

Risikanalys av vattenläckage i underjordiska konstruktioner

Christoffer Axén

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen för byggnads- och samhällsteknik

Raseborg 2021

EXAMENSARBETE

Författare: Christoffer Axén

Utbildning och ort: Utbildningen för byggnads- och samhällsteknik, ingenjör (YH), Raseborg

Inriktning: Projektering och byggnadskonstruktion

Handledare: Johan Degerlund

Titel: Riskanalys av vattenläckage i underjordiska konstruktioner

Datum: 5.4.2021

Sidantal: 60

Bilagor: 10

Abstrakt

I examensarbetet behandlades riskerna med vattenläckage, i form av kostnader och skador på konstruktionsdelar, på ett sådant sätt att ekonomiska risker prioriterades. Långvariga skador på en konstruktion, såsom mögel eller luftkvalitet, behandlades inte.

Examensarbetet presenterade hur en analysmodell tillämpas för att påvisa risken med vattenskador i underjordiska konstruktioner. En analys utfördes på ett exempelobjekt, nämligen Musikhuset i Helsingfors. Riskanalyser följde vattnet från dess källa till beräknad slutdestination. Ett besök till exempelobjektet gjordes, där fotografier på ingångarna till byggnaden samt närområdet togs. Ritningar på exempelobjektet införskaffades och analyserades. Arbetet presenterade åtgärder som kan göras för att minska risker vid vattenläckage. Exempel på var åtgärderna kunde tillämpas i exempelobjektet presenterades.

I examensarbetets slutdiskussion behandlades resultatet av riskanalysen. Resultatet varnade där Musikhusets största risker för vattenläckage finns. Platser där Musikhuset är väl skyddat för vattenläckage presenterades.

Språk: svenska

Nyckelord: vattenläckage, riskanalys, underjordiska konstruktioner

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Christoffer Axén

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK), Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu

Ohjaaja(t): Johan Degerlund

Nimike: Maanalaisten rakenteiden vesivuodon riskiarvio

Päivämäärä: 5.4.2021

Sivumäärä: 60

Liitteet: 10

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä kerrottiin vesivuodon riskeistä kustannusten ja rakennusten vahinkojen osalta siten, että taloudelliset riskit priorisoitiin. Rakennusten pitkäaikaisia vaurioita, kuten homeen ja ilmanlaadun riskejä, ei käsitelty.

Opinnäytetyössä käsiteltiin, kuinka analyysimallia käytetään maanalaisten rakenteiden vesivahinkoriskien kartoittamiseksi. Opinnäytteen riskiarvion tutkimuskohteena oli Helsingin Musiikkitalo. Riskiarviossa seurattiin veden kulkua vesilähteestä arvioituun määränpäähän. Opinnäytetyön yhteydessä vierailtiin tutkittavassa kohteessa, jossa otettiin valokuvia rakennuksen sisäänkäynneistä ja lähialueesta. Tutkimuskohteen piirustuksia hankittiin ja analysoitiin. Opinnäytetyössä esiteltiin mahdollisia toimenpiteitä vesivuotoriskien vähentämiseksi ja kuinka niitä voidaan soveltaa tutkimuskohteessa.

Opinnäytetyön loppukeskustelussa käsiteltiin riskiarvion tulokset. Riskiarvio varoittaa niistä kohdista Musiikkitalossa, joissa vesivuodon riskit ovat suurimmat. Musiikkitalon vesivahingoilta hyvin suojatut kohdat nostettiin esille.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: vesivuoto, riskiarvio, maanalaiset rakennukset

BACHELOR'S THESIS

Author: Christoffer Axén

Degree Programme: Construction and Civil Engineering, Construction Engineering, Raseborg

Specialisation: Structural Engineering

Supervisor(s): Johan Degerlund

Title: Risk Analysis of Water Leakage in Underground Structures

Date: 5.4.2021

Number of pages: 60

Appendices: 10

Abstract

This Bachelor's thesis presents the risks related to water leakage in underground structures. Direct economic risks were prioritised. Long-term damages to the structure, including problems regarding mould and air quality, were not taken into consideration.

This thesis discusses how a method of analysing was used to point out risks with water damage in underground structures. An analysis was conducted on a structure, which was selected as an example-structure. The construction chosen was Musiikkitalo of Helsinki. The risk analysis followed the water from its source to its destination. A visit to Helsinki was made to photograph the entrances as well as the surrounding area of Musiikkitalo. Drawings of the structure were acquired and analysed. The thesis presented measures which can be taken to lessen the risks during a water leakage. Examples where the measures could be considered in the example-structure were presented.

Finally, the results of the risk analysis were discussed. The results brought the biggest risks of water leakage of Musiikkitalo to light. Places where Musiikkitalo were well protected was presented.

Language: Swedish

Key words: water leakage, risk analysis, underground structures

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	2
1.2	Syfte	2
2	Metod	3
3	Risikanalys	3
3.1	Helsingfors	4
3.2	Orsaker till vattenskador.....	5
3.2.1	Regn	5
3.2.2	Andra orsaker	5
3.3	Risikkonstruktioner.....	6
3.4	Risker med läckage.....	7
3.4.1	Kostnader	7
3.5	Exempelobjekt, Musikhuset i Helsingfors.....	8
3.5.1	Analys av gatunivå	9
3.5.2	Byggnadens närområde (konstruktionen runt byggnaden).....	11
3.5.3	Analys av ingångar	12
3.5.4	Glasfasaden	23
3.5.5	Inuti byggnaden	24
3.6	Åtgärder	35
3.6.1	Förebyggande åtgärder	35
3.6.2	Åtgärder vid läckage.....	38
4	Sammanfattande slutdiskussion	39
5	Källförteckning.....	41

1 Inledning

Idén till det här examensarbetet härstammar från Pontek Oy. En majoritetskälla till detta arbete kommer från pågående projekt där riskanalyser görs. Arbetets mål är att undersöka riskerna med vattenläckage i ett känt objekt.

Underjordiska konstruktioner är vanliga i Finland. Enligt Vähäaho (2021) påbörjades byggandet av det underjordiska nätverket i Helsingfors på 1980-talet. I dagsläget finns det över 400 enskilda konstruktioner och tunnlar inom Helsingfors. De djupaste konstruktionerna sträcker sig ända till 100 meter under havsytan. (Vähäaho, 2021)

Användningsområden för de underjordiska konstruktionerna varierar mycket. Helsingfors metro och dess stationer transporterar dagligen stora mängder passagerare under marken. "Formula center Helsinki" i östra Helsingfors är Finlands, och kanske världens, enda underjordiska go-cart bana. Helsingfors har ett stort utbud av underjordiska konstruktioner, med många olika användningsområden, såsom kyrkor, simhallar, lagerutrymmen, konserthallar, museum och parkeringsgarage. Som bilaga 1 finns en ritning på Helsingfors underjordiska generalplan, var en uppfattning om de underjordiska konstruktionernas utsträckning kan fås. (Vähäaho, 2021)

Vid byggandet av konstruktioner under marken bör eventuella risker tas i beaktande. En stor risk med dessa typer av konstruktioner är vatten och läckage. Då konstruktioner löper ner under marken kan vatten lätt rinna in i dem. I vissa fall kan kostnaderna bli mycket höga, då vattnet når platser där exempelvis vattenkänslig elektronik är placerad. För att kunna analysera eventuella risker kan olika metoder användas. Till dessa hör kontroll av ritningar, där en helhetsbild av objektet fås, och som kan peka ut svaga punkter i konstruktionen. För att få en tydligare bild av objektet bör ett besök utföras, där samtliga utrymmen kritiskt kontrolleras i verkligheten. Vid vetskap om vilka områden i en konstruktion som löper risk för vattenläckage kan risken för olyckor minimeras.

1.1 Bakgrund

Enligt ett spørsmål på riksdagens hemsida (Löfström, 2017) var ersättningarna som försäkringsbolagen betalade ut för vattenskador som högst i Finlands historia år 2016. Det året var kostnaderna över 174 miljoner euro. Jämförelsevis var ersättningarna som betalades ut för brandskador cirka 159 miljoner euro. Kostnader där vattenskador förekommer har blivit större än tidigare.

Utifrån riskanalysens resultat kan kunden vidta åtgärder som minskar risken för framtida skador och höga kostnader. Analysen kan varna för var dyra vattenskador eventuellt kan uppstå.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att diskutera hur en analysmodell kan tillämpas för att påvisa risken med vattenskador i underjordiska konstruktioner. Arbetet ska presentera exempel på platser där läckage kan förekomma och ge exempel på både förebyggande lösningar samt åtgärder efter läckage. Arbetet ska framföra vad det finns för åtgärder som är rimliga att göra för att minska risken för dyra läckage.

Examensarbetet tar i beaktande skador på konstruktionen, medan mögel, luftkvalitet och personskador inte beaktas. I stället är innehållet inriktat på direkta skador som förekommer vid vattenläckage. Exempel på konsekvenser av direkta skador kan vara hissar och rulltrappor som måste tas ur bruk, bytas ut eller renoveras, då maskineriet skadats av vatten.

2 Metod

För att tydligt framföra hur riskanalyser görs, utförs en exempelanalys av Musikhuset i Helsingfors. Konstruktionen analyseras och exempelanalysen tydliggör hur en riskanalys utförs. Arbetet byggs upp på motsvarande tidigare rapporter där objekt har analyserats.

De tidigare incidenternas riskanalyser används som grund för hur en riskanalys utförs. Dels är rapporterna gjorda på objekt där vattenläckage tidigare uppstått, dels på objekt var risken endast analyserats.

3 Riskanalys

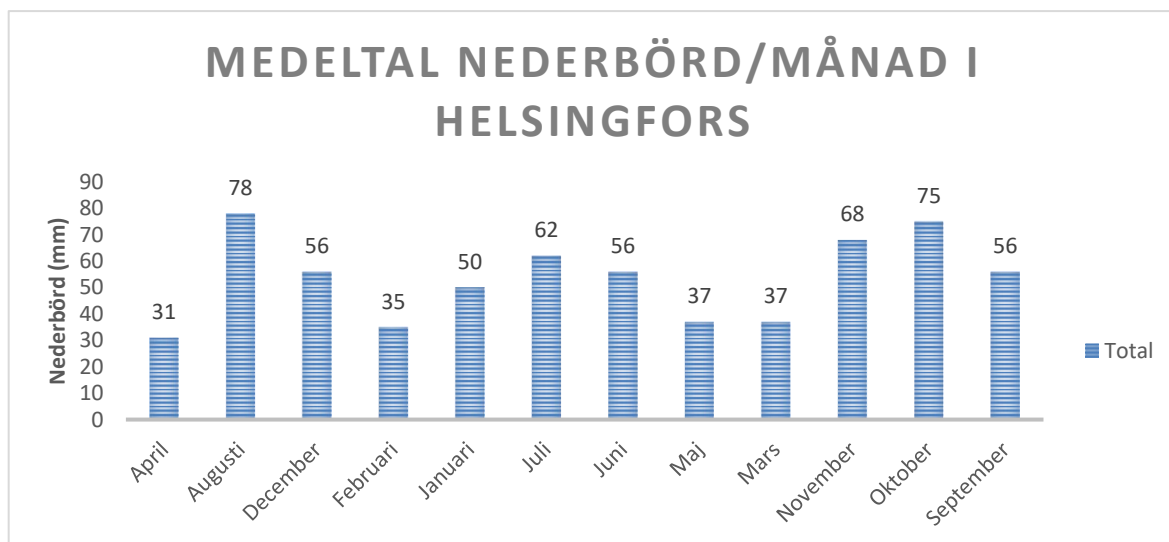
I detta kapitel görs analysen av risker för vattenläckage i Musikhuset i Helsingfors. Inledningsvis diskuteras källor till vatten som kan leda till vattenläckage. Information om Helsingfors underjordiska nätverk samt dess användningsområden förklaras. Stadens nederbörd och översvämningssguide tas i beaktande och presenteras i form av tabeller med data. Därefter analyseras utsidan av byggnaden, såsom gator, byggnadens närområde och ingångar till byggnaden. Avslutningsvis presenteras åtgärder vid vattenläckage som kan tas i bruk i förbyggande syfte. Även åtgärder att ta till i efterhand diskuteras.

