

**Bottnafjordens kulturcentrum:
Teknisk analys av
översvämningrisker och motåtgärder**



Thomas Tor Johansson/ 2025-03-13

Innehåll

1. Bakgrund	3
2. Syfte	3
3. Metod	3
4. Underlag och förutsättningar	3
5. Översvämningstyper	4
6. Kritiska punkter	5
7. Analys	6
7.1 Översvämning augusti 2024.....	6
7.2 Havets betydelse.....	6
7.3 Förslag till dimensionering av motåtgärder	8
7.4 Kompletterande motåtgärder.....	8
7.5 Värdering av motåtgärder	9
8. Slutsatser	10
9. Rekommendationer	10
Appendix: Matematiska förenklingar	

Omslagsbild:

”Hur högt ligger Café Olivia över havet?”. Författaren och Per Pixel i aktion (Foto av Lisa Åstrand)

Version:

Rev.	Beskrivning av ändring	Av	Datum
0.1	Första version	TTJ	2025-03-13

1. Bakgrund

Rapporten *Uppströms Bottna*¹ beskriver hur Bottna fick 50 mm regn på två timmar i augusti 2024. Bottnafjordens kulturcentrum (BKC) översvämmades och fick omfattande vattenskador. Se karta XX. Då BKC ligger i en naturlig lågpunkt vid Bottnabäckens mynning och klimatförändringarna väntas öka nederbörden, befaras översvämningar bli vanligare. Ett antal tänkbara motåtgärder redovisades. Dock saknades en detaljerad beskrivning av hur havsnivåhöjningar påverkar risken för översvämning av BKC. Avsikten med följande tekniska analys är att ge ett underlag för motåtgärder som även beaktar havets påverkan.

2. Syfte

Syftet är att ge ett beslutsunderlag för åtgärder som minskar risken att BKC drabbas av översvämningar. Analysen ska komplettera *Uppströms Bottna* avseende påverkan från höjd havsnivå, samt sätta siffror på vattenflöden i några scenarier. Några begrepp som beskriver olika översvämningstyper introduceras med förhoppningen att kommande diskussioner av motåtgärder underlättas. Texten syftar också till att visa prov på ”analytiskt hantverk”.

3. Metod

Kritiska punkter som begränsar Bottnabäckens flöde vid BKC identifierades. Där genomfördes mätningar av de tvärsnittsareor (trummor och valv) som begränsar vattenflödet. Kartuppgifter kompletterades med uppmätt höjd över havet i några punkter. Vidare användes underlag från SMHI och Tanums kommun för att analysera tänkbara höjningar av havsnivån. Några förenklingar för att beräkna vattenflöden gjordes. Muntliga berättelser om händelseförloppet vid översvämningen i augusti 2024 har kompletterats med egna iakttagelser av terrängförhållandena runt BKC.

4. Underlag och förutsättningar

Lantmäteriets tjänst Min karta² användes för att få grova höjdmått med ± 1 m noggrannhet. Kompletterande höjdmätningar genomfördes med ett semiprofessionellt instrument av märke *Sparkfun RTK Surveyor* (se omslagsbild). Höjdmätningarnas onoggrannhet bedöms vara ca ± 2 dm. Mätningar av vägtrumors dimensioner gjordes med tumstock eller laser och några cm onoggrannhet.

SMHI har genomfört mätningar av havsnivån under lång tid. Här användes en mätserie från Smögen mätstation, perioden 1910 – 2022³.

Analysen omfattar endast risker och åtgärder för BKC. För att kunna analysera översvämningens problem var några förenklingar nödvändiga. En sådan rör matematiken bakom vattenflöden genom vägtrummor. Denna rapport jämför tvärsnittsareor på öppningar under broar och vägar, för att sätta kapacitetssiffror på bäckflödets flaskhalsar. Förenklingen diskuteras i Appendix.

