



Nr U 6067

November 2019

Utredning av hästallergen och lukt från en 4H-gård vid en exploatering i Eolshäll, Stockholm

På uppdrag av SSM

Gabriella Villamor, Lin Tang, Sofie Hellsten, Håkan Salberg



Författare: Gabriella Villamor, Lin Tang, Sofie Hellsten, Håkan Salberg

På uppdrag av: SSM

Rapportnummer U 6067

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2019

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
1 Inledning och syfte.....	6
1.1 Områdesbeskrivning.....	6
1.2 Hästallergen	7
1.3 Lukt från djurhållning	8
1.4 4H-gården.....	8
2 Bedömningsgrunder	10
2.1.1 Hästallergen	10
2.1.2 Lukt från djurhållning.....	10
3 Metod	11
3.1 Mätkampanj	11
3.1.1 Provtagare.....	11
3.1.2 Mätprogram.....	11
3.1.3 Meteorologiska förhållanden under mätperioden	13
3.2 Beräkning av hästallergenemissioner.....	13
3.2.1 Timvisa emissionsfaktorer	13
3.2.2 Aktiviteter vid anläggningen	14
3.3 Beräkning av ammoniakemissionerna	16
3.3.1 Ammoniakförluster från stallbyggnaderna och gödsellagringen	16
3.3.2 Tidsfördelning av ammoniakemissioner	16
3.4 Spridningsmodellering.....	17
3.4.1 Inverterad modellering	17
3.4.2 Typår	18
3.4.3 Beräkningspunkter	18
4 Resultat.....	20
4.1 Hästallergen	20
4.1.1 Uppmätta halter	20
4.1.2 Jämförelse mellan modellerade och uppmätta halter.....	21
4.1.3 Beräknade haltbidrag på årsbas	23
4.1.4 Beräknade haltbidrag i specifika punkter	25
4.1.5 Riskbedömning	25
4.2 Ammoniak	26
4.2.1 Uppmätta halter	26
4.2.2 Jämförelse mellan modellerade och uppmätta halter.....	26
4.2.3 Beräknade haltbidrag på årsbas	27
4.2.4 Riskbedömning	30
5 Diskussion och slutsatser.....	31
6 Referenslista	33

Bilaga 1 Provtagning av partiklar i utomhusluft på filter	35
Bilaga 2 Diffusionsprovtagare	37
Bilaga 3 ADMS-modellen	38

Sammanfattning

På uppdrag av SSM har IVL Svenska Miljöinstitutet utfört en utredning vid Eolshäll 4H-gård med syfte att undersöka hur en kommande exploatering i Axelsberg i Stockholm kan komma att påverkas av hästallergen och lukt från den djurverksamhet som ligger inom 150 meter väst om de planerade byggnaderna. Utredningen har omfattat mätningar och beräkningar av emissioner av hästallergen och ammoniak från källområdet samt spridning av hästallergen och ammoniak i luften omkring 4H-gården.

Mätningarna av hästallergen- och ammoniakemissioner från Eolshäll 4H- genomfördes från den 24:e oktober till den 6:e november 2018. Analyserna som utförts på uppmätta hästallergenhalter visade att både hästverksamheten och meteorologin (t.ex. nederbörd och vindriktning) påverkade variationen av halter av hästallergen i stor omfattning. En halt av 2 U/m³ (motsvarande 2 ng protein/m³) är att betrakta som en låg nivå, vid vilken besvär orsakade av hästallergener inte förväntas förekomma. Fyra dygn med halter högre än 2 U/m³ inträffade då ingen nederbörd förekom och då vinden kom från huvudkällområdena, Äppelhamnen och/eller Stallhamnen. Den högsta halten, 10 U/m³, uppmättes på söndagen (4:e november 2018). Det är troligt att aktiviteterna på 4H-gården under helgen påverkade emissionen av hästallergen och att hästar rörde sig mycket och nära mätstationen. Dessutom bidrog sannolikt vädersituationen, med låg vindhastighet och begränsad luftomblandning, till de höga halterna. Nederbörd minskar spridning av hästallergen. Den lägsta halten (0,2 U/m³) uppmättes den 30 oktober, vilket var den enda dagen med nederbörd, 0,6 mm, under mätperioden.

Med hjälp av resultat från mätkampanjen och inverterad spridningsmodellering beräknades emissionsfaktorer av hästallergener från stall och hagar. Jämförelsen mellan uppmätta och beräknade halter av hästallergen visade en acceptabel överensstämmelse för mätkampanjen.

De framtagna emissionsfaktorerna användes därefter för att beräkna spridning och lufthalter under ett helt år. Beräkningarna av lufthalter avseende hästallergen visade att det inte förelåg någon stor risk att 2 U/m³ överskrids som årsmedelvärde vid de planerade bostäderna. De högsta halterna förekom i anslutning till första våningen av Hus F, där beräknat årsmedelvärde var 0,11 U/m³, och 99-percentilen av timmedelvärdet (motsvarande 1 % av årets timmar d.v.s. 87 timmar/år och ca 1,7 timmar per vecka) var 1,37 U/m³. För 99,9-percentilen, motsvarande 0,1% av årets timmar, d.v.s. åtta timmar per år, överskreds dock 2 U/m³. Under dessa timmar beräknades högst halter vid det närmaste huset, Hus F, bredvid Bortre stallhamnen, där halten överskred 6 U/m³.

Ammoniakbidraget för 99-percentilen för timmedelvärden under ett år var högre än 0,5 µg/m³ för majoriteten av byggnaderna inom planområdet. För 99,9-percentilen av timmedelvärdet under ett år förekommer halter över 0,5 µg/m³ för hela planområdet. Det föreligger därmed viss risk för att de boende där kan störas av lukt från 4H-gården emellanåt.

1 Inledning och syfte

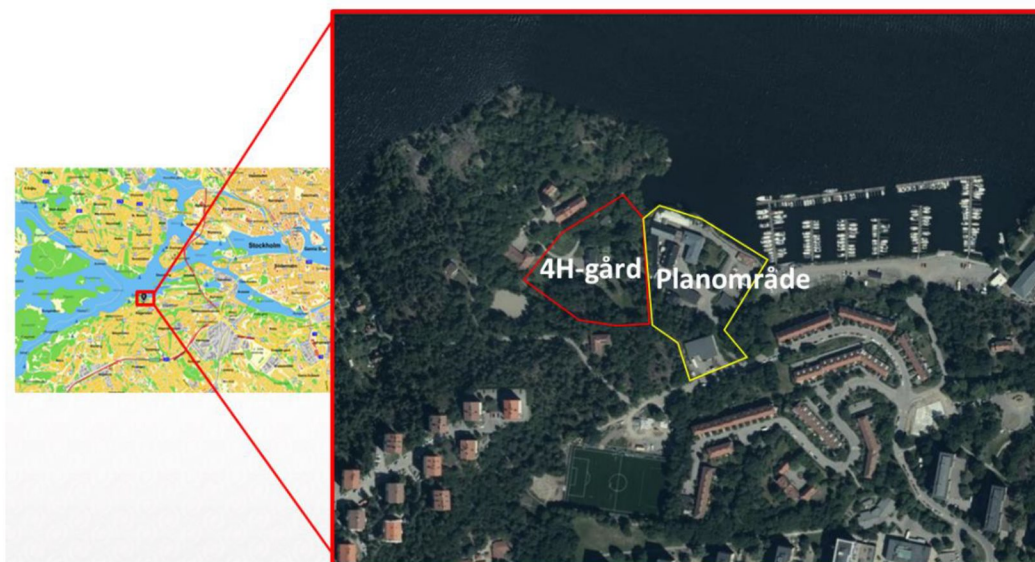
I Henriksbergshamnen vid Eolshälls gård planeras cirka 250 bostäder samt ett vårdboende på tidigare industrimark. Husen varierar mellan två och åtta våningar höga. Eftersom de planerade bostäderna är tänkta att byggas nära en 4H-gård med hästar, kor, får, hönor/tuppar och kaniner behövs allergen- och luktolägenhet utredas inför antagande av detaljplan. De planerade byggnader ligger cirka 60 m från 4H-gården och det närmaste avståndet mellan beteshage och planerade byggnader är 10 m. Olägenhet som kan uppstå är framför allt förekomst av hästallergen och lukt från gödsel och gödselhantering.

Syftet med utredningen är att undersöka hur en kommande exploatering i Axelsberg i Stockholm kan komma att påverkas av hästallergen och lukt från en 4H-gård som ligger i anslutning till det planerade bostadsområdet genom att:

- kartlägga utsläppssituationen från djurhållningen vid Eolshäll 4H-gård, speciellt den byggnad som planeras närmast gården;
- spridningsberäkna haltbidraget av hästallergen från djurgården baserat på de platsspecifika emissionerna;
- spridningsberäkna haltbidraget av ammoniak som en proxy för lukt från djurgården;
- bedöma risk för förekomst av höga halter av hästallergen samt lukt från 4H-gården vid de planerade bostäderna.

1.1 Områdesbeskrivning

Det aktuella planområdet i Eolshäll ligger i centrala Stockholm vid en småbåtshamn. 4H-gården ligger väster om planområdet, se Figur 1.



Figur 1. Geografisk lokalisering av exploateringsfastigheten och 4H-gården i Eolshäll, Stockholm.

Utformningen av det nya bostadsområdet med byggnader inklusive byggnadshöjder kan ses i Figur 2.



Figur 2. Ritning över planområdet med byggnader erhållen från SSM 2019-10-21.

1.2 Hästallergen

Allergen, vanligtvis små proteiner eller glykoproteiner, är inom immunologin benämningen på ett ämne som kroppen reagerar allergiskt på. De vanligaste symtomen vid allergi mot pälsdjur är kliande och röda ögon, nysningar, nästäppa och rinnande näsa. Allergen från häst är ett mycket potent allergen, som erfarenhetsmässigt visats sig kunna leda till mycket kraftiga allergiska reaktioner hos individer som är sensibiliserade mot häst. 8 procent av den vuxna befolkningen i Sverige har, i varierande grad, allergibesvär kopplat till hästar (Folkhälsomyndigheten, 2009) och andelen är väsentligt högre bland personer med astma, speciellt bland barn.

Hästverksamheter alstrar s.k. hästallergen, som sitter partikulärt bundet på mjäll, hud- och hårflagor från hästar. Hästallergen består av proteiner som finns på hästens kropp och lossnar vid ryktning och avföring. Proteinerna är tunga och faller snabbt till marken och transporteras därmed generellt inte långa sträckor i luft. Eftersom allergen är oftast utgörs av en enkel polypeptidkedja och är lösliga i vatten (<https://www.neuro.ki.se/neuro/KK2/skrivut.html>), försvinner de när det regnar.

1.3 Lukt från djurhållning

Inom lantbruk är det framför allt gödsel, djur och foder som avger lukt. Djur och foder luktar i sammanhanget lite och leder sällan till obehag och besvär. Gödsel och ventilationsluft från stallar kan däremot orsaka obehag. Fastgödsel luktar mindre än flytgödsel.

Det är inte lätt att mäta lukten från djurhållning eller gödsel på ett kvantitativt vis, eftersom det finns ett mycket stort antal ämnen som kan bidra till lukt. Det råder ofta komplicerade samband mellan halter i luften och luktupplevelsen. I den här studien valdes ammoniak ut som en indikator på lukt eftersom (1) det finns ett samband mellan lukt och ammoniak; (2) aminer, som också bidrar till lukt, bildas och emitteras till luft på liknande sätt som ammoniak; (3) det finns välutvecklade metoder för att mäta halten av ammoniak. Halter av ammoniak och lukt kan variera avsevärt beroende på bland annat utsläppets storlek och rådande väderförhållanden. Lukten kommer ofta stötvis med en vindpust från den dominerande vindriktningen.