3.1 Helsingfors

I Helsingfors finns det i dagsläget runtom 400 olika enskilda underjordiska konstruktioner. Av dessa är 90 konstruktioner planerade så att de vid specialfall kan användas som något annat. Exempelvis kan en sportanläggning under marken göras om till ett skyddsutrymme inom 72 timmar.

Underjordiska konstruktioner är en stor del av Helsingfors. I Helsinki Urban Underground Spaces förklarar Vähäaho (2021) hur Helsingfors i jämförelse med andra huvudstäder, där väldigt höga konstruktioner förekommer, i stället har ett nät av tunnlar och underjordiska anläggningar. De underjordiska konstruktionerna som byggs i staden är oftast menade för allmänheten. Exempelvis så är stadens värme- och kylningsnätverk byggt under staden, snabbt växande, och i dagsläget över 1350 kilometer långt. Det finns även långa servicetunnlar mellan olika anläggningar, som inte är öppna för allmänheten, och fler konstrueras hela tiden. Det kan sägas att Helsingfors är en "low-rise" stad, där strukturerna gräver sig neråt i stället för att skjuta upp mot himlen. (Vähäaho, 2021)

Enligt statistik från Meteorologiska Institutet (2021) faller det i medeltal 54 millimeter regn i Helsingfors varje månad. I Helsingfors, Kajsaniemi, faller 1,78 millimeter vatten/minut i 10 minuter en gång vart femtionde år (Aaltonen m.fl., 2008).



Tabell 1. Nederbörd i Helsingfors (Meteorologiska Institutet, februari 2021).

3.2 Orsaker till vattenskador

När vatten hittar en läckagerutt in i en byggnad medföljer vattenskador. Efter att vattnet nått insidan sprids det snabbt längs golv till lägre platser, och om golvet inte lutar märkbart åt något håll, sprids det överallt.

3.2.1 Regn

Regn, specifikt hårt regn, är en stor risk då det kommer till vattenskador. När vatten samlas och forsar längs med gator kan det snabbt finna sin väg in i konstruktioner, ifall motverkande åtgärder inte tagits. Vid specialfall kan det samlas stora mängder vatten på gatorna som rinner med en hård kraft. Vattensamlingar på upp till 100 millimeter samlas på stadens gator en gång vart hundra år (Kivilaakso m.fl., 2008). Som en följd av detta måste specialfallet tas i beaktande, då mängden vatten på Helsingfors gator kan uppnå denna höjd.

3.2.2 Andra orsaker

Utöver regnfall kan fel även inträffa i vattenledningar. Dessa ledningar kan exempelvis vara dräneringsrör från gator eller vattenrör i ett restaurangkök. Sprinklersystem är också en risk för vattenläckage, både i den aktuella byggnaden och byggnader i närområdet. Närliggande konstruktioner bör tas i beaktande, samt eventuella läckage som kan uppstå. Även faktorer såsom mänskliga misstag och slitage bör tas i beaktande. Exempelvis ett rör som spricker obemärkt, eller en kran som lämnas på, kan orsaka stora skador. Om vattnet rinner till kritiska utrymmen, såsom en el-central, kan skadorna bli allvarliga.

3.3 Riskkonstruktioner

Underjordiska konstruktioner löper större risk att drabbas av vattenskador, då vatten som samlas på marknivå har en rutt längre ner. Det är även betydligt mer komplicerat att leda bort vatten ur en underjordisk konstruktion i efterhand. Elektroniken och mekaniken i en byggnad tar givetvis omedelbart skada, men om vattnet dröjer kvar, och därmed måste pumpas bort, kan det leda till direkta skador på konstruktionen.

Vissa konstruktioner är mer utsatta vid vattenläckage än andra. Exempelvis är metrostationerna i Helsingfors riskobjekt, då det finns mycket vattenkänslig teknik i utrymmena. För att kunna hantera den mängd personer som använder stationerna finns det ett flertal hissar och rulltrappor. Ifall en metrostation drabbas av allvarliga vattenläckage måste trafiken upphöra, vilket leder till större problem.

En artikel (Toivonen, 2019) beskriver ett exempel då ett höghus, i konstruktionsskedet, skadades allvarligt av vattenläckage. Ursprunget till läckaget var ett 32 millimeters rör med en skadad anslutning. De sista personerna hade lämnat platsen mellan 20:00 och 21:00. Läckan upptäcktes av en säkerhetsvakt klockan 03:00. På sex våningar, och i minst 50 lägenheter, behövdes det utföras torkningsarbete. Enligt en annan artikel (Pitkänen, 2019) var kostnaderna som följde vattenläckaget mellan fyra och sju miljoner euro.

3.4 Risker med läckage

3.4.1 Kostnader

Kostnaderna som följer en översvämning där det trängt in vatten i en underjordisk konstruktion varierar beroende på incidenten. Vissa konstruktionsdelar är mer vattentåliga, medan andra konstruktionsdelar inte ens tål en mindre mängd vatten. Utöver det faktum att ett hisschakt är en rutt för vattnet att rinna längre ner i konstruktionen, så finns där även vattenkänslig elektronik. En hiss kan vara totalförstörd redan efter att en liten mängd vatten nått dess kritiska delar, och måste därmed bytas ut. Priset på en hiss varierar mycket beroende på kapacitet, höjdskillnad och modell. Men även den billigaste hissen kan vara ett dyrt projekt att byta ut efter ett vattenläckage.

TYP AV HISS	VÅNINGAR	KAPACITET	PRIS
PERSON	8	8 personer	55 000 - 70 000 €
	8	10 personer	60 000 - 80 000 €
KOMMERSIELL BYGGNAD	8	8 personer	60 000 - 75 000 €
	8	8 personer	65 000 - 80 000 €
SJUKHUS	10	1000 kg	100 000 - 120 000 €
	10	1500 kg	110 000 - 130 000 €
GODSHISS	5	1500 kg	65 000 - 80 000 €

Tabell 2. Olika hissar och deras ungefärliga utgångspris (Suomen Hissi-insinöörit, u.å.).

En liknande konstruktionsdel, i både vattenledningsförmåga neråt, samt risk för skador vid en liten mängd vatten, är rulltrappor. Vattenkänsliga mekanismer och elektronik utgör majoriteten av en rulltrappa, och denna utrustning är kostsam att byta ut. Liksom hissarna är rulltrappor mycket varierande i pris beroende på faktorer som kapacitet, modell och längd. Utöver anslutningarna mellan våningar finns det även annan vattenkänslig teknik. Tekniska utrymmen, där exempelvis el-centraler eller VVS-centraler finns, är stora riskzoner vid vattenläckage.

3.5 Exempelobjekt, Musikhuset i Helsingfors

Musikhuset i Helsingfors öppnades 31.2.2011. Konstruktionen är ritad av LPR-arkitehdit från Åbo. År 2000 vann de den internationella arkitekttävlingen, där deras bidrag var just denna byggnad. Som huvudarkitekt fungerade Marko Kivistö, Mikko Pulkkinen och Ola Laiho.



Figur 1. Musikhuset i Helsingfors, fasad mot söder (Axén, 2021).

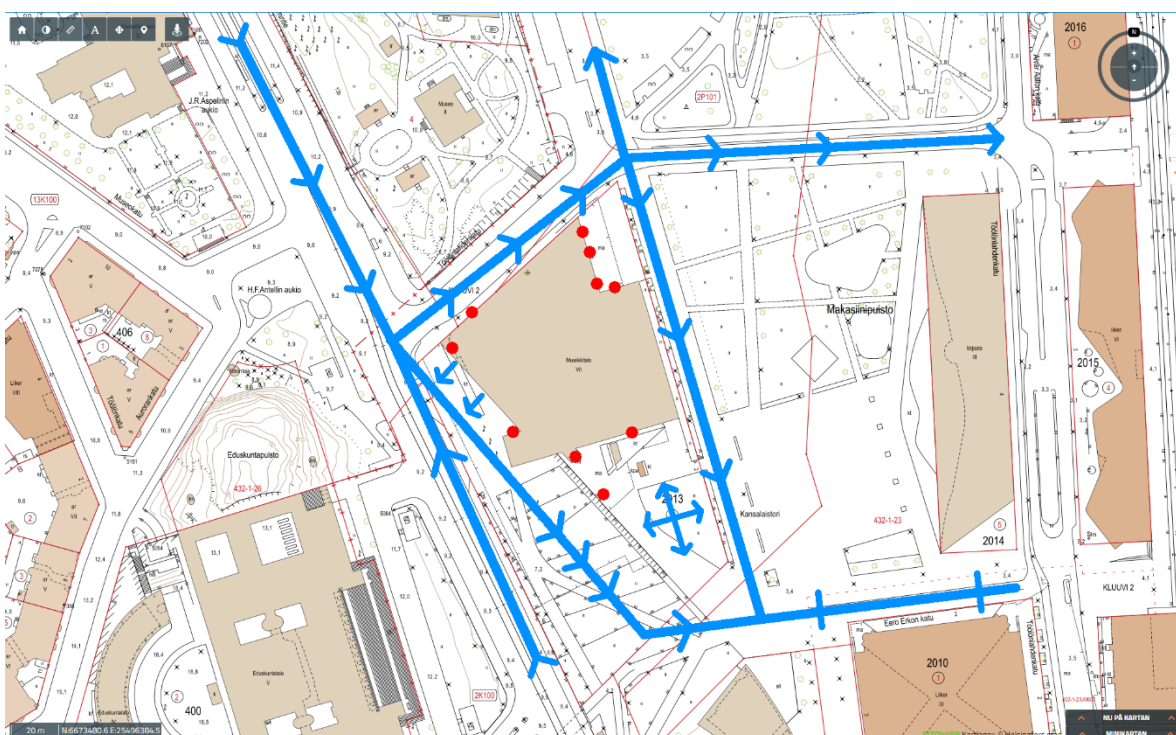
Musikhusets fasad är mycket unik. Dels består fasaden av stora glasväggar, vilket gör byggnaden mer öppen, dels är den byggd i grönpatinerad koppar, vilket ger byggnaden sin kännetecknande gröna färg som kan ses i figur 1. Byggnadens två största sidor är byggda parallellt med både Riksdagshusets och Finlandiahusets linjer. Grannbyggnaden mot öster är Helsingfors centrumbibliotek Ode, och en bit mot sydväst ligger Riksdagshuset.

Musikhuset har en konsertsal som är konstruerad specifikt för att akustiken ska harmonisera ljud. Utöver den stora konsertsalen finns det fem mindre konsertsalar för mindre folkmängder på 140 - 400 personer (Musiikkitalo, u.å.).

3.5.1 Analys av gatunivå

Det första försvaret mot vattenläckage är ingångarna till konstruktionen. Inledningsvis bör gatorna kring objektet kontrolleras. Den information som krävs är höjderna på området samt vilka lutningar som förekommer. För Helsingforsregionen kan Helsingfors karttjänst användas (Helsingfors karttjänst, u.å.). I tjänsten fås höjdnivåerna synliga genom att zooma in på ett område. Genom att se var de höga punkterna ligger i jämförelse med de låga, kan den eventuella rutt vattnet rör sig längs med klargöras.

Då musikhuset ligger i Helsingfors kan den tidigare nämnda karttjänsten användas för analys av gatunivå. Med hjälp av höjdnivåerna som finns i karttjänsten har vattnets naturliga rutt ritats ut med blåa pilar på området (se figur 2). Där lutningen är mer brant är pilarna tätare, och det som är plan mark har markerats med raka streck. Ingångarna till byggnaden har markerats med röda prickar. En snabb överblick av området och dess lutningar fås av bilden. Denna information visar var vatten snabbt rinner förbi, och var vatten kan dröja kvar.



Figur 2. Karta över området kring Musikhuset (skärmbild från Helsingfors karttjänst, hämtad mars 2021).