¹ *Uppströms Bottna*, G. Bäck & B. Kalmár, Tanum 2024

² <https://www.lantmateriet.se/sv/kartor/vara-karttjanster/min-karta/>

³ <https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/hogvattenhandelser-idag-och-i-framtiden>

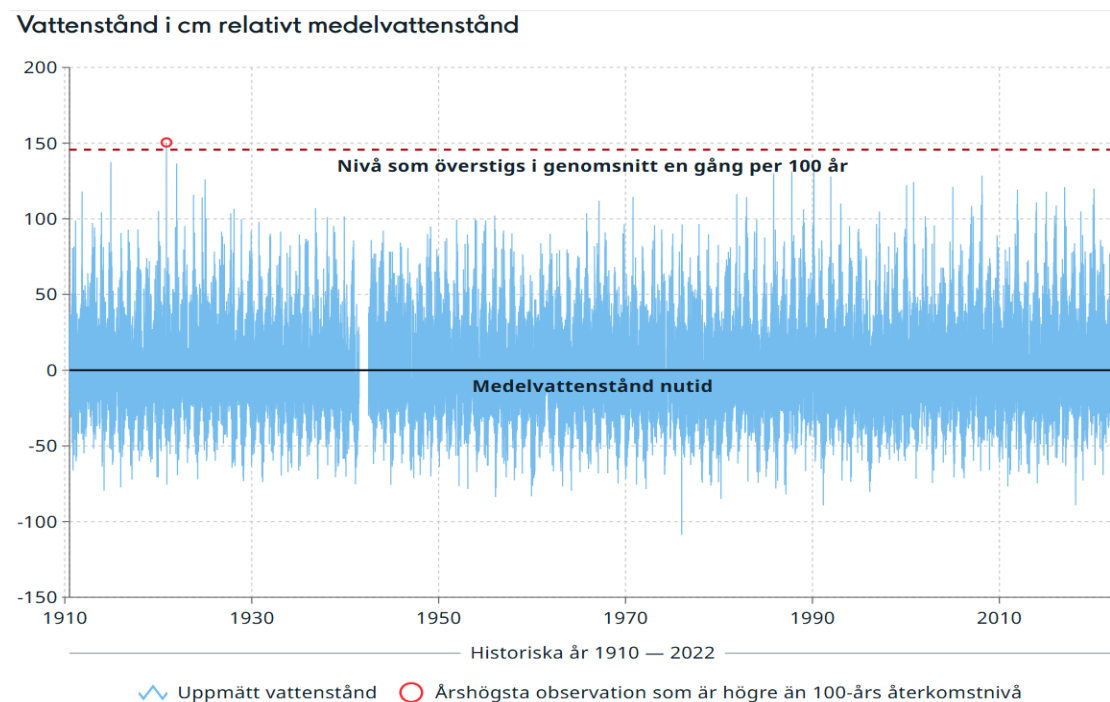
5. Översvämningstyper

Man kan skilja på olika slags översvämningssrisker för BKC. Den här analysen fokuserar på tre typer:

- A. **Ett lokalt slagregn** orsakar en plötslig störtflod i Bottnabäcken. Ett kraftigt, kortvarigt vattenflöde behöver då snabbt passera fastigheten. Regnet kan ge en relativt begränsad vattenvolym, men det intensiva flödet hinner inte genom vägtrumorna och översvämmer BKC
- B. **Långvarigt högt flöde i Bottnabäcken.** Orsaken kan vara att ihållande regn i bäckens avrinningsområde mättat markerna med vatten. Problem uppstår vid fortsatta regn tills bäckflödet överstiger kapaciteten hos någon vägtrumma vid BKC
- C. **Tillfälligt höjd havsnivå.** Då havets nivå stiger kommer Bottnabäckens utflöde under kustvägen att begränsas. Om havshöjningen sammanfaller med tillräckligt högt flöde i Bottnabäcken orsakas en översvämning

Kombinationer av typ A, B och C innebär svåra utmaningar. Översvämningen i augusti 2024 var troligen av typ A (se avsnitt 7.1). En incident av typ B inträffade i februari 2025, under rapportarbetet. Stengårdsbrons vägtrummor var då nära maxkapaciteten, men ingen översvämning inträffade. Underlaget för scenario C visas i graf 1 nedan, med historiskt uppmätta havsnivåer vid mätstation Smögen.