1.4 4H-gården

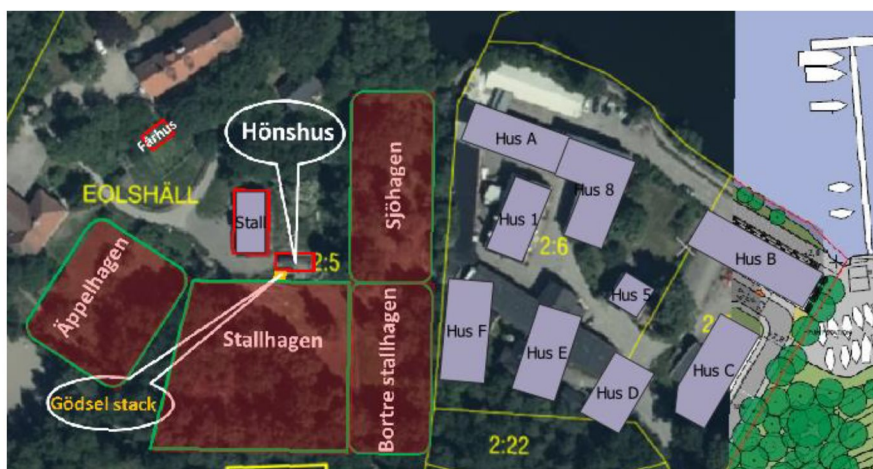
Ägarna till Eolshälls 4H-gård har bidragit med information om anläggningarna. Gården har 4 hästar, 2 kor, 2 kalvar per år, 5 får och 10 lamm per år, 12 kaniner, 14 höns samt 2 tuppar, se Tabell 1.

Tabell 1. Antal djur i de olika anläggningarna vid 4H-gården vid Eolshäll.

Djurslag	Hästar	Kor	Kalvar*	Får	Lamm*	Kaniner	Hönor/Tuppar
Antal djur	4	2	2	5	10	12	16

* halvårsvis

I Stall 1 finns 4 hästar (1 stor häst och 3 ponnys), 2 fjällkor (2 kalvar säsongvis) och 12 kaniner. Stallet har ett elektriskt utsug samt 4 statiska ventilationsutgångar och ventileras även med öppna fönster under april till november, samt har staldörrarna öppna mellan 8:00 och 19:00. Vid minusgrader hålls staldörrar och fönster stängda. Manuell utmockning sker dagligen kl. 8:00. Djurgården består av 4 beteshagar: Äppelhagen (1680 m²), Stallhagen (2002 m²), Bortre stallhagen (1725 m²) och Sjöhagen (2820 m²), se placering i Figur 3.



Figur 3. Skiss av planerad bostadsbebyggelse samt hagar för 4H-gården, vid Eolshäll, Stockholm.

Det finns inga specifika hagar för ett specifikt djurslag, utan gården arbetar med modern hagrotation. Det betyder att samtliga djurslag vid olika tider på året kommer att gå i samtliga hagar. Djuren är ute i hagarna i alla väder alla dagar året om.

Spån används som strömedel till hästarna och halm till kor, får och höns. Gödselcontainern (ca 20 m³), som ligger bredvid hönshuset, täcks av presenning som delvis lyfts av på morgonen och töms när den är full, d.v.s. ca var 3:e månad. Mer detaljerad beskrivning över tidsvariationen kan läsas i avsnitt 3.2.2.

2 Bedömningsgrunder

Tidigare har det funnits rekommenderade skyddsavstånd mellan djurgård och byggnad för att ge en större marginal för att skydda människors hälsa utifrån givna förutsättningar. 2004 angav Socialstyrelsen att ett skyddsavstånd på 200 meter kan vara rimligt med hänsyn till olägenheter såsom lukt, flugor, buller, skydd för vattentäcker och allergenspridning (Socialstyrelsen, 2004). År 2016 tog Miljö- och hälsoskyddsnämnden i Region Gotland fram riktlinjer för djurhållning och bebyggelse med ett rekommenderat skyddsavstånd på 75–200 m mellan stall och bebyggelse samt 50–100 m mellan rasthagar och bebyggelse vid medelstor djurhållning med 10–50 djurenheter. I rättspraxis har relativt korta avstånd ofta godkänts, under 50 m och ned mot 20 m. Lokala förhållanden, t.ex. vind, topografi, skyddande kulle och vegetation, påverkar spridning av hästallergen och lukt i stor omfattning.

2.1.1 Hästallergen

Det finns idag inte några gränsvärden för mängden pälsdjursallergen i luften. Hästallergen mättes i U/m³ (Units hästallergen per kubikmeter) med ELISA-analysen, i vilken 1 U är lika med 1 ng protein från häst (Zahradnik och Raulf, 2014). Halter på 2 U/m³ betraktas som en låg nivå, vid vilken man inte borde uppleva några besvär med hästallergi (Elfman et al., 2008) och halten används som bedömningsgrund i denna studie. Vid vilken hästallergenhalt som allergi kan uppkomma är dock väldigt individuellt och det finns allergiker som även reagerar med allergisk reaktion vid lägre halter än 2 U/m³.

2.1.2 Lukt från djurhållning

Det finns inga riktlinjer för lukt från djurhållning i Sverige, men i Tabell 2 visas olika luktrösklar baserade på litteratur. Det bör noteras att de olika presenterade luktrösklarna varierar kraftigt. Bedömningsgrunden som avses användas i denna utredning är de båda lägre luktrösklarna (0,2 respektive 0,5 µg/m³). Halterna anses inte vara hälsofarliga, men kan vara störande för de boende.

Sambandet mellan ammoniak och lukt baseras på tidigare luktundersökningar, där lukt detekterades vid en genomsnittlig halt av ammoniak i intervallet 0,2–1 µg/m³ (Haeger-Eugensson et al., 2014). Vid avståndet 50–60 meter från stall och gödselstack kunde ca 18 procent av personerna i studien känna lukt vid en halt av ammoniak på 0,7 µg/m³. I en annan studie som undersökte lukt från häststall och gödsel vid Enskede Ridskola (Tang och Peterson, 2016), detekterades lukt vid en genomsnittlig modellerad halt av ammoniak på 0,3 – 0,5 µg/m³.

Tabell 2. Luktrösklar för ammoniak utifrån olika källor i litteraturen.

Ammoniak (µg/m ³)	Djurslag	Källor
40	/	Van Thriel et al., 2006
27	/	Nationalencyklopedin, 2009
0,5	Gödsel från häst	Tang och Peterson, 2016
0,2	Gödsel från häst och ko	Haeger-Eugensson et al., 2014

3 Metod

För att beräkna påverkan av hästallergen och lukt från 4H-gården har mätningar av partiklar, hästallergen, ammoniak och meteorologiska parametrar genomförts under en mätkampanj på 2 veckor (2018-10-24 till 2018-11-06), se avsnitt 4.1. Mätningarna användes därefter för att genom inverterad spridningsmodellering beräkna emissionerna av hästallergen och ammoniak från källområdet. I ett sista steg användes emissionsfaktorerna, framtagna genom den inverterade modelleringen som indata för att beräkna halter av hästallergen och ammoniak under ett så kallat typår (meteorologiskt medelår, se rubrik 3.4.2).

3.1 Mätkampanj

Nedan beskrivs mätkampanj utförd för att mäta halter av partiklar, hästallergen och ammoniak.

3.1.1 Provtagare

Eftersom allergen är partikelbundet genomfördes mätningar genom pumpad luftprovtagning av partiklar. Dessa analyserades både av IVL, för att erhålla partikelhalter, och av Arbets- och miljömedicin i Uppsala, för att bestämma halten hästallergen i den totala partikelhalten. Aktiv, pumpad provtagning användes för bestämning av dygnsmedelvärden av partikelhalt (TSP, total suspended particles i detta fall) i luft, se Bilaga 1. Provtagarna på IVL har genomgått tester i enlighet med de krav som ställs inom EU:s standardiseringskommitté. Partikelfiltren från den aktiva provtagningen skickades till Arbets- och miljömedicin i Uppsala och analyserades med ELISA-analys med avseende på hästallergen.

Ammoniäkmätningarna utfördes med IVL:s diffusionsprovtagare, även kallad passiva provtagare, se Bilaga 2, för vilken IVL innehar ackreditering enligt Swedac. Efter en lämplig exponeringstid (1 vecka i detta fall) förslöts provtagaren och skickades till IVL:s laboratorium för analys. Utifrån diffusionshastigheten och vissa andra fysikaliska storheter samt analysvärdet på reaktionsprodukten, beräknades medelhalten under exponeringstiden.

3.1.2 Mätprogram

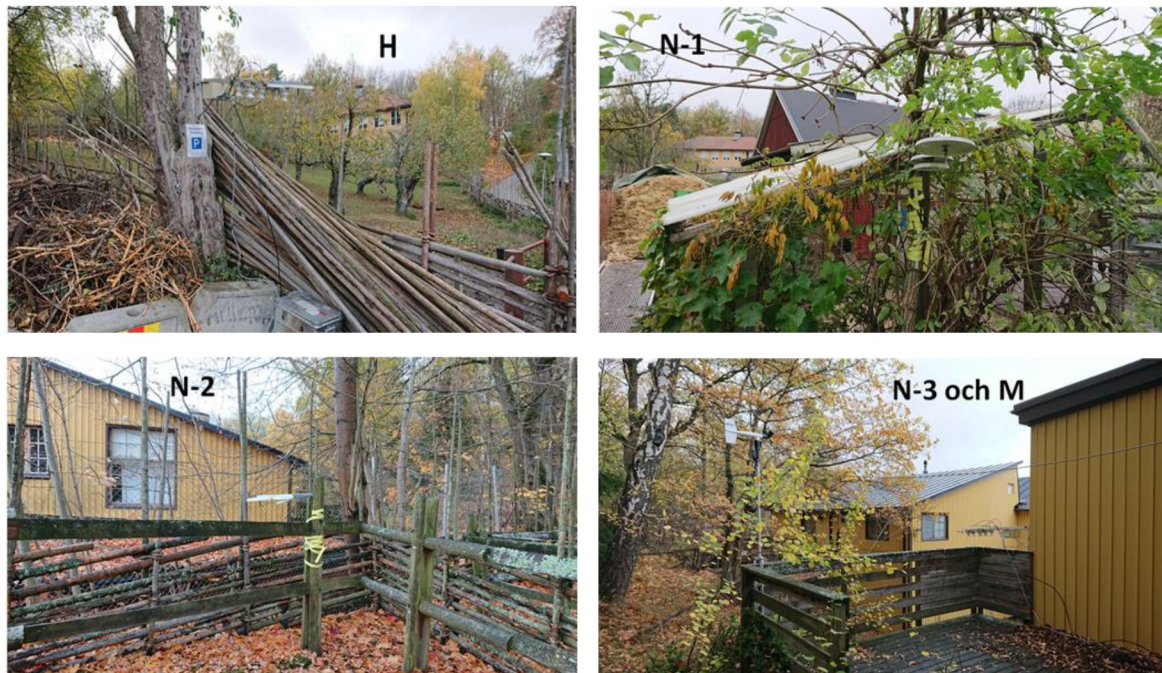
Mätningarna vid Eolshäll 4H-gård genomfördes dels som dygnsmedelvärden (aktiv provtagning) för partiklar (TSP), dels som veckomedelvärden under mätperioden (passiv provtagning) för ammoniak. Mätstationerna placerades inom 4H-gården på olika avstånd till exploateringsfastigheten. Mätprogrammet är specificerat i Tabell 3.

Tabell 3. Mätprogram

Parameter	Provplats	Tidsupplösning	Mätperiod*
TSP	H	Dygnsmedelvärde	2018-10-23 kl. 15:00 till 2018-11-07 kl. 15:00
Ammoniak	N-1, N-2, N-3	Veckomedelvärde	2018-10-23 kl. 15:00 till 2018-11-07 kl. 15:00
Vindhastighet Vindriktning	M	Timmedelvärde	2018-10-23 kl. 15:00 till 2018-11-07 kl. 15:00

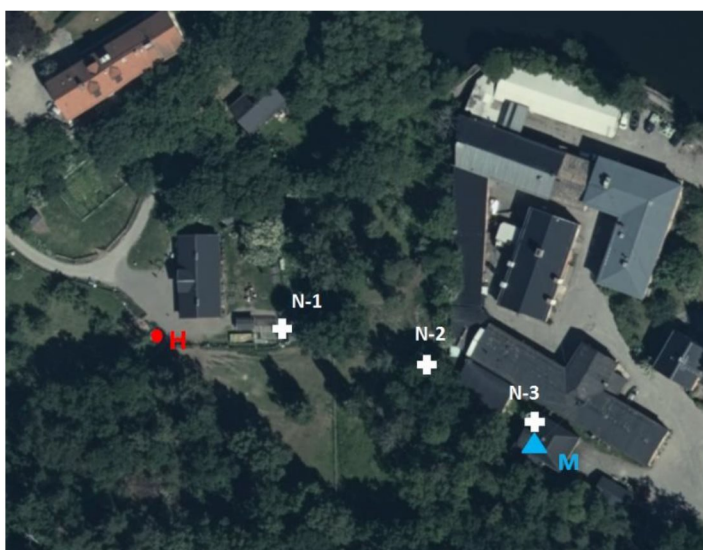
**) I rapporten i övrigt anges mätperioden för hela dygn, dvs. 2018-10-24 – 2018-11-06.*

Mätkampanjen inbegrep en mätstation med en aktiv provtagare (H) avseende partikelbelastning, tre provtagare avseende ammoniak (N-1, N-2, N-3) samt en meteorologisk station (M), se Figur 4.



