

PM

ÖVERSIKTLIG GEOTEKNISK BEDÖMNING AV INVALLNING SAMT SKYDDSNIVÅ



Slutrapport

2024-09-17

Linköpings
kommun

Sara Ekeröth, Johan Kjellin

Innehållsförteckning

Innehåll

Utredningens syfte och omfattning.....	3
Vallkonstruktion enligt befintligt tillståndet	3
Vallens befintliga status	4
Frekvensanalys Roxens vattennivåer	8
Potentiell utbredning av översvämning vid olika nivåer i Roxen	10
Slutsatser	14
Referenser	15
Bilaga 1	16
Provtagningsprotokoll	16
Bilaga 2	17
Fältanteckningar Linköpings kommun.....	17
Bilaga 3	25
Kompletterande kartor med potentiell utbredning översvämning.....	25

Utredningens syfte och omfattning

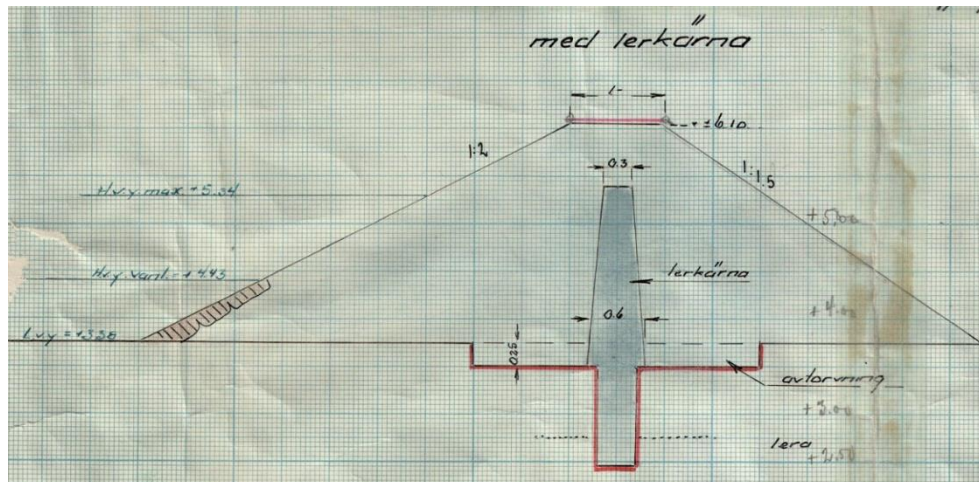
Linköpings kommun planerar omprövning av två invallningsföretag väster om Stångån och norr om E4an. Nuvarande invallningsanläggningar har förändrats över tiden och sättningar och brister i vallkonstruktionen har identifierats. Följande utredning undersöker med hjälp av platsbesök och frekvensanalys av vattenstånd i Roxen vallens nuvarande skyddsnivå.

I utredningen ingår följande moment:

- Utredning av status på nuvarande vall avseende material och nivå på eventuell lerkärna eller täta lager med hjälp av fältundersökning och sammanställning av tidigare utredningar.
- Frekvensanalys för Roxens vattennivåer med relatering av högvattennivåer till återkomsttid.
- Bedömning om vallens befintliga skyddsnivå, avseende höjd i RH2000 och vilken situation i Roxen detta motsvarar.

Vallkonstruktion enligt befintligt tillståndet

Huvudsyftet med invallningsföretagen väster om Stångån (*Tornby invallningsföretag av år 1931* och *Säby-Ullevid invallningsföretag av år 1941*) är att möjliggöra odling av markerna. Därför anlades vallar tillsammans med pumpar som lyfter vattnet ut mot Stångån och Roxen. Enligt tillståndet skulle vallen uppföras med en tät lerkärna (se ritning på vallkonstruktion i Figur 1). I Tabell 1 sammanställs vallens dimensionerande höjder i tillståndet. Sedan anläggandet har en vall mellan samfälligheterna förfallit och de två företagen är idag hydrologiskt sammankopplade. Sedan anläggandet har även förändringar i vallkonstruktionen mot Stångån och Roxen skett och ursprungliga nivåer motsvarar inte längre befintlig situation. Dagens lägre vallnivåer är sannolikt huvudsakligen en följd av sättningar.



Figur 1. Ritning kopierad från akt för Säby-Ullevid 1941 över vallkonstruktion med lerkärna.

Tabell 1. Sammanställning av vallens nivåer i tillståndet, höjder angivna i RH2000 och lokalt höjdsystem (Lok).

Vall dimensionerande HHW	+35,2 m (Lok. +5,34)
Lägsta tillståndsgivna vallkrön	+35,7 m (Lok. +6,10)
Lerkärnans krön	Ca +35,3 (Lok. +5,40)

Vallens befintliga status

Platsbesök med provtagning skedde 2024-06-26. Provtagning utfördes i 6 provpunkter med djup på mellan 0-0,75 meter med grävmaskin och geologikäpp. Se Figur 1 nedan för placering av provpunkterna och efterföljande Figur 2 för tidigare inmätta nivåer av vallkrön. Urval av foton från platsbesök ses i Tabell 2 (för provgrop 1, 3 och 6).

