
TEKNISKT PM

Modellering och underlag för riskbedömning, Nyköpings nya resecentrum

UPPDRAGSNUMMER 11000484

MODELLBESKRIVNING AVSEENDE ÅNGINTRÄNGNING AV BENSEN I BYGGNAD



2019-01-09

SWECO ENVIRONMENT AB

**HANDLÄGGARE: ELINOR ANDERSSON,
THEREZE LADEKRANS
GRANSKARE: ANNIKA ÅBERG**

Innehållsförteckning

1	Inledning	2
1.1	Dataunderlag	2
1.2	Bensenföreningar i grundvatten – teoretisk bakgrund	2
2	Identifiering av styrande risker genom riskkvoter	5
2.1	Hälsoriskkvoter - grundvatten	5
2.2	Miljöriskkvoter - grundvatten	6
3	Modellering av bensenhalter i inomhusluft	7
3.1	Introduktion	7
3.2	Utformning av modellscenarier	7
3.3	Underlag till modellscenarier	9
3.3.1	Grundvattenhalter	9
3.3.2	Markprofiler	9
3.3.3	Nuvarande och framtida mark- och grundvattennivåer	10
3.3.4	Grundläggningstyp	10
4	Resultat	11
4.1	Nuläget - ångtransport från grundvatten till framtida byggnad vid dagens markförhållanden	11
4.2	Framtidsscenario – förändrad riskbild om jordlagerföljden ändras på grund av grundläggningsarbeten	12
5	Osäkerheter och känslighetsanalys	13
5.1	Osäkerheter	13
5.2	Känslighetsanalys	14
7	Referenser	15

Bilagor

Bilaga 1: Kartor hälsoriskkvoter

Bilaga 2: Kartor miljöriskkvoter

1 Inledning

Detta tekniska PM är ett komplement till riskbedömningen för detaljplanområdet för Nyköpings nya resecentrum som finns i det digitala presentationsformatet StoryMap. I PM:et presenteras det dataunderlag och de metoder som använts i riskbedömningen. I StoryMap presenteras resultat, diskussion och slutsatser tillsammans med relevanta kartor som bygger på underlaget i detta PM.

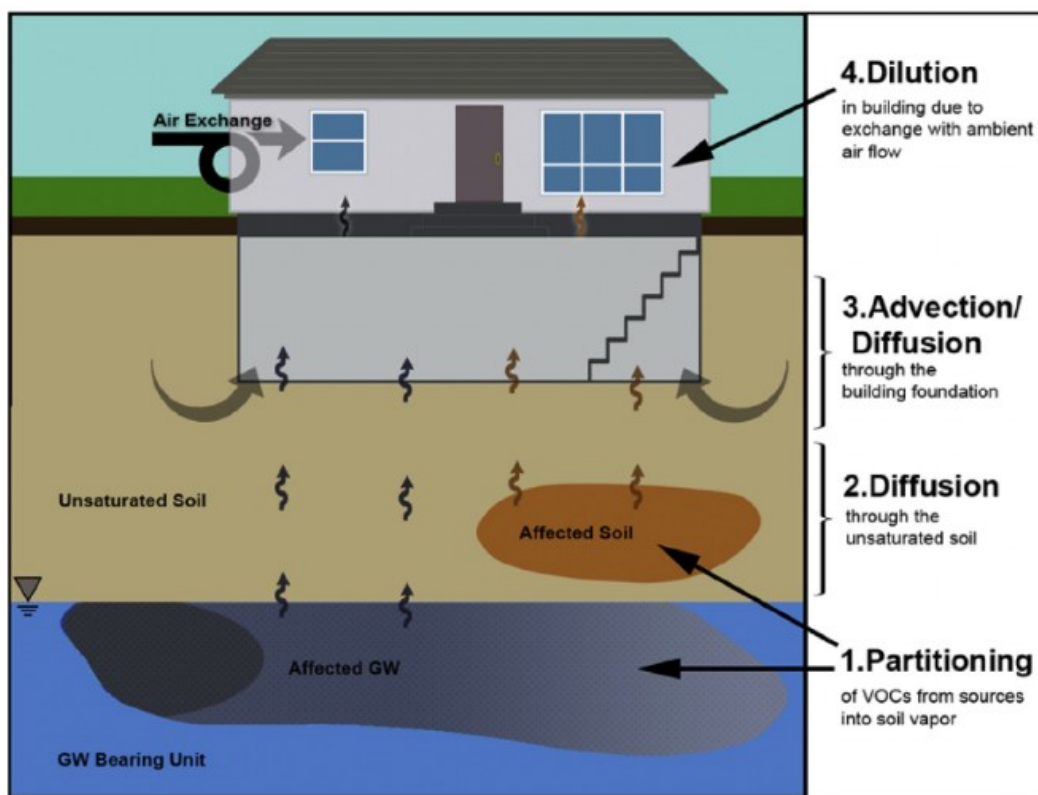
I riskbedömningen identifierades bensen i grundvatten som den föroreningen som styr riskbilden. I kommande delavsnitt presenteras det dataunderlag som detaljplanens riskbedömning bygger på samt information om hälsorisker med bensen i grundvatten. I avsnitt 2 presenteras riskkvoter och hur de använts för att identifiera miljö- och hälsorisker och i avsnitt 3 presenteras en riskbedömningsmodell som använts för att prediktera framtida risker för bensenånga i byggnader.