Graf 1: Historiska havsnivåer vid SMHI:s mätstation Smögen



Grafen visar hur tillfälligt höjda havsnivåer ökat i antal och styrka sedan 1980. Man kan räkna 14 st. ”spikar” på 120 - 130 cm från 1980 till 2022, i genomsnitt en vart tredje år. Hundraårsvärdet var 145 cm höjning av havsnivån. Vid stark pålandsvind kan havsnivån höjas ytterligare 10-20 cm i trånga vikar och sund.

Två katastrofscenarier tillkommer och behandlas inte här, då de är svåra att skydda sig mot. En permanent höjning av havsnivån är ett sådant scenario, men prognoserna har stora osäkerheter. Vidare är en plötslig flodvåg eller tsunami möjlig, men osannolik. Den fortsatta

analysen ska undersöka hur BKC kan genomföra motåtgärder som är effektiva mot de tre scenarierna A, B och C.

6. Kritiska punkter

Tabell 1 visar BKC:s identifierade kritiska flödespunkter, samt Café Olivias entré som tyvärr är en lågpunkt på området. Under arbetet med rapporten påbörjades ett initiativ att bredda bäckfåran uppströms punkt 2, samt komplettera bron med ett ytterligare rör. Tabellen anger värdena med ny trumma inom parentes. Trafikverkets trumma under kustvägen har valts som referenspunkt. Det innebär att den relativa tvärsnittsarean för trumman i punkt 1 sätts till 100 % och övriga punkters kapacitet jämförs med denna.

Tabell 1: Flödespunkter BKC					
Kartsymbol	X	1	2	3	4
Flödespunkt	Olivias entré	Kustvägen	Stengårdens bro	Benders bro	Korsslids bro
Avser	Marknivå	1 trumma	3 trummor (4)	Stenvalv	1 trumma
Tvärsnitt (m ²)	-	2,5	2,2 (3,0)	4,1	1,1
Relativt tvärsnitt, ca	-	100%	90% (120%)	160%	40%
Mätpunkt	Stenläggning	Vägren	Vägytans mitt	Vägytans mitt	-
Mätpunktens h.ö.h. (m)	3,2	3	2,8	4,4	-

Valet av referenspunkt är logiskt av tre skäl: För det första har Trafikverket rådighet över trumman och är negativa till en ombyggnad. Vidare kommer bäckflöden som överstiger denna trummas kapacitet ovillkorligen skapa en översvämning vid BKC. Slutligen är Kustvägens trumma den punkt vars kapacitet hotas av en tillfälligt förhöjd havsnivå. Se figur 1 nedan. Punkt 4, Korsslids bro, är en enkel bäckövergång ett par hundra meter uppströms BKC (se figur 2).

Figur 1: Bottnafjordens kulturcentrum (BKC) med fyra kritiska flödespunkter, samt Café Olivias entré (X). Punkt 4 ligger ca 200 m uppströms BKC.



Figur 2:
Flödespunkterna
1. Kustvägen
2. Stengårdens bro
3. Benders bro
4. Korslids bro