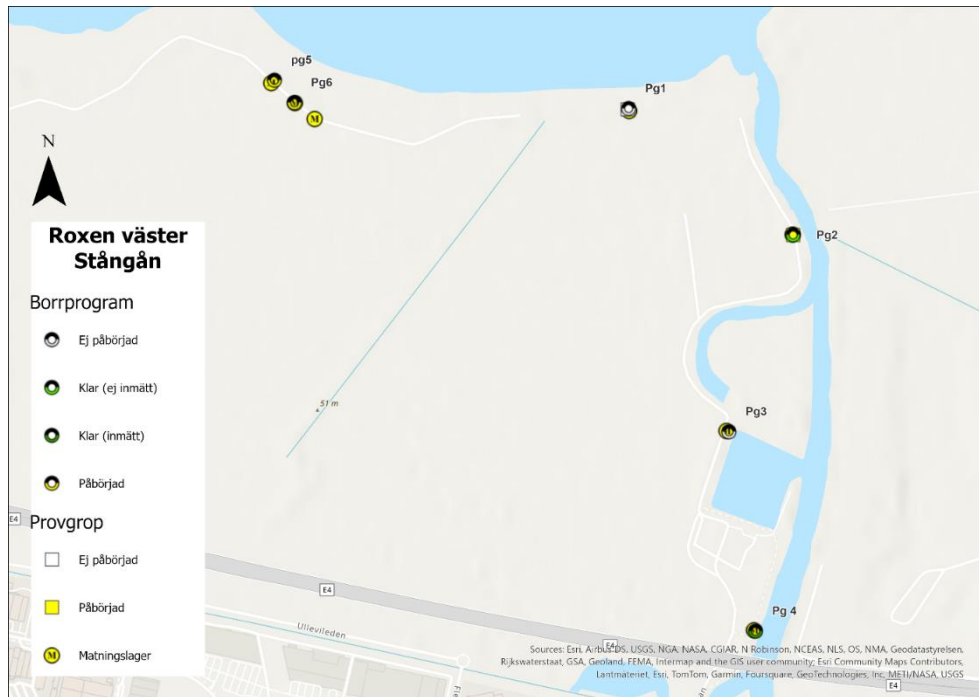
Sammanfattningsvis var det inte möjligt att vid platsbesöket påvisa en nivå för en definierad lerkärna. Lokala variationer när det gäller jordartssammansättning och täthet påvisades. Överlag konstaterades en hög täthet på massorna längs östra sidan medan norra sidan är mer genomsläpplig, provtagningsprotokoll ligger i Bilaga 1.

Den nordvästra sträckan (PG5-PG6) är både eftersatt och utsatt då nivån i Roxen varierar. Det finns en del växtlighet på vällen som sannolikt bidrar till

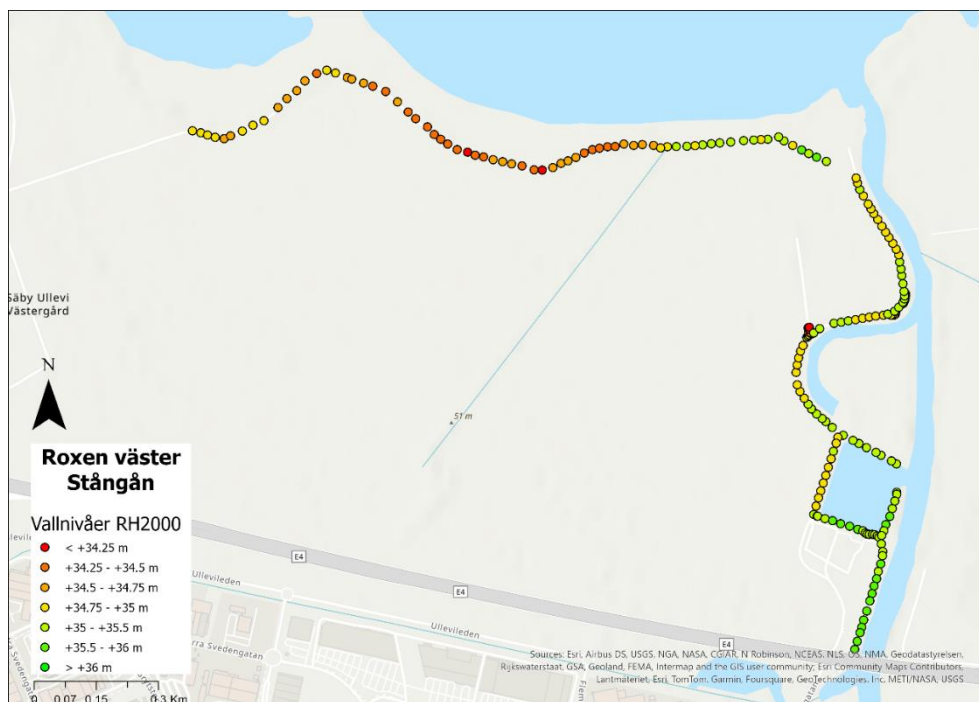
ökad stabilitet, i den mån inte större rotsystem leder till skador i vallen. Här återfanns schakt- och fyllningsmassor bestående av lera, grus, sand och sten. Ingen lerkärna kunde påvisas och vallens täthet bedöms inte vara tillräckligt tät i de övre lagren. Enligt inmätning ligger vallen på omkring +34,2 och +34,4 m längs denna sträcka. Under vårvintern 2024 har massor lagts på för att höja vallen, men när nivån i Roxen under våren steg till vallkrönsnivån skedde genomströmning i det översta lagret i närheten av PG6. Erfarenheten vid tidigare högnivåer i Roxen är dock att sträckan i huvudsak har tillräcklig täthet upp till nivåer nära krönnivån.