1.1 Dataunderlag

Befintligt dataunderlag består av en sammanställning av undersökningar och utredningar som skett med avseende på föroreningar i jord och grundvatten av olika utförare inom fastigheterna Väster 1:41, 1:42, 1:43, Väster 1:1, 1:2 samt Skrivaren 9. Under 2019 sammanställdes samtliga analysresultat från dessa undersökningar, som sträcker sig från 2003, i ett webbaserat verktyg – ArcGIS Online. Detta har sedan fungerat som underlag för vidare utredningar, modellberäkningar samt riskbedömning för detaljplaneområdet för Nyköpings nya resecentrum.

1.2 Bensenföroreningar i grundvatten – teoretisk bakgrund

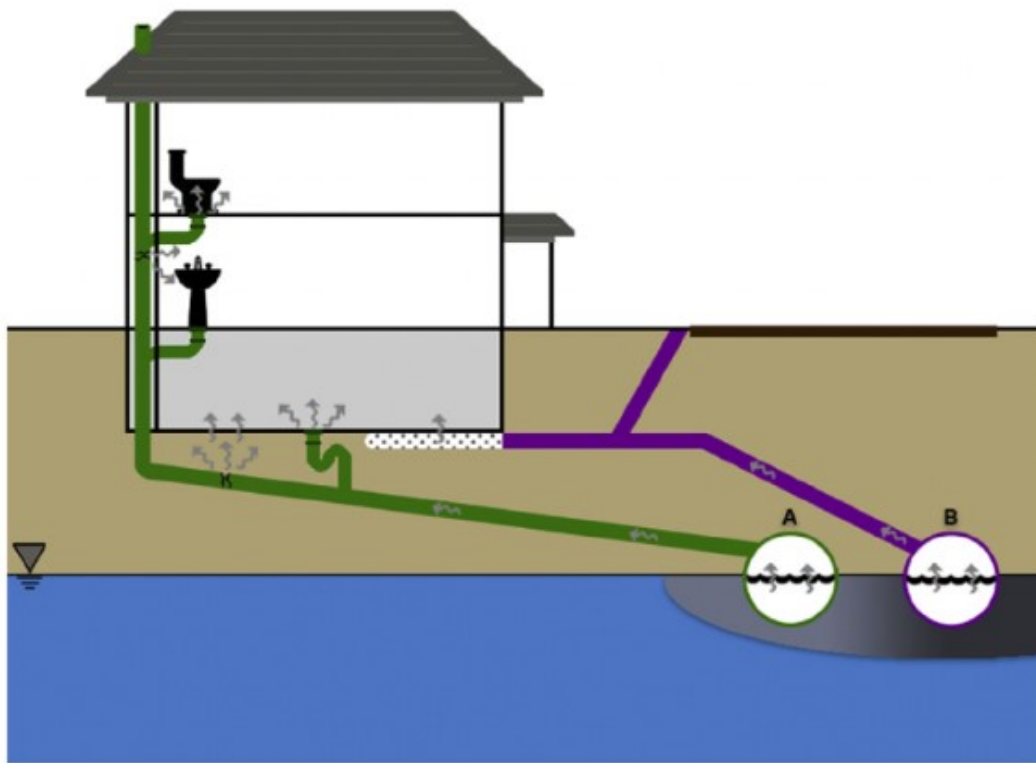
En bensenförorening som förekommer i grundvatten sprids dels via förflyttning med grundvattenströmmen, men även genom att avgå som ånga genom genomsläppliga jordlager. Föroreningens kemiska egenskaper med hög flyktighet från vatten till luft, kan ge upphov till ånginträngning i byggnader (Figur 1).



Figur 1. Standardmodell för ånginträngning i byggnader (McHugh T, et al. 2017).

Material med mestadels större fraktioner så som sand och grus är mer genomsläppliga än t.ex. silt och lera. Fyllnadsmaterial under byggnader och i ledningsgravar består generellt sett av genomsläppliga material som sand, grus, bergkross och makadam. Områden med genomsläppliga material kan bli enkla passager för föroreningar att färdas genom. Dessa skikt i marken kan således påverka spridningsmönstret av en förorening beroende på skiktets utbredning.

Under vissa omständigheter kan ledningar bidra till nya spridningsvägar genom ångtransport, se Figur 2.



Figur 2. Standardmodell för ånginträngning i byggnader (McHugh T, et al. 2017).

Avgörande för i vilken omfattning denna spridning kan ske är

1. Hur genomsläppliga jordarterna i området är
2. Hur nära bottenplatta och ledningar ligger grundvattenytan. Ligger de nära grundvattenytan ökar riskerna för föroreningsspridning
3. Föroreningens källstyrka

Ångor av bensen i luft kan ge trötthet, omtöckning och huvudvärk, irritation i näsa och hals. Ämnet i sig är cancerframkallande och saknar tröskeffekt, alltså en specifik halt där risker uppstår. Ökad risk i olika utsträckning förekommer vid exponering oavsett halt. Vid stora koncentrationer bensen i inandningsluft (över 60 ppm) vid upprepade tillfällen har giftverkningar i benmärg kunnat påvisas vilket kan leda till aplastisk anemi och leukemi. (Finska arbetshälsoinstitutet, 2014).

