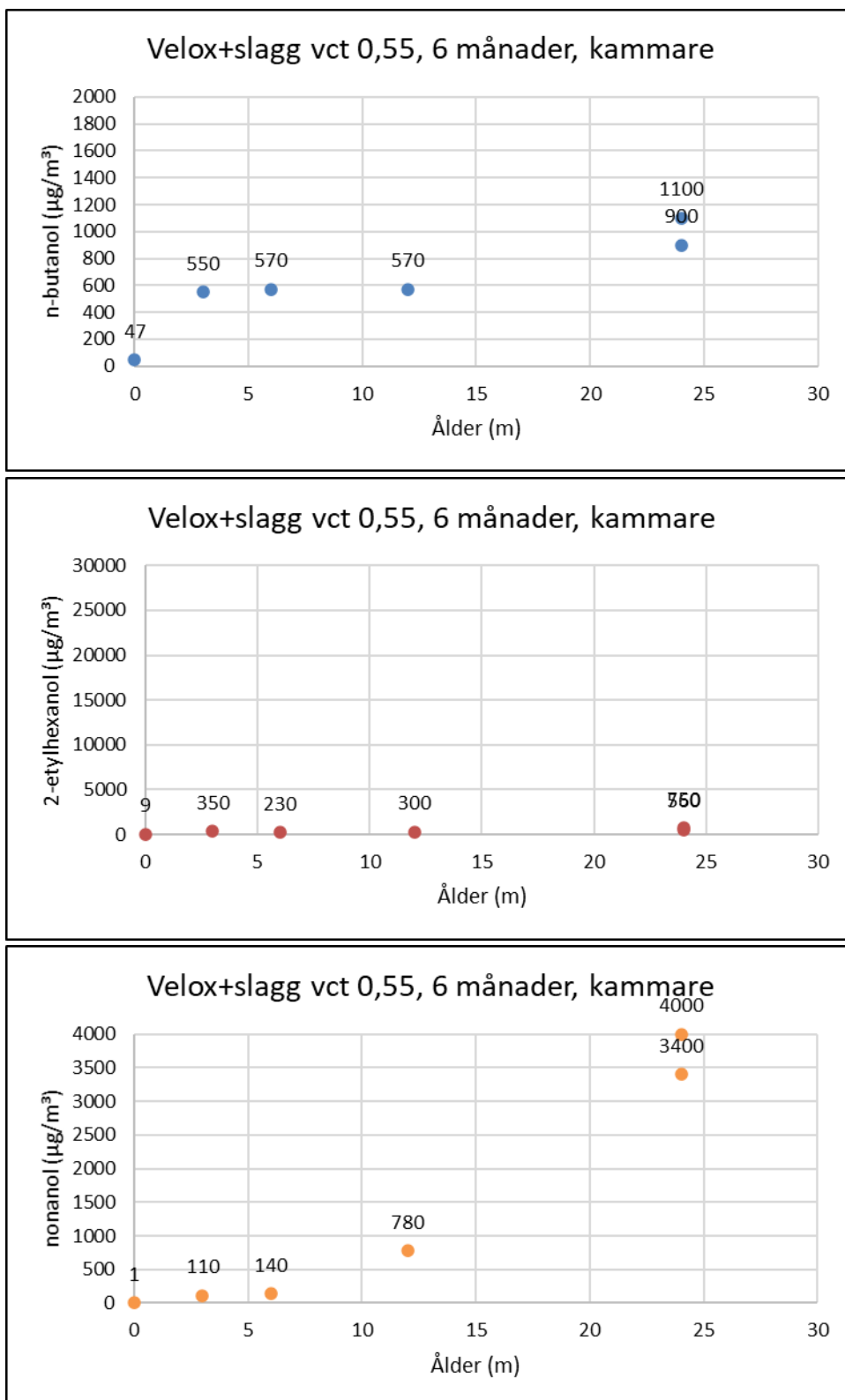
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	450	47	9	1
3	4900	550	350	110
6	5100	570	230	140
12	5500	570	300	780
24	11000	900	560	3400
24	13000	1100	750	4000