Den nordöstra valldelen har högre nivåer än den nordvästra, över +34,75 m, Figur 3 . Vid provtagning ner till 0,6 meter påträffades fyllnadsmassor med mulljord och lera samt rottrådar och spår av asfalt och tegel (PG1). Det fanns ingen tydlig gräns mellan lerkärna och fyllnadsmaterial (se Tabell 2).

Den östra sträckan (PG2-PG3) ligger även den högre (nivåer på över +34,75 m med större partier över +35,5 m) och är anlagd med tätare material än norra sträckan. På vissa ställen återfinns mulljord de översta decimetrarna som efterföljs av lera. Inte heller här kunde någon tydlig lerkärna påvisas, men tecken på en lerkärna vid PG2 finns och i PG3 kan hela vallen tolkas som en enda stor lerkärna. Enligt dokumentation från när småbåtshamnen anlades (1973) valdes ett mer homogent tätt material med hög lerhalt för hela vallkonstruktionen. Bäst lera återfanns längst ner vid grävningen och karaktären bedöms vara av torrskorpelera. Vid PG4 kunde ingen lerkärna påvisas då sannolikt ett ledningsschakt påträffades varvid grävningen avbröts. Vallen ligger här på över +35,5 m och vallen utreddes i samband med Ullevileden strax intill.



Figur 2. Placering av provpunkter vid platsbesöket.



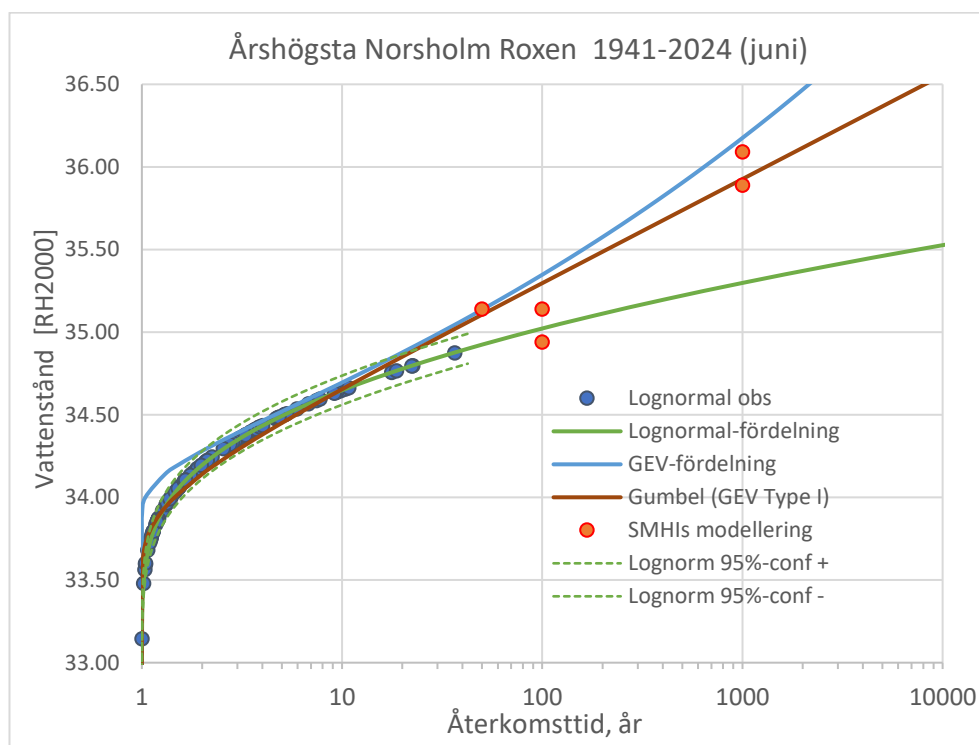
Figur 3. Tidigare inmätning av vallkrönets nivåer (våren 2021)

Tabell 2. Urval av foton från platsbesöket.