Figur 4. Foton av provtagare vid mätstationerna H (2,5 m höjd), N-1 (2 m höjd), N-2 (1 m höjd), N-3 (1,5 m höjd) och M (2 m höjd).

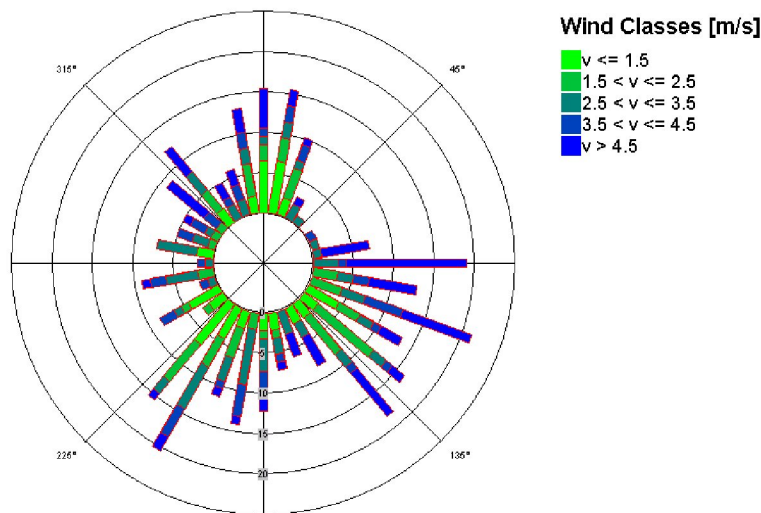
H var placerad vid gränsen mellan Äppelhagen och Stallhagen. N-1, N-2 och N-3 var placerade på olika avstånd från gödselstacken. Den meteorologiska mätstationen, M i kartan, som mätte vindriktning och vindhastighet, var placerad vid N-3. I Figur 5 presenteras foton av de olika provtagarna och mätstationerna H, N-1, N-2, N-3 och M. Under mätperioden vistades endast 3 hästar mest i Äppelhagen, eftersom en häst var opererad och stod i stallet. Under oktober – november befann sig inga djur i Bortre Stallhagen. Anledningen var förekomst av ekollon, som är giftigt för hästar på grund av att de innehåller stora mängder tannin.



Figur 5. Placering av mätstationerna.

3.1.3 Meteorologiska förhållanden under mätperioden

Mätningarna som ingick i denna utredning av halter hästallergen och ammoniak från Eolshälls 4H-gård genomfördes mellan 2018-10-24 till 2018-11-06. Under slutet av oktober rådde typiskt höstväder med lite nederbörd och blåst och inslag av kylig luft. Början av november var mild, torr och mycket snöfattig. Medeltemperaturen under mätperioden var 5,5°C och medelvärdet för relativ fuktighet 85 %. De totala nederbörds mängderna under mätperioden var mycket små, endast ett nederbördsstillfälle, med 0,6 mm förekom (30 oktober). Mild vind från sydväst, sydost och norr dominerade under perioden och cirka 17 % av tiden var vindhastigheten lägre än 1,5 m/s, se Figur 6.



Figur 6. Vindros under mätperioden 2018-10-24 till 2018-11-06.

3.2 Beräkning av hästallergenemissioner

3.2.1 Timvisa emissionsfaktorer

Emissioner av hästallergen representeras av s.k. emissionsfaktorer (EF) (mängd allergen/häst), dels för hästar i stall, dels för hästar i hage, för att erhålla en uppskattning av utsläppet från respektive häst. Emissioner av partiklar kan variera mycket från timme till timme, eftersom meteorologiska faktorer såsom vind och nederbörd samt aktiviteter på området kan öka eller minska spridningen av hästallergener. Därför uppskattades här timvisa emissionsfaktorer (EF_{tim}) för hästallergen från de identifierade källorna, baserat på tidigare framtagna grundemissionsfaktorer (EF₀), aktuella vindriktningar och förekomst av nederbörd, samt aktiviteter på källområdet, se Ekv. 1.

$$EF_{tim} = f(EF_0, R_{aktivitet}, R_{nb}, R_{vind}) \quad \text{Ekv. 1.}$$

EF _{tim}	är hästallergenens EF på timbas;
EF ₀	baseras på EF från en tidigare studie;
R _{aktivitet}	timmar med aktivitet i häststall och hästhage, veckodagar variation baserad på aktiviteter;
R _{nb}	förekomst av nederbörd;
R _{vind}	vindriktning över källområdet.

3.2.2 Aktiviteter vid anläggningen

Antal hästar samt verksamheter (såsom utfodring, ryktning och sadling) i stall och hage påverkar emissionen av hästallergen (Haeger-Eugensson et al., 2014). I Tabell 4 och Tabell 5 visas dygnsvariationen av verksamheter, fyllnadsgrader samt emissionsindex av hästar i stall och hage för hästverksamheten vid 4H-gården. Emissionsindex motsvarar storlek av emissionen av hästallergen och ligger till grund för emissionsberäkningarna för EFtim i stall och hage.

Tabell 4. Dygnsvariation av emissionsindex i stall beroende på antal hästar och verksamheter under ett typiskt dygn.

Tidsperiod	19:30-08:15	08:15-16:00	16:00-19:30
Verksamhet	Ingen	Liten	Utfodring, ryktning, sadling, rensning av dynga
Fyllnadsgrad av hästar	100 %	20 %	75 %
Emissions- index	1,0	0,2	2,0

Det bör noteras att emissionsindex för viss hästverksamhet vid 4H-gården som exempelvis Volten, Ponnyvarv, m.m., inte har kunnat hittas i litteraturen och har därför uppskattats till 1,2 här. Uppskattning gjordes eftersom mer hästallergen kan lossna vid frekvent interaktion mellan häst och människa.

Tabell 5. Dygnsvariation av emissionsindex i hage beroende på antal hästar och verksamheter under ett typiskt dygn utan nederbörd.

Verksamhet	Ingen	Naturliga gångarter, galopp	Ridning för personer med funktionsnedsättning (häst-borstning)	Special-anpassad djurskötareverksamhet	Volten	Häst-skötarkurs (häst-borstning)	Förälder /barn-ridning (häst-borstning)	Ponny-varv
Fyllnadsgrad av hästar (%)	0	100	120	120	120	120	120	120
Emissions-index utan nederbörd	0,1	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

EF är inte konstant utan varierar under olika veckodagar, se Tabell 6, exempelvis tar förälder/barn-ridningar på lördagar och ponnyvarv på söndagar längre tid jämfört med andra aktiviteter på vardagar, vilket leder till mer partikelbildning som följd.

Tabell 6. Tidsperiod och veckofördelning av olika aktiviteter vid hagen på 4H-gården.

Verksamhet i hagen	Tidsperiod											
kl.	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 8
Ingen												
Naturliga gångarter												
1-4 Ridning för personer med funktionsnedsättning (hästborstning) (varje dag)												
2-4 Ridning för personer med funktionsnedsättning (hästborstning) (varje dag)												
Specialanpassad djurskötarverksamhet (måndag, tisdag och torsdag)												
Volten (onsdag-fredag)												
Hästkötarkurs (hästborstning) (onsdag)												
Förälder-barn ridningar (hästborstning) (lördag)												
Ponnyvarv (söndag)												

De EF₀ som använts är säsongsvariabla och antas bero på att det under hösten normalt regnar mer än på sommaren, vilket gör att allergenerna spolats bort, samt att halterna av allergener i luften minskar på vintern då marken är frusen. Dessutom är det vanligt att hästarna har täcken på sig vintertid, vilket torde minska spridningen av allergener. Cykliska variationer (hästens kön, ålder, brunstperioder m.m.) kan sannolikt också förklara skillnader över tid (Emenius, et al., 2001; Elfman, et al., 2008; Emenius, et al., 2009). Enligt tidigare mätningar var medianhalterna under vintersäsongen ca 25 %, och under hösten ca 45 %, av vår/sommarhalter (Elfman et al., 2008), där vår räknas som mars – april, sommar som maj - augusti och höst som september - oktober. För vintern (november - februari) har motsvarande 25 % av sommar-EF använts. Säsongsvariation har tagits hänsyn till i modellberäkningarna både för mätperioden och för hela året.

3.3 Beräkning av ammoniakemissionerna

3.3.1 Ammoniakförluster från stallbyggnaderna och gödsellagringen

Ammoniakförlusterna från stallbyggnaderna och gödsellagringen beräknades med hjälp av beräkningsverktyget VERA, som har tagits fram av Jordbruksverket (<http://www2.sjv.se/administration/vera.4.3d7d342f14e68f1a794c8558.html>). Genom att mata in information om djurhållningen; antal djur, djurslag, betesperiod, typ av gödsel och lagringssystem mm. kan programmet göra en stallbalansberäkning (schablon) och beräkna fram ammoniak förlusterna för stallbyggnaderna och gödsellagringen som ett genomsnitt över året. Emissionsfaktorererna för ammoniak inom VERA baseras på Karlsson och Rodhe (2002) och är samma som används av Statistiska Centralbyrån (SCB) för den nationella beräkningen av ammoniakavgången från lantbruket. VERA-modellen beräknar endast ammoniakemissioner från stall och lagring av gödsel och således inte de emissioner som uppstår vid rastning av djur av samt när djuren är i hage. EF för betande hästar är svårt att hitta i litteraturen. I den här studien har vi antagit en EF på 0,007 kg NH₃ per djur och betesdag för hästar och kor, vilket baserar sig på de EF som används av SCAIL Agriculture i Storbritannien (www.scail.ceh.ac.uk). För kalvar har vi antagit en EF på 0,005 kg NH₃, för får 0,004 kg NH₃, lamm 0,003 kg NH₃ och hönor/tuppar 0,001 kg NH₃ per djur och betesdag.

Ammoniakberäkningen visade att ungefär 110 kg NH₃/år avgår i form av ammoniakförluster från stallbyggnaderna, gödsellagringen och beteshagarna, se Tabell 7.

Tabell 7. Beskrivning av källor vid anläggningen

Källor	Boskapstyp	Utsläppsstorlek	Ventilationstyp	Gödselhantering
Stall	hästar, fjällkor, kalvar, får, lamm	20 m × 9 m × 4,5 m	naturligt ventilerad	Manuell utmockning dagligen. Strömedel spån (till hästarna) och halm (till korna, fåren och hönsen).
Hage	hästar, kor/kvigor, kalvar, får, lamm	1725 m ² + 2002 m ² + 2820 m ² + 1680 m ²	/	Djuren antas vara ute i rasthagarna 45 % av dygnet, bortsett från juli månad då de antas vara ute på bete dygnet runt.
Lager		6 m × 2,5 m × 1,5 m	/	Container (20 m ³) som töms när den är full (cirka var 3:e månad)

3.3.2 Tidsfördelning av ammoniakemissioner

Ammoniakemissionerna ändras under året, dels beroende på djur- och gödselhanteringen, dels på grund av meteorologiska förhållanden. Exempelvis betar korna under sommaren, vilket gör att stallförlusterna blir lägre och betesförlusterna högre, jämfört med om korna befinner sig inne i stallet. Även temperatur och ventilation påverkar ammoniakavgången, med betydligt större förluster under varma förhållanden (sommare) jämfört med vintern. Beräkningsmodellen VERA beräknar ammoniakförlusterna som ett genomsnitt över året. Ammoniakemissionen i stall och gödsellager antogs vara konstanta året runt. Således fördelar sig ammoniakemissionerna under året enligt Tabell 8 för de olika källorna.