7. Analys

7.1 Översvämning augusti 2024

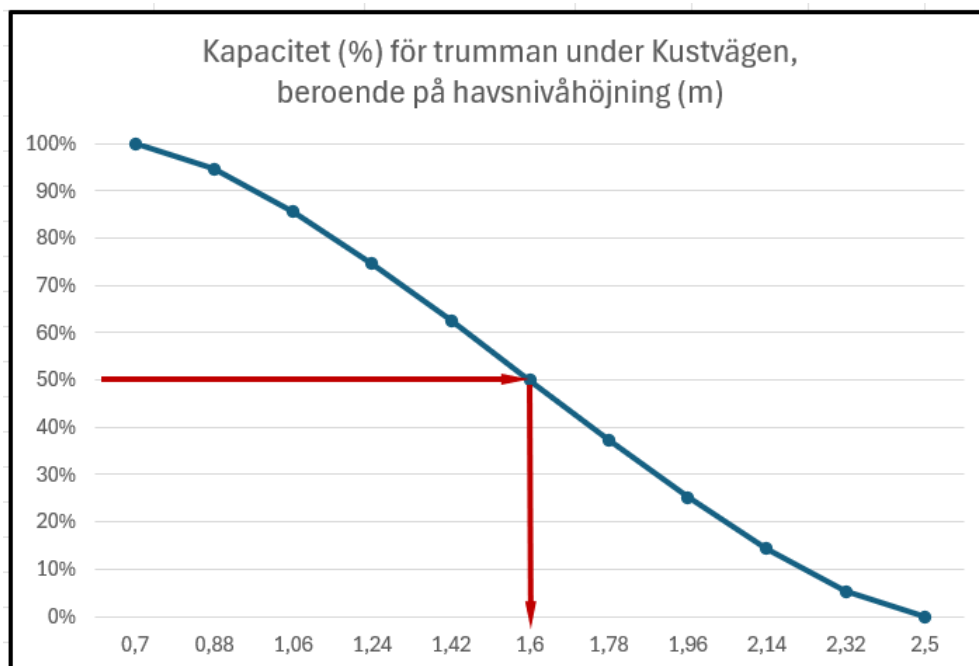
Vittnesmål beskriver hur valvet under Benders bro fylldes av störtfloden. Jag undersökte (långt senare) bäckfåran uppströms BKC. Ett tjugotal meter före BKC fanns spår i terrängen som visade att vatten stigit över bäckravinens kanter och forsat fram över marken. Längre uppströms finns Korslids bro (punkt 4) med ca 40% flödeskapacitet. Inga spår av att bron sköljts över av vattenmassor syntes. Rimligen var alltså översvämningen 2024 resultatet av ett lokalt slagregn nedströms punkt 4, där bäckfåran hastigt fylldes med lerigt vatten från åkrarna. Andra vittnesmål beskriver hur vatten strömmade direkt från åkern norr om BKC mot fastigheten. Vattenmängden uppströms Stengårdsbron (punkt 2) blev tillräckligt stor för att stiga upp över parkeringen. Händelsen tolkas därför som en översvämning av typ A. Om Bottnabäcken redan hade högt vattenflöde före skyfallet får översvämningen också inslag av typ B, men jag saknar sådana uppgifter.

En erfarenhet för framtiden är att försöka bli bättre på att dokumentera förloppen vid översvämningar, så det blir enklare att bygga kunskap för motåtgärder.

7.2 Havets betydelse

Utgående från uppmätta höjder över havet, visar graf 2 hur trumman under Kustvägen (punkt 1) gradvis förlorar sin kapacitet vid förhöjd havsnivå. De röda pilarna visar när trumman förlorat 50 % av kapaciteten.

Graf 2: Flödeskapacitet under Kustvägen (punkt 1) beroende på havsnivåhöjning



Kurvan visar att 100 % kapacitet bibehålls vid ca 0,7 m förhöjd havsnivå. Då påverkas inte BKC. Vid 2,5 m förhöjd havsnivå upphör dock i princip flödet i punkt 1. Vid denna havshöjning hjälper inte ens fler trummor under Kustvägen. Bottnabäcken kommer då att använda BKC som svämplan, tills vattnet börjar rinna över Kustvägen. Se tabell 1. Vägens lägsta punkt är ca 3 m.ö.h. (höjden på vägrenens asfalt). Punkt X vid Olivia är någon dm högre.