Frekvensanalys Roxens vattennivåer

En frekvensanalys har utförts på årshögsta vattenstånd i Roxen, Linköping, med utgångspunkt i Tekniska verkens mätserie mellan åren 1941 och juni 2024. Analysen har utförts för kalenderår med Blockmaximum metoden och Lognormal-fördelningen samt med GEV-fördelningen (Generaliserad Extremvärdesfördelningen) och Gumbel (GEV Type I) (Södling & Nerheim, 2017). GEV-parametrarna skattades med hjälp log-likelihood funktionen. Resultatet från analysen ses i Figur 4 där samtliga nivåer anges i RH2000.



Figur 4. Resultat från analysen som redovisar återkomsttiden på logaritmisk skala.

Olika statistiska modeller ger olika resultat utifrån samma dataunderlag då den sanna fördelningen inte är känd (Södling & Nerheim, 2017). Därför har flera metoder använts för att rita upp ett sannolikt spann. En beräknad nivå för en given återkomsttid ska därför inte tolkas som en exakt nivå utan som en skattning utifrån tillgängliga data och modeller. De framtagna kurvorna har även satts i relation till de modellerade nivåerna i SMHIs rapport (Björn m.fl, 2020) vilka ligger inom det spann som ritas upp av de olika kurvorna.

Utifrån att ingen tydlig lerkärna kunnat påvisas och att vallen vid inträffade högvattenhändelser i huvudsak varit tät upp till nära krönhöjd har skydds nivåanalysen baserats på inmätt krönnivå. Risk för vågsituationer samt genomströmning genom övre lagren bör dock ändå vägas in i helhetsbedömningen. De lägsta uppmätta vallnivåerna som finns inmätta ligger längs den norra sträckan på mellan +34,2 och +34,4 m. Detta motsvarar enligt ovan analys ungefär mellan en 2-års och en 5-års händelse. Under vårvintern 2024 steg nivån i Roxen och ett stort vallbrott tog plats nära PG5-6 då det både rann genom och över vallen. Erfarenheterna från denna vår var att det var just omkring nivåerna +34,2 och +34,4 m som det bröt igenom (Personlig kommunikation – Linköpings kommun).

I Tabell 3 sammanställs beräknat vattenstånd med lognormal-fördelningen och GEV-fördelningen motsvarande 10-, 30-, 50- och 100års återkomsttid. Nivån på lerkärnan i det ursprungliga tillståndet på +35,3 motsvarar ungefär en 100 års situation enligt denna analys.

Tabell 3. Beräknat vattenstånd med lognormal- och GEV-fördelning för återkomsttiderna 10-, 30-, 50- och 100 år.

Återkomsttid [år]	Vattenstånd [m RH2000]	Återkomsttid [år]	Vattenstånd [m RH2000]
Lognormal		GEV	
2	34,20	2	34,28
10	34,65	10	34,70
30	34,85	30	34,99
50	34,92	50	35,14
100	35,02	100	35,35
1000	35,30	1000	36,18

Att en händelse med återkomsttid på 100 år uppnås eller överträffas har en årlig sannolikhet på 1%. Däremot blir den ackumulerade risken under flera år högre. Detta innebär att en konstruktion med en estimerad livslängd på 50 år har en ackumulerad risk på 64% att en händelse med återkomsttid på 50 år inträffar eller överstigs. I Tabell 4 sammanställs sannolikheten över tid att en händelse uppnås eller överstigs för 2-, 10-, 50- och 100 år.

Tabell 4. Sannolikhet över tid för att en händelse inträffar eller överstigs.

Återkomsttid [år]	Sannolikhet under 10 år [%]	Sannolikhet under 50 år [%]	Sannolikhet under 100 år [%]
2	100	100	100
10	65	99	100
50	48	64	87
100	10	39	63
1000	1	5	10

Potentiell utbredning av översvämning vid olika nivåer i Roxen
En teoretisk utbredning (översvämning) för ovan vattenstånd har tagits fram med hjälp av höjddata där utbredning ritats ut med hjälp av höjdkurvor motsvarande vattenstånden. Detta för att visualisera eventuell påverkan på omgivningen och hur maximal utbredning kan tänkas bli om nivåerna i Roxen överstiger vallen och inströmningen överstiger pumpkapaciteten, se Figur 5



