

IDENTIFIERING OCH ÅTGÄRDER FÖR BRISTANDE SPOLFÖRMÅGA I AVLOPPSSYSTEM

Joachim Claesson, KTH Energiteknik

2022-09-05



Identifiering och åtgärder för bristande spolförmåga i avloppssystem

Joachim Claesson

KTH

Inst. f. Energiteknik, Avd. f. Tillämpad termodynamik och kylteknik

2022 September



Förord

Projektet har initierats pga. av de rapporterade problem med fekalier i duschvattenlås som inkommit till Säker Vatten. En inledande projektgrupp bildades bestående av huvudsökande Stefan Ring (Samson Rör), projektledare/forskare Joachim Claesson (KTH Energiteknik), Fredrik Runius (Säker Vatten), Olle Månsson (Geberit). Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) har finansierat detta utvecklingsprojekt, vilket vi är ytterst tacksamma för.

Under projektets löptid har följande personer bidragit med information, kunskap och diskussion:

Joachim Claesson	KTH Energiteknik
Stefan Ring	Samson Rör
Mats Fernebring	LK prefab
Nicklas Johansson	HSB Bostad AB
Mikael Lindholm	Mikab VVS-konsult AB
Olle Månsson	Geberit
Fredrik Runius	Säker Vatten
Rolf Alm	TF AB
Mikael Brohn	Wavin
Martin Brunnkvist	Säker Vatten AB
Håkan Eriksson	Eriksson VVS AB
Anders Byström	PartGroup
Claes Dahlman	PEAB
Sven-Olof Dahlgren	Villeroy & Boch Gustavsberg AB
Ulf Drakenheim	VA-TV AB
Mats Eskilson	NCC
Magnus Forshällen	Incoord
Marie Forshällen	SKANSKA
Ingemar Freiholtz	Pipelife AB
Fredrik Granne	NCC
Bengt Henricson	VVS Fabrikanterna
Kjell-Åke Henriksson	JM
Jörgen Hylander	Knappens prefab AB
Stefan Ingelstrand	Säker Vatten
David Jost	SBC
Mathias Liljebladh	Gustavsberg Rörsystem AB
Mats Lindgren	Partab
Anders Ljungberg	Jafo
Pierre Lundborg	Säker Vatten AB
Harry Matero	SKANSKA
Anders Mattsson	AB Strängbetong
Patrik Svensson	Pipelife AB



Hans Söderström
Maria Wickström
Håkan Fridvall
Bertil Jönsson
John Norling
Lars-Erik Fiskum
Alex Rasmussen

Installatörsföretagen
Boverket
Purus AB
Säker Vatten AB

Sintef
Rörläggaren

Joachim Claesson

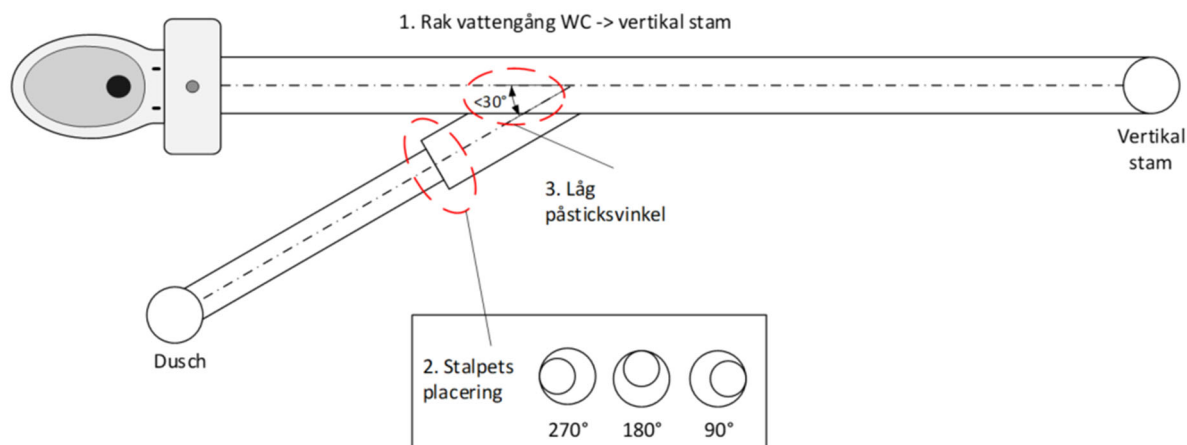
Sammanfattning

Föreliggande projekt har undersökt spillvatten och de problem som finns rapporterade gällande fekalier i duschgolvbrunnar. Identifierade nyckelgeometrier har undersökts för att se dess inverkan på problemet med återspolning av vatten innehållande fekalier. Specifikt undersöktes bl.a. följande:

- Inverkan av spolförmåga för olika rördimensioner
- Inverkan av fall
- Luftningens inverkan
- Höjd från vattenlås och liggande ledning (t.ex. vägghängd toalett eller villor)
- Avstånd från WC och påstick.
- Inverkan av påstickets vinkel

Det kan konstateras baserat på resultaten av projektet att störst chans att reducera risken för återspolning av WC-vatten mot duschgolvbrunn fås om följande rekommendationer beaktas:

- Fallet i duschspillvattenledning bör minst vara 1 %.
- Låta vattengången mellan WC och vertikal stam vara rak.
- Stalpets orientering vara mellan 90° och 270° .
- Om möjligt, använda lägre anslutningsvinkel (31° i denna undersökning).