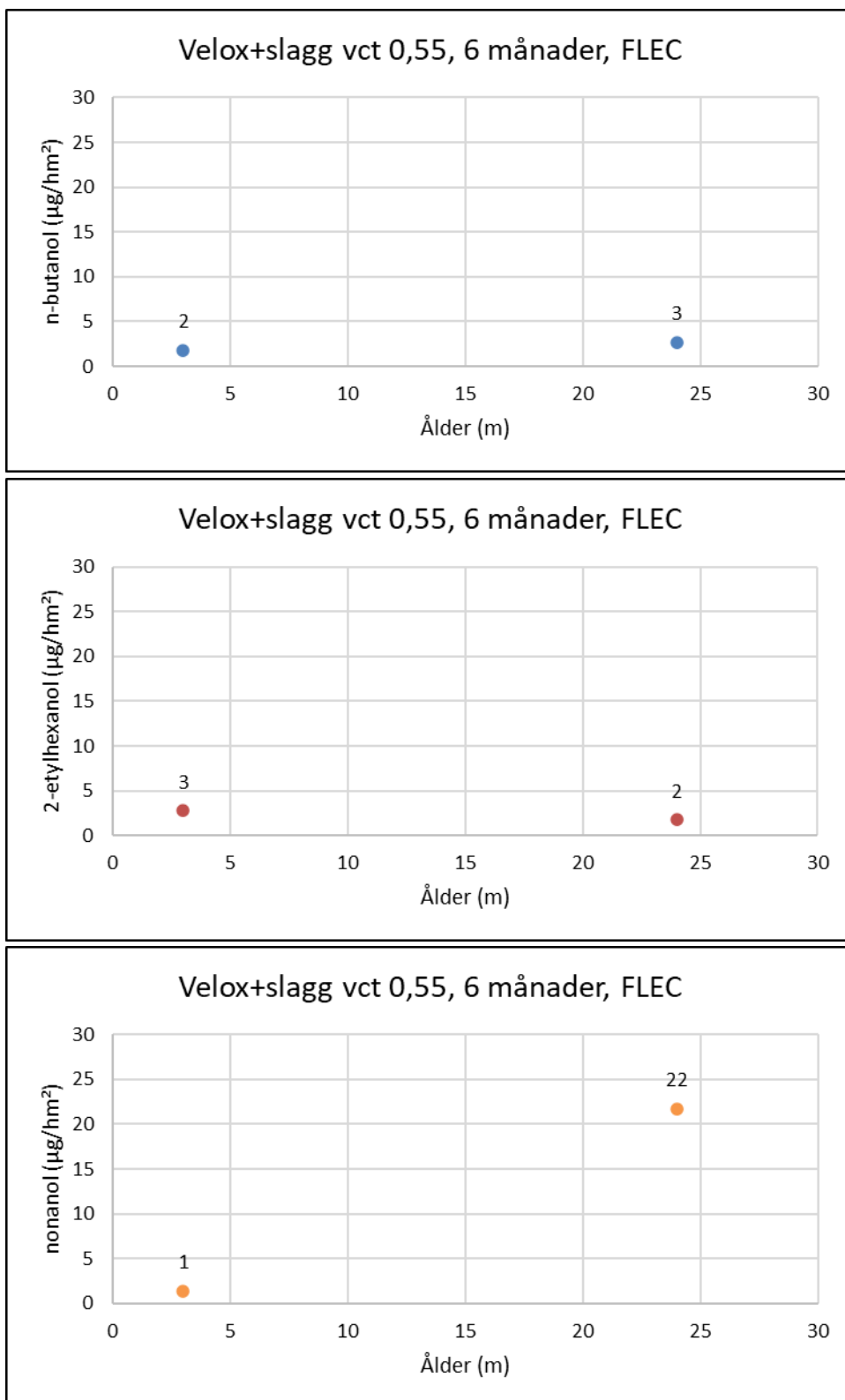
Tabell 37, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	47	2	3	1
24	31	3	2	22

Tabell 38, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>



Figur 37. Kammarmätning av emissioner i Velox + 30% slagg vct 0,55, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 38. FLEC-mätning av emissioner i Velox + 30% slagg vct 0,55, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



## Bilaga 16, Mätresultat CEMEX Miljö vct 0,40, 6 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	CEMEX Miljö, vct 0,40
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	86,1 +/- 2,0 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	63,2 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Tarkett IQ Granit

Tabell 39, Mätobjekttegenskaper

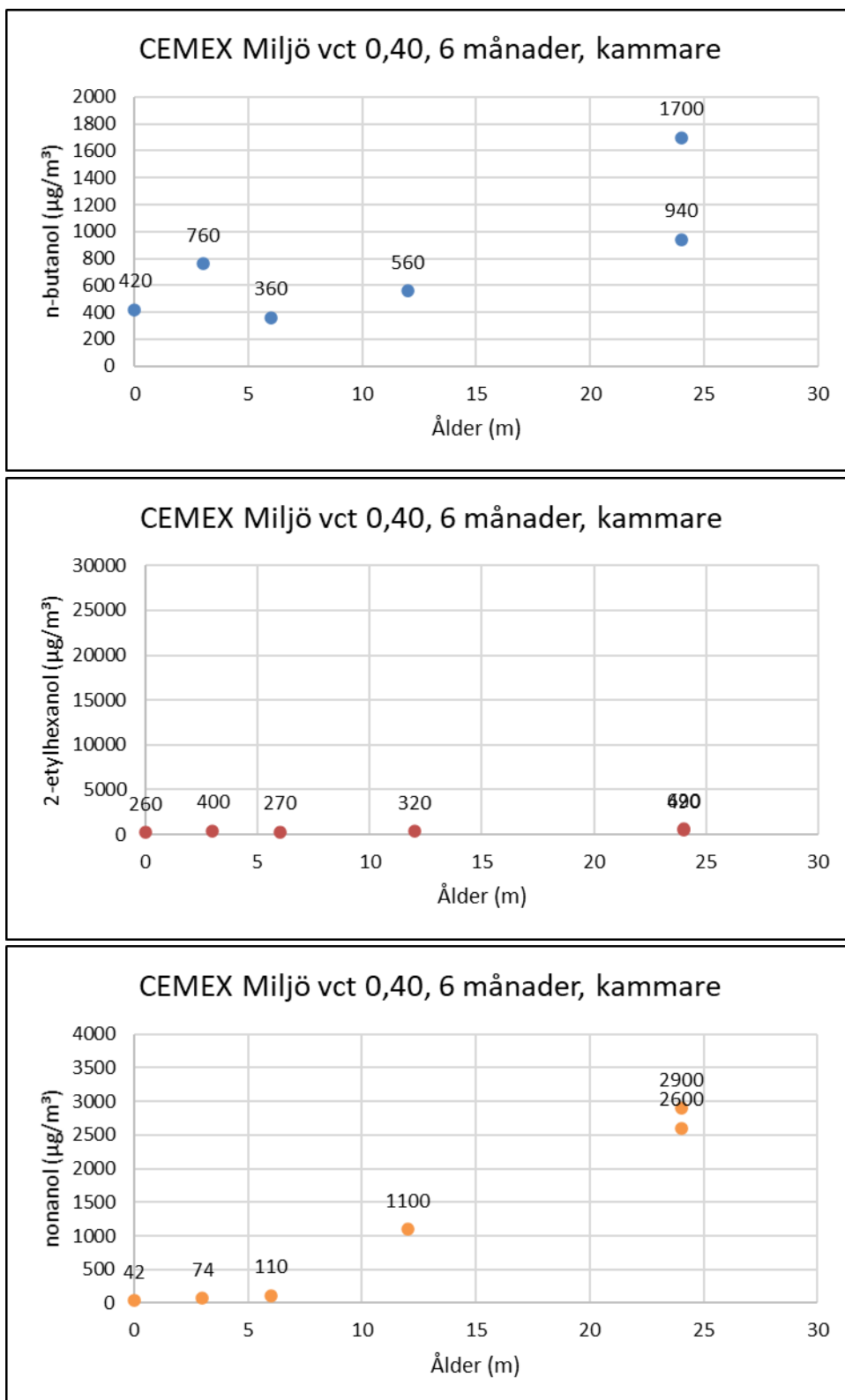
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	1500	420	260	42
3	5400	760	400	74
6	4400	360	270	110
12	5700	560	320	1100
24	12000	940	490	2900
24	14000	1700	620	2600

