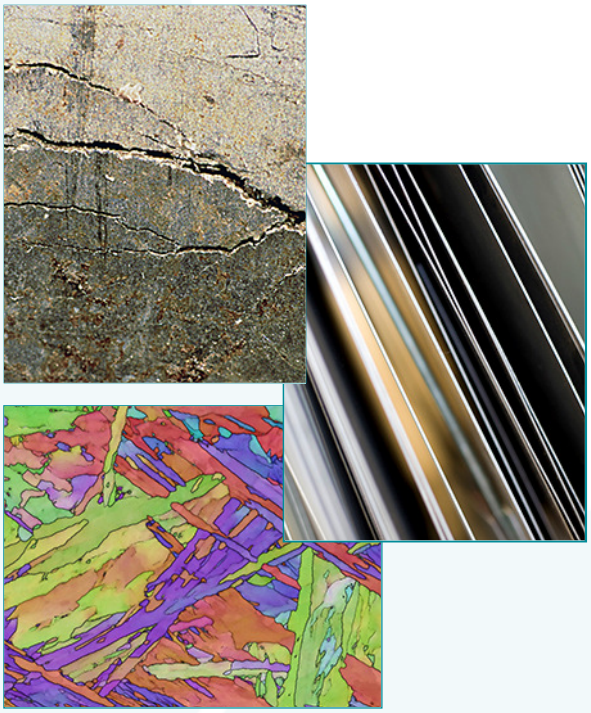


Forskningsrapport
Öppen

Strömningshastighetens inverkan på erforderlig rostmån

Claes Taxen, Bertil Sandberg

Rapportnummer: 11659:4

swerea | KIMAB

Titel	Strömningshastighetens inverkan på erforderlig rostmån
Författare	Claes Taxen, Bertil Sandberg
Publiceringsdatum	December 2015
Rapportnummer	11659:4
Status	Öppen
Projektnummer	11659
Forskningsområde	UPDR
Finansiering	Trafikverket
Distribution	
Godkänd av	2015-12-02

X

Signerat av: Lena Sjögren

Projektkommitté	
Håkan Ahlström	Trafikverket

© Swerea KIMAB
ISSN 1403—848X

© Swerea KIMAB

Strömningshastighetens inverkan på erforderlig rostmån

Claes Taxen, Bertil Sandberg

Rapportnummer: 11659:4

Sammanfattning

Korrosionshastigheten ökar med ökande strömningshastighet.

Statistik från SMHI över vattenföringen vid Bergeforsens kraftstation i Indalsälven används som exempel. Vi finner att flödeshastigheten ökar svagare än vattenföringen eftersom också den vattenförande tvärsnittsytan ökar med ökad vattenföring. På platser där årsmedelvärdet på flödeshastigheten ligger på någon eller några få meter per sekund kan årsmedelvärdet på korrosionshastigheten direkt uppskattas från årsmedelvärdet på flödeshastigheten. Stora lokala variationer i flödeshastighet torde förekomma längs ett och samma vattendrag och också inom ett tvärsnitt på en och samma plats.

swerea KIMAB

Box 7047, 164 40 Kista
08-440 48 00, www.swereakimab.se

Innehållsförteckning

1 Korrosionshastighetens beroende av strömningshastigheten 1

2 Flödeshastigheter i floder och älvar 3

2.1 Mätteknik 3
2.2 Räkneexempel 4

3 Slutsatser 6

4 Referenser 6

1 Korrosionshastighetens beroende av strömningshastigheten

Förhöjda strömningshastigheter är främst att förvänta i floder och älvar, om man bortser från lokalt höga strömningar pga propellerrörelser i hamnar. I floder är vattnet sött varför vi i denna studie fokuserar på hur strömningshastigheten inverkar på korrosionshastigheten hos stål i sött vatten.

Vi har tidigare konstaterat att stålkonstruktioner som passerar vattenlinjen inte kan dimensioneras baserat på rostmån i området kring skvalpzonen, här måste korrosionsförebyggande åtgärder vidtas för att kunna säkerställa 100-120 års livslängd (Sandberg 2015). Av detta skäl studeras endast hur strömningshastigheten påverkar korrosionen i undervattenszonen.