Innehållsförteckning

Förord	3
Sammanfattning	5
Innehållsförteckning	7
1 Introduktion	9
2 Litteraturgenomgång	10
3 Mätningarnas genomförande	10
4 Inverkan av spolförmåga vid olika rördimensioner	11
5 Återspolning till duschledning	13
5.1 <i>Inverkan av fall</i>	13
5.2 <i>Stalpets orientering</i>	14
5.3 <i>Påstickanslutningens orientering</i>	15
5.4 <i>Höjd mellan vattenlås och horisontell ledning</i>	15
5.5 <i>Inverkan av påstickanslutningen vinkel</i>	16
5.6 <i>Inverkan av avstånd mellan WC och anslutning</i>	17
5.7 <i>Inverkan av luftning</i>	18
6 Slutsatser	20
7 Bilaga A - Litteraturgranskning	22



1 Introduktion

Avloppssystem i byggnader syftar till att bortföra spillvatten utan att negativt påverka byggnaden eller dess boende. Under lång tid har det funnits en strävan att generellt spara på vatten. Detta kan ses i hur diskmaskiner, tvättmaskiner, WC-stolar och armaturer blivit mer snålspolande. Sett ur avloppssystemets perspektiv har det alltså blivit allt mindre vattenmängder som vid varje spolningstillfälle flödar genom systemet.

Byggnaderna har samtidigt alltmer ”optimerats”, vilket har lett till minskade utrymmet för de tekniska installationerna. Detta stipuleras genom t.ex. små vattenschakt och tunna golvbjälklag. För att få rätsida på detta problem så måste samverkan ske mellan branschens aktörer.

Avloppssystemet i lägenheternas golvbjälklag, plattbärlag, består mestadels av prefabricerade avloppssystem, s.k. ”avloppsgroda”, vilket till viss del minskar eventuella monteringsfel i byggnaden. När golvbjälklagen blivit tunnare kan det, beroende på toalettutrymmets utformning, bli problem att få tillräckligt fall. Ett annat problem är att överarmeringen ligger an mot avloppet vilket kan leda till att avloppsgrodorna deformeras och det blir bakfall på avloppsröret.

Avloppssystem dimensioneras idag vanligen enligt de kriterier som fanns beskrivna i SBN 80, alternativt men ytterst sällan dimensioneras det med den Europeiska standarden SS-EN 12056. Dessutom finns det ett Allmänt Råd i Boverkets Byggregler (BBR) att spillvattenledningar från vattenklosett skall vara av minst dimension 100 mm. BBR anger även att lukt inte får spridas från spillvattensystemet. BBR hänvisar enbart till SS-EN 12056, del 1 och 2, och inte till SBN 80. BBR anger vidare att spillvatten från en avloppsenhet med vattenlås inte får tränga in i vattenlås hos annan avloppsenhet. Dessutom skall systemen vara luftade så att tryckvariationer inte bryter vattenlåsen. Utöver detta har organisationen Säker Vatten branschregler och Byggtjänst AMA VVS & Kyla som beskriver utförande av installationerna.

Sedan en tid tillbaka har Säker Vatten uppmärksammats på att det förekommer en del klagomål på installerade spillvattensystem, då boende påpekat att fekalier finns i golvbrunnens hölje när insatsen lyfts ur. Vidare har det också rapporterats om lukt från avloppet. Vid något tillfälle har orsaken trots bero på felaktig installation eller utformning av avloppssystemet och golvet har brutits upp för att inspektera installationen. Det har visat sig att systemen uppfyllde branschregler och var utförda enligt SBN 80. Samtidigt bör noteras att få (eller inga) problem är rapporterade för småhus.

Säker Vatten har då tillsammans med KTH Energiteknik initierat ett kandidatexamensarbete¹, som nyligen blev klart. Vidare har Säker Vatten varit på studiebesök hos företaget Geberit för att få vägledning och konsultation av personal ur deras

¹ Edström S., Stachowicz J., 2020, Strömbild i spillvatteninstallation - En studie på spridningsfenomen av spillvatten till golvbrunn, TRITA ABE-MBT-30212.
Länk till videospelning av spolningar kan ses på
https://www.youtube.com/channel/UCJoxDcok4XmrTvkUz-M_HIA/videos.



forskningslaboratorium samt en förevisning av strömningsbilden i deras ”demonstationsvägg”, med transparenta rör.

Projektet har syftat till att i laborativ miljö bättre kartlägga de noterade problemen med brister i spillvattensystem i lägenheter, hitta lämpliga lösningar vid dimensionering och skapa ett embryo till branschpraxis för dessa installationer och bjälklagets uppbyggnad.

Specifikt undersöktes bl.a. följande:

- Inverkan av spolförmåga för olika rördimensioner
- Inverkan av fall
- Luftningens inverkan
- Höjd från vattenlås och liggande ledning (t.ex. vägghängd toalett eller villor)
- Avstånd från WC och påstick.
- Inverkan av påstickets vinkel

2 Litteraturgenomgång

En inledande litteraturgranskning genomfördes inledningsvis av projektet.

Sammanfattningen av granskningen ges nedan, hela rapporten finns längst bak som bilaga.