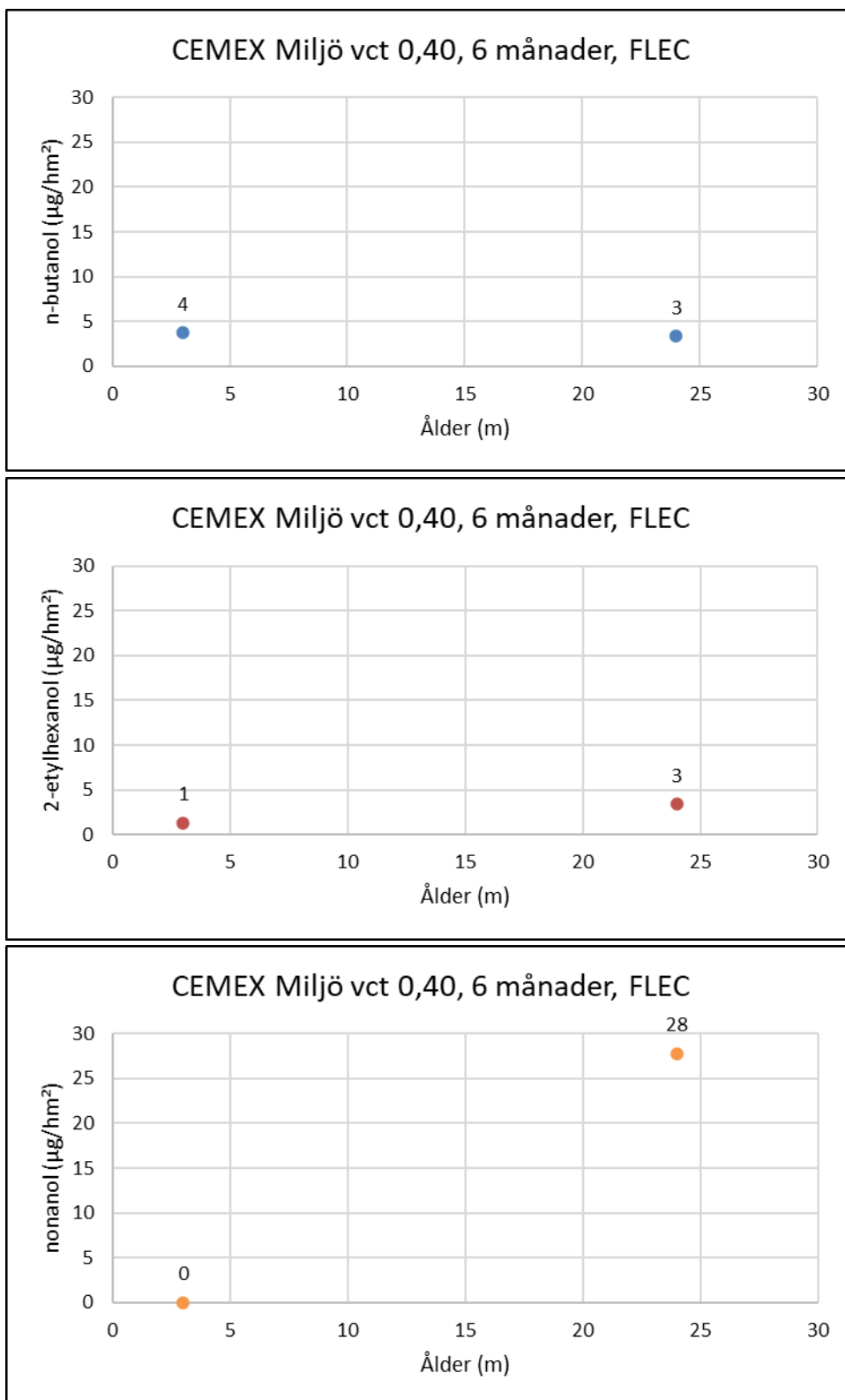
Tabell 40, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	14	4	1	0
24	47	3	3	28

Tabell 41, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>



Figur 39. Kammarmätning av emissioner i CEMEX Miljö vct 0,40, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 40. FLEC-mätning av emissioner i CEMEX Miljö vct 0,40, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 17, Mätresultat CEMEX Miljö vct 0,55, 6 månaders

### Mätobjekt

Mätobjektet är en platta bestående av 110 mm betong, ca 15–19 mm avjämning, samt lim och matta enligt tabell nedan:

Betongsammansättning	CEMEX Miljö, vct 0,55
Uttorkning	6 månader förseglad
RF ekvivalent djup (utan påslag för mätosäkerhet)	88,7 +/- 2,1 % RF
Avjämning	Weberfloor 140 Nova
RF i avjämning före mattläggning (utan påslag för mätosäkerhet)	69,6 +/- 1,7 % RF
Lim	CascoProff Extra LE
Ytskikt	Forbo Sphera