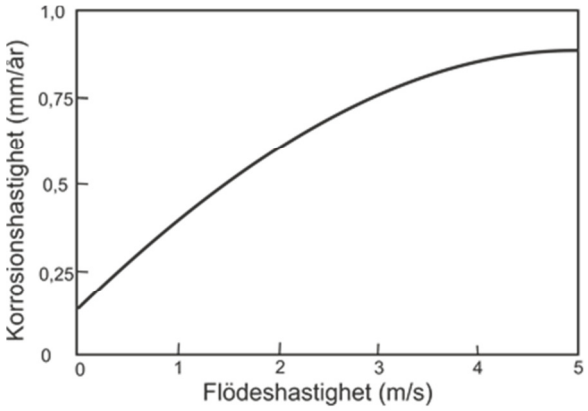
Naturliga sötvatten innehåller olika ämnen som påverkar dess korrosivitet. Stålet kan i en del vatten få naturligt skyddande skikt, bestående av korrosionsprodukter och från vattnet utfällda salter, medan sådana skikt inte utbildas i andra vatten. Korrosionen påverkas sålunda i hög grad av vattnets sammansättning. Inverkande faktorer är syrgashalt, alkalitet, halt av koldioxid och kalciumkarbonat, hårdhet, halt av klorid, sulfat och nitrat, pH, innehåll av organiskt material, flödeshastighet och temperatur. Slutligen inverkar också exponeringstidens längd.

I stillastående eller svagt flödande sötvatten varierar korrosionshastigheten mellan 10 och 70 µm/år (Butler 1966). I tysk litteratur anges korrosionshastigheten till 20 µm/år efter 50 år (EAU 2004). I svenska vatten anges motsvarande värde till 20-60 µm/år efter 4 år (Johnsson 1990). Den förhållandevis korta exponeringstiden i Johnssons undersökning och det faktum att korrosionshastigheten normalt minskar med tiden gör att värden inom intervallet 20-40 µm/år är sannolika efter lång tid i typiska svenska sötvatten. Att korrosionshastigheten är högre i svenska vatten beror på att dessa är mjukare än de tyska vilket medför sämre förmåga att bygga upp skyddande skikt.

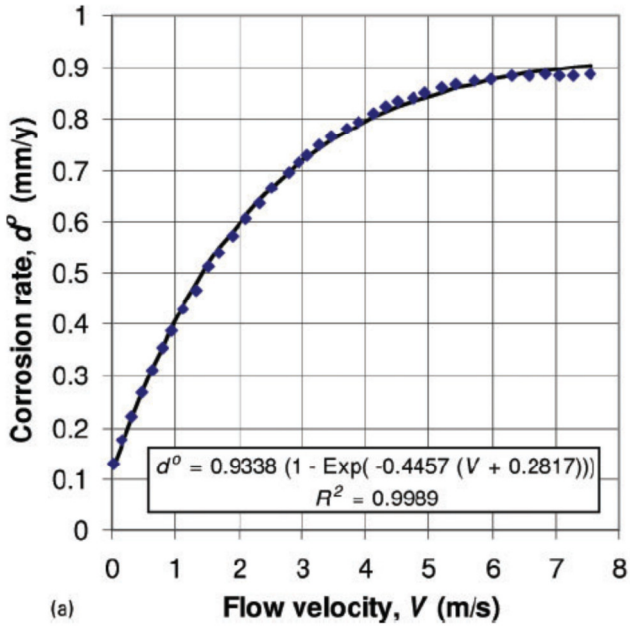
De skyddande skikten av korrosionsprodukter och utfälld kalk, som uppstår med tiden, minskar den korrosionshöjande effekten av ett ökande flöde varför det är troligt att effekten av en ökning av strömningshastigheten har större påverkan i mjuka svenska älvar än i tyska floder med hårt vatten, åtminstone vid måttliga flödeshastigheter.