2,5 m havshöjning är mycket jämfört med *historiska* värden som redovisats i avsnitt 5. Men vilka *framtida* havshöjningar bör en verksamhet planera för? För kommuner i Västra Götaland finns *Faktablad kusten version 3.0*⁴ från Länsstyrelsen, vars planeringsnivåer siktar på år 2100. Myndighetens handbok *Stigande vatten*⁵ kopplar ihop risknivåer med lämplig markanvändning. Till år 2100 beräknar de att medelhavsnivån vid Smögen stigit med 0,8 m. Till detta adderas hundraårsvärdet, som redovisats i avsnitt 5. En mild tolkning av Länsstyrelsens två dokument är att en verksamhet liknande BKC "tillhör zon 3" och bör planera för minst 2,3 – 2,6 m framtida havshöjning⁶.

En annan fråga rör svårigheten att tillämpa statistik. Avsnitt 5 konstaterade att 120–130 cm tillfällig höjning av havsnivån uppmätts *i genomsnitt* vart tredje år. Enligt grafen ovan finns då ca 70 – 75 % flödeskapacitet kvar i punkt 1. Hur stor är sanno-

⁴ <https://www.lansstyrelsen.se/vastra-gotaland/om-oss/vara-tjanster/publikationer/2023/faktablad-kusten-version-3.0---underlag-till-rapporten-stigande-vatten---en-handbok-for-fysisk-planering-i-oversvamningshotade-omraden.html>

⁵ <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.8cd5a1b19362fb4fc280d/1732534033727/Stigande%20vatten%20E2%80%93%20en%20handbok%20f%C3%B6r%20fysisk%20planering%20i%20C3%B6rsv%C3%A4mningshotade%20omr%C3%A5den..pdf>

⁶ Här uppkommer frågan vilka av BKC:s byggnader som har en teknisk livslängd till år 2100? Översvämningssbar verksamhet på stengården och nybygget (invallat/ vatten-säkrat) kan med rätt underhåll säkert leva till år 2100. Övriga verksamheter kanske behöver en framtidsplan där lokalbyte är ett alternativ?

likheten att Bottnabäckens flöde *samtidigt* är högre än så? Om havsnivån ofta stiger i samband med storm kan vi för enkelhetens skull anta att sannolikheten är ca 50 %. Om scenario B och C inträffar samtidigt varannan gång havet stiger, är den statistiska sannolikheten att BKC får översvämning av typ "B+C" i *genomsnitt* en gång vart sjätte år. Tyvärr kan händelsen i praktiken ändå ske nästa vecka eller om tolv år, vilket är modellens begränsning. Indikationen kan dock användas i en åtgärdsplan, om BKC sätter ett mål att *försöka minska Bottnabäckens flöde inom en viss tid*. Se Appendix för ett räkneexempel.