Baserat på litteratursammanställning som gjorts kan följande observationer göras

- Det finns relativt mycket resultat för transportförmågan i horisontella spillvattenrör med snålspolande WC
 - o Inverkan av lutning, diameter, spolpolymer etc.
- En forskargrupp dominerar (från Heriott-Watt) kring modeller för analysera spillvattensystem (AIRNET, DRAINET). Alternativa metoder finns på senare tid.
- Finns relativt mycket resultat för vertikala stammar i litteraturen som behandlar bl.a.:
 - o Tryckstötar och dess inverkan på vattenlås
 - o Undertryck (högre upp i stammen)
 - o Övertryck (lägsta våningarna, där vertikal stam övergår till horisontell)
 - o Analysverktyg (med inducerade tryckstötar) identifiera defekta system eller torra/utblåsta vattenlås
- Det kan också konstateras att nästan inget finns om återflöden i spillvattenledningar.
 - o Några få hittades kring vertikal -> horisontell stam,
 - o Några få hittades kring horisontell -> horisontell ledning.

3 Mätningarnas genomförande

Alla mätningar av avstånd är genomförda med måttband. Hela centimeter har använts som minsta mätnogrannhet. Vid de mätningar som inbegriper dynamiska förlopp, dvs där en vattenvolymens position skall bestämmas, har placeringen visuellt bestämts. Varje avstånd som redovisas i rapporten består av ett antal mätningar, generellt har 10 st. mätningar genomförts. Medelvärde av dessa tio mätningar beräknas och är de mätvärden som redovisas i rapporten.

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{n}$$

Mätningarnas spridningsmått beräknas genom att bestämma mätpunktens standardavvikelse.



$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Standardavvikelsen för medelvärdet av en mätning är sedan

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{N}}$$

Eftersom ett fåtal mätningar genomförst (10 st) per mätpunkt används student-t's spridningsmått, för angivet konfidensintervall.²

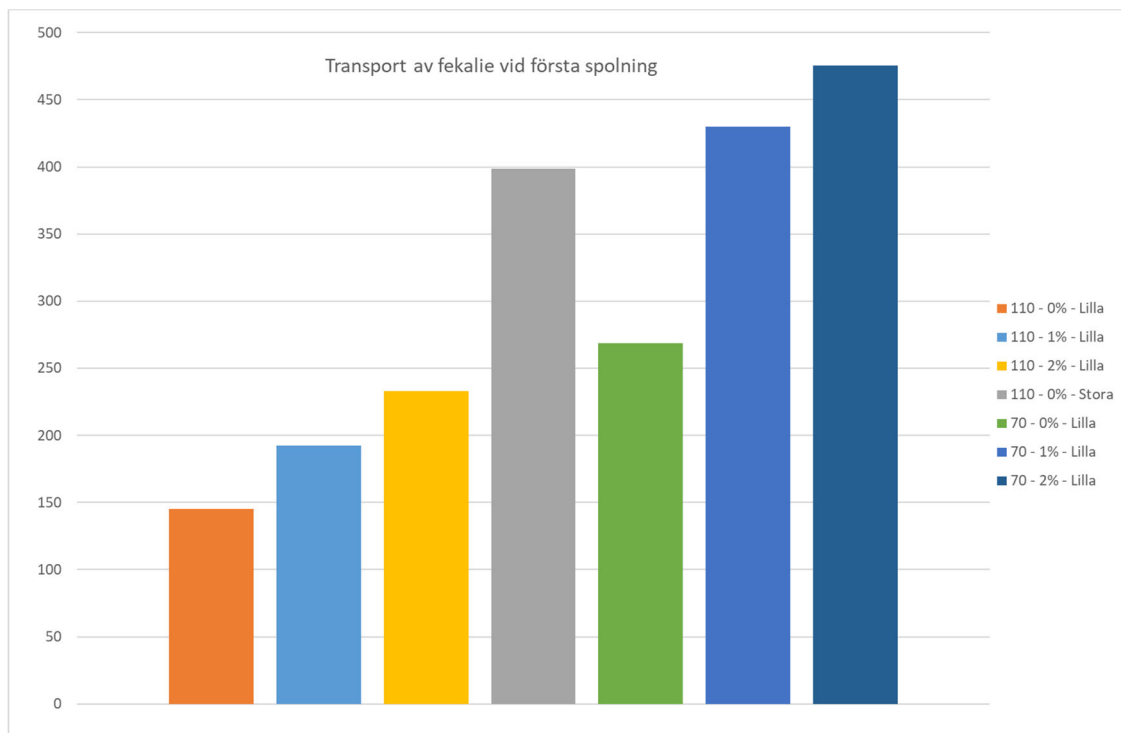
4 Inverkan av spolförmåga vid olika rördimensioner

Denna undersökning genomfördes genom att ett rakt rör av olika dimensioner (110 mm och 70 mm) användes som horisontell spillvattenledning. Undersökningen gick huvudsakligen ut på att se hur långt en artificiell fekalier (se Figur 1) transporterades vid spolning. Två olika spolmängder användes, "liten spolning" (2.4 liter) och "stor spolning" (4.9 liter). Tre olika fall på den horisontella spillvattenledningen användes, nära 0%, 1% samt 2%. Avståndet fekalierna transporterats från WC-stol mättes, tills dessa att den föll ned i vertikal stam 5 meter bort. Som Figur 2 visar fås en betydligt längre första transport med en horisontell ledning på 70 mm istället för 110 mm. Detta beror dels på att vätskenivån i 70mm-röret är högre, vilket ger större marginal innan fekalierna dras längs botten av röret, dels av att flödes hastigheten är högre. Dessa tester är gjorda utan papper, vilket kan påverka resultaten, framförallt illustrera risken för igensättning, som inte alls undersökts här. För att mindre rör skall kunna användas i dessa tillämpningar behöver bl.a. dessa aspekter undersökas framöver.