Gatornas lutning kring området leder inte vatten direkt mot byggnaden. Lutningarna går utåt vid majoriteten av byggnadens sidor. Däremot är södra delen av byggnaden, där huvudingången ligger, i liknande nivå som det stora området mot öst, som består av Magasinparken och Medborgartorget. Detta kan, vid extrema fall, leda till att vatten kan samlas och eventuellt komma fram till byggnaden genom någon av de tre ingångarna, inklusive huvudingången, på södra sidan.

3.5.2 Byggnadens närområde (konstruktionen runt byggnaden)

På utsidan runt om byggnaden finns det områden med olika egenskaper. Beroende på olika konstruktionslösningar i området så varierar risken för vattenläckage mycket. För att förtydliga dessa områdens placering har en bild (figur 3) gjorts där de markerats och numrerats. Ursprungsbilden är en skärmbild ur Helsingfors karttjänst.

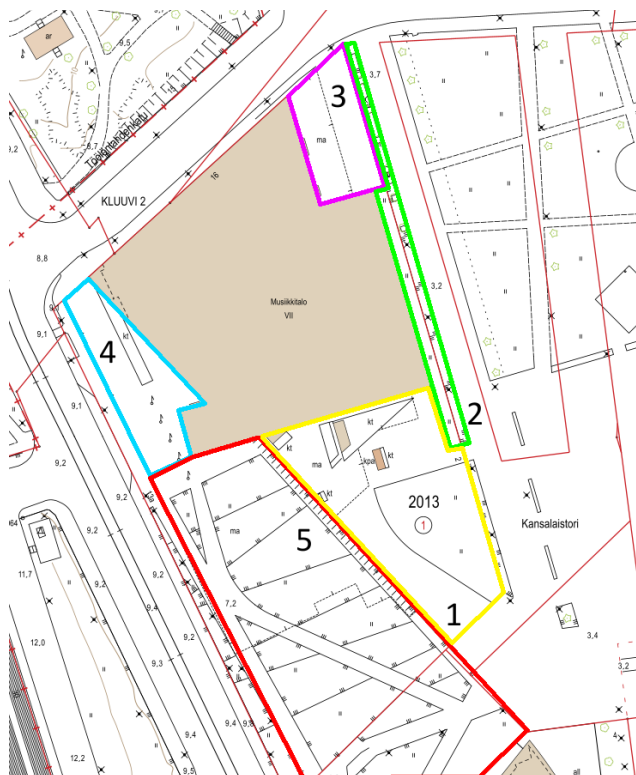
Område 1 (markerat gult) är närområdet direkt utanför huvudingången. Denna plats är väldigt plan utan en betydande lutning. I området finns det, med cirka tre meters mellanrum, dräneringsrännor utplacerade.

Område 2 (markerat grönt) är en upphöjning från gatan som går längs med den östra delen av byggnaden. Denna upphöjning är så pass hög att det inte kan komma vatten över den.

Område 3 (markerat lila) är delvis skyddat av den förhöjda kanten (område 2). I detta område finns fyra av byggnadens tio ingångar. Det enda sättet vatten når platsen är från Tölöviksgatan norrut. I området finns det, med cirka tre meters mellanrum, dräneringsrännor utplacerade.

Område 4 (markerat blått) har en lutning västerut mot Mannerheimvägen och norrut mot Tölöviksgatan. I området finns det, med cirka tre meters mellanrum, dräneringsrännor utplacerade.

Område 5 (markerat rött) har en skarp lutning söderut. Det består av en park med stora grästäckta områden och stenbelagda vägar för fotgängare. Vid linjen mellan område 5 och område 1 finns en höjdskillnad i form av en vägg.

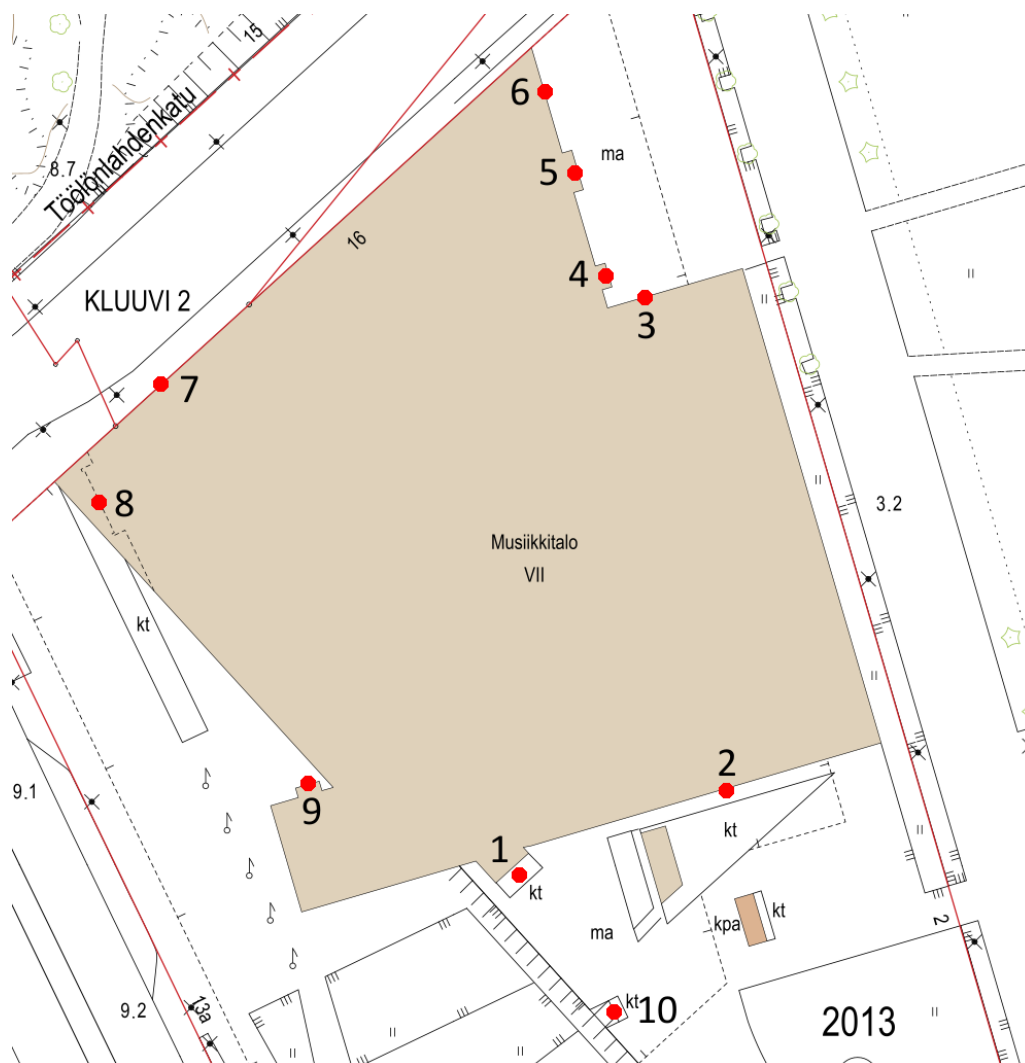


Figur 3. Karta över Musikhusets närområde med sektioner markerade och numrerade.

3.5.3 Analys av ingångar

Under denna process har Musikhuset besökts för att lättare kunna genomföra en analys av byggnaden. Möjligheten att gå in i byggnaden var begränsad, då restriktioner råder på grund av pågående coronaviruspandemi. Däremot kunde det tas ett antal bilder av samtliga ingångar. Ingångarna har numrerats mellan ett och tio på en skärmbild ur Helsingfors karttjänst (figur 4). Numreringen börjar med huvudingången och går motsols kring byggnaden från ingång till ingång.

Vid en analys av en byggnads ingångar finns det olika faktorer som bör tas i beaktande. Exempel på faktorer är förekomst av trösklar, dränering på utsidan, samt markens lutning och dess riktning utanför ingången.



Figur 4. Karta över byggnaden med ingångarna markerade och numrerade

Ingång 1, Musikhusets huvudingång

Musikhusets huvudingång (figur 5; bilaga 6 modul CF, C2) ligger på samma nivå som den närmaste marken utanför. Ingången har inte en tröskel som kan agera skydd, men det finns ett dräneringsgaller som täcker hela ingången.

Medborgartorget, som ligger närmast mot öst, har en relativt lika höjd som Musikhusets huvudingång och området utanför. Mellan Musikhuset och Medborgartorget går det däremot en liten gata för fotgängare och cyklister som har en upphöjd kant på cirka 30 centimeter, vilket är en säkerhet. Som en ytterligare säkerhet finns det också längsgående dräneringsrännor med jämna mellanrum i hela området kring huvudingången. Ingången löper väldigt liten risk att drabbas av vattenläckage.



Figur 5. Musikhusets huvudingång (Axén, 2021).

Ingång 2

Musikhusets ingång 2 (figur 6; bilaga 6 modul CG, C5) ligger nära huvudingången. Den här ingången har samma avsaknad av tröskel och liknande dränering. Marken lutar svagt utåt mot Medborgartorget och utsidan har dräneringsrännor med jämna mellanrum. Ett exempel på en av dessa rännor kan ses nere i högra hörnet på figur 6.

Upphöjningen längs med vägen mot öst från ingången skyddar, liksom huvudingången, även denna dörr. Alla dessa faktorer gör att det är en väldigt liten risk att vatten kommer i konstruktionen genom denna öppning.



Figur 6. Musikhuset ingång 2 (Axén 2021).

Ingång 3

Ingång 3 (figur 7; bilaga 6 modul CB, C5) består av två dubbeldörrar. Det finns ett dräneringsgaller utanför båda två. Marken runt om kring är väldigt plan. Det finns dräneringsrännor med cirka tre meters mellanrum mellan ingången och Tölöviksgatan mot norr. Vatten kan också rinna bortåt mot öster över vägen mot Magasinparken.

Av de fyra ingångar som finns på nordöstra sidan av byggnaden är denna längst bort från gatorna. Tack vare dräneringssystem, lutning, samt dörrens placering löper ingången väldigt liten risk för vattenläckage.



Figur 7. Musikhuset ingång 3 (Axén 2021).

Ingång 4

Ingång 4 (figur 8; bilaga 6 modul CA, C6) är konstruerad några få meter från ingång 3. Alla omgivande faktorer är liknande som tidigare. Närområdet utanför dörren är väldigt plant och det ligger dräneringsrännor med cirka tre meters mellanrum. Ett liknande dräneringsgaller finns också placerat direkt utanför dörren som täcker hela ingången.



Figur 8. Musikhuset ingång 4 (Axén 2021)

Ingång 5, Sibelius-Akademien

Ingång 5, ingången till Sibelius-Akademien (figur 9; bilaga 6 modul CA, C5), är den tredje ingången till byggnaden på nordöstra sidan. Ingång 5 är den andra närmaste ingången från Tölöviksgatan. Ifall mycket vatten forsar in från Tölöviksgatan skyddar inte alla dräneringsrännor, då de ligger längre in mot byggnaden.

Ingången är skyddad av ett stort heltäckande dräneringsgaller. Det finns en skyddande barriär mot norr (ses till höger på figur 9) som delvis skyddar mot forsande vatten. Risker är liten att vatten kan läcka in i byggnaden genom denna ingång.



Figur 9. Musikhuset ingång 5, Sibelius-Akademien (Axén, 2021).

Ingång 6

Ingång 6 (figur 10; bilaga 6 modul CA, C5) är ingången närmast belägen Tölöviksgatan. Ingång 6 ligger i anslutning till barriären som skyddar ingång 5. På grund av barriären kan vatten, som annars skulle rinna förbi ingången, rinna tillbaka mot ingång 6. Dörren har inte ett dräneringsgaller som skyddar, utan endast en mindre dräneringsränna.

Alla iakttagna faktorer gör den här ingången till den som löper störst risk för vattenläckage av de fyra ingångarna i närområdet. Men eftersom hela området är bra skyddat från vatten, som skulle kunna forsa från gatorna, är risken för vattenläckage fortfarande mycket liten.