Tabell 42, Mätobjekttegenskaper

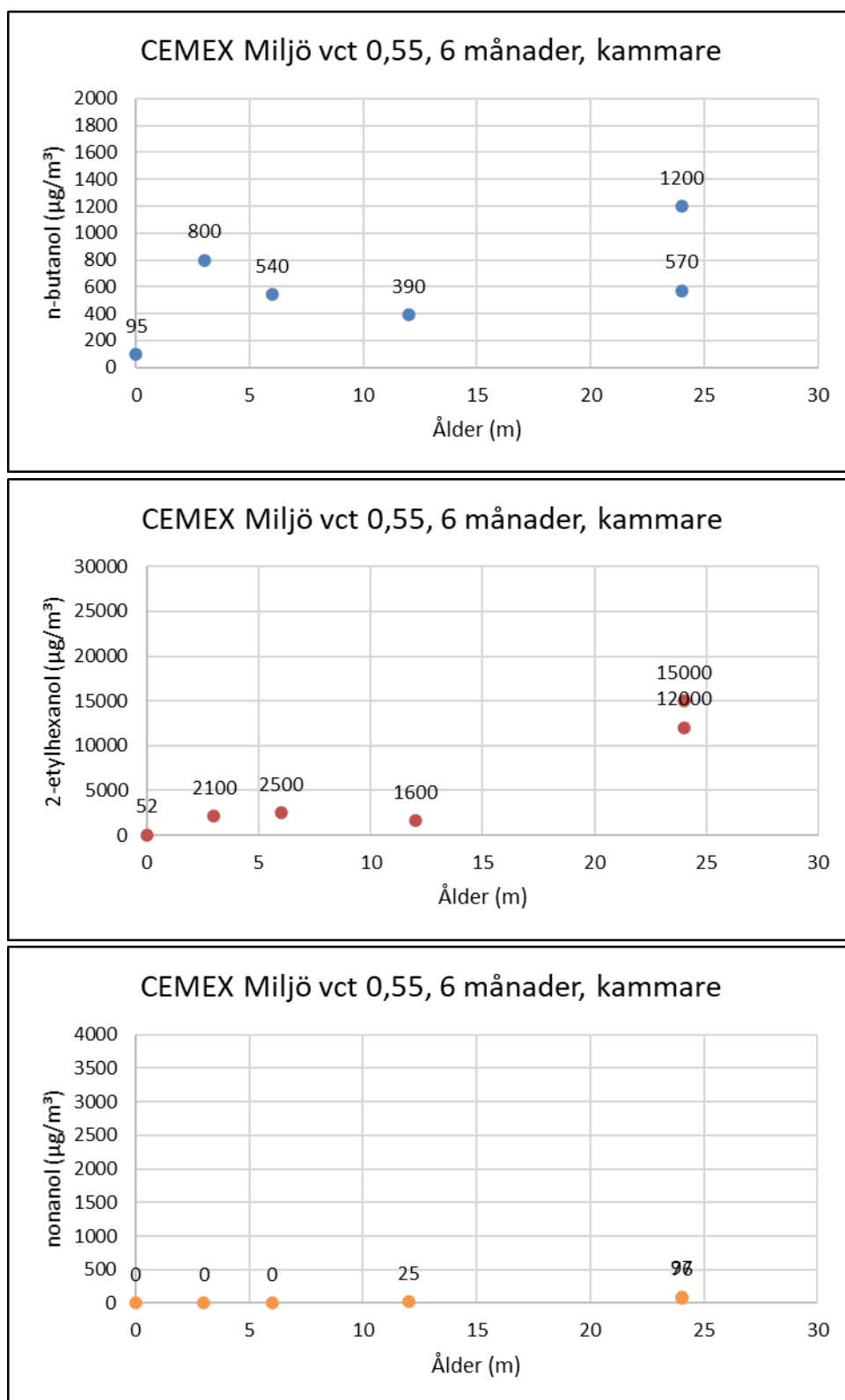
### Uppmätta emissioner

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
0	530	95	52	0
3	11000	800	2100	0
6	8600	540	2500	0
12	7500	390	1600	25
24	18000	570	12000	97
24	24000	1200	15000	76