Några data på strömningshastighetens påverkan på ströms korrosionshastighet i sötvatten har inte påträffats. Däremot finns uppgifter från havsvatten.

Korrosionshastigheten hos ett stål som är exponerat för strömmande vatten ökar med ökande strömningshastighet. Figur 1 och 2 visar relativt samstämmiga resultat från undersökningar av sambandet mellan korrosionshastigheten hos stål och flödeshastigheten.



Figur 1. Korrosionshastigheten i havsvatten som funktion av flödeshastigheten (Dechema 1992).



Figur 2. Korrosionshastigheten i havsvatten som funktion av flödeshastigheten (Guedes 2011).

Vår bedömning är att strömningshastigheten har en likvärdig påverkan i sött och salt vatten eftersom den korrosionshöjande effekten primärt beror på en ökad tillförsel av syre till stålytan. Av figurerna kan vi se att en ökning av flödeshastigheten från 0 till 1 m/s höjer korrosionshastigheten med en faktor 3,5. Detta skulle för ett typiskt svenskt sötvatten innebära en höjning från 30 (mitt i intervallet 20-40) till 100 µm/år.

Vattenföringen i älvar och åar uppvisar ett starkt säsongsberoende med en vårflod som leder till både höga vattennivåer och höga flödeshastigheter. Det är därför viktigt att ta hänsyn till hur lång tidsperiod av året som konstruktionen är utsatt för ett förhöjt flöde i jämförelse med det normala.

2 Flödeshastigheter i floder och älvar

SMHI mäter flödena i många svenska vattendrag. Tillgänglig statistik avser vattenföring uttryckt i kubikmeter per sekund (m^3/s) för olika vattendrag.

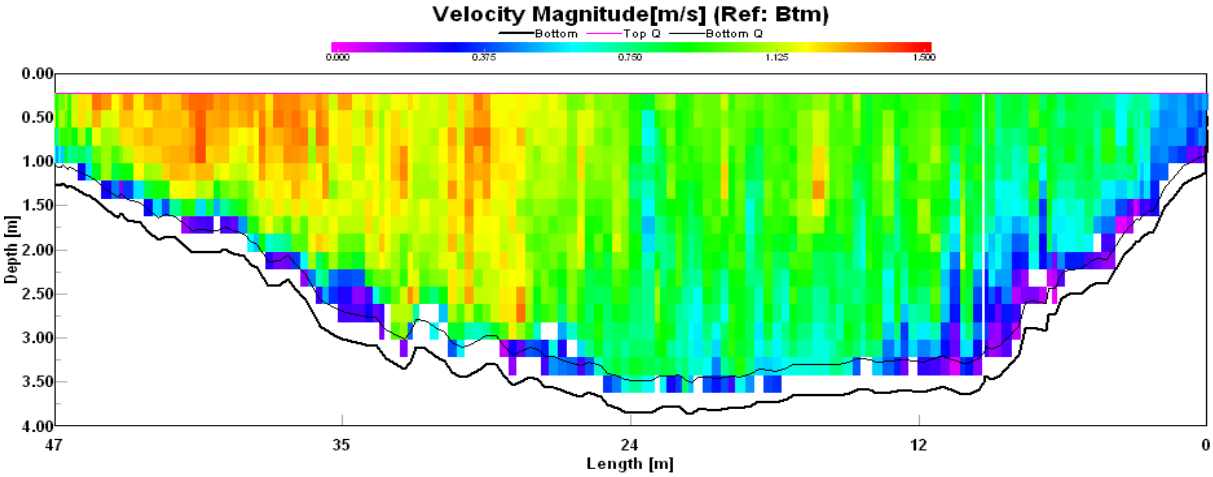
2.1 Mätteknik

Sedan ungefär 20 år tillbaka mäter SMHI vanligtvis flödet med hydroakustiska mätinstrument; ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) eller akustiska profilerare.

Ljudpulser skickas från instrumentet ut i vattendraget och genom att mäta frekvensen på återkommande ekon (från partiklar i vattnet med samma hastighet som vattenmassan, ej fisk) kan instrumentet beräkna vattenhastigheten.