² Se t.ex. Figliola R.S., Beasley D.E., 2006, Theory and Design for Mechanical Measurements, 4ed, Wiley, ISBN 978-0-471-44593-7.



Figur 1: Testfekalie för provning av spolförmåga, utformning enligt Cambell³.



Figur 2: Transport av fekalier vid första spolning.

³ Cambell D., 2018, Empirical derivation of flow parameters describing the behaviour of a novel artificial test solid for building drainage systems, Building Services Engineering Research and Technology, vol. 39, no. 1, pp. 38 – 49.

5 Återspolning till duschledning

I dessa tester har återspolningen av WC-vatten in upp i anslutande duschspillvattenledning undersökts under ett antal fall. Dessa diskuteras i separata underkapitel. Den principiella uppställningen ses i Figur 3. När papper har använts har 4 st. längder med 7 rutor toapapper använts, av kvaliteten⁴ som används vid KTHs lokaler.

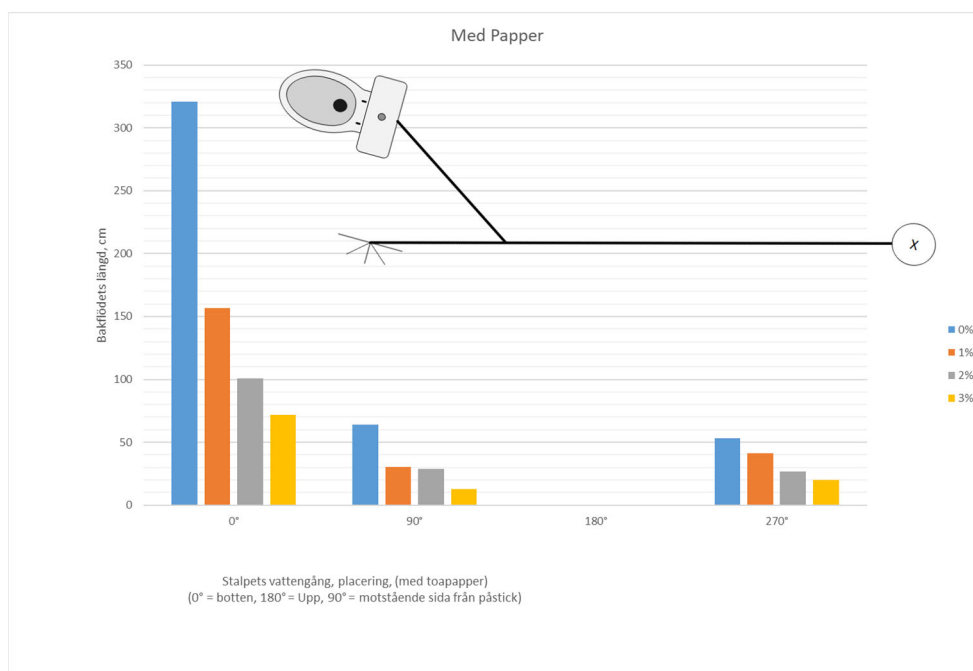


Figur 3: Experimentell uppställning för tester av återspolning i duschspillvattenledning.

5.1 Inverkan av fall

För en geometrisk konfiguration har fallet mellan WC och påstick undersökts. Fallet efter påstick, mot vertikal stam, har inte varierats utan hållits på 1%. På samma sätt har fallet in WC och påstick också hållits vid 1% fall. Avståndet mellan WC och påstick var 40 cm (en längre sträcka undersöks längre ner i rapporten) och 180 cm från påstick till vertikal stam. Fallhöjden mellan golv och nedkant av spillvattenledning var 40 cm, dvs väldigt kort längd vilket inte skulle vara möjlig i praktiken. Påstickets vinkel är 45°. Fallet som undersökts är duschanslutningens fall.

⁴ KATRIN Classic, System Toilet Paper 800. Två-lagers papper, varje ruta är 12.5 x 10 cm.

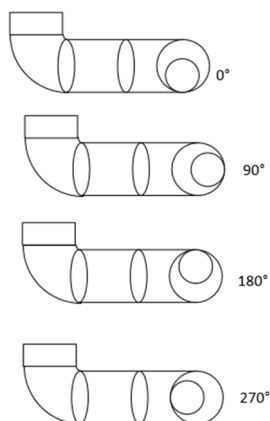


Figur 4: Återspolning till duschspillvattenledning för olika fall och stalpets orientering.

Det kan ses i Figur 4 att fallet har betydande inverkan, framförallt vid låga fall runt 1%. Betydande reduktion kan alltså förväntas om 1% eller mer fall bibehålls vid installation av spillvattenledningar.

5.2 Stalpets orientering

I denna undersökning studerades hur stalpets placering inverkar på återspolningen till duschspillvattenledning. Enligt tidigare rekommendation av Säker Vatten skrevs det att vattengången skall vara jämn vid storleksreduktionen mellan 70 mm till 110 mm (0° i Figur 5). Detta ändrades nyligen efter vårt studiebesök hos Geberit. Nu anges att hjässan av anslutningen skall vara rak (180° i Figur 5).