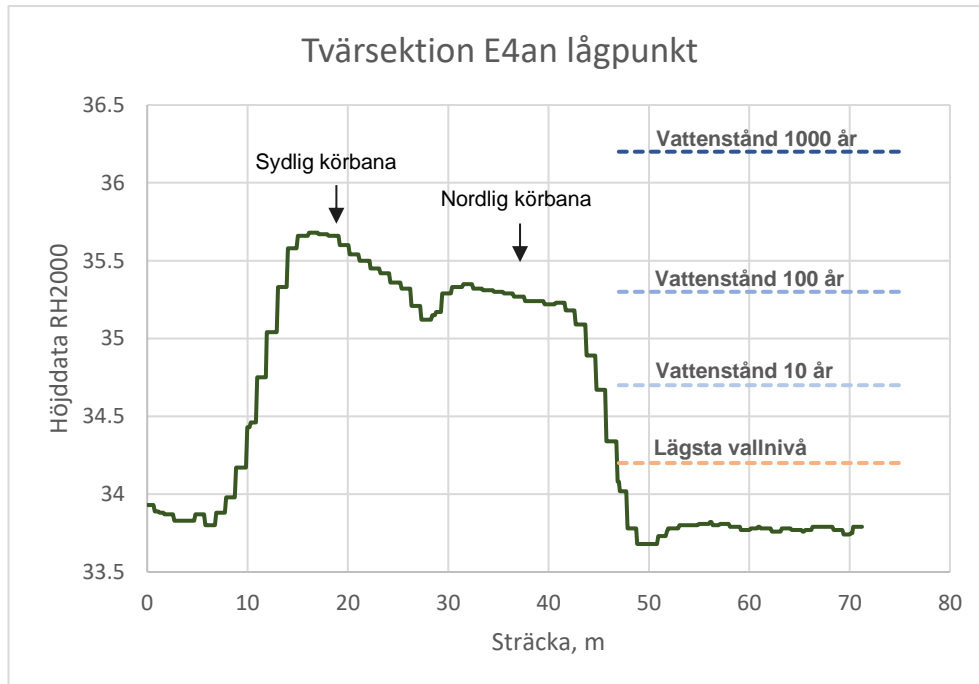
Figur 5. Potentiell utbredning av vattennivåer framtagna i frekvensanalysen för lägsta vallnivå samt 10-, 30-, 50-, 100- och 1000 år.

Förutom jordbruksmarken och småbåtshamnen är det främst E4an som kan påverkas vid överströmning av vallen. E4ans vägyta ligger som lägst på +35.2 m, vilket motsvarar ungefär en 100-års situation. Söder om E4an kan mindre områden av jordbruksmark och diken drabbas vid en 100-års situation, förutsatt att vattnet från Roxen passerar E4:an. Bebyggelsen klarar sig dock i princip helt från översvämning, med undantag för eventuella källare och dämningar i ledningsnät. Inte heller för en 1000-års situation i Roxen sker någon större påverkan på bebyggda områden söder om vägen.

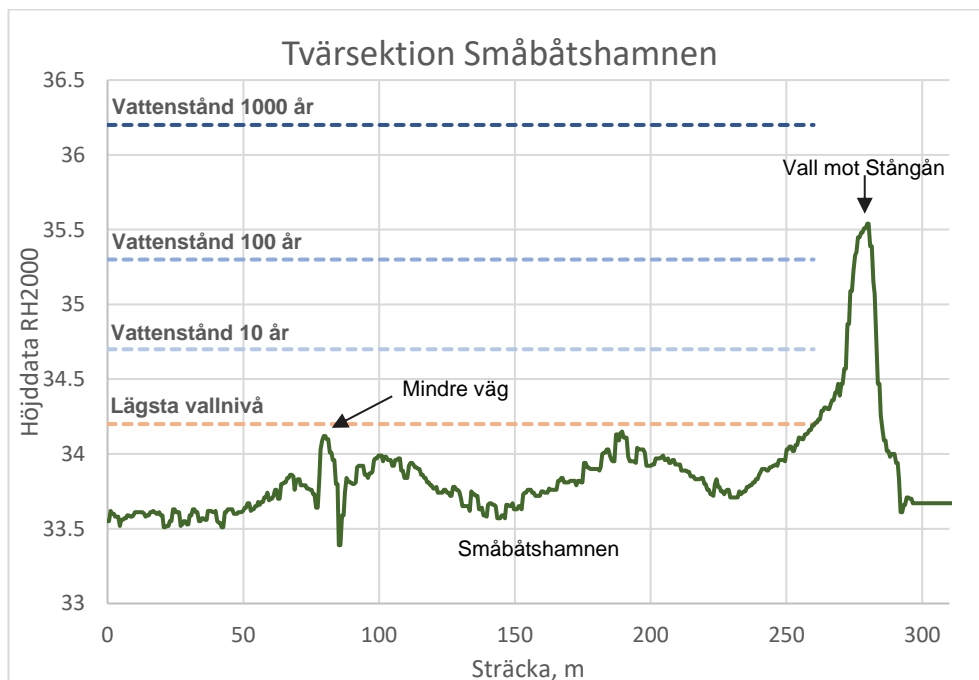
Vad gäller E4:an kan det uppstå stående vatten mot vägbanken även vid måttliga högvattenstånd med förhållandevis låga återkomsttider, se Figur 6 och Figur 7, även om inte själva vägytan översvämmas. I Figur 6 och Figur 8 visas profilen dragen vid småbåtshamnen för att relatera terrängen här mot olika återkomsttider på nivåer i Roxen.