Samtidigt skickas särskilda ljudpulser ut för att särskilja älvbotten och genom att tillämpa dopplerskiftet även på den signalen registreras instrumentets hastighet över botten och på så vis beräknas arean. Man får sedan flödet genom att multiplicera medelhastigheten med arean.

Figur 3 visar en hastighetsprofil för Emån strax söder om Oskarshamn.



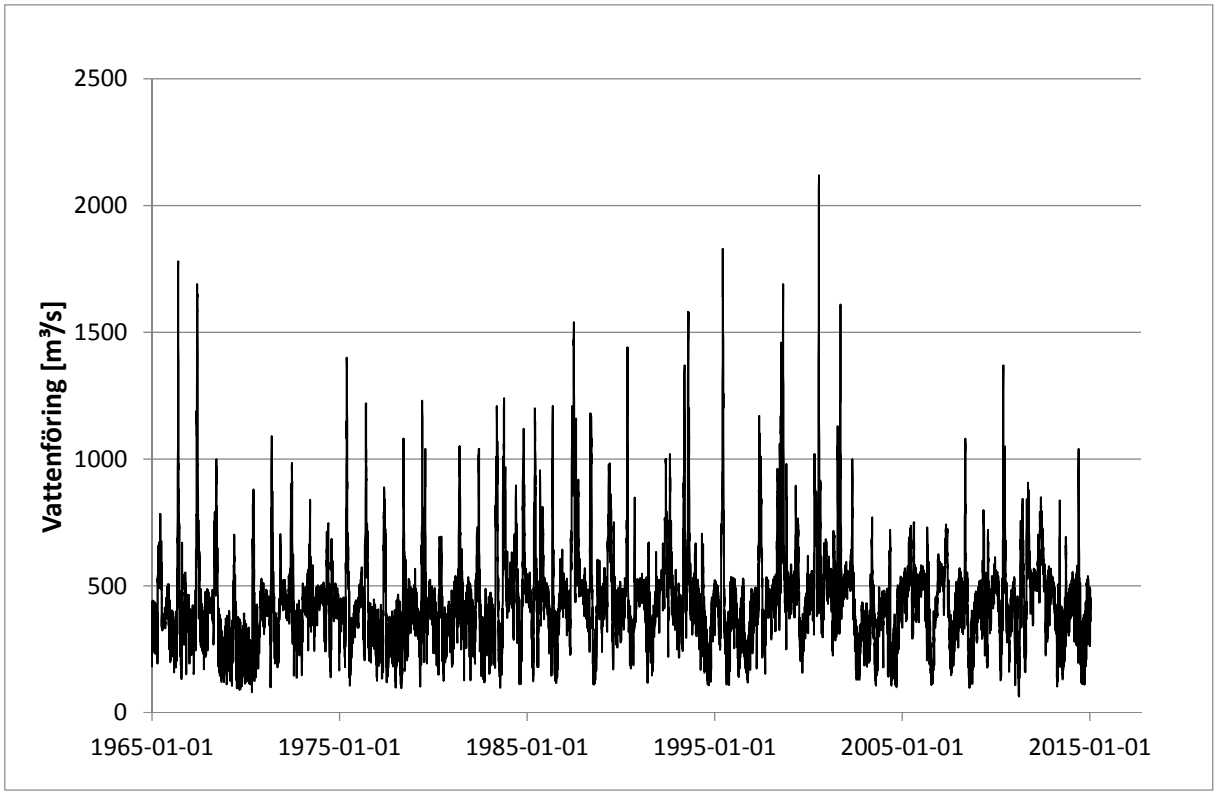
Figur 3. En hastighetsprofil för Emån strax söder om Oskarshamn.

Mätinstrumentet ADCP beräknar flödet för tvärsnittsarean av vattendraget. Arean gånger hastigheten ger flödet i varje cell.