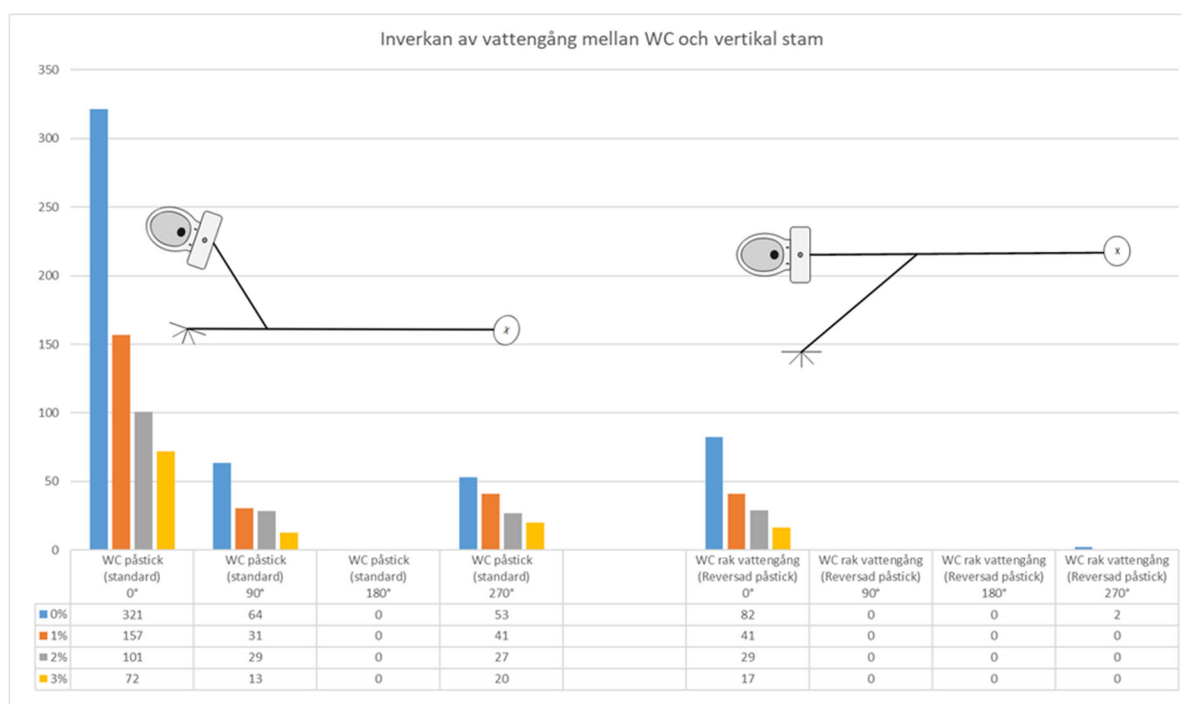


Figur 5: Stalpets olika placeringar.

Figur 4 visar att stalpets placering har en stor påverkan, där ingen återspolning sågs under mätningarna med stalpets placering enligt nu gällande rekommendation av Säker Vatten (180°). Det kan ses att placering av stalpet vid 90° eller 270° motsvarar samma risk för återspolning som för 0° och fall på 3%

5.3 Påsticksanslutningens orientering

I denna del av undersöktes inverkan av anslutningens orientering, dvs. anslutningsvinkel. Två olika vinklar installerades och prövades, 45° och . Övriga geometriska mått enligt tidigare. Figur 6 visar att en betydligt lägre risk för backspolning någon längre sträcka in i duschspillvattenledningen föreligger med rak WC-vattengång. I praktiken föreligger ingen risk om stalpets placering är mellan 90° och 270°, samt att spolvattnet från WC-stolen har rak vattengång.

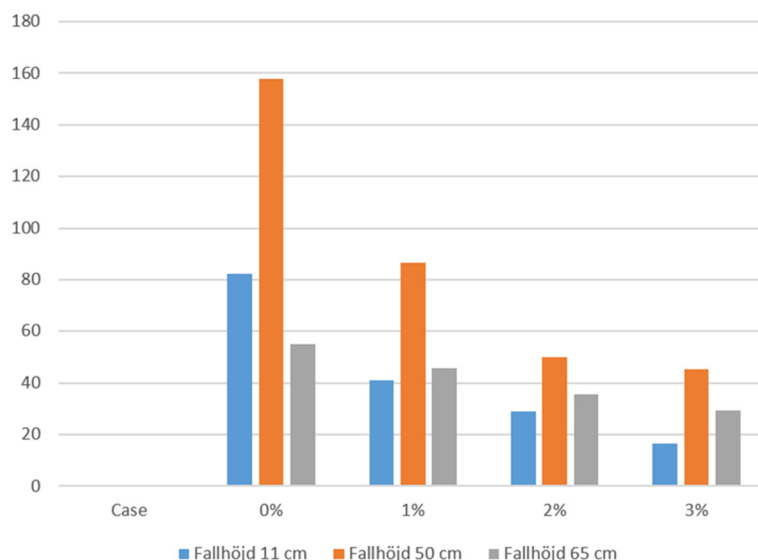


Figur 6: Inverkan av "rak vattengång" mellan WC och vertikal stam.