Tabell 8. Verksamhetens ammoniakemissioner på månadsbasis från respektive källa.

Månad	Betesförlust (kg NH ₃ /månad)	Förluster i stall (kg NH ₃ /månad)	Förluster i lager (kg NH ₃ /månad)	Totalt (kg NH ₃ /månad)
januari	1,09	4,05	3,6	8,79
februari	0,98	4,05	3,6	8,68
mars	1,09	4,05	3,6	8,79
april	1,19	4,05	3,6	8,89
maj	1,65	4,05	3,6	9,35
juni	1,59	4,05	3,6	9,29
juli	3,66	4,05	3,6	11,36
augusti	1,65	4,05	3,6	9,35
september	1,46	4,05	3,6	9,16
oktober	1,09	4,05	3,6	8,79
november	1,05	4,05	3,6	8,75
december	1,09	4,05	3,6	8,79
Totalt	18	49	44	110

3.4 Spridningsmodellering

Spridningsmodelleringen genomfördes i två steg. Först användes inverterad modellering för att ta fram lokalspecifika emissionsfaktorer av hästallergen från källområdet, se 3.4.1 nedan. När emissionsfaktorerna fastställts användes dessa för att beräkna haltbidraget från hästverksamheterna under ett typår, se avsnitt 3.4.2.

3.4.1 Inverterad modellering

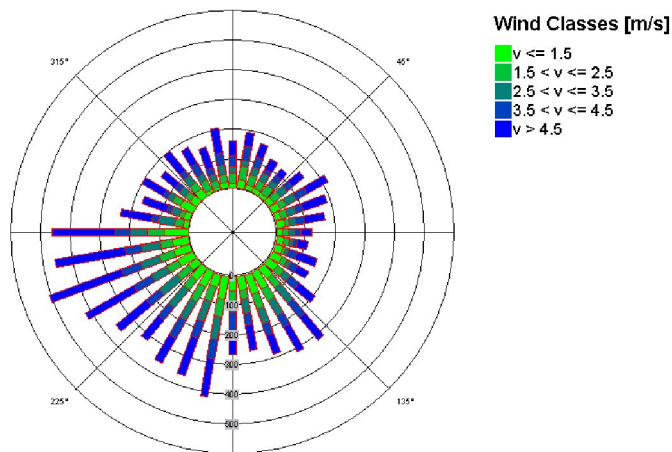
För att ta fram timvisa emissionsfaktorerna (EF_{tim}), enligt metoden beskriven i avsnitt 4.2.1, användes ADMS-modellen (Atmospheric Dispersion Modelling System) för den inverterade spridningsmodelleringen, se detaljerad beskrivning av beräkningsprogrammet i Bilaga 3.

Inverterad spridningsmodellering innebär att troliga emissioners spridning beräknas och resultaten jämförs med uppmätta halter. Om den modellerade och uppmätta halten inte stämmer överens justeras emissionsfaktorerna och processen görs om.

3.4.2 Typår

För att kunna genomföra en bedömning av den generella belastningen av allergen och ammoniak för närområdet beräknades hästallergen för ett så kallat typår (ett representativt meteorologiskt medelår för området). Meteorologiskt typår baseras på en objektiv väderklassificering (Lambs väderklasser) dygn för dygn, beräknat för åren 1948–2014, enligt metodik utvecklad av Chen et al. (2000).

Ett typår är en sammansättning av månader från olika år som tillsammans bildar ett representativt år avseende typiska spridningsförutsättningar. Vindförhållandena i området vid 4H-gården beräknades med en avancerad modell med assimilerade uppmätta vindhastigheter och vindriktning vid mätstationen i Stockholm. De månader som efter analys utgjorde typåret var januari 1999, februari 2017, mars 2007, april 2010, maj 2013, juni 2016, juli 2017, augusti 2012, september 2015, oktober 1999, november 2012 och december 2007. För det beräknade meteorologiska typåret beräknades de dominerande vindarna till västsydväst (41 %). Den dominerande vindhastigheten beräknades till 1,5–4,5 m/s och ”låg vind” (vindhastigheten lägre än 1,5 m/s) var cirka 15 %, se vindros i Figur 7.

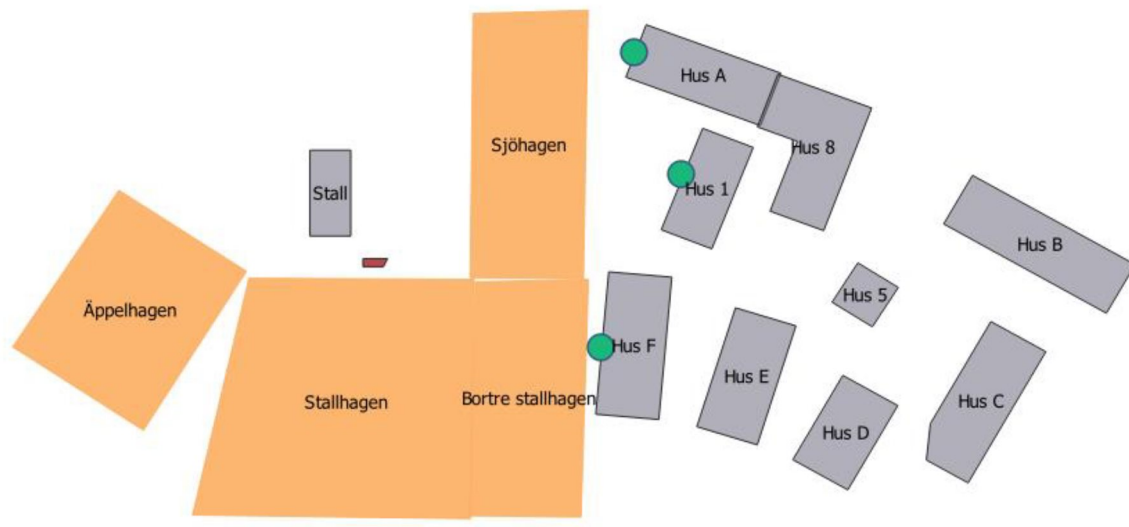


Figur 7. Vindros för typåret vid 4H-gården.

Typårsberäkningarna utfördes utifrån de förhållanden som togs fram mellan emissioner, aktiviteter och meteorologiska parametrar under mätperioderna. Dessa förhållanden applicerades därefter för hela typåret och spridning av hästallergen och ammoniak beräknades.

3.4.3 Beräkningspunkter

För att förtydliga haltbidragen i höjddled, särskilt på området med planerad bebyggelse öster om 4H-gården, kommer halterna redovisas i tabellform för Hus A, Hus 1 och Hus F, se Figur 8. Beräkningspunkterna har placerats på 2 m på första våningen och sedan varje 3 m per våning.



Figur 8. Placering av beräkningspunkter, gröna, på Hus A, Hus 1 och Hus F.

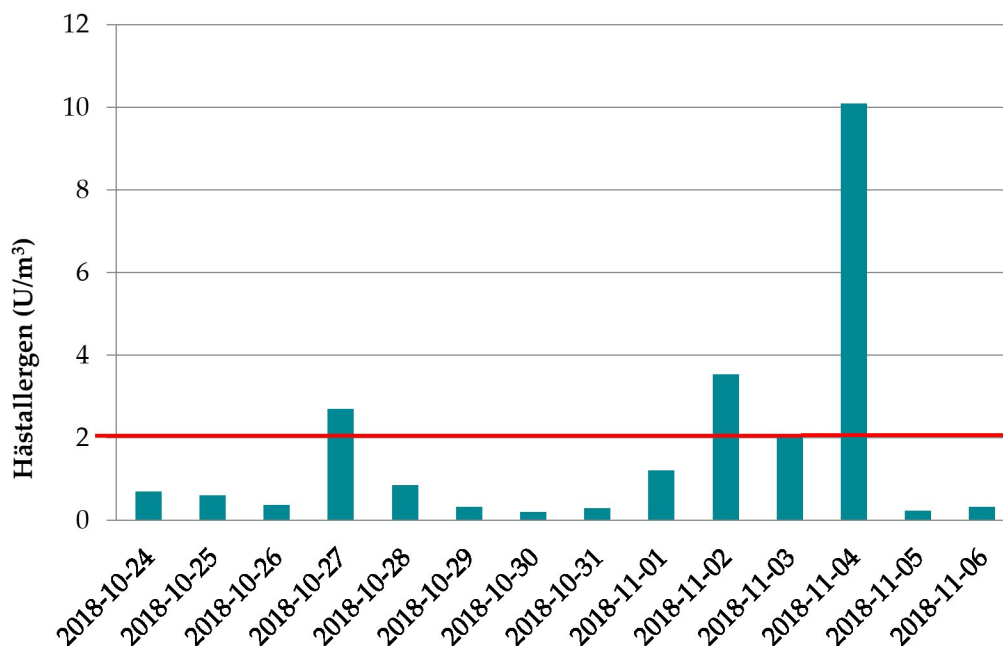
4 Resultat

Resultaten avseende hästallergen och ammoniak redovisas i avsnitt 4.1 respektive 4.2. I varje avsnitt redovisas uppmätta halter, inverterad modellering, beräknade haltbidrag av hästallergen och ammoniak på årsbas och i specifika punkter samt riskbedömning baserade på uppmätta halter, beräknade årsmedelvärden, 99- och 99,9-percentilen för timmedelvärde under ett år.

4.1 Hästallergen

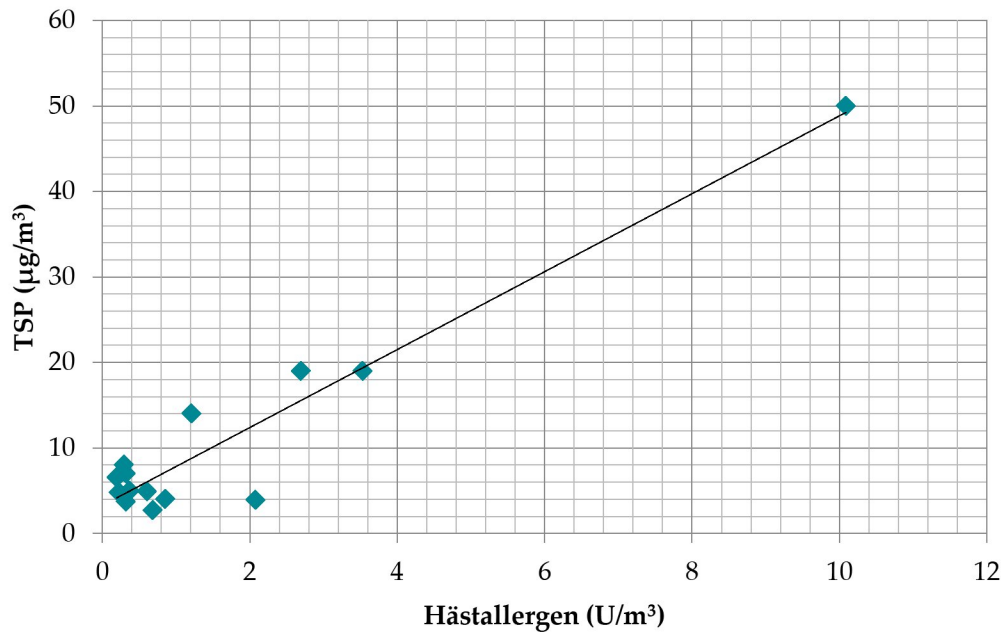
4.1.1 Uppmätta halter

I Figur 9 redovisas de uppmätta dygnsmedelvärdena av hästallergen från den aktiva provtagningen vid mätstation H, belägen mitt i verksamheten. Det förekom fyra dygn med halter högre än 2 U/m^3 , en fredag, två lördagar och en söndag. Samtliga fyra dygn inträffade då ingen nederbörd förekom och då vinden kom från huvudkällområdena, Äppelhamnen och/eller Stallhamnen. Den högsta halten, 10 U/m^3 , inträffade på en söndag. Det är troligt att aktiviteterna på 4H-gården under helgen påverkade emissionen av hästallergen och att hästar rörde sig mycket nära mätstationen. Dessutom bidrog även vädersituationen, t.ex. låg vindhastighet och dålig luftomblandning, under dagen till den höga halt som uppstod. Nederbörd minskar spridning av hästallergen. Den lägsta halten ($0,2 \text{ U/m}^3$) uppmättes under den 30 oktober, som var den enda dagen med nederbörd, $0,6 \text{ mm}$, under mätperioden.