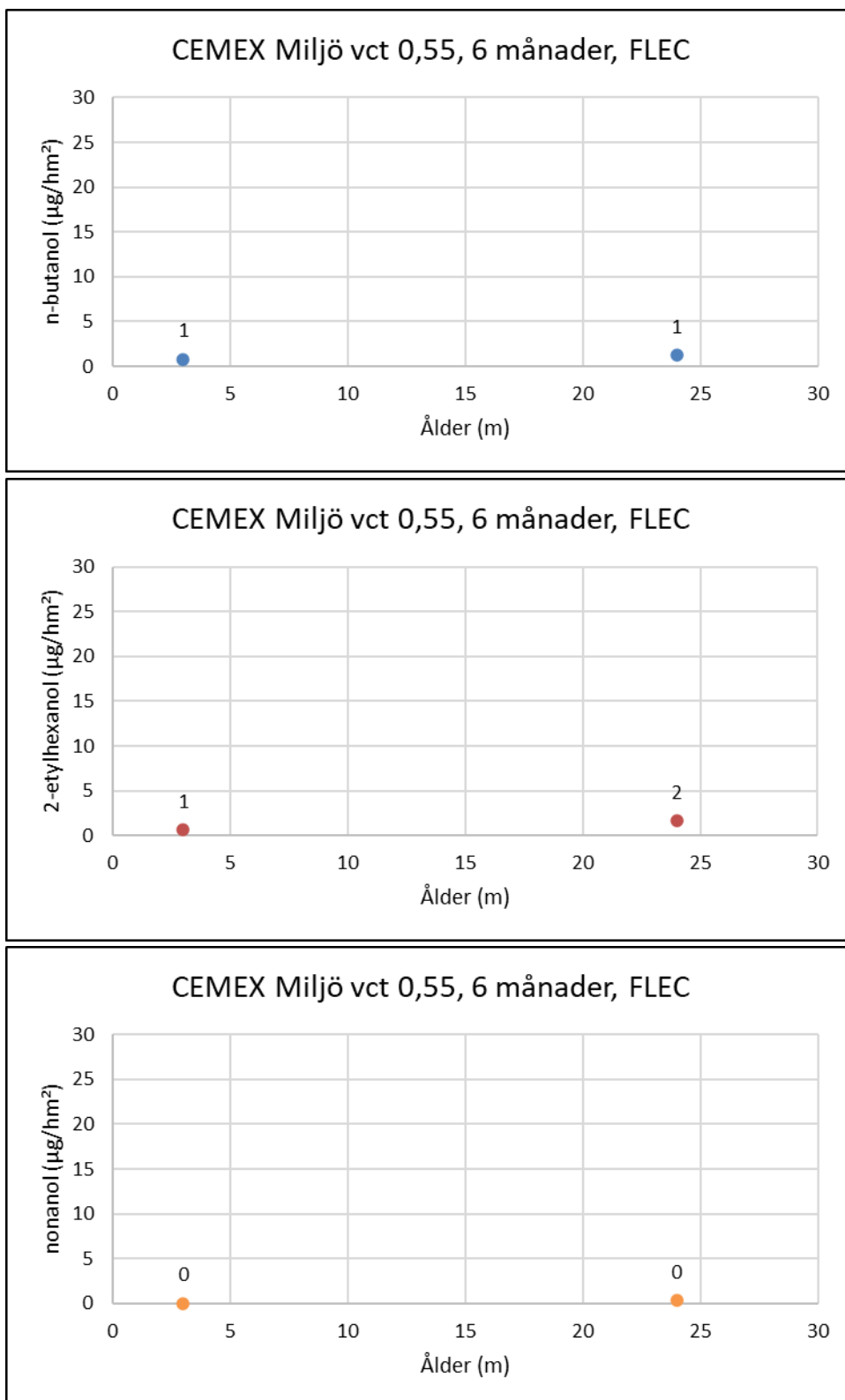
Tabell 43, Kammarmätning, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/m<sup>3</sup>, övriga halter anges i µg/m<sup>3</sup>

Ålder (m)	TVOC*	n-butanol	2-etylhexanol	nonanoler
3	16	1	1	0
24	20	1	2	0

Tabell 44, FLEC, ålder anges fr.o.m. mattläggning, \*halt för TVOC anges i µg toluenekvivalenter/hm<sup>2</sup>, övriga halter anges i µg/hm<sup>2</sup>

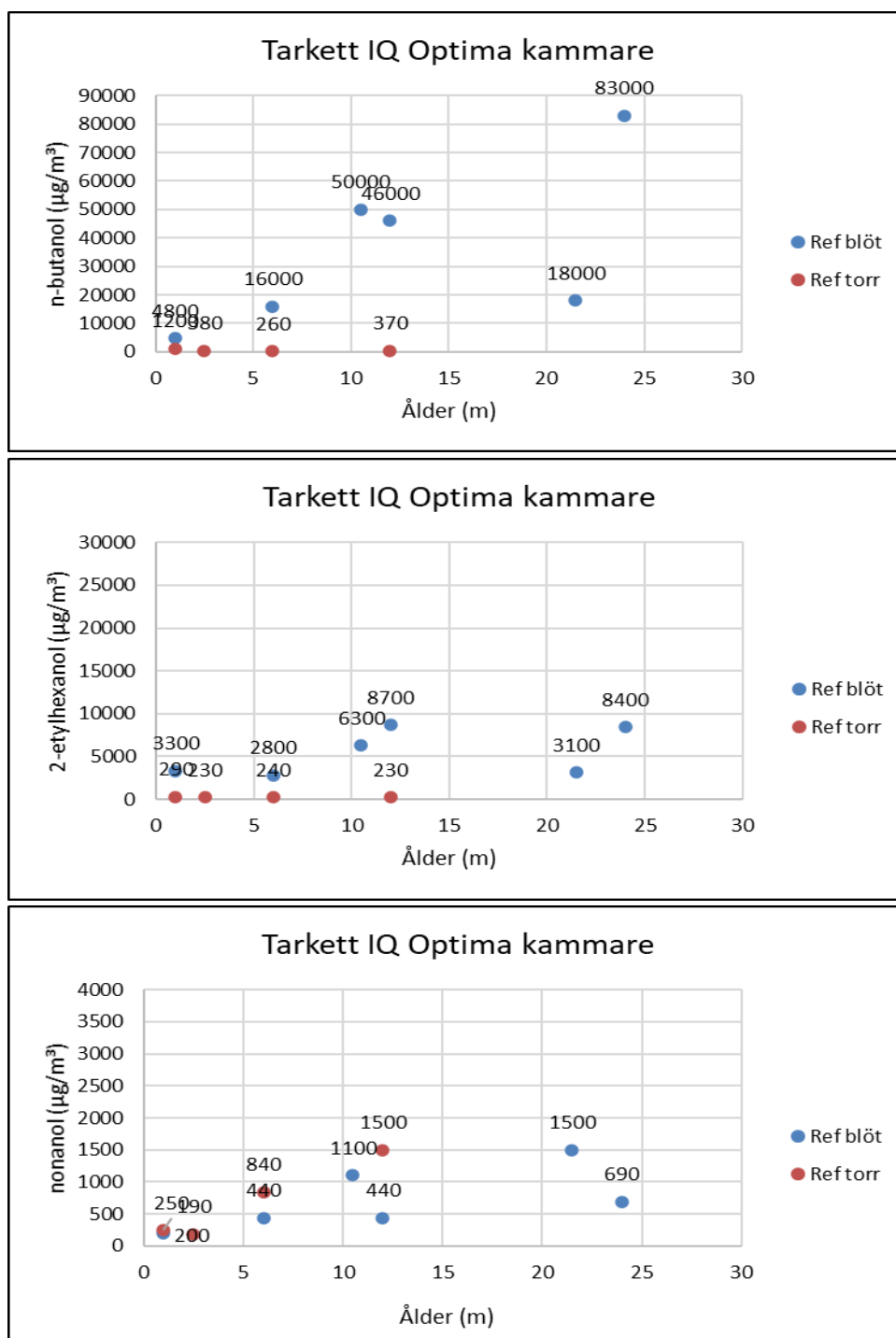


Figur 41. Kammarmätning av emissioner i CEMEX Miljö vct 0,55, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-ethylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