Figur 10. Musikhuset ingång 6 (Axén 2021)

Ingång 7

Ingång 7 (figur 11; bilaga 5 modul C1, BA) finns på byggnadens fasad mot Tölöviksgatan. Tölöviksgatan har en skarp lutning som gör att vattnet forsar från väst till öst förbi ingången. Ingången saknar dränering utanför och tröskeln som finns är väldigt låg, speciellt vid den högra dörren. Ingångens dörrar är metalledörrar och den modellen som använts brukar hålla tätt. Ingången är tämligen säker från vattenläckage, förutsatt att dörrarna håller tätt.



Figur 11. Musikhuset ingång 7 (Axén, 2021)

Ingång 8

Ingång 8 (figur 12; bilaga 5 modul A2, BA-BB) är den näst största ingången till byggnaden. Ett heltäckande dräneringsgaller finns direkt utanför ingången. Marken lutar ut mot Mannerheimvägen och mot Tölöviksgatan. Det finns även en trottoarkant på cirka 10 centimeter som skyddar från vattensamlingar på vägen. Mannerheimvägen är ganska plan i båda riktningarna från ingången, vilket gör att vatten kan dröja kvar. Tölöviksgatan lutar kraftigt mot öst, vilket medför att vatten från ingången och Mannerheimvägen lätt forsar i riktning mot öst. Dräneringsrännor förekommer med jämna mellanrum mot söder, vilket förbättrar dräneringen ytterligare. Ingången är mycket skyddad från vattenläckage.



Figur 12. Musikhuset ingång 8 (Axén, 2021)

Ingång 9, administration

Ingång 9 (figur 13; bilaga 5 modul C1, CE), som är markerad administration, är placerad nära ingång 8. Ingången består av en ensam dörr, som har dräneringsgaller utanför. Det förekommer en lutning bort från dörren ut mot Mannerheimvägen. I området runtom finns det dräneringsrännor med jämna mellanrum. En av dessa rännor, som ses på figur 13, är sammankopplad med dörrens dräneringsgaller. Dörren som använts är en metalledörr, en modell som brukar vara ganska tät. Det finns även en tröskel vid dörren. Ingången är, liksom ingång 8, mycket säker. Risker för vattenläckage vid ingången är mycket låga.



Figur 13. Musikhuset ingång 9 (Axén, 2021)

Ingång 10, restaurang

Ingång 10, restaurang (figur 14; bilaga 6 modul BC, C4), är den sista ingången till Musikhuset. Det finns fyra dörrar som är uppdelade i två par. Området utanför båda paren är mycket likt området utanför huvudingången. Marken lutar inte speciellt kraftigt åt något håll, utan är ganska jämn. Det förekommer dräneringsrännor med jämna mellanrum i närområdet.

Dörrarna till vänster i figur 14 saknar dräneringsgaller. Det finns däremot en dräneringsränna installerad vid anslutningen mellan glasfasaden och marken, som går framför dörren. Det verkar inte heller finnas en tröskel av märkbar höjd, vilket hade agerat skydd. Det finns en risk att vatten läcker in genom dörren.

De andra dörrarna ses på höger sida i figur 14. Det finns ett installerat dräneringsgaller utanför som är anslutet till en av dräneringsrännorna som går längs med marken utanför (ses i nedre högra hörnet på figur 14). Dessa dörrar är säkrare än det andra paret, och det är liten risk för vattenläckage.



Figur 14. Musikhuset ingång 10, restaurangingång (Axén, 2021)

3.5.4 Glasfasaden

Fasaden, som är gjord i glas, var ett intresseobjekt inom detta examensarbete, mer specifikt vilka lösningar som gjorts för att säkra anslutningen mellan fasad och mark. Som det syns på figur 15 och 16 går det en dräneringsränna tätt mot väggen. Denna typ av dränering förekommer kring hela glasfasaden.



Figur 16. Glasfasadens anslutning till marken, på bilden ses en dräneringsränna (Axén, 2021)



Figur 15. Glasfasadens anslutning till marken, på bilden ses en dräneringsränna (Axén, 2021)

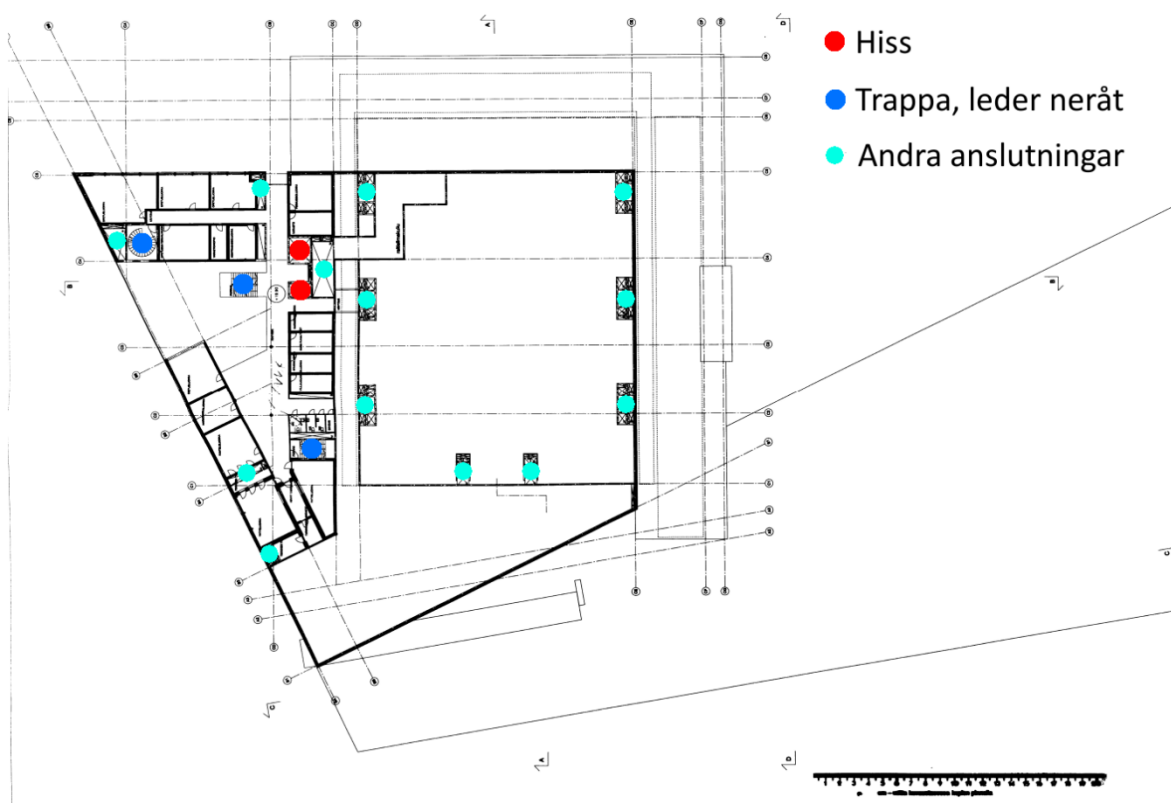
3.5.5 Inuti byggnaden

Som tidigare nämnts, fanns det inte möjlighet att besöka insidan av byggnaden på grund av pågående coronaviruspandemi. Däremot finns det ritningar på samtliga våningar i byggnaden (Kivistö, 2005; Aaltonen, 2006). Dessa ritningar är examensarbetets källa till hur insidan av byggnaden ser ut. Ritningarnas texter är väldigt otydliga, vilket gör det så gott som omöjligt att peka ut alla utrymmens användningsändamål.

Till examensarbetet används en ritning för varje våning, en ritning som visar teknik i källaren, samt en skärning som visar hela byggnadens tvärsnitt. Samtliga ritningar finns som bilagor till examensarbetet.

Musikhusets våningar avhandlas från högsta våningen till lägsta våningen. Detta system gör det lättare att följa vattnets naturliga rutt. För varje våning finns en figur där intressepunkter markerats ut. Våningarna 3 och 4 är de våningar som ligger vid marknivå, varav huvudingången befinner sig på våning 3. En hel del anslutningar finns på ritningarna, där varianten av anslutning inte kan klargöras, och kommer därför inte att fokuseras på.

Våning 7

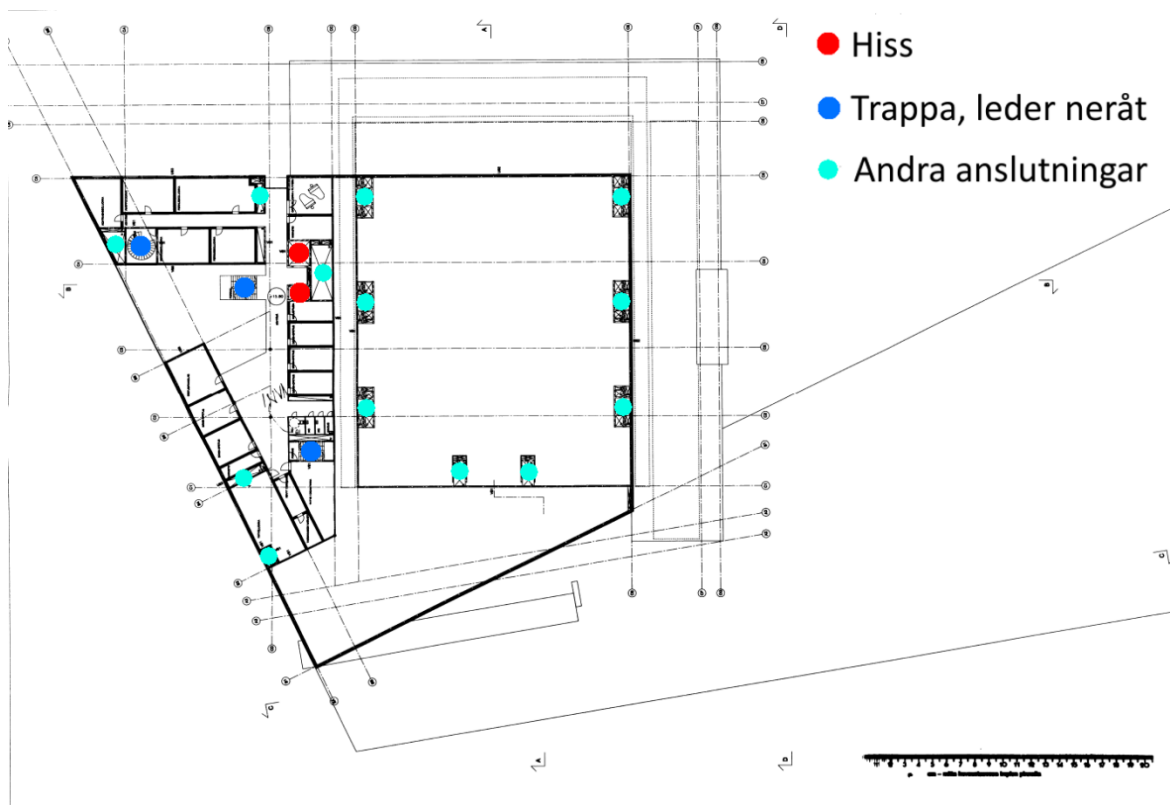


Figur 17. Bild på ritningen av sjunde våningen, intresseobjekt har markerats ut.

Den sjunde, och högsta våningen, i Musikhuset (figur 17; bilaga 2) har tre trappor och två hissar som leder till den. Vatten kan inte nå våningen via marken, vilket betyder att riskerna endast är läckage via taket eller läckage i vattenledningar. På våningen finns det tre toaletter (modul C2, CB), var vattenledningar finns.

Spiraltrappan (modul C5, CA) leder genom alla våningar och är den enda anslutningen för persontrafik som gör det, utöver den stora konsertsalen. Trappan är alltså en ledning där vatten kan nå samtliga våningar. Detta gör trappan till en stor risk. Byggnadens stora konsertsal (modul CD, C1-C5) är öppen, 7 våningar hög och leder därmed genom hela byggnaden. Den stora konsertsalens översta del tar upp en stor del av sjunde våningens yta. Vatten som kommer till den stora konsertsalen har alltså möjligheten att rinna rakt genom hela konstruktionen.