Figur 9. Uppmätta dygnsmedelvärden av hästallergen på mätstation H under mätperioden. Röd linje är 2 U/m^3 , och under den betraktas halterna som en låg nivå, då man inte borde uppleva några besvär med hästallergen.

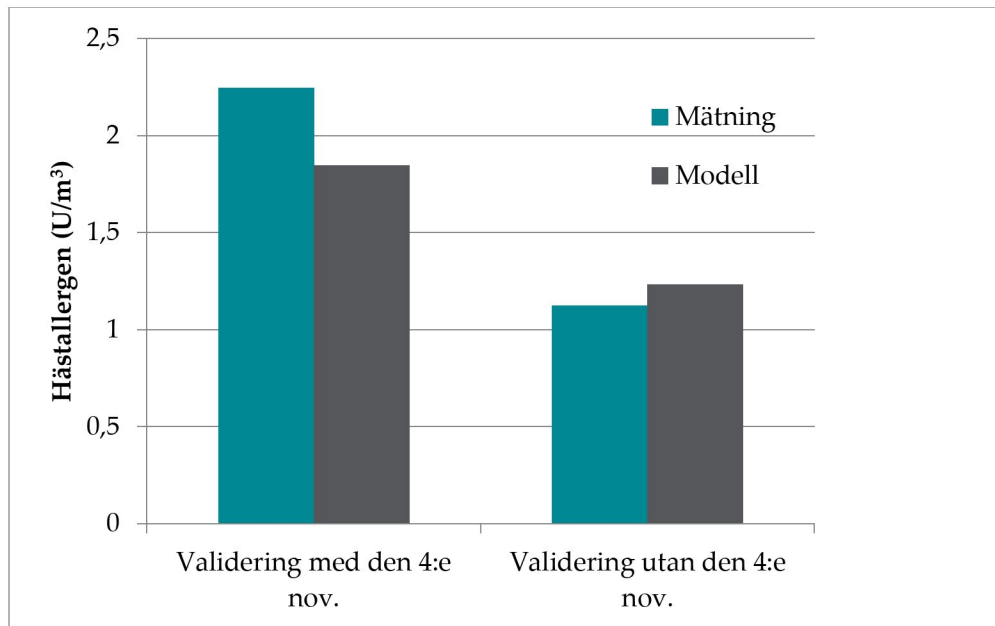
I Figur 10 redovisas relationen mellan dygnsmedelvärden av hästallergen och halten av TSP på mätstation H under mätperioden. Eftersom hästallergen är partikulärt bundet ökar halten av hästallergen med halten av TSP.



Figur 10. Dygnsmedelvärden av hästallergen (U/m³) och halter av TSP (µg/m³) under mätperioden (24:e oktober till 6:e november) från mätstation H.

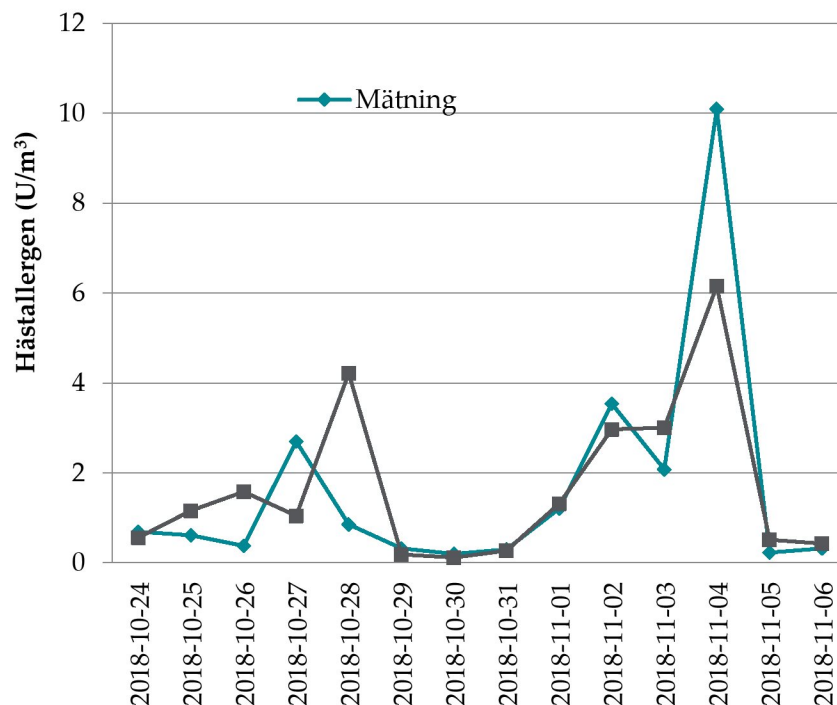
4.1.2 Jämförelse mellan modellerade och uppmätta halter

Baserat på emissionsfaktorerna (EF_0) som antogs från början kunde emissionsfaktorer (EF_{tim}), via inverterad modellering, beräknas för respektive timme och yta inom det studerade området utifrån resultat från mätvecka 1 (från onsdag den 24:e oktober till onsdag den 31:e oktober). Utifrån EF_{tim} spridningsberäknades därefter hästallergenhalten för mätkampanjens andra vecka med ADMS-modellen. De beräknade halterna vid platsen för mätningarna jämfördes därefter med mätdata från dygnsprovtagningen för vecka 2 för validering. För validering användes medelhalter under andra veckan (från tisdag den 30:e oktober till tisdag den 6:e november) med och utan den 4:e november som uppvisade en extremt hög halt av hästallergen, se Figur 11. Jämförelsen mellan uppmätta och beräknade halter av hästallergen, utifrån de slutliga emissionsfaktorerna, visade en acceptabel överensstämmelse med en genomsnittlig skillnad på -4,1%.



Figur 11. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade medelhalter av hästallergen baserad på dygnsmedelvärden av hästallergen vid H. Uppmätta halter under andra veckan (från tisdag den 30:e oktober till tisdag den 6:e november) med och utan den 4:e november som hade extrem hög halter användes för validering.

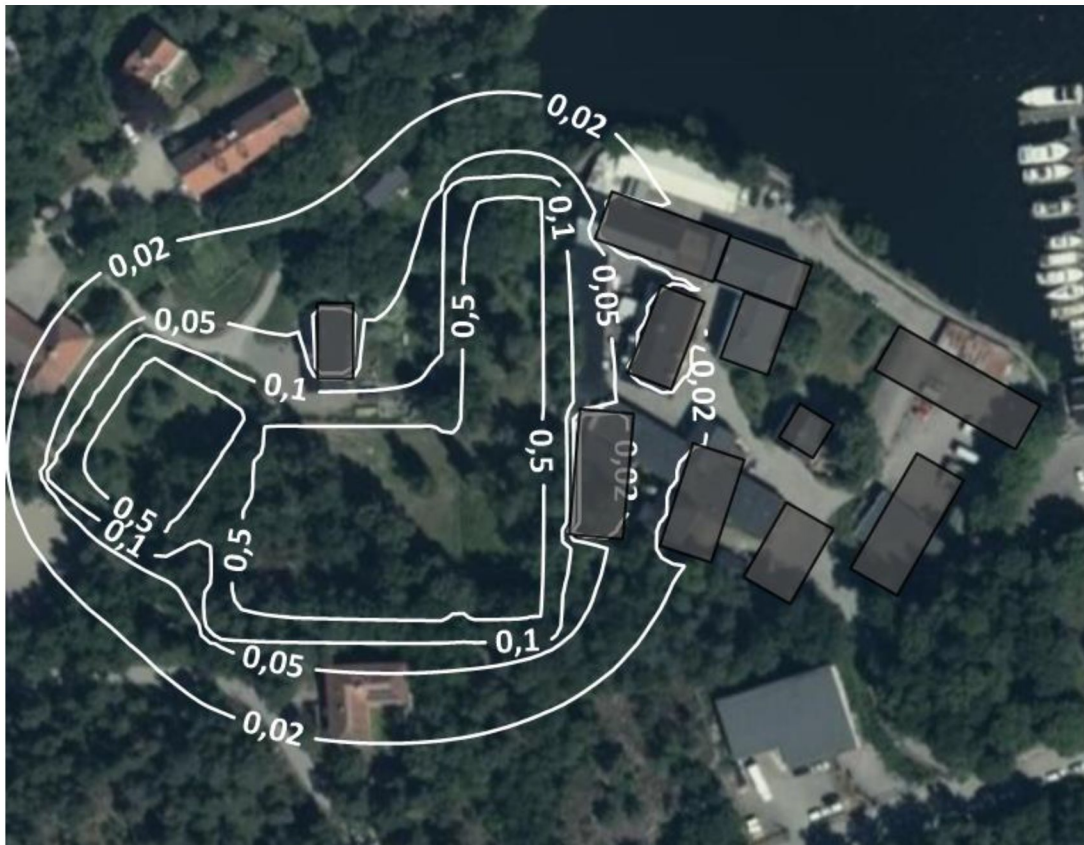
I Figur 12 visas jämförelse mellan det uppmätta och modellerade dygnsmedelvärdet av hästallergen under hela mätperioden. Största skillnaden sågs under helgdagar, men då var det även störst osäkerheter avseende aktiviteterna på gården.



Figur 12. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade dygnsmedelhalter av hästallergen vid mätstation H.

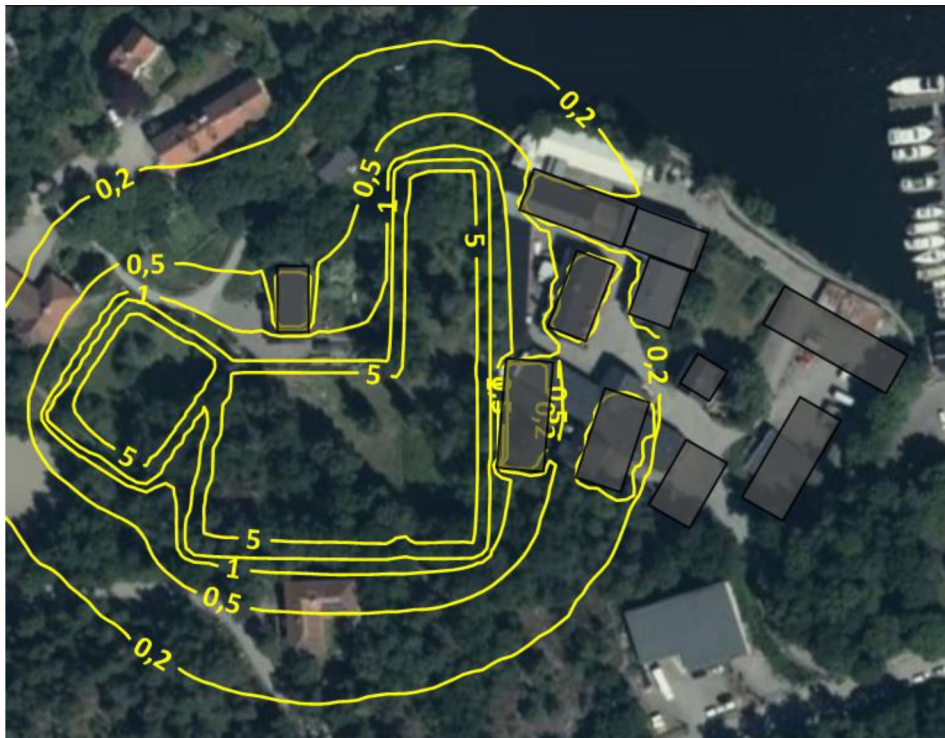
4.1.3 Beräknade haltbidrag på årsbas

Utifrån sambanden mellan emissionerna, meteorologin och aktiviteterna under mätperioden beräknades emissioner av hästallergen för ett helt år. Halter på 2 U/m^3 betraktas som en låg nivå, vid vilken man inte borde uppleva några besvär med hästallergi. I Figur 13 visas årsmedelhalterna av hästallergen som ISO linjer på en karta över området kring 4H-gården. Beräkningarna av årsmedelvärdena av hästallergen visade på halter lägre än $0,2 \text{ U/m}^3$, 1,5 m ovan mark, för hela det planerade bostadsområdet.