2 Identifiering av styrande risker genom riskkvoter

Ett försteg i en riskbedömning kan vara att identifiera potentiella risker genom att beräkna så kallade riskkvoter. Detta görs genom att dividera uppmätta mätvärden i olika medier, med ett referensvärde för aktuellt medium eller exponeringsväg. Exempelvis kan kvoten mellan en uppmätt halt av ett ämne jord dividerat med Naturvårdsverkets riktvärden för mark utgöra en riskkvot. Resultatet av beräkningen blir den uträknade riskkvoten.

I detaljplanens riskbedömning beräknades både hälsoriskkvoter och miljöriskkvoter i syfte att identifiera potentiella riskområden baserat på uppmätta halter inom planområdet.

I detaljplanens riskbedömning utgör riskkvoter ett sållningsinstrument som inleder en fördjupad riskbedömning av styrande risker.

Kvoterna i detaljplanens riskbedömning tolkas utifrån två enkla antaganden: ju högre riskkvot en förorening har desto större indikation på att den bidrar till en potentiell risk, ju mer frekvent höga riskkvoter förekommer, desto mer utbredd är riskbilden för den föroreningen eller för området som innehåller höga riskkvoter.

Om riskkvoten understiger det kritiska värdet 1 kan risken för negativa effekter ofta bedömas som acceptabel eller försumbar. Om den däremot överstiger det kritiska värdet bör vidare utredning av riskerna ske. Kvoter strax under 1 kan vara intressanta att utreda om man vill minska osäkerheter i riskbedömningen. Osäkerheter kan t.ex. utgöras av ett begränsat dataunderlag eller osäkerheter i mätvärden.

2.1 Hälsoriskkvoter - grundvatten

Inför detaljplanens riskbedömning av hälsorisker har riskkvoter beräknats för flyktiga föroreningar i grundvattnet. Referensvärdet utgörs av SPIMFABs hälsoriskbaserade riktvärden för flyktiga föroreningar i grundvatten (Tabell 1). Dessa referensvärden användes även i den fördjupade riskbedömningen av föroreningar på Väster 1:42 som utförts åt Jernhusen (Sweco, 2019).

Styrande ämnen har genom visuell analys av riskkvoter konstaterats vara bensen samt PAH-M. Kartor över riskkvoter för samtliga analyserade ämnen som har ett referensvärde från SPIMFAB finns i bilaga 1.

Tabell 1. Referensvärden SPIMFAB för undersökta föreningar (SPI, 2010).

Förening	Halt (µg/l)
Alifater C8-C10	100
Alifater C10-C2	25
Aromater C8-C10	800
Aromater C10-C16	10 000
Aromater C16-C35	25 000
PAH-L	2000
PAH-M	10
PAH-H	300
Bensen	50
Toluen	7000
Etylbensen	6000
Xylener	3000

2.2 Miljöriskvoter - grundvatten

I detaljplanens riskbedömning identifierar miljöriskvoterna punkter med grundvattenhalter som är förhöjda utifrån ett icke-riskbaserat referensvärde. Referensvärdet i detta fall utgörs av analysens detektionsgräns. Miljöriskvoterna återspeglar således hur kraftig haltökningen är utifrån ett helt opåverkat grundvatten. Metodens sållningsfunktion gör det lätt att på liten rumslig skala kunna särskilja mer eller mindre påverkade områden från varandra utan att behöva ta ställning till om grundvattenhalterna motsvarar t.ex. dricksvatten- eller ytvattenkriterier.

I detaljplanens riskbedömning antas miljöriskvoter över 100 spegla punkter med kraftig påverkan från en lokal föroreningskälla. Miljöriskvoter under 100 antas spegla områden med mindre kraftig eller ingen påverkan från en lokal föroreningskälla.

Bensen och alifater C16-C35 förekommer i miljöriskvoter över 100 på Väster 1:2. Kartor över miljöriskvoter för samtliga analyserade ämnen finns i bilaga 2.

3 Modellering av bensenhalter i inomhusluft

3.1 Introduktion

Bensen är, baserat på en analys av riskkvoter för samtliga föroreningar som påträffats i grundvattnet, styrande för hälsoriskbilden. Utifrån den teoretiska bakgrunden för bensen, kan höga grundvattenhalter indikera risk för ånginträngning till framtida byggnader. Om sådan risk föreligger inomhuskoncentrationen i kombination med exponeringsgrad kan innebära hälsorisker för människor som vistas i byggnaderna.

I nuläget är bensenföroreningen på Väster 1:2 inte avgränsad, vare sig horisontellt eller vertikalt. Utifrån riskbedömningens syfte har dock en övergripande hälsoriskbedömning gjorts med stöd av ett amerikanskt modellverktyg som är utformat för ånginträngning i byggnader. Modellen är utvecklad av amerikanska Naturvårdsverket *United States Environmental Protection Agency* (EPA): Johnson och Ettinger-modellen version 6.0 (EPA, 2019).