5.4 Höjd mellan vattenlås och horisontell ledning

Det kan förväntas att WC-stolens höjd jämfört med horisontell spillvattenledning kan påverka flödesbilden inne i spillvattenrören, då vattenlåsets höjd ändrar uppbyggd lägesenergi av spolvattnet. Ju högre upp, relativt, desto större lägesenergi. När spolning initieras omvandlas lägesenergin till rörelseenergi hos spolvattnet. Utöver ändring av avståndet mellan WC och ledning har övriga mått inte ändrats. Stalpets placering är i nederkant (0°). Figur 7 visar resultaten som uppvisar märklig spridning. Det systematiska resultatet är inverkan av fallet, medans höjdens inverkan inte följer någon tydlig trend, bortsett från att 50 cm är högre än övriga. Den mest rimliga förklaringen är att utformningen av spillvattenledningarna, trots ansträngningarna, varierat mer än höjdens inverkan har. Anledningen till detta är att systemen behövde byggas om vid dessa höjdändringar. En annan, mindre trolig, hypotes skulle kunna vara att energin tillgänglig i system just vid 50 cm ger ett gynnsamt fall för

återflöden. Det noterades vid alla testerna att vattenflödet inte är stabilt utan att två eller flera vågmaxim förekommer. Dessa vågar och dalar samt hur de fördelas över till och vid vilket avstånd från WC-stolen kan förväntas att ändras vid olika tillgängliga lägesenergier.

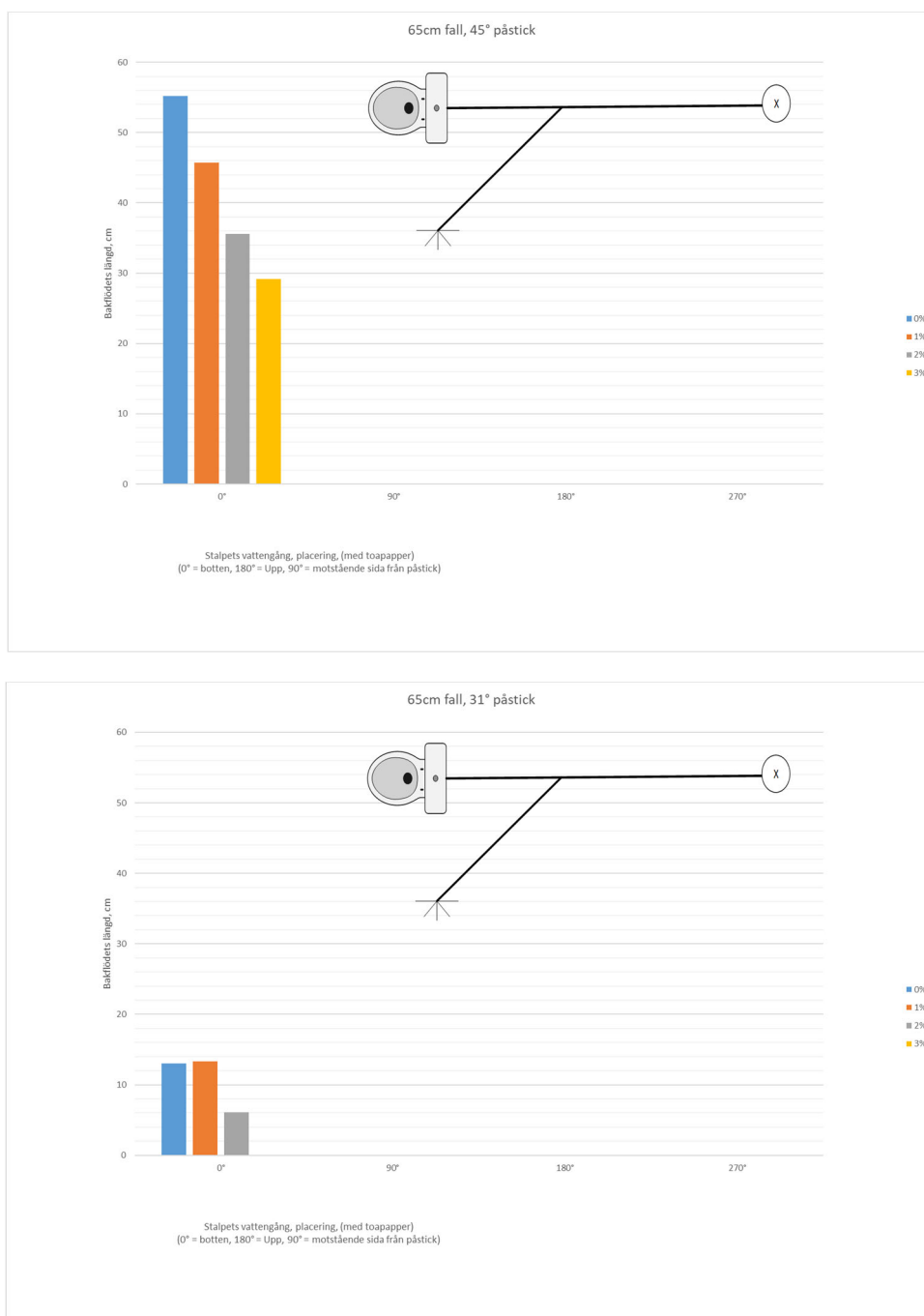


Figur 7: Inverkan av återspolning vid olika höjder relativt horisontell spillvattenledning.

5.5 Inverkan av påstickanslutningen vinkel

Eftersom noteringen gjordes, liknande vattenstrålen i diskhon sprids åt flera håll, även bakåt vid sned anströmning, kan den besvärande bakspolningen kanske minskas när ett påstick med snävare vinkel används. Istället för ett 45° påstick användes istället 31°, med rak vattengång för spillvatten från WC⁵. Fallhöjden mellan golvnivå och horisontell ledning är 65 cm, stalpets placering huvudsakligen 0°. Duschspillvattenledningens fall har här varierats mellan 0% till 3%. Figur 8 visar resultaten för de båda anslutningarna. Som synes fås en betydande minskad risk för återspolning med en vattengång som är mer "riktad" mot det vertikala fallet.