Figur 13. Årsmedelvärden av hästallergen (U/m^3) på 1,5 m höjd.

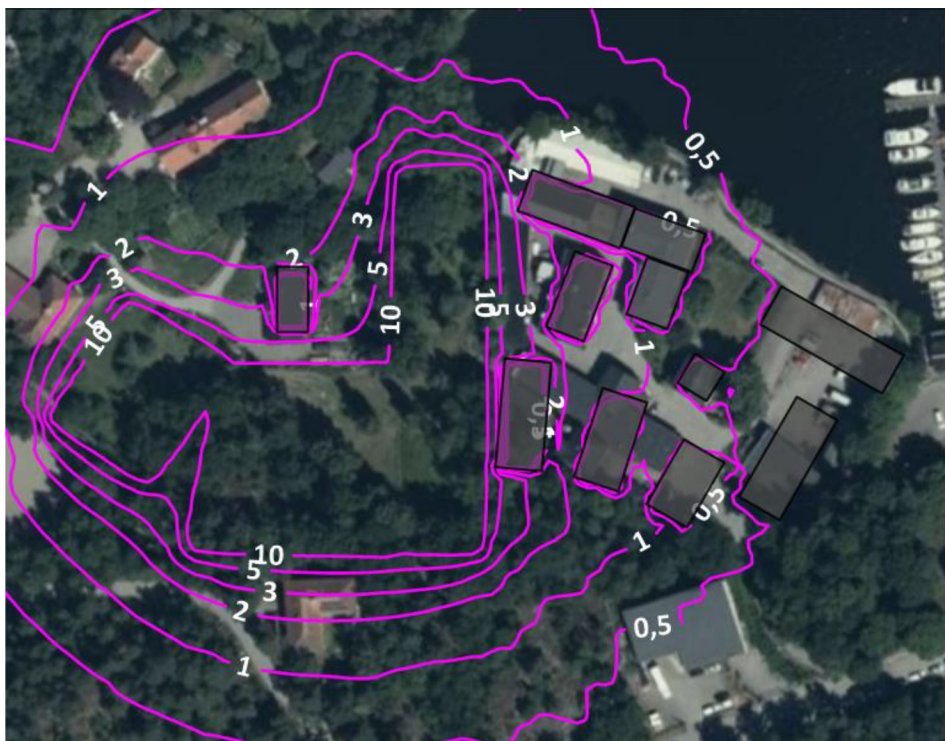
För att bedöma halten vid ett "värsta fall" har även 99- och 99,9-percentilen för timmedelvärden under ett år beräknats vid 4H-gården. 99-percentil för timmedelvärde motsvarar 1 % av årets timmar d.v.s. 87 timmar/år. Figur 14 visar att halten för 99-percentilen vid fastigheten var lägre än 1 U/m^3 .



Figur 14. 99-percentil av timmedelvärden av hästallergen (U/m^3) på 1.5 m höjd.

99,9-percentil för timmedelvärdet under ett år motsvarar 0,1% av årets timmar d.v.s. 8 timmar/år.

99,9-percentilen visar i Figur 15 högre halter än $2 \text{ U}/\text{m}^3$ för byggnader närmast hagarna, varvid upp mot $3\text{-}5 \text{ U}/\text{m}^3$ uppvisas för Hus F.



Figur 15. 99,9-percentil av timmedelvärden av hästallergen (U/m^3) på 1.5 m höjd.

4.1.4 Beräknade haltbidrag i specifika punkter

Resultatet från beräkningar utförda i beräkningspunkterna, se placering i kapitel 3.4.3, redovisas i Tabell 9. Beräkningar har utförts för byggnadernas alla våningar. Enbart i punkterna för byggnaderna Hus A, 1 och Hus F på första och för Hus F även andra våningen för 99,9-percentilen beräknades halter över 2 U/m³.

Tabell 9. Beräknat haltbidrag (U/m³) som årsmedelvärden och 99- och 99,9-percentil för timmedelvärden vid Hus 1 på två olika höjder samt Hus A och Hus F på upp till 4 respektive 6 höjder. Fetstilade värden >2 U/m³.

Beräkningspunkt	Höjd (m)	Årsmedelhalt (U/m ³)	99-percentiler för timmedelvärde (U/m ³)	99,9-percentiler för timmedelvärde (U/m ³)
Hus A	2	0,05	0,66	2,32
	5	0,04	0,55	1,70
	8	0,02	0,34	0,86
	11	0,01	0,21	0,62
Hus 1	2	0,04	0,48	2,09
	5	0,03	0,47	1,74
Hus F	2	0,11	1,37	6,00
	5	0,07	0,87	3,20
	8	0,04	0,47	1,08
	11	0,02	0,24	0,57
	14	0,01	0,13	0,36
	17	0,01	0,08	0,24

4.1.5 Riskbedömning

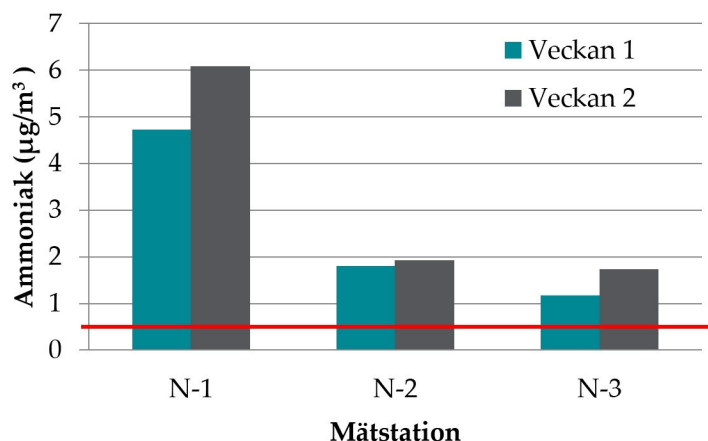
Resultaten jämfördes med 2 U/m³, en nivå som är att betrakta som låg, och under vilken man inte borde uppleva några besvär av hästallergen. Beräkningarna av lufthalter avseende hästallergen som årsmedelvärde visade på att det inte förelåg någon stor risk att 2 U/m³ överskrids vid de planerade bostäderna.

De högsta halterna förekom i anslutning till första våningen av Hus F. Både årsmedelvärde (0,11 U/m³) och 99-percentilen av timmedelvärdet (1,37 U/m³) var halterna av hästallergen mindre än 2 U/m³. För 99,9-percentilen, motsvarande 0,1 % av årets timmar d.v.s. 8 timmar/år, var dock timmedelvärdet vid delar av den planerade fastigheten högre än 2 U/m³. Särskilt högt var det vid det närmaste huset, Hus F, bredvid Bortre stallhagen. I anslutning till första våningen av Hus F var hästallergen högre än 6 U/m³.

4.2 Ammoniak

4.2.1 Uppmätta halter

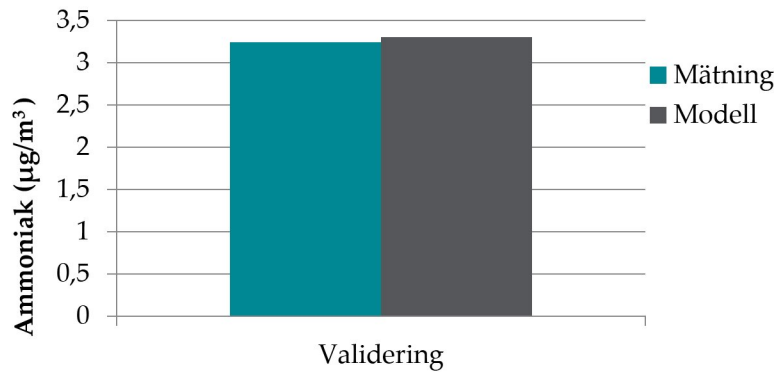
I Figur 16 redovisas de uppmätta veckomedelvärdena av ammoniak vid mätstationerna N-1, N-2, N-3. De högsta halterna förekom vid N-1, som låg närmast stall och gödselstack. Halterna avtog med avståndet från gödselstack och stall. Jämfört med lukttröskeln för ammoniak, $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, så överskreds halterna även vid N-2 och N-3.



Figur 16. Uppmätta veckomedelvärden av ammoniak vid N-1, N-2 och N-3. Röd linje indikerar lukttröskeln, $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

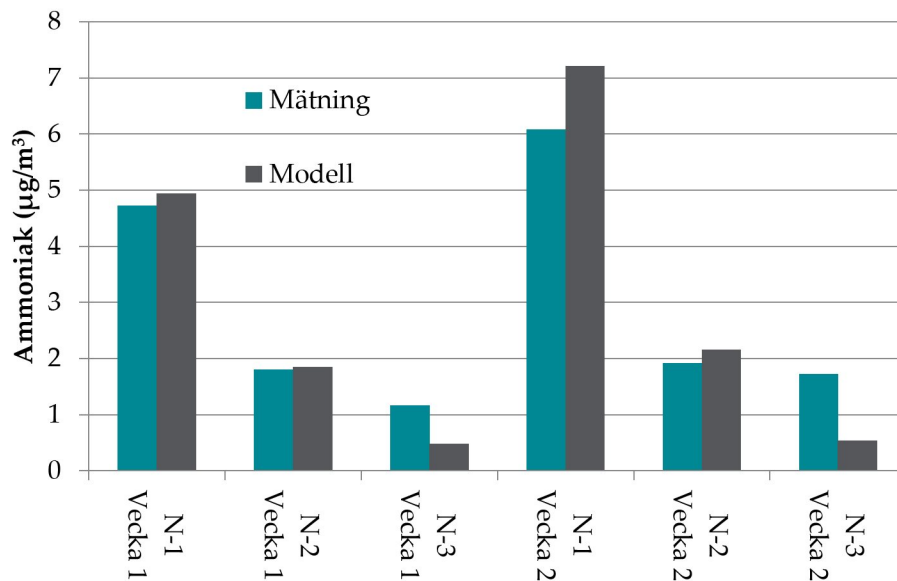
4.2.2 Jämförelse mellan modellerade och uppmätta halter

De beräknade halterna, vid platsen för mätningarna, validerades därefter med mätdata. För validering användes genomsnittlig halt under andra veckan (från den 30:e oktober till den 6:e november) vid de tre mätstationerna, se Figur 17. Skillnaden mellan de uppmätta och modellerade genomsnittliga halterna för validering visade en god överensstämmelse med 1,7%.



Figur 17. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade veckomedelhalter av ammoniak vid mätstation N-1, N-2 och N-3 för justering och validering.

I Figur 18 visas resultatet från jämförelsen mellan uppmätta och beräknade halter av ammoniak. Den uppmätta medelhalten av ammoniak för hela mätperioden var 5,4 µg/m³, 1,9 µg/m³ och 1,4 µg/m³ vid N-1, N-2 respektive N-3, medan den modellerade medelhalten vid N-1, N-2 och N-3 var 6,1 µg/m³, 2,0 µg/m³ respektive 0,5 µg/m³. N-1 och N-2 visar en god överensstämmelse, medan N-3 var underskattad i beräkningarna.



Figur 18. Jämförelse mellan uppmätta och modellerade veckomedelhalter av ammoniak vid mätstation N-1, N-2 och N-3.