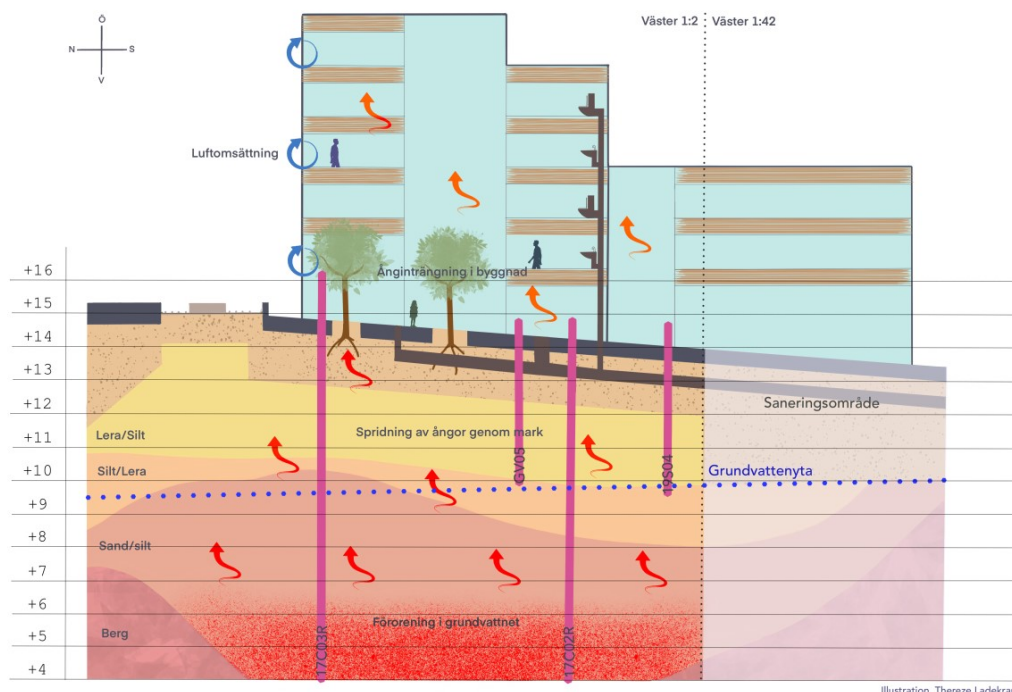
Modelleringen visar på samspelet mellan förhöjda bensenhalter i grundvatten vid konstaterad föroreningsnivå i de tre punkterna, spridning av ånga genom marklagerföljder som återfinns på Väster 1:2 samt ångtransportens djupberoende (dvs djupet mellan byggnadens grundläggning samt djupet till det förorenade grundvattnet. Med stöd av modelleringen erhålls en grov bild av vilka risker som kan föreligga när kontorsbyggnader uppförs ovanpå föroreningen. För att beakta framtida risker när byggnader uppförs inom detaljplanområdet har riskerna för förhöjda bensenhalter i inomhusluft predikteras för nuläget och framtidsscenarier.

Det är numera fastställt att naturlig nedbrytning av bensen i vatten- eller ångfas kommer påverka riskbilden åt ett positivt håll: dvs nedbrytningen gör att höga föroreningshalter inte hinner utvecklas i stora föroreningsplymer. I särskilt anpassade vägledning för riskbedömning av petroleumföroreningar förordas det att naturlig nedbrytning behöver tas hänsyn till (CL:AIRE, 2017).

Eftersom den tillämpade riskbedömningsmodellen från EPA inte inkluderar naturlig nedbrytning har detaljplanens riskbedömning inte undersökt hur riskbilden påverkas av naturlig nedbrytning av föroreningar. Konsekvensen är att riskbedömningens slutsatser kan bli mycket konservativ, vilket i detta läge bidrar till en större säkerhetsmarginal i slutsatserna.

3.2 Utformning av modellscenarier

Användning av EPA:s riskbedömningsmodell har följt amerikanska Naturvårdsverkets vägledning (EPA, 2017). Modelleringen bygger på en övergripande av platsspecifik konceptuell modell för Väster 1:2 och Väster 1:42 (Figur 3 och Tabell 2).



Figur 3. Platsspecifik konceptuell modell för Väster 1:2 och Väster 1:42 som beskriver grundvattenföroreningen, aktuella jordlagerföljder samt plushöjder för framtida grundvattennivåer och marknivåer. Figuren bygger på en tolkning av data från miljötekniska undersökningar.

Tabell 2. Referensvärden SPIMFAB för undersökta föreningar (SPI, 2010).

Grundvattenrör	Marknivå (plushöjd)	Spetsnivå (plushöjd)	Grundvattennivå (plushöjd)
17C03R	16,07	2,2	9,55
GV05	14,60	9,6	11,90
17C02R	14,80	0,66	9,74
19S04	14,8	9,8	10,39* (9,97-10,65)

* medel från 3 mätningar

Den konceptuella modellen utgår från data i miljötekniska undersökningar beskriver grundvattenföroreningen, aktuella jordlagerföljder samt plushöjder för framtida grundvattennivåer och marknivåer. Framtida plushöjder påverkar riskbilden eftersom de styr det framtida avståndet mellan grundvattenföroreningen och grundläggningsdjupet.