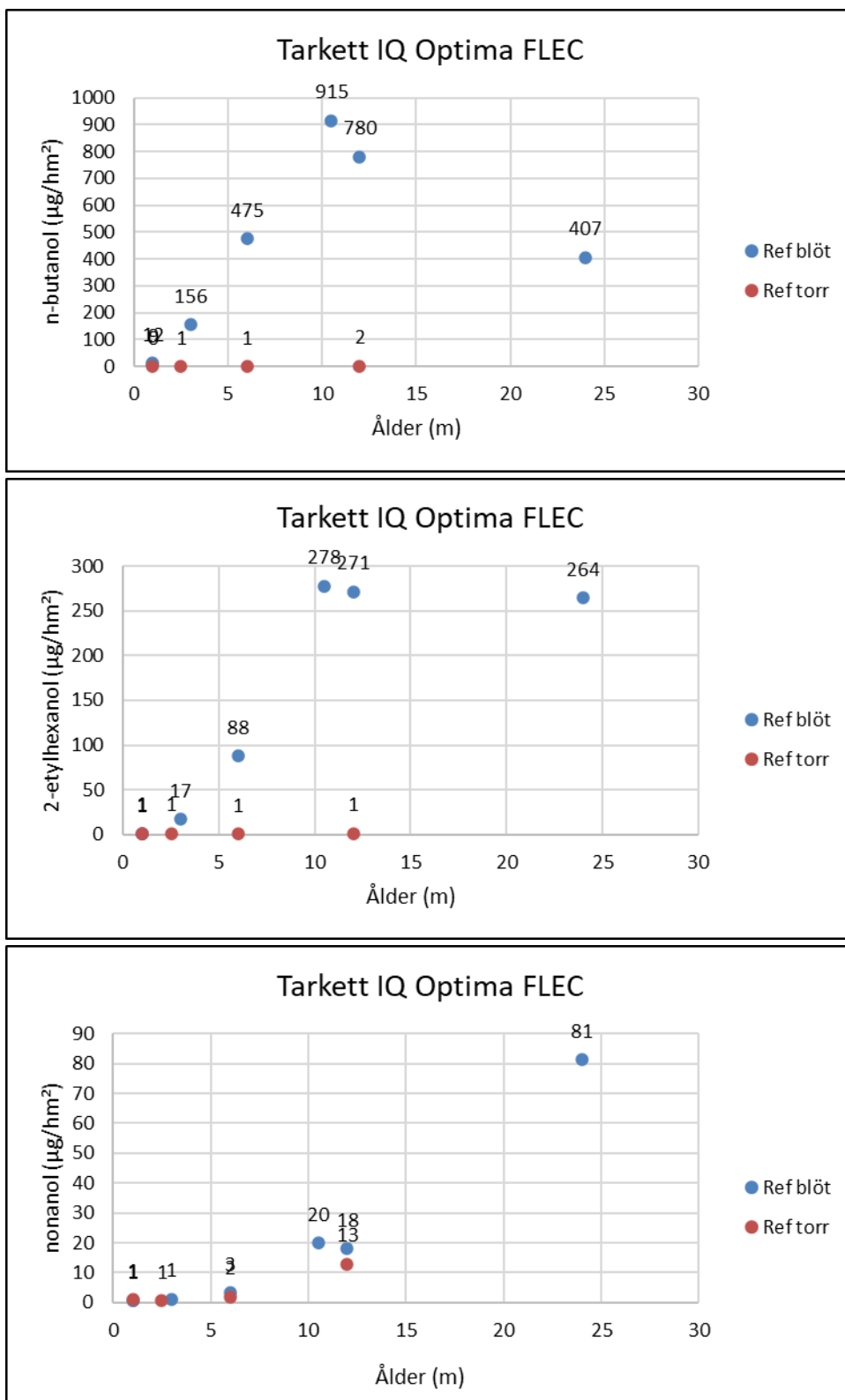


Figur 42. FLEC-mätning av emissioner i CEMEX Miljö vct 0,55, 6 månaders, n-butanol (lim), 2-etylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