Våning 6

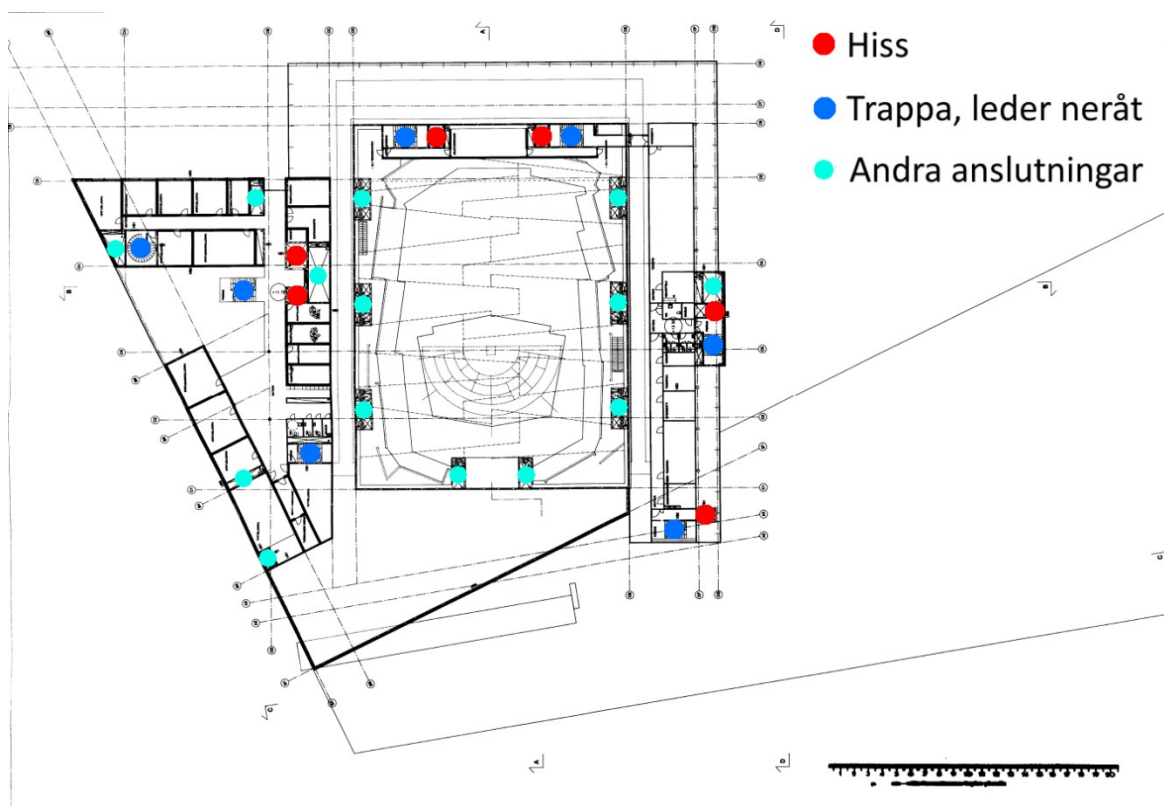


Figur 18. Bild på ritningen av sjätte våningen, intresseobjekt har markerats ut.

Våning 6 i Musikhuset (figur 18; bilaga 3) är mycket lik våningen ovanför. Det finns inte ytterligare trappor eller hissar, utan det är samma som finns på våningen ovan som leder vidare neråt. Det finns toaletter på samma plats i relation till övre våningen (modul C2, CB). Den stora konsertsalen (modul CD, C1-C5) är en stor del av den här våningen, på samma sätt som våning sju.

På våning sex, liksom på våning sju, finns det inte ingångar utifrån. Detta gör det omöjligt för vatten att tränga in i byggnaden. Exempel på risker som finns är rörläckage, och läckage via trapporna eller hissarna från våningen ovan.

Våning 5

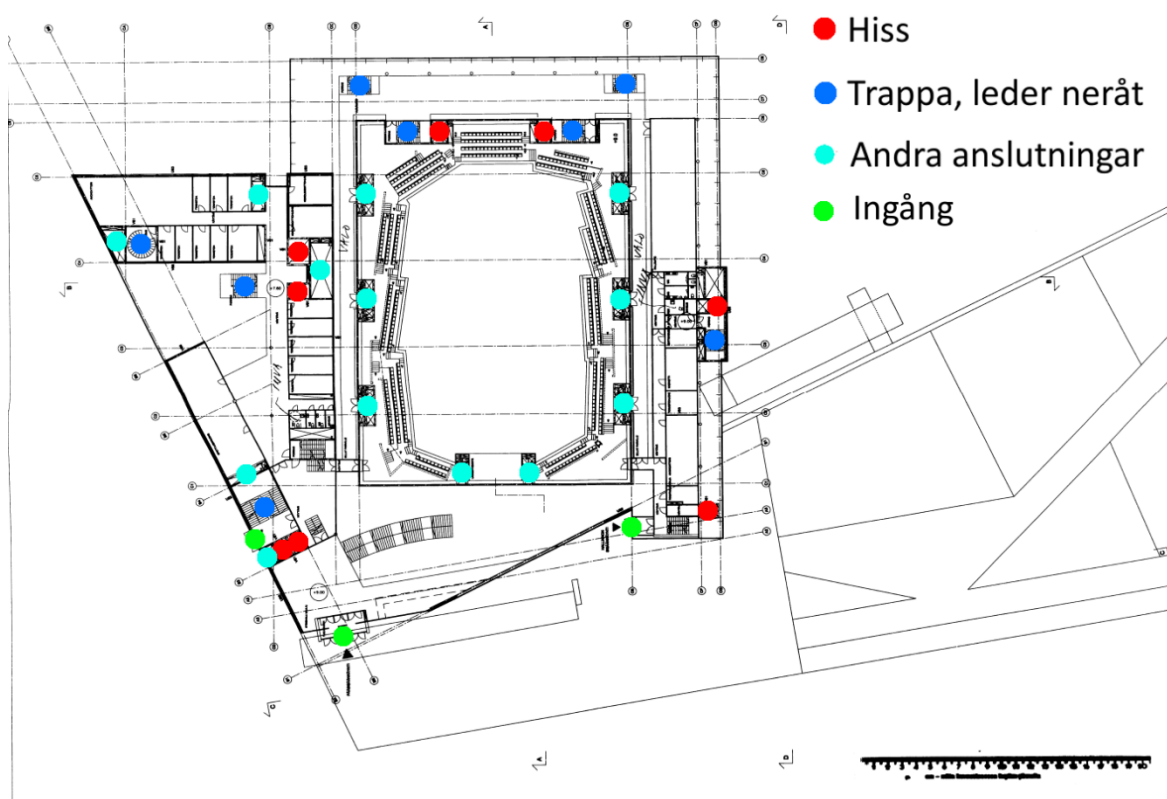


Figur 19. Bild på ritningen av femte våningen, intresseobjekt har markerats ut.

Utöver de trappor och hissar som finns på våning 6 och 7, finns det ytterligare fyra trappor och fyra hissar på våning 5 (figur 19; bilaga 4). Två av trapporna är en del av den stora konsertsalen (modul C6, CD). De övriga ligger i närheten av byggnadens huvudingång. Det finns två områden med toaletter på våningen (modul C2, CB och modul C4, CE) som vid eventuella läckage i vattenledningarna är en risk.

De trappor och hissar som ligger i närheten av huvudingången (modul C4, CF och modul C4, CE) leder hela vägen ner till första våningen. Detta medför en risk för höga kostnader vid eventuella vattenläckage, då vattnet når samtliga våningar under. Samma gäller för hissarna och trapporna som är belägna vid den stora konsertsalen (modul C6, CD). Även dessa är en direkt rutt ner till första våningen.

Våning 4



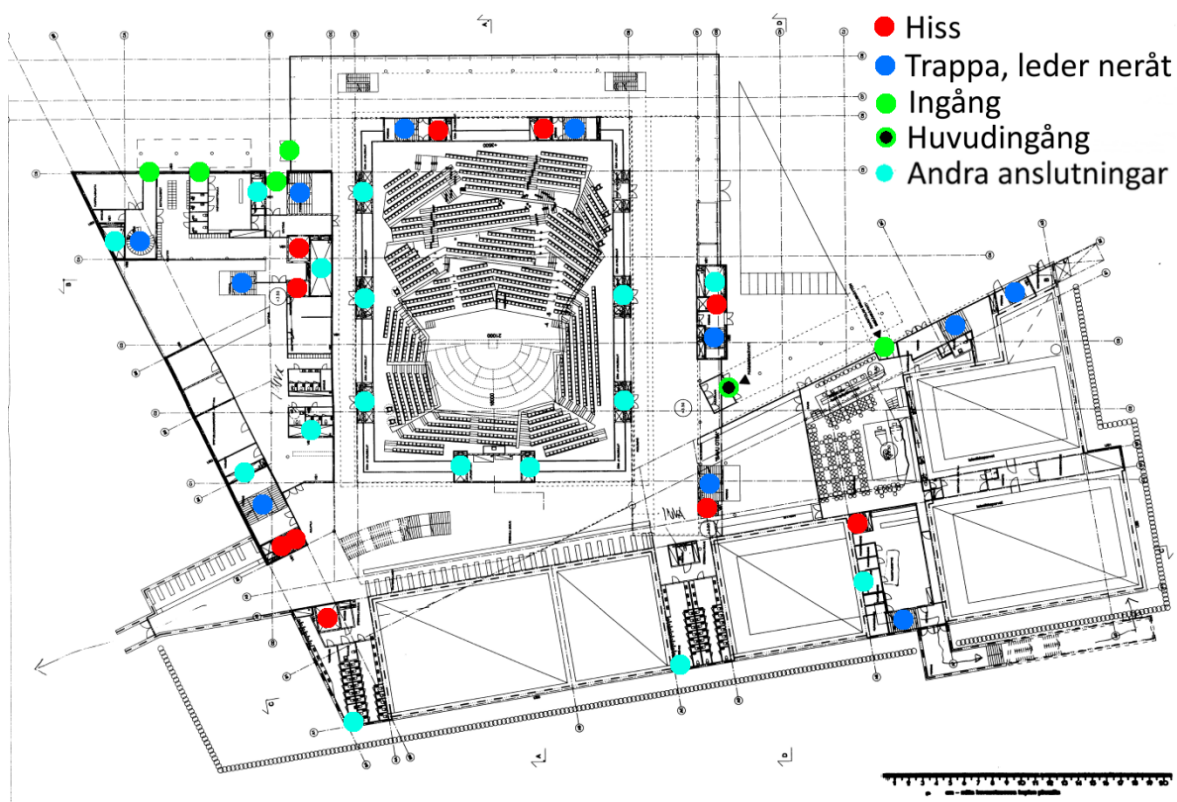
Figur 20. Bild på ritningen av fjärde våningen, intresseobjekt har markerats ut.

Våning 4 (figur 20; bilaga 5) är den första våningen där det finns direkta ingångar på marknivå. I figur 20 är ingångarna markerade med gröna markörer. Det finns tre ingångar som leder in i byggnaden på fjärde våningen. Ingångarna är numrerade 7, 8 och 9 tidigare i arbetet, under rubriken "Analys av ingångar". Av ingångarna är det endast en som har högre risk för vattenläckage (modul BA, B4). Innanför ingången, vid modul BA, A2, finns ett öppet utrymme med en kurvad trappa som leder ner till våningen under. Vid vattenläckage rinner vattnet ner till våningen under genom utrymmet.

Toaletter finns på två olika platser på fjärde våningen (modul C2, CB och C4, CE). På samma sätt som tidigare kan dessa vara en eventuell risk för vattenläckage vid rörsador eller översvämning.