Modelleringen för detaljplanområdet har inkluderat två olika riskscenarier som beskriver:

1. Nuläget, dvs risk för ånginträngning från grundvatten till en framtida byggnad vid dagens markförhållanden
2. Framtidsscenario - risk för ånginträngning från grundvatten till en framtida byggnad om nuvarande jordlager störs

Dataunderlaget som beskriver scenarierna beskrivs i stycke 3.3.

Eftersom EPA:s riskbedömningsmodell kan simulera möjliga bensenhalter i inomhusluft har två olika riskbaserade referensvärden använts vid utvärdering av resultaten. Det ena utgörs av en miljö kvalitetsnorm för utomhusluft (5 µg/m³) (Naturvårdsverket, 2019). Det andra utgörs av referensvärdet för inomhusluft som utgör indata i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell (1,7 µg/m³) (Naturvårdsverket, 2009). Två olika referensvärden används eftersom de är baserade på olika grundantaganden men båda ska säkerställa människors hälsa i bebyggda miljöer. De återspeglar också det faktum att olika referensvärden skiljer sig åt då de i sin tur är baserade på olika beräkningsmetoder, vilket gör att referensvärdena inte ska tolkas alltför konservativt.

I kommande avsnitt beskrivs indata till modellen, osäkerheter och antaganden samt resultat.

3.3 Underlag till modellscenarier

3.3.1 Grundvattenhalter

Tre olika provpunkter indikerar hälsorisk utifrån riskkvotsberäkningen som beskrivs i avsnitt 2. Två ligger på Trafikverkets fastighet Väster 1:2, se sammanställning i Tabell 3. Dessa punkter valdes eftersom bensenhalten var som störst där. En gemensam nämnare för rören på Väster 1:2 är att rörens spets sitter långt under grundvattenytan.

Tabell 3. Provpunkter som indikerar hälsorisk utifrån riskkvotsberäkningen.

	17C03R	17C02R	S1811
Provtagningsår	2019	2019	2018, 2019
Bensenhalt (µg/l)	150	410	295
Plushöjd grundvattenyta – medelvärde (m)	9,55	9,74	9,43
Uppskattad nivå på rörets, plushöjd	2,2	0,66	6,08

3.3.2 Markprofiler

Information om markprofilen i provpunkterna hämtades från *Miljöteknisk markundersökning inom och invid del av fastigheten Nyköping Väster 1:2* (Hifab, 2012) (fastighet 1:2) samt *Kompletterande miljöteknisk markundersökning inom fastigheten 1:42, Nyköpings kommun* (Projektengagemang, 2017) och *Resultatrapport för kompletterande undersökningar av mark och grundvatten inom fastigheten Väster 1:42* (Sweco, 2019) (fastighet 1:42).

Befintliga markprofiler hittades för punkt GRV05 och S1811. Markprofiler för punkt 17S02R och 17S03R har inte hittats och därför har markprofiler från närliggande punkter använts. För punkt 17S02R har markprofiler för punkt GV05 använts och för punkt 17S03R har markprofilen för punkt 105 använts (Hifab, 2012). Indata till modellen är sammanställd i

Tabell 4.

Tabell 4. Markprofiler som använts i modelleringen för de undersökta punkterna.

	17C03R	17C02R	S1811
Provpunkt djupprofil	105	GV05	S1811
Bensenhalt (µg/l)	150	410	295
Lager 1	3 m fyll	2 m fyll	0–1,6 fyll
Lager 2	2,5 m silt	2 m silt	1,6–6 m silt
Lager 3	-	1 m sand	6–6,5 m sandig silt
Kommentar	<i>Stark lukt av diesel</i>	<i>Stark lukt av diesel</i>	<i>Höga halter aromater C8-C10 samt höga halter BTEX men inga alifater= påverkad från annat källområde?</i>

3.3.3 Nuvarande och framtida mark- och grundvattennivåer

Nuvarande mark- och grundvattennivåer är hämtade från databasen beskriven i avsnitt 1.2. Framtida mark- och grundvattennivåer har erhållits från Nyköpings kommun. Modelleringen har tagit hänsyn till att nuvarande marknivå kommer att sänkas jämfört med nuläget. Indata till modellen är sammanställd i Tabell 5.

Tabell 5. 3.3.3 Nuvarande och framtida mark- och grundvattennivåer som använts i modellen för de undersökta punkterna.

	17C03R	17C02R	S1811
Bensenhalt (µg/l)	150	410	295
Plushöjd mark (m)	16,1	14,8	12,12
Plushöjd grundvattenyta – medelvärde (m)	9,55	9,74	9,43
Djup till grundvattenyta (m)	6,55	5,06	2,69
Plushöjd framtida marknivå (m)	13,4	14,7	Oförändrad

3.3.4 Grundläggningstyp

Eftersom det inte finns en färdig projektering av byggnaden har grova men konservativa antaganden gjorts om grundläggningstypen samt grundläggningsnivåer. Grundläggningen antogs vara *slab on grade* (platta på marken) med en tjocklek på 0,25 m. Byggnaden antogs ha en area på 270 m² och en höjd på första våningen på 3 m (uppskattat från planritning för punkt 17C02R). Grundvattentemperaturen antogs vara 25 °C. Osäkerheten som dessa antaganden introducerar samt andra felkällor diskuteras i avsnitt 5.