7.3 Förslag till dimensionering av motåtgärder

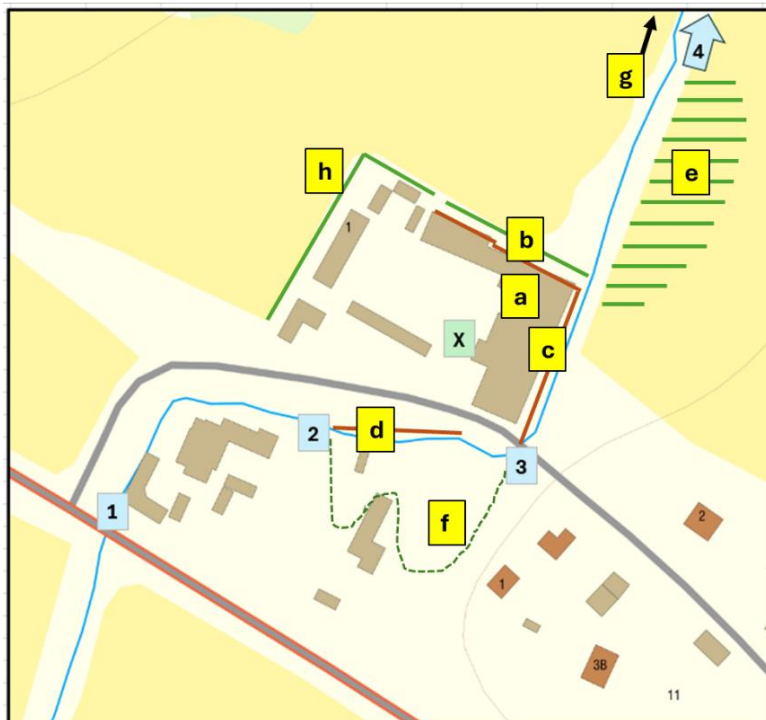
Här följer ett förslag på hur man kan dimensionera motåtgärder mot allvarliga översvämningar av typ B+C. Utgångspunkten är att försöka säkra BKC på medellång sikt, inte till år 2100. Se de röda pilarna i graf 2.

Målsättningen att halvera flödet i Bottnabäcken betyder att BKC klarar 1,6 m tillfällig höjning av havsnivån. Här finns alltså ca 3-4 dm marginal mot de historiska nivåökningarna vart tredje år. Samtidigt är målet 50 % enkelt att följa upp: Det räcker att gå ned på havssidan av Kustvägen (punkt 1) och studera vägtrummans flöde efter en lång regnperiod. Är trumman halvfylld så är allt väl! Är trumman mer än halvfylld återstår arbete att begränsa flödet ytterligare, med våtmarker etc.

7.4 Kompletterande motåtgärder

Skriften *Uppströms Bottna* innehåller förslag på åtgärder mot framtida översvämningar av typ A och B. Några kompletterande förslag och förtydliganden återges här. Fokus har varit motåtgärder som brådskar, är effektiva och har goda chanser att genomföras, t.ex. för att de bygger på välvilliga markägare, är relativt billiga eller sker på G2:1s fastighet. Se figur 3.

Figur 3: Förslag på kompletterande motåtgärder



- a. BKC föreslås åtgärda att vatten från bäcken letar sig in i fastigheterna ”bakvägen” via avlopps- och dagvattenrör
- b. Dikning bakom kök, kombinerat med skydd/ tätning av vägg. I den utsträckning det finns ett naturligt fall mot bäckfåran, föreslås att detta används
- c. Säkring av vall bakom Stensalen. Rensa från skräp och sly, samt säkra att en störtflod inte når väggen
- d. Skyddsvall mellan parkering och bäckfåra, ca 40 cm hög. Dras fram till Stengårdens bro och kan med fördel byggas av materialet från bräddning av bäckfåran. Ska styra en störtflod förbi parkeringen. Kan förlängas med ett lägre ”fartgupp” vid bron för att styra vattenflöden över bron rakt fram
- e. Emils våtmark/ svämplan. Anläggande av våtmark med ”tröskel” mot bäcken, om markägaren är villig. En naturlig lågpunkt som kan avlasta bäcken och BKC vid lokala slagregn liknande augusti 2024
- f. Svämplan Stengården. Alternativ eller komplement till d. Avlastar BKC vid slagregn. Område med ”tröskel” mot bäcken, som kan utformas på olika sätt men behöver tåla lervatten
- g. Åtgärder för att minska Bottnabäckens flöde. Innefattar olika våtmarker mm. Se rapporten *Uppströms Bottna*
- h. Förlängning och breddning av ”Gunnars dike”. Terrängens naturliga fall föreslås avgöra hur långt diket förlängs. Befintligt rör under vägen har 3 % relativ kapacitet

7.5 Värdering av motåtgärder

För att skynda på beslutsprocesser och diskussioner om lämpliga motåtgärder föreslås följande värderingsmetod. Nedan presenteras en värderingsmatris, där åtgärderna a-h fyllts i som exempel. Listan kan lämpligen fyllas på med idéer som värderas löpande. En utmaning är att placera motåtgärderna i en prioriterings- och tidsordning.