Den ingång som har högst risk för vattenläckage (modul BA, B4) ligger direkt intill en trappa och två hissar. Detta område kan vid läckage orsaka mycket stora skador och höga kostnader. Ingångens dörr är det enda försvar som hissarna och trapporna har från utsidan.

Våning 3



Figur 21. Bild på ritningen av tredje våningen, intresseobjekt har markerats ut.

Sju dörrar leder till tredje våningen (figur 21; bilaga 6), av vilka en är huvudingången. Eftersom majoriteten av persontrafiken leder in till den här våningen, så finns det även många passager både uppåt och neråt i byggnaden. Det förekommer flera trappor och hissar.

Ifall vatten kommer in genom huvudingången på våning 4 (modul CF, C2) och rinner till trapporna (modulerna CF, C4 och CF, C2/C1) så rinner det neråt i konstruktionen. Det finns också hissar i anslutning till trapporna, vilka också är en läckagerutt. Dessa leder också vidare till första våningen.

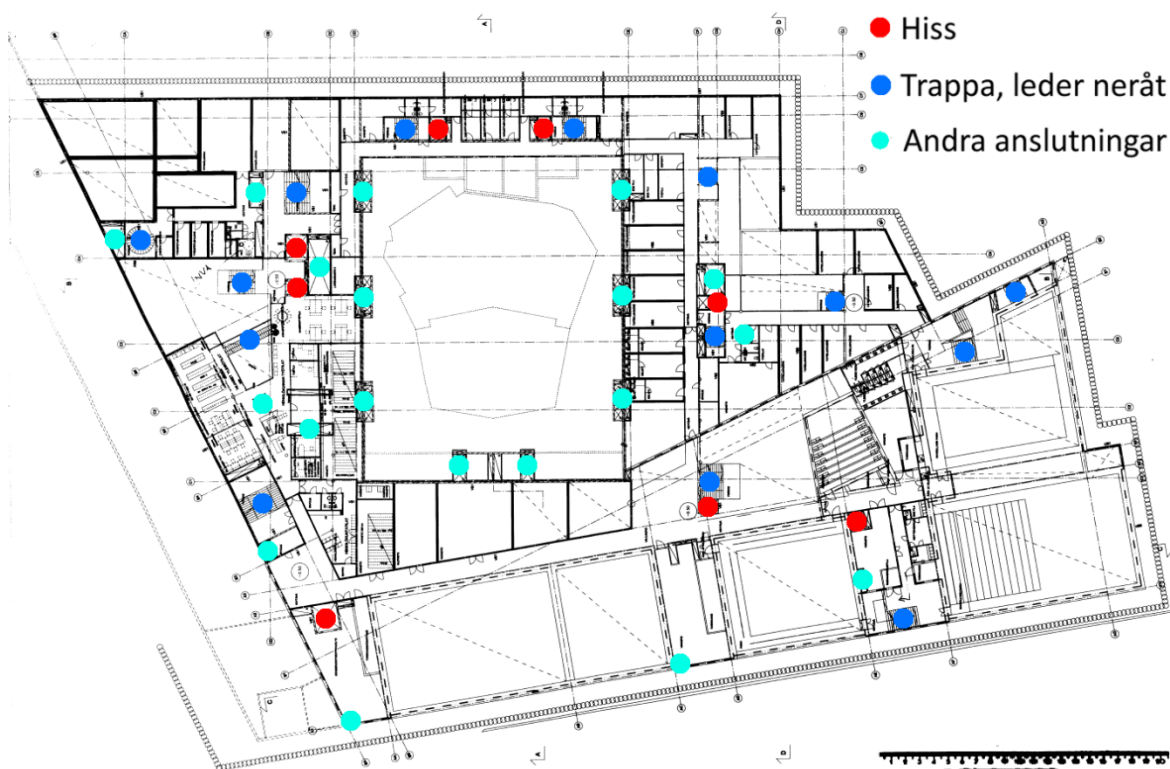
Vid de fyra ingångarna som ligger nära intill varandra (modul C5, CA-CB) finns det tre trappor och två hissar. Ingångarna är numrerade 2, 3, 4 och 5 i kapitlet "Analys av ingångar". Spiraltrappan (modul C5, CA) som ses i övre vänstra hörnet i figur 21 leder, som tidigare nämnts, från våning 7 ända ner till våning 1.

Vid restaurangingången (modul C3, CJ) finns det två trappor som leder neråt. Det finns också en hiss (modul AE, A2) en bit ifrån ingången. Risken för vattenläckage har tidigare i arbetet, under rubrik "Analys av ingångar, ingång 10", konstaterats vara låg. Den större risken kommer i samband med restaurangköket, som givetvis består av en hel del vattenbaserad utrustning. Ifall det rinner vatten från restaurangköket kan det snabbt komma ner i hissen som finns i närheten.

Vid det öppna utrymmet (modul CC, C1) kommer det vid vattenläckage på våningen ovan att rinna ner vatten. Den kurvade trappan (som ses i samma modul) leder rakt ner från övre våningen.

Enligt ritningen så befinner sig golvhöjden på en jämn höjd i majoriteten av våningens utrymmen. Ifall vatten når in till våningen kommer det alltså att spridas överallt, då det inte finns en fördjupning någonstans där vattnet kan samlas. I utrymmen där det finns anslutningar till våningen under samlas inte vatten, utan det rinner vidare neråt.

Våning 2



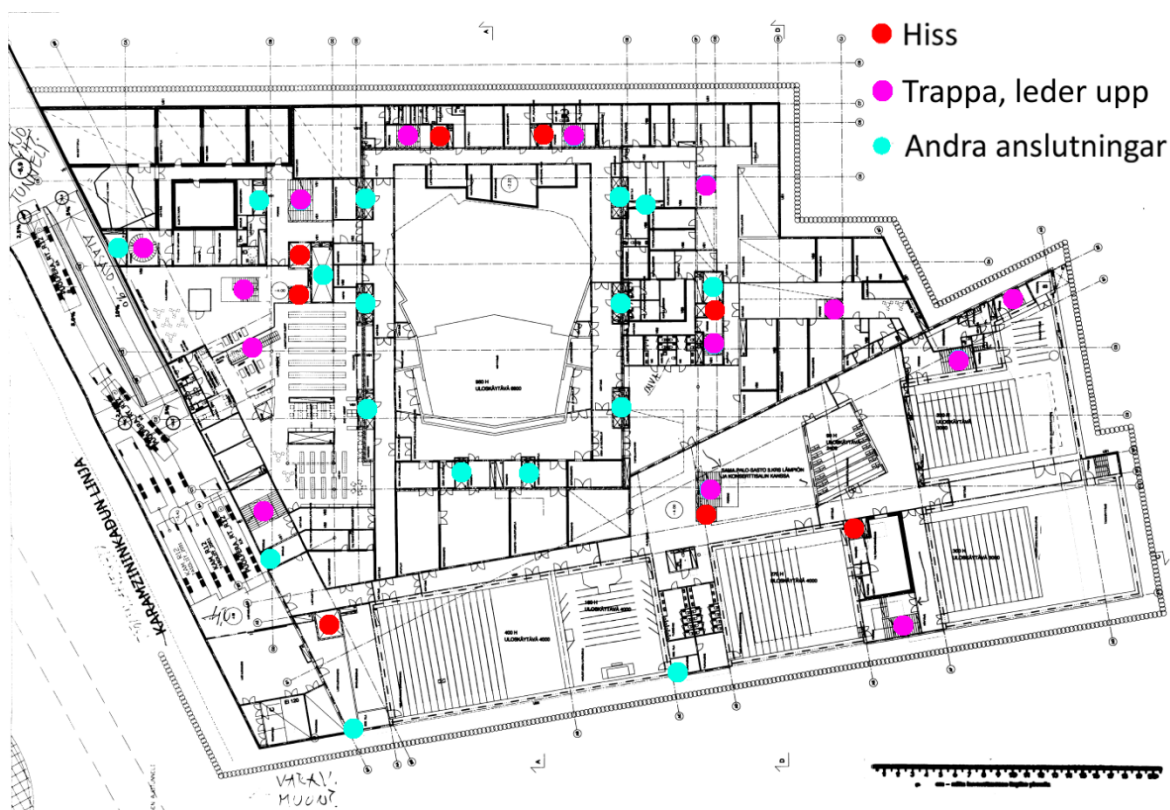
Figur 22. Bild på ritningen av andra våningen, intresseobjekt har markerats ut.

På den andra våningen (figur 22; bilaga 7) finns det inte ingångar till gatunivån. Den här delen av konstruktionen befinner sig helt under marken. Det finns ett stort antal trappor och hissar som både leder ner till och upp från den här våningen.

I närheten av spiraltrappan (modul C5, CA) finns det två trappor och två hissar (modulerna CB, C5 och CA, C4) som fortsätter från våningen ovanför. Detta område har många platser där vatten kan komma ner, vilket gör att rummen i området har förhöjd risk för vattenläckage.

Trapporna och hissarna intill den stora konsertsalen (modul CD, C6) går också igenom våningen. Vatten som når denna punkt leds ner till första våningen genom dessa anslutningar, och skadar även hissarna ifall det når dem.

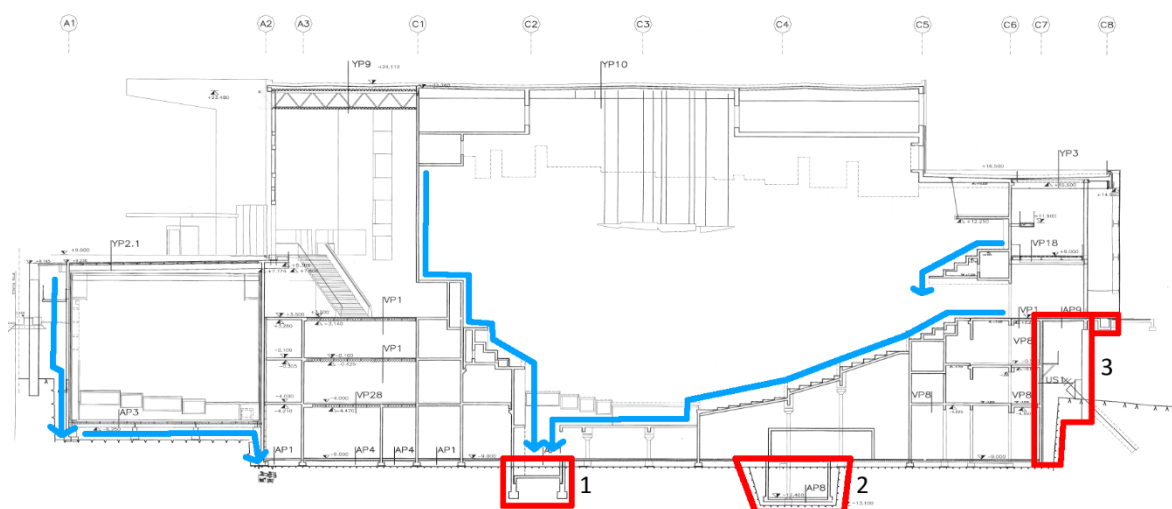
Våning 1



Figur 203. Bild på ritningen av första våningen, intresseobjekt har markerats ut.

På den första våningen i Musikhuset (figur 23; bilaga 8) finns det en hel del anslutningar uppåt. Våningen är, förutom riktningen på anslutningarna, så gott som identisk med våning 2. Ifall vatten når denna våning i byggnaden kommer det inte att ha en naturlig rutt att följa. Vattennivån kommer i stället att stiga, och sakta täcka hela våningsytan, ifall vattnet inte pumpas bort.