## Bilaga 18 Sammanställning mätresultat för plattor med Tarkett iQ Optima som ytskikt



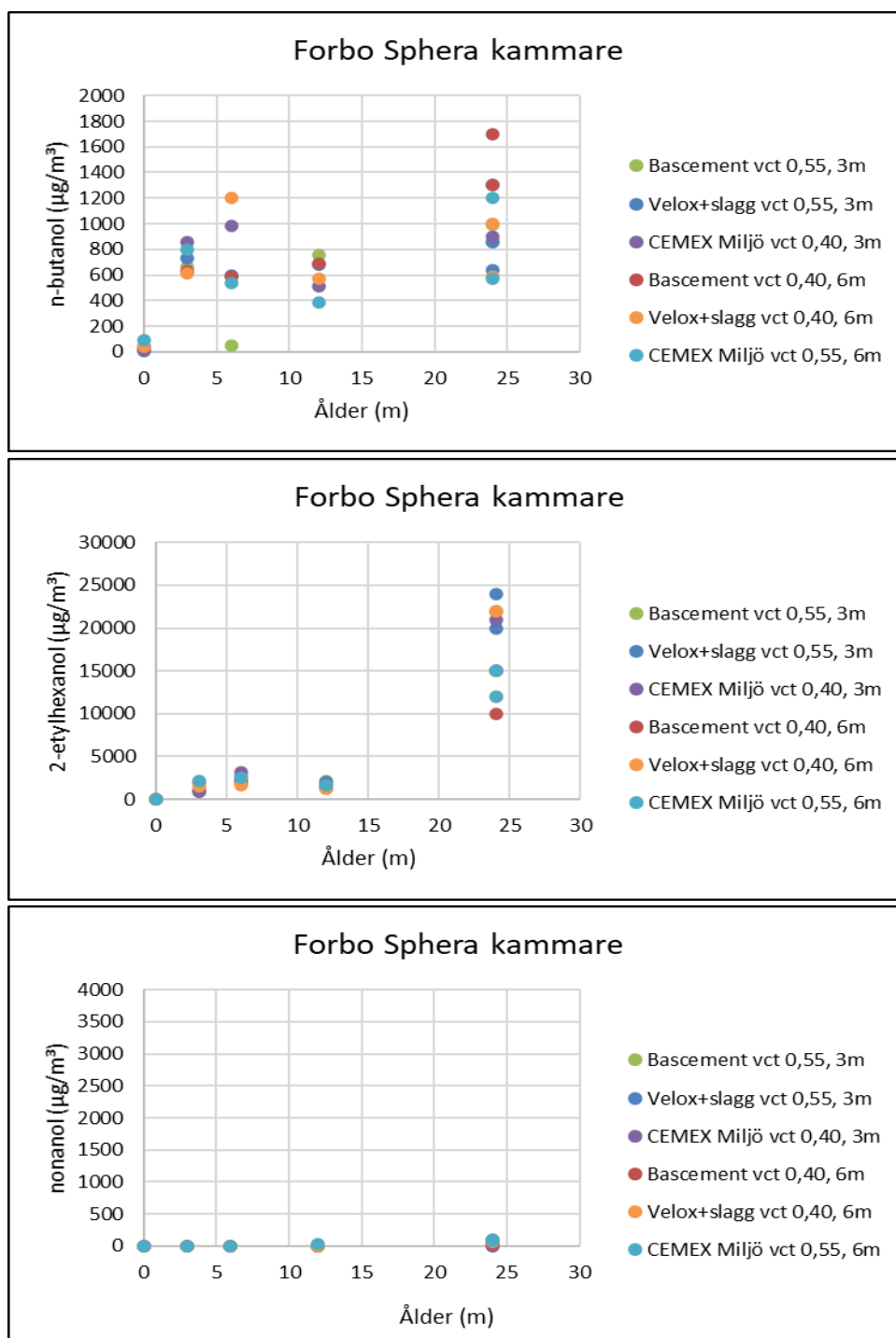
Figur 43. Kammarmätning av emissioner i plattor med Tarkett iQ Optima, n-butanol (lim), 2-etylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



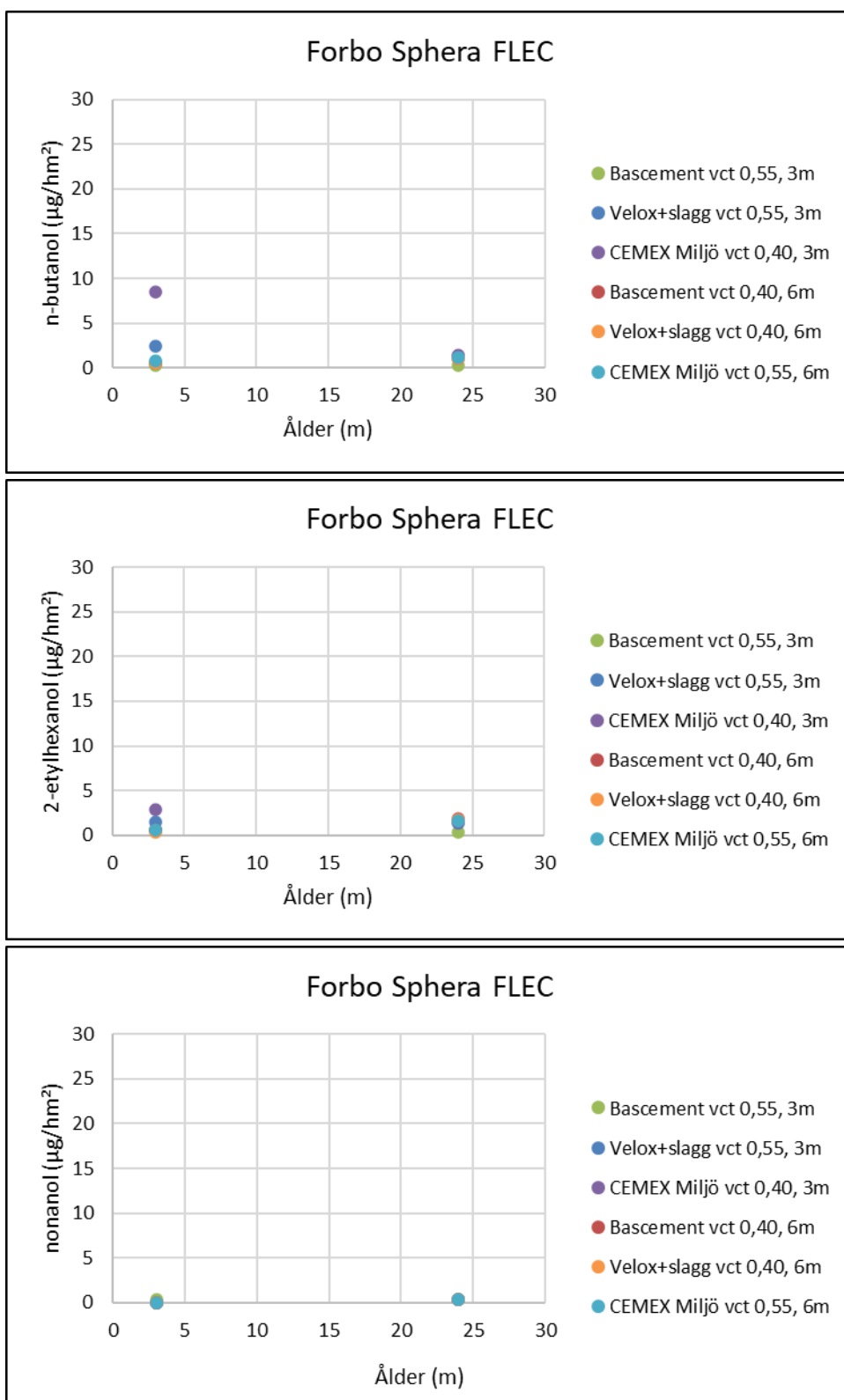
Figur 44. FLEC-mätning av emissioner i plattor med Tarkett iQ Optima, n-butanol (lim), 2-etylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