⁵ Vinkeln som avses är vinkeln mellan centrumlinjerna mellan dusch- och WC-spillvattenledning.

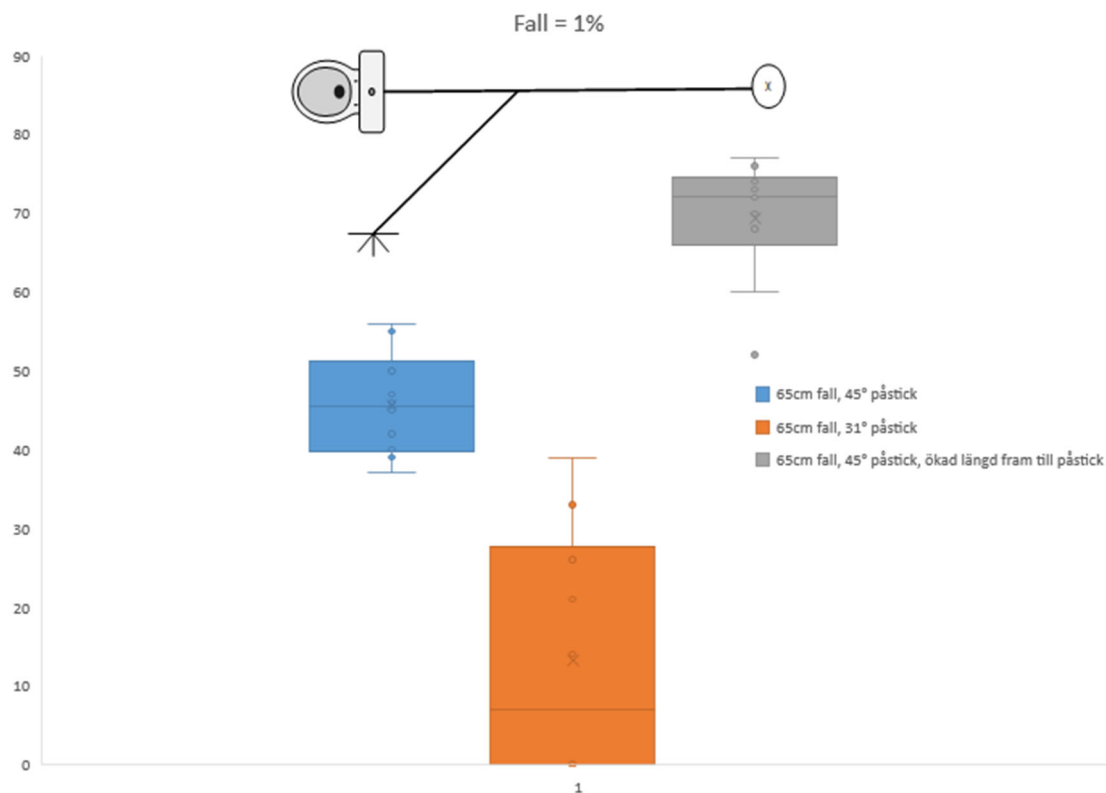


Figur 8: Jämförelse av påsticketets vinkel, 31° istället för 45°, samt inverkan av avståndet mellan WC-stol och påsticket.

5.6 Inverkan av avstånd mellan WC och anslutning

In denna del undersöktes istället om avståndet mellan påsticket och WC-stol påverkar återspolningen. Stalpets placering är 0° och avståndet till WC-stol är antingen 40 cm eller 150

cm. Fallet har varit 1 %. Resultaten, se Figur 9, pekar på att viss ökning av bakspolningen kan ske när avståndet ökat. Resultaten är presenterat som en Box-plot, med nedre och övre kvartil, samt median och outliers inlagda.



Figur 9: Bakspolning vid varierande avstånd från WC-stol.

5.7 Inverkan av luftning

I detta experiment undersöktes om luftningen av den ”vertikala stammen” har någon betydelse. Eftersom ingen egentligen längd användes under experimenten har detta istället undersökts genom att begränsa lufttilltransporten genom att delvis blockera luftningarna. Vidare sattes en kraftig reduktion in i botten av ”vertikala” stammen i två experiment (tre faktiskt, mer om detta nedan) för att emulera den vätskeplugg som genereras när vertikal stam övergår till horisontell ledning. Figur 10 visar uppställningen som använts.

De fall som undersökts (i kronologisk ordning) är:

Ref: Glapp vid WC
#1a: Tejpad WC
#2: Inget vattenlås

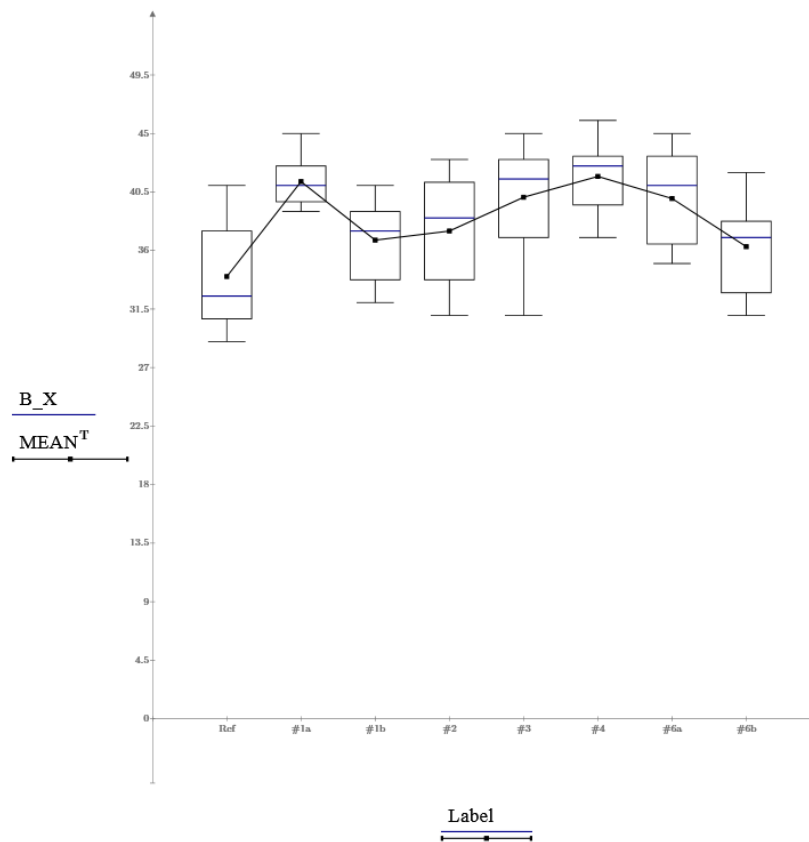
#1b: Vattenlås tillbakasett
#3: Tejpad 50 mm luftning
#4: Tejpad 110 mm luftning
#5: Tejpad 110 mm och 50 mm
#6a: Lång spolning - Tejpad 110 mm, avlopp reducering 110 – 50 mm
#6b: Kort spolning - Tejpad 110 mm, avlopp reducering 110 – 50 mm

I de flesta experiment innan har det inte varit helt tätt mellan WC och spillvattenledning. Fall #1a och #1b är samma experiment, men då golvbrunn flyttas i fall #2 används dessa båda som jämförelse om det påverkar den geometriska utformningen.

Figur 11 visar resultatet för dessa experiment. Det kan ses att ytterst liten inverkan fås på bakspolningen. I det fall som inte finns redovisat, tejpad 110 mm och 50 mm, samt avloppsreduktion från 110 mm till 50 mm på utloppet, sögs vattenlåset helt ur av spolningen. Bortsett från detta kan ingen större inverkan ses.



Figur 10: Emulering av begränsning av luftning.



Figur 11: Inverkan av luftning.

6 Slutsatser

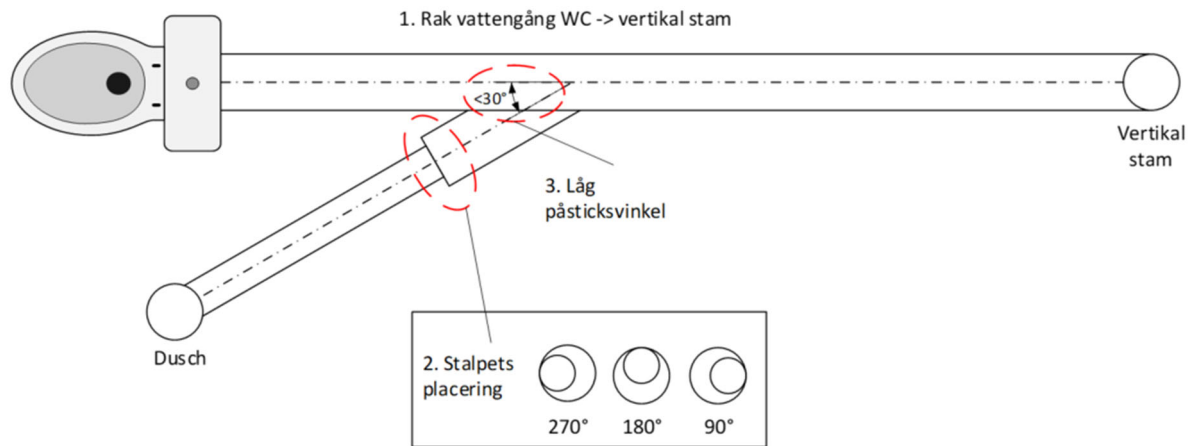
Föreliggande projekt har undersökt spillvatten och de problem som finns rapporterade gällande fekalier i duschgolvbrunnar. Identifierade nyckelgeometrier har undersökts för att se dess inverkan på problemet med återspolning av vatten innehållande fekalier. Specifikt undersöktes bl.a. följande:

- Inverkan av spolförmåga för olika rördimensioner
- Inverkan av fall
- Luftningens inverkan
- Höjd från vattenlås och liggande ledning (t.ex. vägghängd toalett eller villor)
- Avstånd från WC och påstick.
- Inverkan av påstickets vinkel

Det kan konstateras baserat på resultaten av projektet att störst chans att reducera risken för återspolning av WC-vatten mot duschgolvbrunn fås om följande rekommendationer beaktas:

- Fallet i duschspillvattenledning bör minst vara 1 %.
- Låta vattengången mellan WC och vertikal stam vara rak.

- Stalpets orientering vara mellan 90° och 270° .
- Om möjligt, använda lägre anslutningsvinkel (31° i denna undersökning).





7 Bilaga A - Litteraturgranskning