Musikhusets skärning

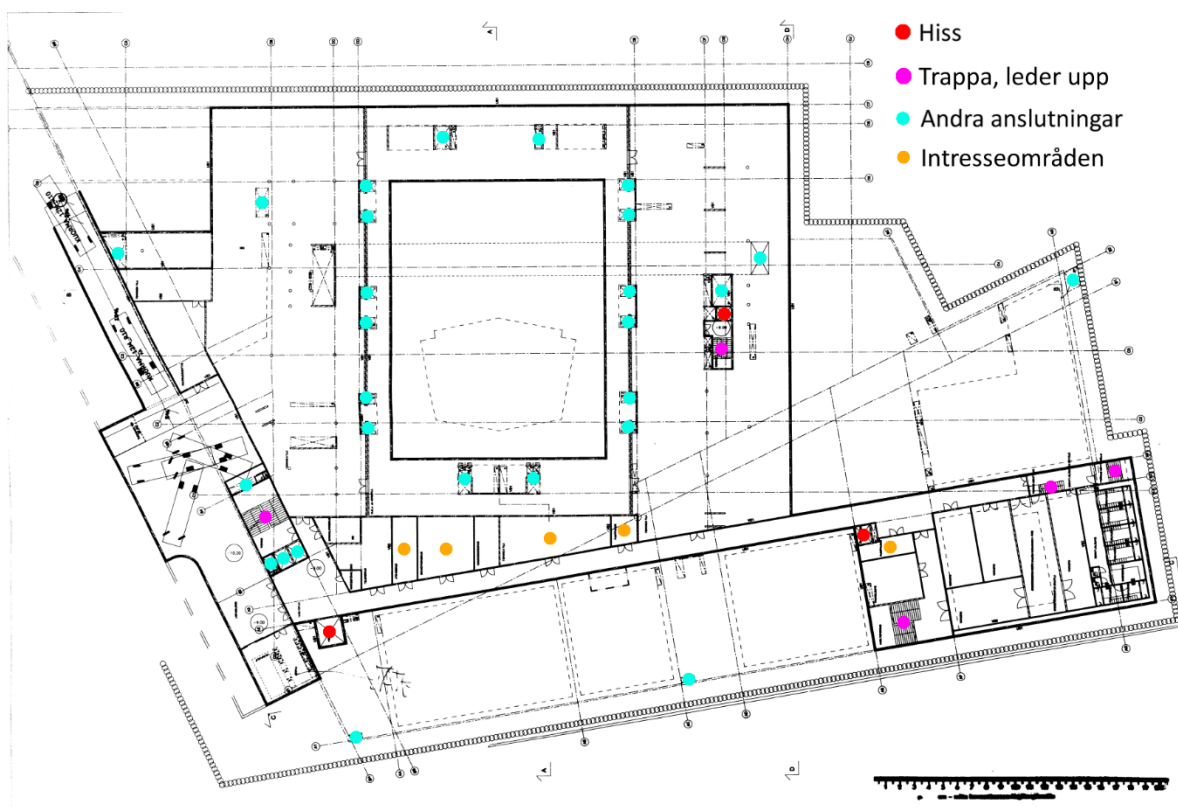


Figur 214. Skärning på musikhuset var vattnets rutt ritats ut med blåa pilar, och intresseområden ringats in i rött och numrerats.

Sannolikheten att vatten når den stora konsertsalen är låg, då den befinner sig så gott som mitt i byggnaden. Vid en situation där vatten når konsertsalen har det fri rutt rakt ner till bottnen av byggnaden. Tre områden är markerade med röda linjer och numrerade i skärningen på Musikhuset (figur 24; bilaga 9). Områdena är platser där vatten stannar vid vattenläckage, alltså vattnets slutdestination. Vatten som nått dessa platser måste pumpas bort.

Det är viktigt att det finns en plan vid vattenläckage, så att bortledning av vattnet kan påbörjas så fort som möjligt. Vatten som når de lägsta punkterna i byggnaden måste pumpas ut ur konstruktionen så att vattennivån inte kan stiga, och således nå, och skada, andra konstruktionsdelar. Vatten som trängt in i konstruktionen bör ledas till byggnadens lägsta punkt, längs en rutt där efterföljande skador är minimala.

Källarens teknikritning



Figur 225. Ritning på tekniken i källaren, intresseobjekt har markerats ut.

Källarvåningen (figur 25; bilaga 10), vilken är belägen längst ner i konstruktionen, innehåller mycket av byggnadens teknik. Det medföljer en hel del risker för vattenläckage då teknik installeras på byggnadens lägsta punkt. Vatten som når våningen har ingenstans att fortsätta, utan kommer att samlas här. Det är viktigt att riskabla utrymmen förses med täta dörrar och höga trösklar för att förminska skadorna vid läckage. Källarvåningens golvhöjd är mycket jämn, vilket gör att vatten som når våningen, kommer att spridas överallt.

Två pumpstationer, markerade i orange, är belägna på källarvåningen (modul B1, BB och modul A2, AE). Vid vattenläckage kan dessa utnyttjas för att leda ut vatten ur byggnaden. Läckagevattnets rutt bör planeras så att det, vid läckage, leder hit.

Ett antal utrymmen innehållande känslig teknik ligger tätt intill varandra (modul C1, CC). Det medföljer höga kostnader ifall läckage förekommer i dessa utrymmen. Vatten vid läckage bör ledas till de närliggande pumpstationerna, där det sedan kan pumpas ut ur byggnaden. Vid möjlighet kan vattenkänslig teknik höjas från golvet.

3.6 Åtgärder

För att skydda en konstruktion och dess dyra installationer, teknik och varor mot vattenläckage kan ett antal åtgärder vidtas, vilka kan delas upp i två kategorier: förebyggande åtgärder och åtgärder vid läckage. Beroende på hur allvarliga skador ett vattenläckage kan medföra, görs det ett val mellan vilken typ av åtgärd som ska utföras. Ifall en konstruktionsdel är mycket vattenkänslig bör det utföras förebyggande åtgärder som förhindrar vatten från att nå den. Ifall en konstruktionsdel inte har en betydande risk för omedelbar skada vid vattenläckage kan en plan för att i efterhand leda bort vattnet göras.

3.6.1 Förebyggande åtgärder

Förebyggande åtgärder utförs för att förminska risken att vattenläckage förekommer. Detta inkluderar tätare dörrar, förbättrad dränering (högre kapacitet) och högre trösklar. Förebyggande åtgärder görs även för att minimera skador då vattenläckage sker, genom att planera rutten som leder det oönskade vattnet förbi bland annat vattenkänslig teknik.

Trösklar

Höjning av trösklar vid dörrar kan anses vara ett förmånligare alternativ i jämförelse med de mer drastiska åtgärderna. Det får inte finnas en tröskel över huvud taget, såvida det inte är nödvändigt på grund av ljud, fukt eller andra liknande förhållanden. Då en tröskel är nödvändig får höjden inte överstiga 20 millimeter, eftersom lagen kräver en viss tillgänglighet (statsrådets förordning om byggnaders tillgänglighet 241/2017). Den maximalt 20 millimeter höga tröskeln måste även vara utformad så att den lätt kan passeras med en rullstol. En 20 millimeter hög tröskel bromsar vattnets framfart, men kan inte anses vara helt säker mot vattenläckage.

I utrymmen, där endast till fastigheten tillhörande personal behöver tillträde, kan högre trösklar installeras. Byggnadens tekniska utrymmen kan således ha högre trösklar för att skydda mot vattenläckage. Tröskelhöjden kan exempelvis vara 10-15 centimeter.

Dränering

För att göra en ingång säkrare mot vattenläckage kan befintlig dräneringskapacitet förbättras. Ifall en ingång saknar dränering helt, och det är möjligt att konstruera en, bör det göras. Speciellt vid öppningar till en konstruktion. Musikhusets ingångar 6 och 7 är ingångar där en installation av dränering kan rekommenderas. Dränering rekommenderas även installeras i Musikhusets utrymmen där teknisk utrustning finns.

Dräneringsrännor

En ingång kan göras mer säker mot vattenläckage genom att hindra vatten från att nå fram till den. Genom att installera dränering i form av vattenrännor kan vatten som annars når ingången stoppas, ifall de installeras på utsidan. Alternativt kan även vattenrännor installeras inuti byggnaden på strategiska platser, såsom exempelvis innanför ytterdörrar. Även dräneringsrännor kan placeras som skydd vid hissar eller rulltrappor.

Musikhuset är ordentligt försett med dräneringsrännor i närområdet kring byggnaden. Som tidigare nämnts, exempelvis i kapitel 3.5.2, finns det dräneringsrännor med cirka tre meters mellanrum utanför alla ingångar till musikhuset. Den enda ingången som undantagsvis saknar dessa är ingång 7 mot Tölöviksgatan. En förebyggande åtgärd som kunde rekommenderas är att installera dräneringsrännor då renovering sker nästa gång. Rännorna skulle leda vattnet ut på gatan från trottoaren vid ingång 7.

Täta dörrar

Dörrar, speciellt de som leder mot riskabla utrymmen, bör då det är möjligt bytas ut mot tätare varianter. Exempel på en tätare dörr kan ses vid ingång 7. Det finns inte alltid möjlighet att installera en tät dörr eftersom tröskeln kan vara för hög. Där vattenkänslig teknik finns, mer specifikt på källarvåningen, bör dörrarna vara av täta varianter. Dörrar bör även placeras så att de öppnas mot vattnets källa, då de på detta sätt motstår tryck bättre.

Lutningar

Det finns en möjlighet att göra lutningar på marknivå eller på golv för att leda vattnet i en specifik riktning. Utanför byggnaden kan lutningar leda vatten bort från byggnaden, och således hindra det från att läcka in. Lutningarna kan även leda vatten till dräneringspunkter,

exempelvis dräneringsrännor och -galler, både inuti och utanför konstruktionen. På insidan kan även lutningar planeras så att vatten som läcker in tar en mindre skadlig rutt. Exempel på detta är en lutning mot en trappa i stället för en rulltrappa eller hiss.

Planering av vattnets rutt inne i konstruktionen

För att minimera skadorna på konstruktionen av vatten som trängt in i byggnaden bör en mindre skadlig rutt för vattnet planeras. I praktiken innebär detta att det på förhand, med hjälp av lutningar, täta dörrar, trösklar och pumpstationer, planeras en rutt där vattnet rinner vid läckage.

Installation av pumpstationer

Då vatten som trängt in i byggnaden nått byggnadens lägsta delar är det viktigt att, på förhand, planera och installera pumpar. Pumparna kan pumpa bort vatten som tagit sig in i byggnaden. Två pumpar finns redan på källarvåningen i Musikhuset. Då den minst skadliga ruten för vattnet planeras bör den leda till en pumpstation.

Utbildning av personal

För att snabbt kunna bekämpa ett vattenläckage är det viktigt att personer som vanligtvis befinner sig i byggnaden, exempelvis en vaktmästare, vet vad de ska göra vid vattenläckage. I ett fall där vatten forsar in i byggnaden genom ingångarna är det viktigt att snabbt agera för att förminska skador. I praktiken kan det betyda att personen i fråga kontrollerar att vissa dörrar är fast och att pumpstationer fungerar som de ska.

Detektorer

Detektorer av läckagevatten kan installeras i kritiska utrymmen på golvnivå. Detektorer kan varna direkt då det sker ett läckage. Ju tidigare ett vattenläckage upptäcks, desto bättre möjlighet finns det att bekämpa läckan. Detta kunde rekommenderas, speciellt i de utrymmen innehållande vattenkänslig teknik, som finns på källarvåningen (bilaga 10, modul C1, CC). Detektorer bör även installera i så kallade dolda utrymmen, där vattenläckage inte upptäcks.

Annat

Då det finns möjlighet bör anslutningar där ingen persontrafik förekommer övervägas att avgränsas på sådant sätt att läckagevatten inte har möjlighet att nå dem. Anslutningar för kablar och ventilation bör försäkras vara täta. Pumpstationer bör finnas i byggnadens lägsta utrymmen, så vatten kan pumpas bort vid läckage. Då möjligheten finns bör känslig utrustning höjas upp från golvnivå.

3.6.2 Åtgärder vid läckage

Det finns ett antal åtgärder som bör göras vid ett vattenläckage. Då ett vattenläckage uppstår är varje minut av betydelse då det kommer till att minimera skadorna. Det är viktigt att en plan finns för vilka uppgifter som bör utföras, och att de personer som befinner sig i byggnaden kan denna plan. Till följande finns några exempel på olika uppgifter planen kan inkludera.