## Bilaga 19 Sammanställning mätresultat för plattor med Forbo Sphera som ytskikt

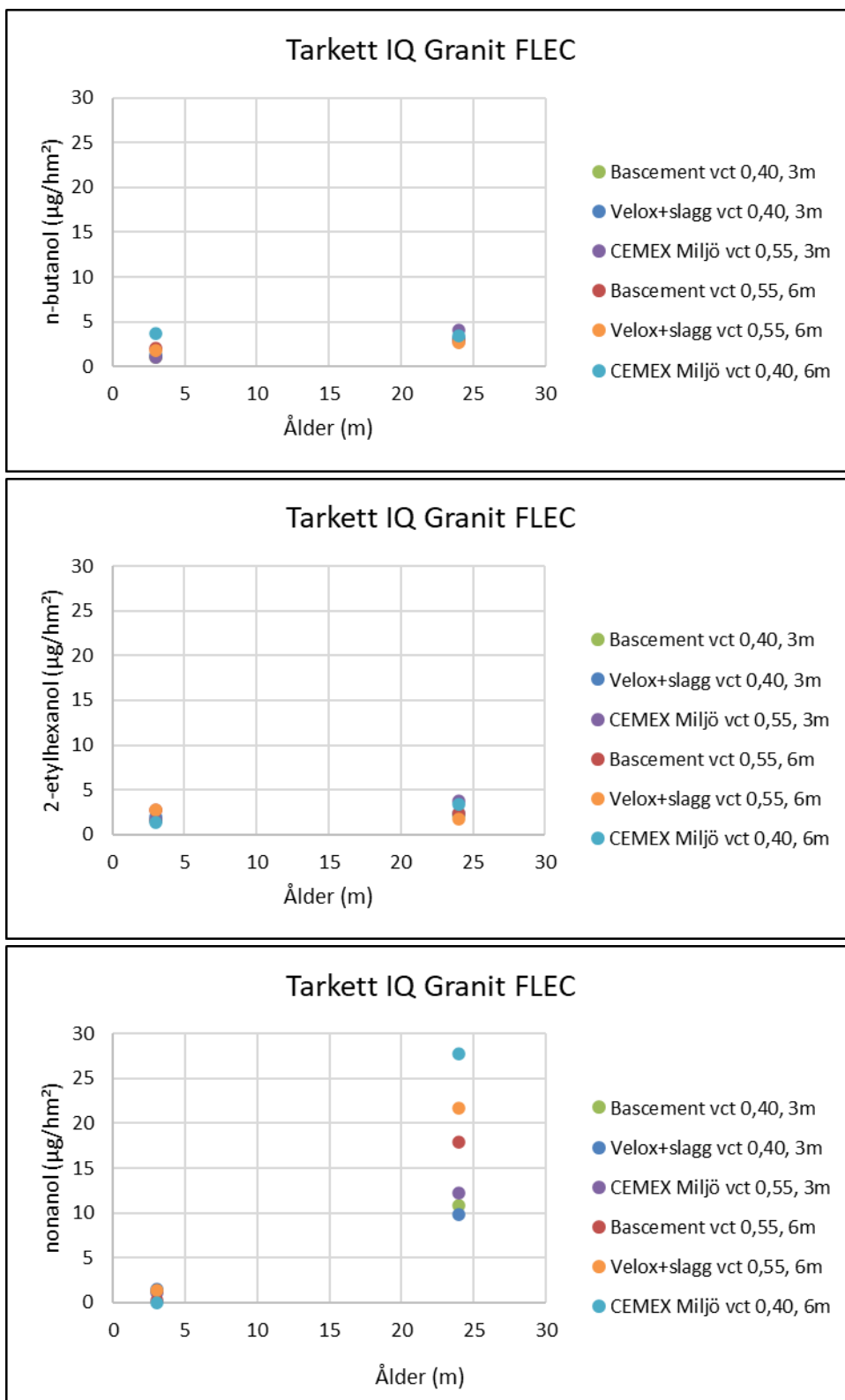


Figur 45. Kammarmätning av emissioner i plattor med Forbo Sphera, n-butanol (lim), 2-etylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.



Figur 46. FLEC-mätning av emissioner i plattor med Forbo Sphera, n-butanol (lim), 2-etylhexanol (lim och ytskikt) samt nonanol (ej förväntad). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.





Figur 48. FLEC-mätning av emissioner i plattor med Tarkett iQ Granit, n-butanol (lim), 2-etylhexanol (lim) samt nonanol (ytskikt). Ålder anges fr.o.m. mattläggning.