Tabell 2: Värdering av motåtgärder					
	Åtgärder i (ungefärlig)	Skyddar mot översvämning av typ			
	tidsordning	A	B	C	B+C
a	Tätning av hål i golven	Ja	Nej	Nej	Nej
b	Dikning bakom kök & skydd av vägg	Ja	Nej	Nej	Nej
c	Säkring av vall bakom Stensalen	Ja	Nej	Nej	Nej
d	Skyddsvall vid parkering	Ja	Delvis	Nej	Nej
e	Emils våtmark	Ja	Nej	Nej	Nej
f	Svämplan Stengården	Ja	Nej	Nej	Nej
g	Minska Bottnabäckens flöde	Ja	Ja	Ja	Ja
h	Gunnars dike 2.0	Ja	Nej	Nej	Nej

Tabellen tydliggör tre saker: Först föreslås åtgärder riktade mot den översvämning av typ A som BKC upplevde 2024. Därefter finns ett antal idéer samlade under g), som är de enda riktigt verksamma, men kommer att kräva tid och tålamod att genomföra. Sist kommer fortsättningen på ett konstprojekt.

Hur värderas ett extra rör i Stengårdens bro, kombinerat med en lokal breddning av bäckfåran? Det bör bidra till att flytta en översvämning av typ A nedåt i bäcken.

Eventuellt kunde detta lösas billigare genom att styra en del av störtfloden över Stengårdsbron. Mest ekonomiskt hade förmodligen varit att, med Emils tillåtelse, anlägga en våtmark dit störtfloder leds (åtgärde).

8. Slutsatser

Viktigast är att långsiktigt minska flödet i Bottnabäcken. Åtgärder för att minska och fördröja bäckflödet ses som de säkraste metoderna för att, på medellång sikt, undvika översvämningar av BKC. Först föreslås dock några brådskande åtgärder för att säkra BKC:s lokaler mot slagregn liknande det i augusti 2024.

På längre sikt befaras stigande havsnivåer kräva någon slags framtidsplan för de av BKC:s verksamheter som inte klarar återkommande översvämningar. Jag ser inga skäl att tappa hoppet, eftersom BKC har styrkan att engagera ett stort antal människor.

9. Rekommendationer

BKC rekommenderas att:

- Genomföra motåtgärder enligt tabell 2, med målet att halvera flödet i Bottnabäcken
- Värdera tillkommande förslag på motåtgärder enligt metoden i tabell 2
- Införa en virtuell brevlåda där fotodokumentation och vittnesmål kan samlas in vid framtida översvämningar
- Skapa en långsiktig framtidsplan för verksamheterna

Appendix: Matematiska förenklingar

Denna rapport har använt en matematisk förenkling för att jämföra flödeskapaciteterna i fyra kritiska punkter. Ansatsen var att öppningens tvärsnittsarea ger ett tillräckligt bra mått för punktens flödeskapacitet. Metoden används inom VVS-branschen för att dimensionera rör och bedöms som tillräckligt noggrann i en första analys. En SMHI-rapport från 2022 beskriver komplexiteten vid dimensionering av vägtrummor⁷. Beräkningar av maxflöden genom vägtrummor har även behandlats av Statens Planverk⁸. Materialet ger följande bild av andra faktorer som påverkar vägtrumornas kapacitet vid BKC:

- *Råhetskoefficienten* är ett mått på vattnets friktion mot trummans insida. Beaktas friktionen bör rimligen även trummans längd påverka kapaciteten
- Trummans *vertikala lutning*
- Graden av *turbulent strömning*
- Skillnader i vattnets *flödeshastighet*

Denna rapport har inte analyserat hur skillnader i bäckens fall (och därmed skillnader i vattnets flödeshastighet) påverkar trummornas kapacitet. Trots ett visst fall från punkt 3 (Benders bro) har punkt 2 (Stengårdsbron) fungerat som en flaskhals. Stengårdsbrons tre trummor har sammantaget relativt stor tvärsnittsarea (90 %). Tänkbara förklaringar är att 1) flödet uppströms stengårdsbron varit relativt turbulent 2) Trummorna förlagts med otillräcklig lutning 3) fler trummor medför större friktionsyta 4) diket nedströms bromsat vattenflödet genom trummorna.