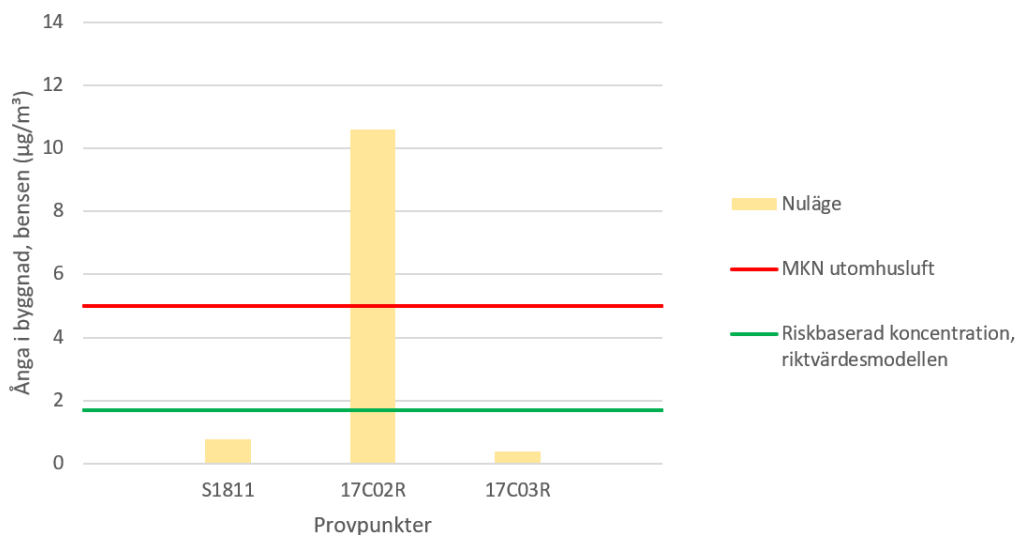
4 Resultat

I detta avsnitt presenteras resultatet av modellerad ånginträngning i byggnad.

4.1 Nuläget - ångtransport från grundvatten till framtida byggnad vid dagens markförhållanden

När ångtransporten in i byggnaden modelleras med fältundersökningarnas bensenhalter och jordartsföljder samt framtida marknivåer, ser man att den största risken för förhöjd inomhuskoncentration förekommer i punkten 17C02R (Figur 4). Punkten innehåller information som bidrar till förhöjd risk av två olika skäl

1. Grundvattenhalten är kraftigt förhöjd (410 µg/l)
2. Närmast grundvattnet antas det finnas ett genomsläppligt jordlager med sand, vilket ökar ångbildningen från grundvattnet



Figur 4. Modellerad ånga i byggnad (bensen) (µg/m³) i tre olika provpunkter på fastighet 1:2 vid dagens markförhållanden. Riskbaserade referensvärden för bensen utgörs av miljö kvalitetsnorm för utomhusluft (5 µg/m³) (röd linje) samt referensvärdet för inomhusluft som används i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell (1,7 µg/m³) (grön linje).

Punkt S1811 och 17C03R innehåller också förhöjda bensenhalter (295 och 150 µg/l) men bidrar inte till riskbilden: närmast grundvattenytan finns mindre genomsläppliga ler- och siltlager som minskar ångbildningen.

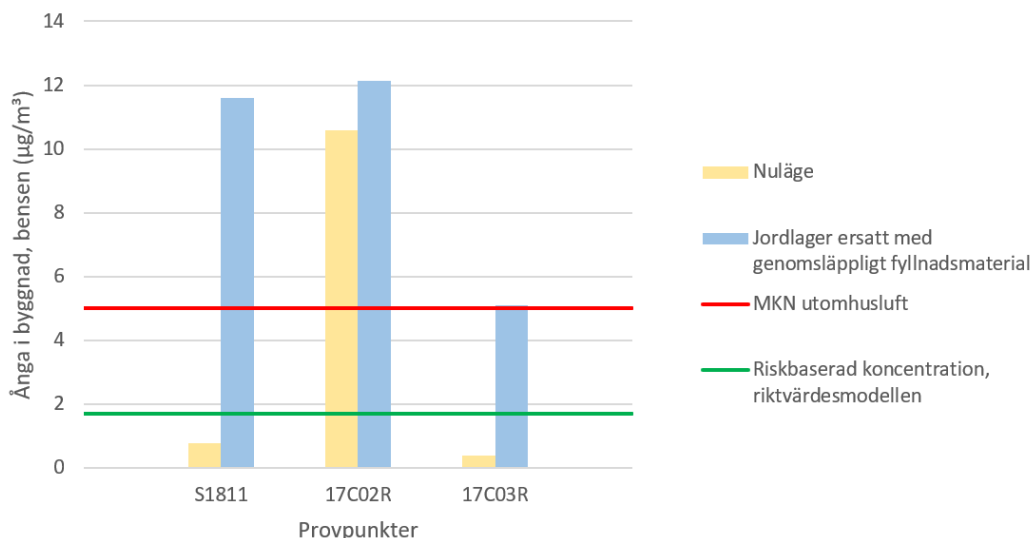
Riskbilden för människor som vistas i framtida byggnader påverkas därför av hur pass väl höga bensenhalter i grundvattnet sammanfaller med genomsläppliga jordlager. I det värsta scenariot som i nuläget representeras av 17C02R, verkar det inte sannolikt att det kan ske en dramatisk förhöjning av inomhusluften då predikterad luftkoncentration