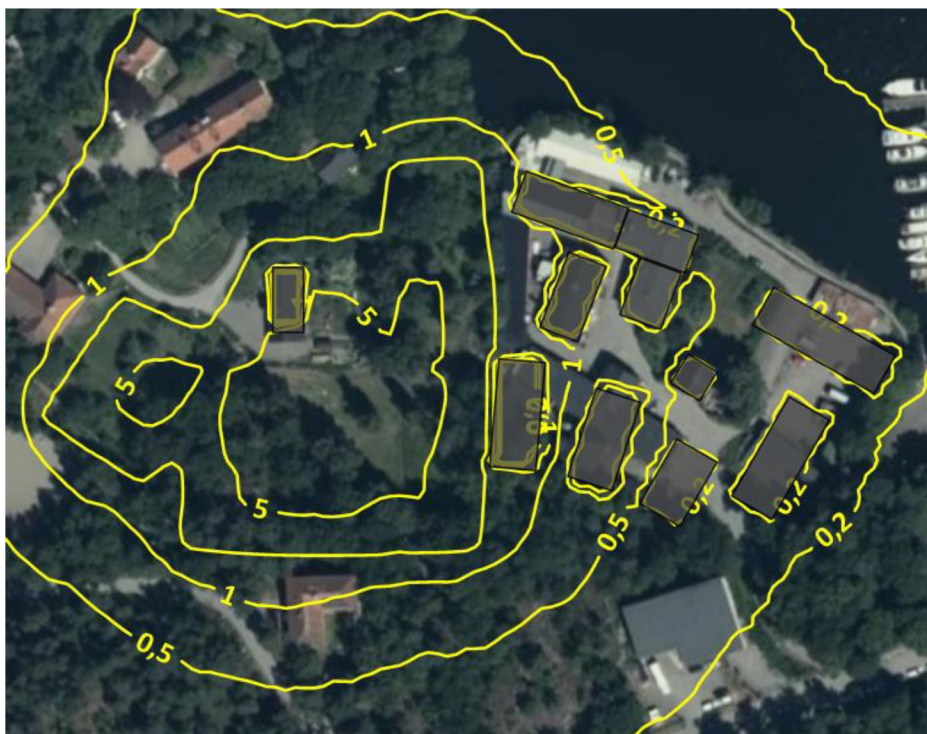
4.2.3 Beräknade haltbidrag på årsbas

Baserat på resultaten från den validerade modellen låg årsmedelhalten av ammoniakbidraget från 4H-gården på mindre än 0,2 µg/m³ för hela den planerade fastigheten, se Figur 19.



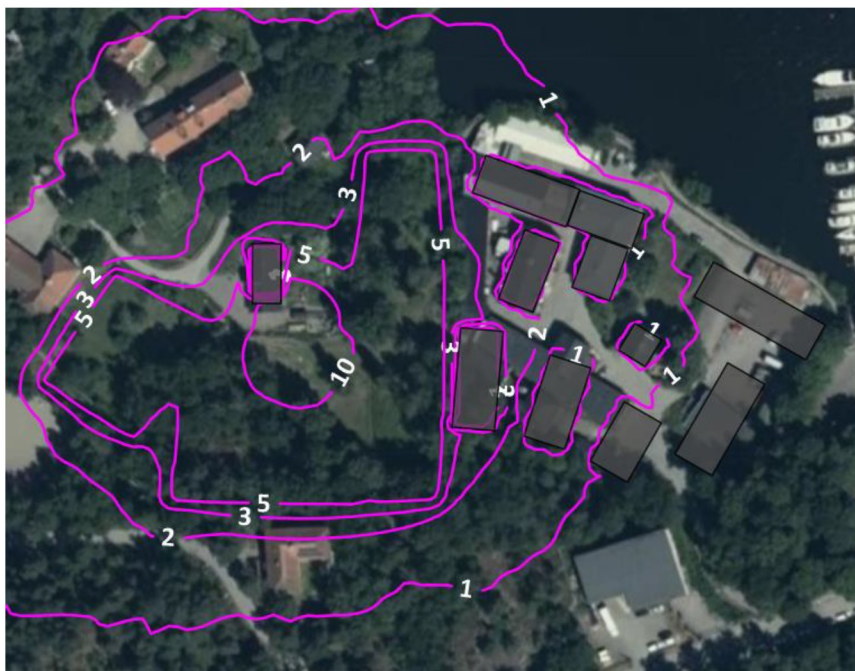
Figur 19. Årsmedelvärden av ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) på 1.5 m höjd.

För att bedöma halten vid ett "värsta fall" har även 99- och 99,9-percentilen för timmedelvärden under ett år beräknats vid 4H-gården. 99-percentilen för timmedelvärde motsvarar 1 % av årets timmar d.v.s. 87 timmar/år. Ammoniakbidraget för 99-percentilen för timmedelvärde under ett år var mellan 0,5 - 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för en stor del av det planerade området, se Figur 20.



Figur 20. 99-percentil av timmedelvärden av ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) på 1.5m höjd.

99,9-percentilen för timmedelvärde under ett år var mellan 1-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för hela det planerade området varvid Hus F erhölet halter över 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se Figur 21. 99,9-percentil för timmedelvärde under ett år motsvarar 0,1% av årets timmar d.v.s. 8 timmar/år.



Figur 21. 99,9-percentil av timmedelvärden av ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) på 1,5m höjd. Beräknade haltbidrag i specifika punkter.

Beräknade halter av ammoniak som årsmedelvärden, 99- och 99,9-percentil för timmedelvärden vid olika våningar vid Hus A, Hus 1 och Hus F, redovisas i Tabell 10. 99- och 99,9-percentilen beräknas ha halter över lukttröskeln på 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ för våningar 1-3 för 99-percentilen och nästan alla våningar för 99,9-percentilen.

Tabell 10. Beräknade haltbidrag av ammoniak ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) som årsmedelhalter och 99- och 99,9-percentil för timmedelvärde vid Hus A, Hus 1 och Hus F vid olika höjder. Fetstilade värden >0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Beräkningspunkt	Höjd (m)	Våning	Årsmedelhalt	99-percentiler för timmedelvärde	99,9-percentiler för timmedelvärde
Hus A	2	1	0,12	1,11	1,86
	5	2	0,09	0,83	1,43
	8	3	0,06	0,48	0,94
	11	4	0,04	0,32	0,62
Hus 1	2	1	0,11	1,13	2,34
	5	2	0,09	0,92	1,89
Hus F	2	1	0,19	1,90	3,36
	5	2	0,12	1,15	1,94
	8	3	0,06	0,51	1,00
	11	4	0,04	0,28	0,64
	14	5	0,02	0,24	0,48
	17	6	0,01	0,19	0,34

4.2.4 Riskbedömning

Baserat på resultaten från den validerade modellen, ligger årsmedelhalten av ammoniakbidraget från 4H-gården på mindre än $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för hela den planerade fastigheten. Ammoniakbidraget för 99-percentilen för timmedelvärden under ett år, motsvarande 1 % av årets timmar d.v.s. 87 timmar/år och ca 1,7 timmar per vecka, var högre än $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för majoriteten av byggnaderna inom planområdet. Hus A och Hus F påvisar att halten minskar snabbt med antalet våningar varvid efter 3:e våningen är halterna under $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. För 99,9-percentilen av timmedelvärdet under ett år, motsvarande 0,1 % av årets timmar d.v.s. 8 timmar/år, förekommer halter över $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för hela planområdet. Halten avtar med våningsantal varvid Hus F erhåller halter under $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för våningar högre än våning 5. Det föreligger därmed viss risk för att de boende där kan störas av lukt från 4H-gården emellanåt.

5 Diskussion och slutsatser

Med syftet att undersöka hur en kommande exploatering i Axelsberg i Stockholm kan komma att påverkas av hästallergen och lukt från Eolshäll 4H-gård, utförde IVL en utredning som omfattade mätningar och beräkningar av emissioner av hästallergen och ammoniak från källområdet samt spridning av hästallergen och ammoniak i luft omkring Eolshäll 4H-gård.

Analyserna som utförts på uppmätta hästallergen visade att både hästverksamheten och meteorologin (t.ex. nederbörd och vindriktning) påverkade variationen av halter av hästallergen i stor omfattning. Inne på 4H-gården uppmättes fyra dygn med halter högre än 2 U/m^3 under dagar då ingen nederbörd förekom och då vinden kom från huvudkällområdena, Äppelhagen och/eller Stallhagen. Den högsta halten, 10 U/m^3 , inträffade på en söndag. Det är troligt att aktiviteterna på 4H-gården under helgen påverkade emissionerna av hästallergen och att hästarna rörde sig mycket och nära mätstationen. Vädersituationen med låg vindhastighet och dålig luftomblandning under den dagen bidrog också till den höga halten. Nederbörd minskar spridningen av hästallergen. Den lägsta halten ($0,2 \text{ U/m}^3$) inföll den 30 oktober, som var den enda dagen med nederbörd, $0,6 \text{ mm}$, under mätperioden.

Med hjälp av resultaten från mätkampanjen och inverterad spridningsmodellering beräknades haltbidragen av hästallergen från stall och hagar. Jämförelsen mellan uppmätta och beräknade halter av hästallergen visade en god överensstämmelse. De framtagna emissionsfaktorena användes därefter för att beräkna spridning och lufthalter under ett helt år.

Resultaten jämfördes med halten 2 U/m^3 , som betyder en låg nivå, vid vilken man inte borde uppleva några besvär med hästallergen. Beräkningarna av lufthalter avseende hästallergen som årsmedelvärde och som 99-percentil visade på att det inte förelåg någon stor risk att 2 U/m^3 överskrids vid de planerade bostäderna. För 99,9-percentilen, motsvarande 0,1 % av årets timmar d.v.s. 8 timmar/år, var dock timmedelvärdet vid delar av den planerade fastigheten högre än 2 U/m^3 . Särskild högt var det vid det närmaste huset, Hus F, bredvid Bortre stallhagen. I anslutning till första våningen av Hus F var hästallergen högre än 6 U/m^3 .

Den uppmätta medelhalten av ammoniak för hela mätperioden var $5,4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, $1,9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ och $1,4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ vid mätstation N-1, N-2 respektive N-3. Jämfört med luktröskeln för ammoniak, $0,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, så överskreds luktröskeln vid samtliga tre mätstationer. Baserat på resultaten från den validerade modellen, låg årsmedelhalten av ammoniakbidraget från 4H-gården på mindre än $0,2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ för hela fastigheten som man planerar att bebygga.

Ammoniakbidraget för 99-percentilen för timmedelvärden under ett år, motsvarande 1 % av årets timmar d.v.s. 87 timmar/år och ca 1,7 timmar per vecka, var högre än $0,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ för majoriteten av byggnaderna inom planområdet. För 99,9-percentilen av timmedelvärdet under ett år, motsvarande 0,1 % av årets timmar d.v.s. 8 timmar/år, förekommer halter över $0,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ för hela planområdet. Det föreligger därmed viss risk för att de boende där kan störas av lukt från 4H-gården emellanåt.

Vegetation kan fungera som en barriär och således begränsa spridningen av både gas- och partikel-formiga föroreningar. På 4H-gården finns redan en hel del träd som kan bidra till att minska spridningsavståndet av hästallergen och ammoniak. I Sjöhagen finns 3 äppleträd (ca 5 m höga), 6 björkar (ca 20-25 m höga), 3 aspar (ca 20-30 m höga), och 2 ekar (ca 20 m höga); i bortre Stallhagen finns 4 björkar (ca 20-30 m höga), 3 ekar (ca 20-30 m höga), 4 granar (ca 30 m höga), och 3 aspar (ca 20-30 m höga). Effekten av befintlig vegetation har inte tagits hänsyn till i denna studie. Det är

således möjligt att beräknade halter av hästallergen och ammoniak kan ha överskattats något vid vissa väderförhållanden.

Enligt ägaren av 4H-gården finns det idag inga träd vid eller nära tomtgränsen mellan 4H-gården och det planerade området. För att ytterligare minska eventuella störningar mellan djurverksamheten och planerade angränsande bostäderna och även vice-versa (d.v.s. störningar från aktiviteter i bostadsområdet till 4H-gården), så kan man komplettera med en växtbarriär och/eller ett plank dem emellan eller öka mellanrummet mellan gården och planerat Hus F.

Det finns några studier (exempelvis Freer-Smith et al., 2004), som visar att spridningen av partiklar kan minskas genom olika former av barriärer av vegetation där barrträd är mest effektiva, medan glesa lövträd har en lägre effektivitet. Resultaten varierar mellan ca 3 och 17 % sänkning av halten med lövträd beroende på täthet och vindhastighet. Norconsult (2013) gav förslag på åtgärder för att kunna minska skyddsavstånden mellan planerade bostäder och intilliggande gård. Barriär i form av ett plank eller en bred ridå av tät vegetation, av t ex. tuja eller cypress, närmast hästhagen bör minska spridningen av allergen. studier har visat att upp mot 27 % utsläppet av ammoniak från djurstall kan fångas upp av trädkronor (Bealey et al., 2014). Huvudkällorna till luktande ammoniak vid 4H-gården stall och gödsellager, där gödsellagret ligger närmast det planerade bostadsområdet. För att minska påverkan av lukt från djurgården kan man flytta gödsellagret eller använda åtgärder för att minska ammoniakavgång. Enligt en studie från Rogstrand et al., (2005), kan täckning med gummiduk och inblandning av torv reducera ammoniakavgången från fast gödsellager med ungefär en tredjedel.