Avslutningsvis ges två räkneexempel på hur läsaren kan göra egna överslagsberäkningar.

Exempel 1: Vattenvolym vid lokalt slagregn

Hur stort bäckflöde kan ett lokalt slagregn orsaka? Augusti 2024 uppges 50 mm regn ha fallit under 2 timmar. Anta att åkrarna på båda sidor av Bottnabäcken får denna nederbörd, från BKC och 200 m uppströms. Anta att regnet bara omfattar åkrar och sluttningar till ca 300 m bredd. Det ger vattenvolymen $0,05 \times 200 \times 300$ kubikmeter (m^3) = 3000 m^3 . Anta vidare att marken är mättad av vatten när regnet börjar, så att hela vattenvolymen rinner ned i bäcken och passerar BKC. För enkelhetens skull antar vi att hela volymen regn orsakar ett konstant merflöde i bäcken under två timmar. Tiden är $2 \times 60 \times 60$ sekunder (s) = 7200 s. Då tillför slagregnet $3000/7200$ m^3 per sekund = 0,42 m^3/s (420 liter/s). Det motsvarar att två fulla badkar med slagregn tillförs BKC:s vägtrummor varje sekund, *utöver* bäckens tidigare flöde.

Exempel 2: Sannolikhetskalkyl för översvämning av typ B+C

Hur lång tid har BKC på sig för att reducera Bottnabäckens flöde och minska risken för en översvämning av typ B+C? Se avsnitt 7.2. Anta att en tillfällig höjning av havsnivån med 1,3 m har sannolikheten att inträffa vart tredje år. Vi uttrycker detta som att $p_{Hav} = 1/3$ per år. Anta vidare att sannolikheten för högt flöde i Bottnabäcken *samtidigt* är ca 50 %. Vi uttrycker detta som att $p_{Sam} = 1/2$. Vi kan nu beräkna sannolikheten för översvämning av typ B+C, p_{B+C} .

$$p_{B+C} = p_{Hav} * p_{Sam} = \frac{1}{3} * \frac{1}{2} = \frac{1}{6} \text{ per år}$$

Kalkylen visar att en översvämning av typ B+C sannolikt inträffar vart sjätte år. Varför har BKC inte upplevt detta tidigare? Troligen har Bottnabäckens flöde historiskt varit lägre, vilket

⁷ <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1902229/FULLTEXT01.pdf>

⁸ Statens Planverk. (1981). VA-byggnorm. 2 uppl. Stockholm: Statens Planverk

resulterat i ett lågt p_{sam} . Med förändrat, våtare klimat ökar denna sannolikhet. Även om p_{sam} bara är 25 % (= 1/4) inträffar en översvämning av typ B+C sannolikt inom 12 år.

En kommande åtgärdsplan kan alltså räkna på när motåtgärder bör vara genomförda. Vid framtagandet av planen uppkommer frågan vilka säkerhetsmarginaler som är önskvärda. En åtgärd som genomförs idag har 100 % säkerhetsmarginal, oavsett när i tiden översvämningen bedöms inträffa. Om man bedömer att en översvämning B + C sannolikt ligger sex år fram i tiden, ger målet att begränsa Bottnabäckens flöde inom tre år 50 % säkerhetsmarginal.

Slutligen konstateras att åtgärder som minskar Bottnabäckens flöde även är verksamma mot översvämningar av typ A och B.