Figur 6. Placering av tvärgående profiler över E4an och över småbåtshamnen som redovisas i efterföljande figurer.



Figur 7. Tvärsektion över E4an för att relatera nivåerna i Roxen vid olika situationer med en av de lägre punkterna på vägen.



Figur 8. Profil dragen vid småbåtshamnen som redovisar höjddata och nivåer i Roxen för olika situationer.

Slutsatser

- Materialet i vallen varierar både mellan olika provpunkter och med djupet. Generellt kan sägas att norra sträckan har sämre kvalitet med hänsyn till täthet och nivå medan östra sträckan är av betydligt tätare material och med högre krönnivå.
- Längs östra sidan uppges en homogen tät massa ha använts för hela vallkonstruktionen där segelbåtshamnen anlades under 1970-talet. Proverna visar på betydligt högre lerhalt än för norra sträckan och vallen kan delvis tolkas som en enda stor lerkärna. Det är framförallt de norra/nordvästra delarna som är mest eftersatta där det har grävts, rasat och eroderat, samt att bitvis mindre täta massor nyttjats för fyllnad.
- Den norra sträckan bedöms ha högst risk för överströmning och genomströmning. Vid inflöde drabbas dock hela området eftersom det östra och det västra invallningsföretaget idag är hydrologiskt sammankopplade. Skyddsnivån bedöms där ligga på omkring +34.2 m till +34.4 m. Exakt nivå är något osäker eftersom viss uppfyllnad gjorts av lägsta delarna efter inmätning av vallen. Enligt frekvensanalysen motsvarar krönnivån en återkomsttid på omkring 2-5 år. Ursprunglig skyddsnivå motsvarade ungefär 100 års återkomsttid
- Om dagens skyddsnivå överstigs, vid överströmning eller genomströmning som överstiger pumpkapaciteten, är det i första hand jordbruksmarken och småbåtshamnen som drabbas. Det finns dock även risk för stående vatten mot E4ans bank. Det krävs däremot vattennivåer motsvarande en 100-års situation eller mer för att E4:an ska översvämmas. Bebyggda områden söder om E4:an klarar sig i princip helt från översvämning vid såväl 100- som 1000-års återkomsttid.

Referenser

Björn, H., Eklund, D., Andréasson, J och Lindahl, S. Detaljerad översvämningskartering längs Motala ström, Roxen och Stångån (Reviderad 2012 och 2020. SMHI Rapport nr 2008 – 44.

Södling, J & Nerheim, N. (2017) Statistisk metodik för beräkning av extrema havsvattenstånd. SMHI Oceanografi nr 124. ISSN: 0283-7714.

Bilaga 1

Provtagningsprotokoll

PG	Djup [m]	Fyllning	Jordartsklass	Färg	Anmärkning
1	0-0,6	Ja	muLe vx tegel och spår av asfalt	Brun	Ingen lerkärna mitten pg brun Let med mu skikt
	>0,6	Nej		Ljusbrun	Rottrådar
2	0-0,15	Ja	muLe vx	Brun	
	0,15-0,25	Ja	Le	Brun	
	0,25-0,55	Ja	Le	Brun	Provtagning med geolog käpp
	0,55-0,75	Ja	si Le	Brun	Provtagning med geolog käpp troligen lerkärna hittad
3	0-0,05	Ja	gr Sa	Brun	
	0,05-0,15	Ja	muLe vx	Brun	Rottrådar
	0,15-0,55	Nej	Le	Brun	Torrskorpe karaktär med mycket rottrådar
	0,55-0,75	Ja	Le	Brun	Provtagning med geolog käpp troligtvis en enda stor lerkärna
4	0-0,2	Ja	muLe vx	Brun	Rottrådar
	0,2-0,3	Ja	F Le	Brun	
	0,3-0,5	Ja	F Sa	Brun	Ledning schakt? Ingen lerkärna hittad
5	0-0,6	Ja	F st gr sa Le	Brun	Schakt massor, ingen lerkärna hittad
6	0-0,4	Ja	sa gr Le	Brun	
	0,4-0,5	Ja	F Le	Brun	Provtagning med geolog käpp
	0,5-0,7	Ja	F Saf	Brun	Provtagning med geolog käpp, ingen lerkärna hittad