Stänga dörrar

För att förhindra att vatten som trängt in i byggnaden sprids, är det viktigt att dörrarna i byggnaden är stängda. Ifall en dörr står öppen kan vattnet lätt forsa igenom den. Som tidigare nämnts kan dörrar vara täta, och planerade för att skydda känsliga utrymmen. Ifall de står öppna, eller ens på glänt, kan det medföra stora skador då vattnet rinner igenom.

Portabla vallar

Översvämningsskydd i form av portabla vallar kan placeras ut av en eller flera personer för att stoppa eller leda bort vatten. Vallarna kan placeras ut, antingen inuti eller utanför byggnaden, så att läckagevatten leds till ett mindre riskabelt utrymme. Det är i vissa fall även möjligt att leda vattnet bort från byggnaden helt och hållet. Översvämningsskydd, såsom exempelvis en NOAQ Boxwall, går snabbt att montera på egen hand, och kan hantera vattenmängder på upp till 50 centimeters djup (Flood Defence Group, 2020). Det rekommenderas att portabla vallar finns till förfogande vid behov i Musikhuset.

4 Sammanfattande slutdiskussion

Syftet med examensarbetet var att utföra en analys av risken för vattenskador i underjordiska konstruktioner enligt metoder som tidigare använts på motsvarande objekt. Som exempelobjekt valdes Musikhuset i Helsingfors, för att göra arbetet mer konkret. Analysen skulle fokusera på platser där det förkommer risk för vattenläckage. Exempel på åtgärder skulle presenteras.

Analysen utfördes genom att granska ritningar av Musikhuset i Helsingfors. På basis av ritningarna har riskområden pekats ut. Åtgärder har diskuterats och exempel på var de kan implementerats i Musikhuset har givits. Det har inte presenterats åtgärder för alla riskområden. Dock har majoriteten av åtgärderna givits exempel på var de kunde tillämpas. Musikhuset besöktes för att kunna analyseras bättre. Bilder togs på ingångar till byggnaden och på närområdet, för att kunna knyta samman dem med ritningarna och således utföra en noggrannare analys.

Riskanalyser utförs genom att analysera konstruktionens alla delar. Analysen bör inledas vid vattnets begynnelsepunkt, såsom regn, vattenledningar eller sprinklers. Sedan bör vattnets fortsatta rutt följas. Vanligtvis gäller det byggnadens närområde, inklusive gator och trottoarer. Ingångarna är vattnets huvudsakliga rutt in i byggnaden. Detta inkluderar likväl dörrar för persontrafik som anslutningar för exempelvis ventilation eller elektriska ledningar. Då vattnet trängt in i byggnaden är insidans golvs lutningar och höjdskillnader nästa betydande faktor för vattnets rutt. Vatten som rinner på golvet i en byggnad söker sig till anslutningar neråt. Dessa anslutningar är vanligtvis trappor, hissar eller teknikanlutningar (elektricitet, vattenledningar och ventilation). Byggnadens lägsta punkt bör fastställas, då det oftast är vattnets slutdestination. Efter att dessa faktorer fastställts ska realistiska åtgärder bestämmas enligt behov, lagar och förordningar. Denna typ av riskanalys är en bra och tillförlitlig metod då ordentligt utförd.

Realistiska åtgärder varierar beroende på vad som ska motarbetas. Vid behov kan ändringar på konstruktionen göras. Höjning av trösklar vid dörrar är en alternativ åtgärd, men kan inte alltid förverkligas då det finns bestämmelser, bland annat angående tillgänglighet för rullstolsbundna. Vid behov kan dräneringen förnyas, eller befintlig dränering förbättras genom att höja dess kapacitet. Lutningar kan göras på golv och mark så att vattnet leds till föredragen plats. Pumpstationer installeras med fördel för att leda

bort vatten som trängt in i byggnaden, således går det att undvika skador som sker vid långvarig exponering för vatten. Detektorer som varnar för läckage kan installeras för att snabbt upptäcka om läckage uppstår. Om det är möjligt kan även vattenkänslig teknik höjas från golvet för att undvika vattenskador. Anslutningar som inte kräver åtkomst kan avgränsas på ett sådant sätt att vatten inte kan nå dem. Portabla skyddsvallar bör införskaffas så att de finns till förfogande vid läckage. Personal eller andra personer som vanligtvis befinner sig i en byggnad bör utbildas så att de snabbt kan agera vid ett vattenläckage.

Sammanfattningsvis visar analysen att Musikhuset har en mycket liten risk att drabbas av vattenläckage. Majoriteten av ingångarna är väl dränerade. Närområdet kring byggnaden är försett med en passande mängd dräneringsrännor. Ingång 7 är den enda som inte är väl dränerad. Ingång 7 löper störst risk att vatten når fram till den. Risken för skador har minskats avsevärt genom att installera en tät dörrvariant.

Det faktum att majoriteten av konstruktionens teknik har placerats i källaren medför en risk, ifall vatten når dit vid läckage. Dränering på insidan av byggnaden kan motverka dessa risker. Vid noggrannare undersökningar av byggnadens insida kan det lokaliseras var dränering redan förekommer, och på basis av informationen rekommendera var fler åtgärder kan vidtas.

5 Källförteckning

Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koistinen, J., ... Kotro, J. (2008). Rankkasateet ja taajamatulvat. Hämtad från https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38381/SY_31_2008.pdf?sequence=7&isAllowed=y

Flood Defence Group. (2020). Hämtad 4.4.2021 <https://www.flooddefensgroup.com/our-products/noaq-boxwall/>

Helsingfors karttjänst. (u.å.). Hämtad 4.4.2021. <https://kartta.hel.fi/>

Kivilaakso, E., Joensuu, R., Kilpinen, J., Nurmi, P., Saarinen, R., Rajala, J., ... Vehviläinen, B. (2008). Helsingin kaupungin tulvastrategia. Hämtad från https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/yos_2010-1.pdf

Löfström, M. (2017). Skriftligt spørsmål SS 601/2017 rd. Hämtad 4.4.2021 från https://www.eduskunta.fi/SV/vaski/Kysymys/Sidor/SS_601+2017.aspx

Meteorologiska Institutet. (2021). Statistik från och med början av 1961. Hämtad från <https://sv.ilmatieteenlaitos.fi/statistik-fran-och-med-1961>

Musiikkitalo. (u.å.). Om musikhuset. Hämtad 4.4.2021. <https://musiikkitalo.fi/sv/om-musikhuset/>

Pitkänen, P. (2019, 22.3). Kalasataman tornitalon vesivahingosta koitui jopa 7 miljoonan euron vahingot – osakkaille luvataan korvauksia. Ilta Sanomat. Hämtad från <https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000006044335.html>

Suomen Hissi-Iniinäöorit. (u.å.) Hissin hankinta uudisrakennukseen tai hissittömään taloon. Hämtad 4.4.2021. <https://www.hissi-insinoorit.fi/artikkelit/hissin-hinta>

Toivonen, J. (2019, 21.2). SRV: Kalasataman tornitalon vesivahingossa vaurioitui useita kymmeniä asuntoja lähes puolen tornin matkalta. YLE uutiset. Hämtad från <https://yle.fi/uutiset/3-10670308>

Vähäaho, I. (2021). Helsinki Urban Underground Spaces. Hämtad från
<https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/esitteet/esite-02-19-en.pdf>

Figurförteckning

Figur 1. Musikhuset i Helsingfors, fasad mot söder (Axén, 2021).....	8
Figur 2. Karta över området kring Musikhuset (skärmbild från Helsingfors karttjänst, hämtad mars 2021)	9
Figur 3. Karta över Musikhusets närområde med sektioner markerade och numrerade (skärmbild från Helsingfors karttjänst, hämtad april 2021)	11
Figur 4. Karta över byggnaden med ingångarna markerade och numrerade (skärmbild från Helsingfors karttjänst, hämtad mars 2021).....	12
Figur 5. Musikhusets huvudingång (Axén, 2021)	13
Figur 6. Musikhuset ingång 2 (Axén, 2021)	14
Figur 7. Musikhuset ingång 3 (Axén 2021).	15
Figur 8. Musikhuset ingång 4 (Axén, 2021)	16
Figur 9. Musikhuset ingång 5 (Axén, 2021)	17
Figur 10. Musikhuset ingång 6 (Axén, 2021)	18
Figur 11. Musikhuset ingång 7 (Axén, 2021)	19
Figur 12. Musikhuset ingång 8 (Axén, 2021)	20
Figur 13. Musikhuset ingång 9 (Axén, 2021)	21
Figur 14. Musikhuset ingång 10 (Axén, 2021)	22
Figur 15. Glasfasadens anslutning till marken, på bilden ses en dräneringsränna (Axén, 2021).....	23
Figur 16. Glasfasadens anslutning till marken, på bilden ses en dräneringsränna (Axén, 2021).....	23
Figur 17. Bild på ritningen av sjunde våningen, intresseobjekt har markerats ut. (Ritning 5087-258-07, 7 våningens bottenritning, M. Kivistö, 13.10.2005)	25
Figur 18. Bild på ritningen av sjätte våningen, intresseobjekt har markerats ut. (Ritning 5087-257-07, 6 våningens bottenritning, M. Kivistö, 13.10.2005)	26
Figur 19. Bild på ritningen av femte våningen, intresseobjekt har markerats ut. (Ritning 5087-256-07, 5 våningens bottenritning, M. Kivistö, 13.10.2005)	27
Figur 20. Bild på ritningen av fjärde våningen, intresseobjekt har markerats ut. (Ritning 5087-255-07, 4 våningens bottenritning, M. Kivistö, 13.10.2005)	28
Figur 21. Bild på ritningen av tredje våningen, intresseobjekt har markerats ut. (Ritning 5087-254-07, 3 våningens bottenritning, M. Kivistö, 13.10.2005)	29

Figur 22. Bild på ritningen av andra våningen, intresseobjekt har markerats ut. (Ritning 5087-253-07, 2 våningens bottenritning, M. Kivistö, 13.10.2005)	31
Figur 23. Bild på ritningen av första våningen, intresseobjekt har markerats ut. (Ritning 5087-252-07, 1 våningens bottenritning, M. Kivistö, 13.10.2005)	32
Figur 24. Skärning på musikhuset var vattnets rutt ritats ut med blåa pilar, och intresseområden ringats in i rött och numrerats. (Ritning 5919-250-16, Skärning 3501, T. Aaltonen, 20.11.2006)	33
Figur 25. Ritning på tekniken i källaren, intresseobjekt har markerats ut. (Ritning 5087-251-07, Teknikkällare bottenritning, M. Kivistö, 13.10.2005)	34

Tabellförteckning

Tabell 1. Nederbörd i Helsingfors (Meteorologiska Institutet, februari 2021).	4
Tabell 2. Olika hissar och deras ungefärliga utgångspris (Suomen Hissi-insinöörit, hämtad mars 2021).	7

Bilagor

Bilaga 1. Helsingfors underjordiska generalplan, ritning 11830/1, MNe, SI.

Bilaga 2. Ritning 5087-258-07, 7 våningens bottenritning, M. Kivistö

Bilaga 3. Ritning 5087-257-07, 6 våningens bottenritning, M. Kivistö

Bilaga 4. Ritning 5087-256-07, 5 våningens bottenritning, M. Kivistö

Bilaga 5. Ritning 5087-255-07, 4 våningens bottenritning, M. Kivistö

Bilaga 6. Ritning 5087-254-07, 3 våningens bottenritning, M. Kivistö

Bilaga 7. Ritning 5087-253-07, 2 våningens bottenritning, M. Kivistö

Bilaga 8. Ritning 5087-252-07, 1 våningens bottenritning, M. Kivistö

Bilaga 9. Ritning 5919-250-16, Skärning 3501, T. Aaltonen

Bilaga 10. Ritning 5087-251-07, Teknikkällare bottenritning, M. Kivistö