överskrider referensvärdena med faktorn 2–5. De två andra punkterna indikerar att risken för förhöjd bensenhalt inomhus är osannolik vid de föroreningsnivåer som råder.

Eftersom framtida byggarbeten med all säkerhet kommer att störa jordlagerföljden finns det en stor osäkerhet i hur pass väl nuläges scenariot i Figur 4 beskriver framtida risker. I nästa scenario beskrivs därför hur riskbilden påverkas om markförberedande arbeten medför jordlagren blir mer genomsläppliga.

4.2 Framtidsscenario – förändrad riskbild om jordlagerföljden ändras på grund av grundläggningsarbeten

När ångtransport till byggnader modelleras med fältundersökningarnas grundvattenhalter och framtida marknivåer men teoretisk ansatta jordlagerföljder som motsvarar genomsläppliga fyllnadsmassor, ser man att riskerna med punkt S1811 och 17C03R ökar markant (Figur 5).



Figur 5. Modellerad ånga i byggnad (bensen) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i tre olika provpunkter på fastighet 1:2 om jordlagerföljden ändras pga grundläggningsarbeten (blå staplar). Gula staplar visar dagens markförhållanden. Riskbaserade referensvärden för bensen utgörs av miljö kvalitetsnorm för utomhusluft ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (röd linje) samt referensvärdet för inomhusluft som används i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell ($1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (grön linje).

Orsaken är att de tätande jordlagren i nuläget har ersatts av genomsläppliga vilket ökar ångtransporten från grundvattnet. Riskerna med punkt 17C02R påverkas i ringa omfattning eftersom punkten innehåller genomsläppliga jordlager i nuläget.

Riskbilden för människor kommer således påverkas av om exploateringen stör jordlagerföljden ovanför grundvattnet. Störningen kan t.ex. uppkomma om man behöver avlägsna tekniskt undermålig jord och ersätter dessa med massor av högre teknisk kvalitet. Omfattningen av störningen kan ännu inte beskrivas i detalj då projekteringen

inte är utförd. Inför en framtida åtgärdsutredning av bensenföroreningen kan dock riskbedömning och åtgärdsåtgärder behöva samordnas med kommunens projekteringsprocess eftersom risken med bensenföroreningen beror på fler faktorer än endast grundvattenhalten. Eftersom modelleringen inte inkluderat effekten av naturlig nedbrytning (se avsnitt 5.1), kan riskerna för förhöjd bensenhalt inomhus enligt Figur 5 vara mycket konservativ.

5 Osäkerheter och känslighetsanalys

5.1 Osäkerheter

En noggrann genomgång av modellantaganden och känslighetsanalys finns i modelldokumentationen (U.S. Environmental Protection Agency, 2017). I detta stycke redogörs för begränsningar i tillämpningen av modellen då dessa bidrar till både osäkerheter och säkerhetsmarginaler i slutsatserna. Denna typ av osäkerheter är normala när modeller används för att förklara spridningsmekanismer eller prediktera möjliga föroreningsnivåer utifrån empiriska data. Redovisning av osäkerheter och känslighetsanalys ger dock värdefull vägledning i vilken typ av information som behövs för att öka precisionen i riskbedömning samtidigt som säkerhetsmarginalerna bibehålls.

Följande antaganden och förenklingar bidrar till hur resultatet av modelleringen ska tolkas:

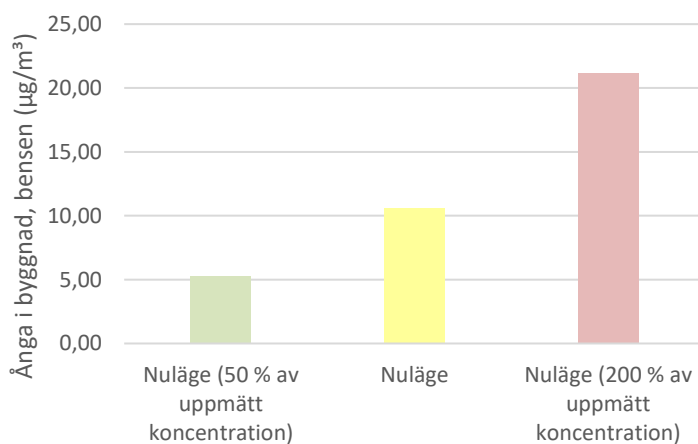
- Endast tre punkter undersöks som är utvalda eftersom de innehåller de högsta uppmätta bensenhalterna i grundvattnet. Dataunderlaget indikerar dock att bensenföroreningen kan förekomma på två olika djup. Eftersom det inte finns en egentlig vertikal eller horisontell avgränsning av föroreningen på grund av det begränsade dataunderlaget kommer modellscenariernas resultat avseende halter i byggnad vara mycket osäkra. Scenarierna påvisar dock ett samspel med föroreningsutbredning, jordlager och grundläggning/byggnation som behöver tas in i projekteringsfasen.
- De modellantaganden som rör grundläggning och byggnaden är mycket osäkra då det ännu saknas projekteringsdetalj. Antagandena kan revideras och förfinas i takt med att projekteringen fortskrider.
- Modellen tar inte hänsyn till nedbrytning av bensen vilket kan leda till en mycket konservativ bedömning av riskerna. Goda säkerhetsmarginaler bör eftersträvas men alltför höga säkerhetsmarginaler kan bidra till ett överskattat åtgärdsbehov, vilket påverkar balansen mellan kostnaden för saneringsåtgärden och nyttan av att genomföra den.
- I modelleringen som gjorts går det att se att bensenhalten i luft påverkas mycket av jordlagrens genomsläpplighet. Det är inte bara materialet som spelar roll utan även var det genomsläppliga och ogenomsläppliga materialet ligger. Ett lerlager hindrar spridningen i högre grad när det ligger vid grundvattenytan än när den finns längre upp i den omättade zonen. På samma sätt kommer djupet till föroreningen påverka riskerna, då markförhållandena är variabla i djupled. I takt

med att mer detaljerad geoteknisk information tas fram i projekteringen kan modellantagandena förfinas och revideras.

5.2 Känslighetsanalys

För att ta hänsyn till kunskapsluckan kring föroreningsutbredningen har modellens känslighet med avseende på grundvattenkoncentration testats.

I nulägesscenariot som beskriver dagens markförhållanden leder en 100 % ökning av grundvattenhalten till ungefär 100 % ökning av bensenånga i byggnad. Detsamma gäller vid en halvering av grundvattenhalten vilket leder till ungefär en halvering av ånga i byggnader. Ett exempel på detta ses i Figur 6 som visar bensenånga i byggnad vid nuläget och de två beskrivna scenarierna.



Figur 6. Modellerad ånga i byggnad, bensen (µg/m³) för punkt 17C02R vid nuvarande grundvattenbensenhalt och vid dubblerad och halverad bensenhalt i grundvattnet.

7 Referenser

CL:AIRE (2017). Petroleum Hydrocarbons in Groundwater: Guidance on assessing petroleum hydrocarbons using existing hydrogeological risk assessment methodologies. ISBN 978-1-905046-31-7

EPA (2019). EPA Spreadsheet for Modeling Subsurface Vapor Intrusion. Länk: <https://www.epa.gov/vaporintrusion/epa-spreadsheet-modeling-subsurface-vapor-intrusion> Hämtad: 2019-10-15

EPA (2017). DOCUMENTATION FOR EPA'S IMPLEMENTATION OF THE JOHNSON AND ETTINGER MODEL TO EVALUATE SITE SPECIFIC VAPOR INTRUSION INTO BUILDINGS. Version 6.0.

Finska arbetshälsoinstitutet (2014). Länk: <https://www.ttl.fi/ova/sbents.html> Hämtad: 2019-12-12

Hifab (2012). Översiktlig miljöteknisk markundersökning inom och invid del av fastigheten Nyköping Väster 1:2, Nyköpings kommun. Hifab AB, upprättad 2012-02-03, reviderad 2012-02-07. Uppdragsnummer 319151, uppdragsledare Nicklas Larsson, handläggare Ralf Dahlkvist.

McHugh T, et al. (2017). Recent advances in vapor intrusion site investigations. Journal of Environmental Management, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.015>

Naturvårdsverket (2009). Riktvärden för förorenad mark - Modellbeskrivning och vägledning. Rapport 5976.

Naturvårdsverket (2019). Luftguiden - Handbok om miljökvalitetsnormer för utomhusluft. Version 4. Handbok 2019:1. Utgåva 1. Januari 2019.

Projektengagemang (2017). Miljöteknisk rapport – kompletterande miljöteknisk markundersökning inom fastigheten Väster 1:42, Nyköpings kommun. Projekt-engagemang Teknik & Arkitektur, daterad 2017-04-24. Uppdragsnummer 231201, uppdragsledare Milenko Lalic, handläggare David Budd.

SPI (2010). SPI rekommendation – Efterbehandling av förorenade bensinstationer och dieselanläggningar. Svenska petroleuminstitutet. Rekommendationerna är fastställda av SPIs styrelse december 2010.

Sweco (2019). Åtgärdsutredning Jernhusen Nyköping – Resultatrapport för kompletterande undersökningar av mark och vatten inom fastigheten Väster 1:42, Nyköpings kommun. Sweco Environment AB, daterad 2019-03-27. Uppdragsnummer 13006965, uppdragsledare Annika Åberg.