Bilaga 2

Fältanteckningar Linköpings kommun

Fältdag Geoteknik - Grävning för att påträffa och mäta in eventuell lerkärna

Tid: 26 juni 2024

Plats: Invallningarna, samling vid Jolleklubben

Närvarande:

- Mikael Lennartsson, fältgeotekniker Tyréns, tel. 010-45 22 089, 0722-0725 58, mejl. mikael.lennartsson, hela dagen
- Roland Pettersson, ersatte kommunens grävare Johan Franzén (tel. 070-786 01 12), förmiddag
- Peter Svanberg (tel. 070-510 82 34), grävare från Säby Maskin och Jord AB, eftermiddag
- Anna-Stina Påledal och Björn Brage, miljö- och samhällsbyggnadsförvaltningen

Syftet med fältdagen

Att vid 5-6 utvalda platser på vallen gräva och försöka påträffa lerkärnan. Om lerkärna påträffas mäta in krönhöjden. Dokumenterna massor i vallen om inte lerkärna påträffas.

Sammanfattning

Ingen tydlig lerkärna konstaterades vid någon av provgroparna. Vallen utmed Roxen innehåller både fyllnadsmassor (PG 1) och schaktmassor (PG 5 och PG 6). Här är vallens ursprungliga konstruktion och funktion kraftigt påverkad.

Vallen utmed Stångån är i bättre kondition även om ingen riktig lerkärna konstaterades vid någon av platserna.

Tyréns (Mikael Lennartsson och Sara Ekeröth) ansvarar för att ta fram ett geotekniskt utlåtande utifrån provgrävningen.

Dagen dokumenterades även i bilder av både kommunen och Tyréns (se längst ned i detta dokument).

Roxens nivå var +33,28 möh aktuell dag (TvAB).

Provtagningsplatser



PG 1

Vid provgrop 1 grävdes ner till ett djup av ca 0,6 m. Ingen synlig lerkärna kunde konstateras. Fyllnadsmassor blandat med lera. Trolige har lermassor lagts upp på vallen vid rensning av valldiket (insidan av vallen). Fyllnadsmassorna innehåller bl a tegel, asfalt och skräp. Mycket vass och övrig växtlighet på och intill vallen. Under vårvinterns höga flöden (2024) har en del av vallen eroderat (utsidan).

PG 2

Grävning utfördes ner till 0,25 m. Jordborr ner till 0,6 m. Mulljord de översta 0,15 m. Därunder lera med inslag av torv/sand. Färgen på leran var ljusbrun. Ingen synlig lerkärna konstaterades.

PG3

Vallen byggdes i samband med att segelbåtshamnen anlades i början av 1970-talet. Av ritningar över segelbåtshamnen från 1973 framgår följande:

INNAN VALLEN UPPLÄGGES UTFÖRES ETT DIKE UNDER DENNA SÅ ATT SAMTLIGA ÅKERDRÄNERINGAR BRYTES OCH PROPPAS I ÖSTRA RESP. NORRA SCHAKTGRAVSKANTEN. DIKET ÅTERFYLLES MED LÄMPLIG LERA SÅ ATT FULL TÄTHET MOT KOMMANDE VATTENTRYCK ERHÅLLES. LERAN PACKAS ENLIGT BESKRIVNING I "UTLÅTANDE ÖVER GRUNDFÖRHÅLLANDENA".
VALLEN UPPBYGGES ENLIGT BESKRIVNING I "UTLÅTANDE ÖVER GRUNDFÖRHÅLLANDENA."

Det kan tolkas som att någon lerkärna inte anlagts och att en homogen lerhaltig vall istället anlades på 1970-talet. Någon lerkärna konstaterades heller inte.

Grävning gjordes ner till 0,55 m. Karaktär "torrskorpelera". Bäst lera längst ner.

PG4

Vid ett djup av 0,3 m konstaterades en ledningsschakt med skyddssand. Grävning avbröts därför. Ingen ledning konstaterades dock och det är heller inte känt av kommunen att det ska finnas en ledning öster om cykelbanan. Översta 20 cm bestod av mulljord följt av 10 cm brunlera.

Eftersom utredning av vallen gjorts i samband med Ullevileden (strax intill) bedömdes det inte nödvändigt att gräva ytterligare på platsen. Ulleviledens underlag borde kunna användas för att bedöma vallens kondition för detta område.

PG 5

Ingen lerkärna kunde konstateras. Vallen ursprungliga funktion kan inte längre ses som fungerande och består mestadels av schaktmassor. Under vårvintern hade cirka 30 cm massor lagts på för att höja vallen. Vårvintern 2024 har det både runnit genom och över vallen på den aktuella platsen.

PG 6

Ingen lerkärna kunde konstateras. Grävning ner till ett djup av 0,7 m. Schaktmassor bestående av lera, grus, sand, sten, tegel och golfboll. Enligt Peter Svanberg har vallen rasat tidigare på platsen och han trodde att lerkärnan numer ligger i valldiket. Detta kunde dock inte konstateras. Mycket träd och växtlighet på vallen. Gammalt schaktområde.