6 Referenslista

- Bealey, W.J., Loubet, B., Braban, C.F., Famulari, D., Theobald, M.R., Reis, S., Reay, D.S. och Sutton, M.A., 2014. Modelling agro-forestry scenarios for ammonia abatement in the landscape. *Environmental Research Letters* 9, 255001, 2014.
- Berg-Johansson, J., Gottfridsson, A., Karlsson, A., Lindbäck, M. och Westlin, M., 2011. Hästens inomhusmiljö- hur påverkas den av olika strömaterial. *Arbets- och miljömedicin*, Uppsala, Rapport nr 2/2011.
- Boverket, 2011. Vägledning för planering för och invid djurhållning. Rapport 2011:6
- Chen, D., 2000. A monthly circulation climatology for Sweden and its application to a winter temperature case study. *Int. J. Climatol.* 20: 1067–1076.
- Elfman, L, Brännström, J. och Smedje, G., 2008. Detection of horse allergen around a stable. *Int. Arch Allergy Immunol* 145, 269-276.
- Emenius G., PH. Larsson, M. Wickman, B. Härfast., 2001. Dispersion of horse allergen in the ambient air, detected with sandwich ELISA. *Allergy* 56:771-774.
- Emenius G., Merritt A-S., Härfast B., 2009. Dispersion of horse allergen from stables and areas with horses into homes. *Int Arch Allergy Immunol* 150(4):335-342.
- Ferm M., Watt J., O'Hanlon S., De Santis F. and Varotsos C., 2006. Deposition measurement of particulate matter in connection with corrosion studies. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 384, 1320-1330 DOI: 10.1007/s00216-005-0293-1
- Freer-Smith, P.H., El-Khatib, A.A., and Taylor, G., 2004: "Capture of particulate pollution by trees: A comparison of species typical of semi-arid areas with European and Northern American species". *Water, Air and Soil Pollution*, 155, 173-187.
- Folkhälsomyndigheten. Miljöhälsorapport 2009. Available online: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/pagefiles/12933/miljohalsorapport-2009.pdf>.
- Haeger-Eugensson, M. och L. Elfman, 2006. Beräkning av hästallergenhalter runt Åbytravet., Göteborg. 10:2006.
- Haeger-Eugensson, M, Ferm, M., Elfman, L., 2014. Use of a 3-D dispersion model for calculation of dispersion of horse allergen and odour around horse facilities. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11, 3599-3617.
- Karlsson, S. och Rodhe, L. 2002. Översyn av Statistiska Centralbyråns beräkning av ammoniakavgången i jordbruket – emissionsfaktorer för ammoniak vid lagring och spridning av stallgödsel. JTI Uppdragsrapport.
- Norconsult, 2013. Skyddsavstånd till hästhållning – Öjersjö, Partille kommun
- Nationalencyklopedin, 2009. Ammoniak. Hamtat från NE: <http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/lang/ammoniak> den 11 Augusti 2009.
- Rogstrand, G., Tersmeden, M., Bergström, J., och Rodhe, L., 2005. Åtgärder för minskad ammoniakavgång från fastgödsellager. JTI-rapport Lantbruk & Industri 344
- Socialstyrelsen Meddelandeblad juni 2004. <http://www.folkhalsomyndigheten.se/sok/?q=h%C3%A4stallergener>

Tang, L. och Peterson, K., 2016. Luktutredning kring Enskede ridskola i Stockholm. IVL rapport U5795

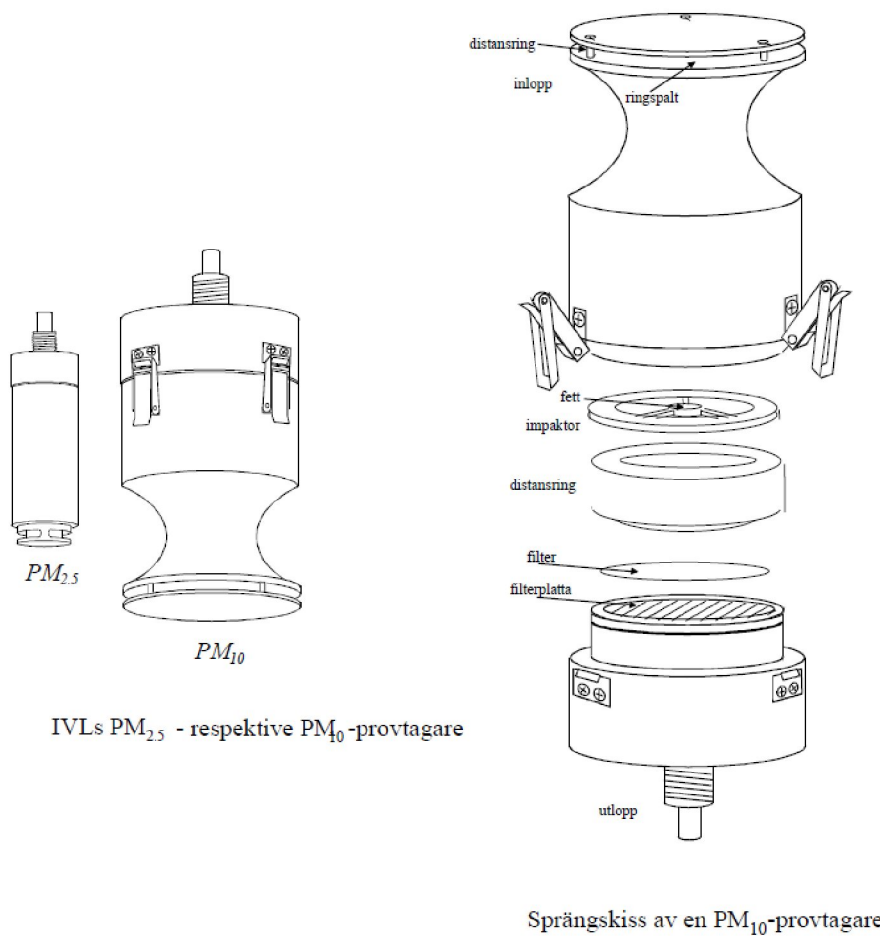
Van Thriel, C, Schäper M, Kieswetter E, Kleinbeck, S, Joram S, Blaskewicz M, Fricke H, Altmann L, Berresheim H, Brüning T., 2006. From chemosensory thresholds to whole body exposures—experimental approaches evaluating chemosensory effects of chemicals, *Int Arch Occup Environ Health*, 79, 308-321.

Zahradnik, E., Raulf, M., 2014. Animal allergens and their presence in the environment. *Frontiers in Immunology*, 5, 1-21.

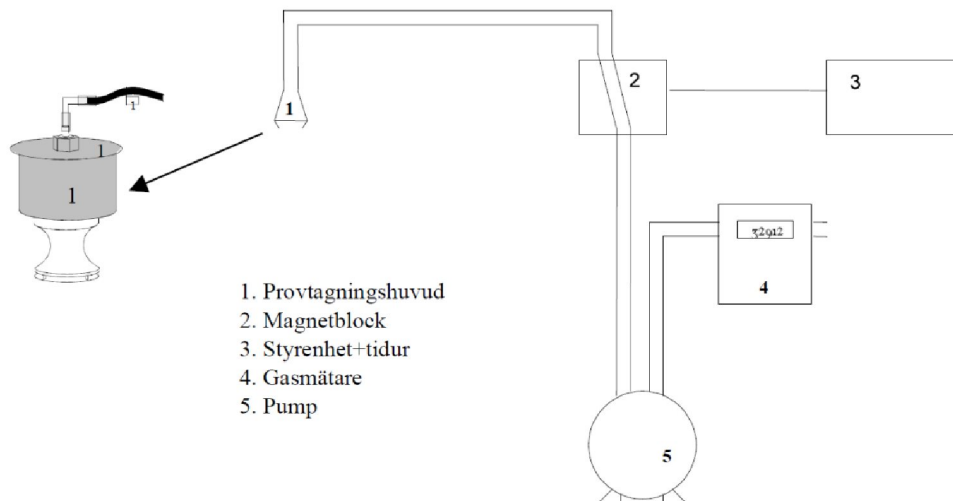
Bilaga 1 Provtagning av partiklar i utomhusluft på filter

Princip

Luft sugas med konstant flöde igenom ett provtagningshuvud, där ett filter är monterat, se Figur B1.1-1.2. Filtret (Zeflour för TSP och PM_{10} , Teflon för $PM_{2.5}$) samlar upp partiklarna. Huvudets inlopp, luftflödet samt en impaktor, monterad före filtret, ger den bestämda partikelfractionen, TSP, PM_{10} eller $PM_{2.5}$.



Figur B1.1 Provtagare för $PM_{2.5}$ och PM_{10} (samma huvud för TSP, men utan impaktor).



Figur B1.2 Principskiss för provtagning av partiklar

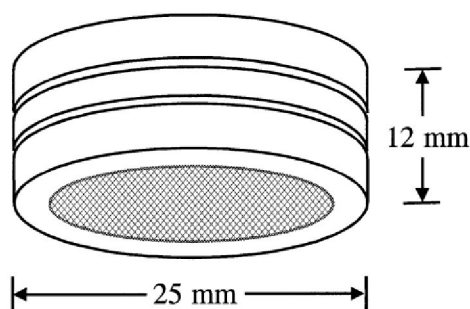
Provtagning sker dygnsvis genom att en styrenhet styr ett externt provblock (Figur B1.2 -2) bestående av åtta kanaler. Kanal skiftas en gång per dygn (kl. 00:00 svensk vintertid). Provtagningshuvuderna är monterade utomhus i en aluminiumställning, där åtta huvuden via varsin provtagnings slang är kopplad till det externa ventilblocket.

Vägning och utskick av provtagningsfilter

Vägning av provtagningsfilter sker vid IVL:s laboratorium, före och efter provtagning. Vägningen utförs i ett konditionerat vågrum (fukt och temperatur) och med en våg med en upplösning på 1 µg.

Bilaga 2 Diffusionsprovtagare

Diffusionsprovtagare, även kallad passiva provtagare (se Figur B2.1). Provtagaren hängs upp i ett fritt läge, t ex på en lyktstolpe, på en rekommenderad höjd av 2,5-4 m över markytan. Efter en lämplig exponeringstid försluts provtagaren och skickas till IVL:s laboratorium för analys. Mätprincipen för diffusionsprovtagarna baseras på att de gaser man vill mäta diffunderar en viss sträcka in i provtagaren och reagerar med ett ämne på det impregnerade filtret. Utifrån diffusionshastigheten och vissa andra fysikaliska storheter samt analysvärdet på reaktionsprodukten, kan medelhalten under exponeringstiden beräknas.



Figur B2.1 Passiva provtagare

Bilaga 3 ADMS-modellen

ADMS (version 4) är en diagnostisk dispersionsmodell som är utvecklad av Cambridge Environmental Research Consultants (CERC) i Storbritannien. Den används för att simulera emissioner från punkt- eller ytkällor (d.v.s. med varma gaser eller som passiva utsläpp) till atmosfären. Modellen används både för beräkning av industriutsläpp och i luftkvalitetsövervakningssyften i t.ex. urbana miljöer. Modellen inkluderar effekter av byggnader, topografi och kust/inlandseffekter samt viss kemi vid dispersions-beräkningarna.

ADMS kan, förutom vanlig dispersion, även beräkna torr- och våtdeposition, plymvisibilitet, lukt och s.k. "puff"-beräkningar avseende korttidsfluktuationer av emissioner.

Beskrivningen av modellens vertikala dispersionsprocesser görs genom beskrivning av det atmosfäriska gränsskiktets tjocklek (den s.k. blandningshöjden) och genom beräkning av den s.k. Monin-Obukhov längden. Vid beräkning av dispersionen under konvektiva meteorologiska förhållanden (effektiv vertikal spridning) används en s.k. sned Gaussisk koncentrationsfördelning. ADMS kan dessutom beräkna korta tidsskalor (minuter), vilket är viktigt vid bl.a. modellering av lukt.

Referenser

Cambridge Environmental Research Consultants Ltd. 2007: ADMS - 4 Atmospheric Dispersion Modelling System – User Guide, Version 4.