Platsen för det stora vallgenombrottet vårvintern 2024 (vid trädet)

Vallen är trasig. Ingen grävning, men jordborr ner till ca 70 cm. Grå lös lera konstaterades de sista 25 cm.

Bilder från fältdagen**PG 1**

PG 2



PG 3



PG 4



PG 5



PG 6



Platsen för det stora vallgenombrottet vårvintern 2024 (vid trädet)



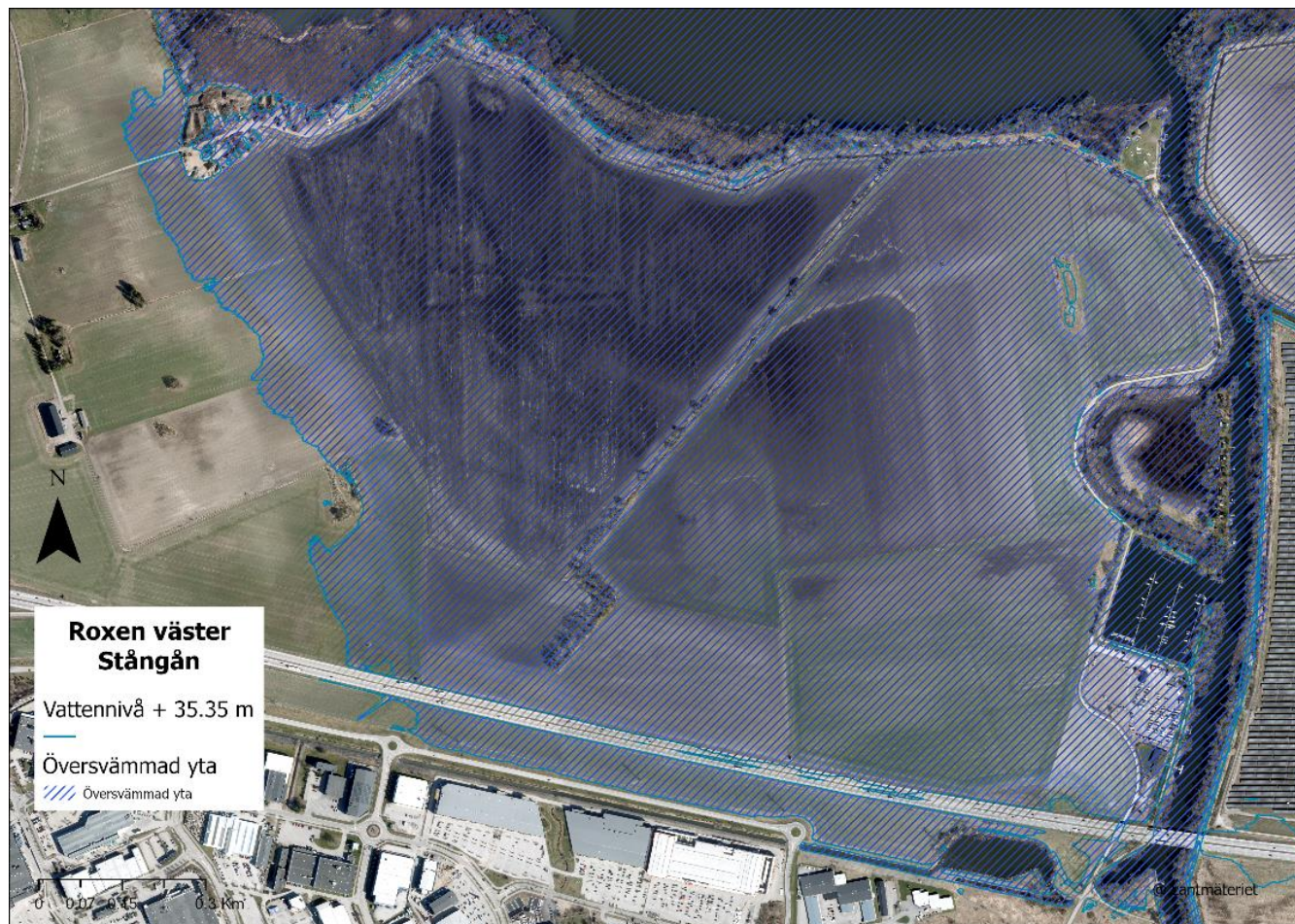
/Antecknat av Anna-Stina Påledal

Bilaga 3

Kompletterande kartor med potentiell utbredning översvämning.



Figur 9. Potentiell utbredning om det bräddar över vid lägsta vallnivå norra valldelarna.



Figur 10. Potentiell utbredning vid 100-års situation i Roxen (+35,35 m), beräknad med GEV-fördelning.