2.2 Räkneexempel

Det intressanta ur korrosionssynpunkt är flödeshastighet (m/s) och inte vattenföring (m^3/s). Vid vårfloden ökar både flödeshastigheten och den vattenförande tvärsnittsytan, när vattennivån stiger. En ökning av vattenföringen till det dubbla innebär inte med automatik att flödeshastigheten också ökar till det dubbla. Om man till exempel skulle finna att en fördubbling av vattenföringen medför att vattennivån stiger med 25 % så innebär det att medelvärdet på flödeshastigheten endast ökar med en faktor 2/1,25=1,6.

För att kunna bedöma vilken betydelse säsongsmässiga variationer i vattenföringen, och därmed indirekt flödeshastigheten, har på korrosionshastigheten har vi bearbetat mätdata från Bergeforsens kraftverk i Indalsälven. I figur 4 visas vattenföringen under de senaste 50 åren.



Figur 4. Vattenföringen vid Bergeforsens kraftverk under en 50-års period.

Medianvärdet för vattenföringen var under denna period 427 m^3/s. Som figuren visar så förekommer toppar på 4-5 gånger detta värde. Varaktigheten för de riktigt höga flödena är dock kort. Det dubbla medianvärdet, 854 m^3/s, överskreds bara under 677 av de totalt 18279 dagarna som omfattas av statistiken. Detta motsvarar endast 3,7 % av tiden.

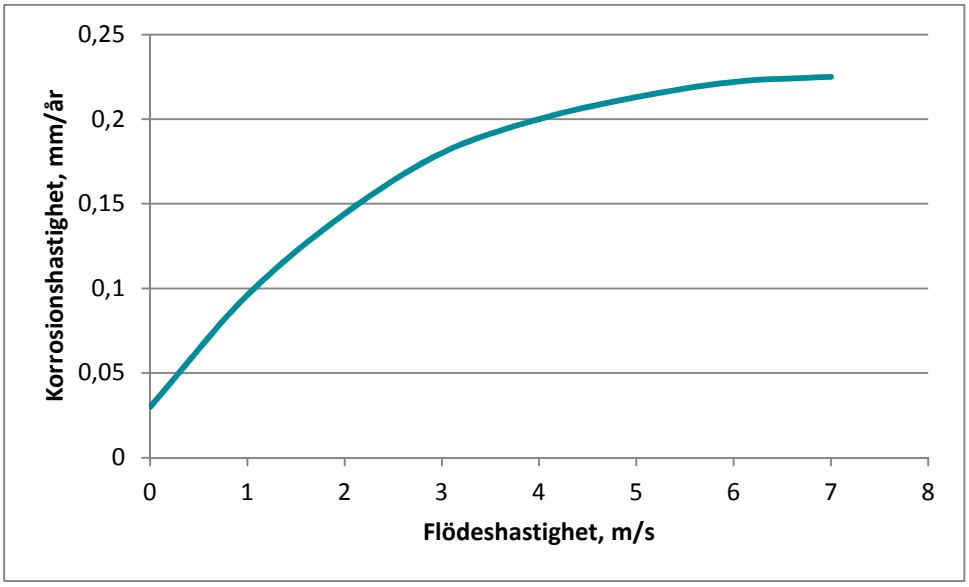
Följande antaganden görs:

- En fördubblad vattenföring medför att vattennivån stiger med 25% vilket ger en 60%-ig ökning av flödeshastigheten istället för en fördubbling vid opåverkad vattennivå.
- Korrosionshastigheten i sötvatten antas vara 25 % av korrosionshastigheten i havsvatten vid alla flödeshastigheter; figur 5 har tagits fram från figur 2 med detta antagande.
- Medianvärdet för vattenföringen vid Bergeforsen, 427 m^3/s, motsvarar en flödeshastighet på 1 m/s.

Ur formeln i figur 2 ovan (kurvanpassning) beräknas korrosionshastigheten vid 1 m/s till 0,41 µm per år i havsvatten, 25% av detta (för sötvatten) blir 0,103 µm/år.

Med formeln angiven i figur 2 har korrosionshastigheten i havsvatten beräknats för varje av de 18279 dagarna som statistiken för vattenföringen i Bergeforsens kraftverk omfattar. Ur dessa korrosionshastigheter beräknas medelvärdet för korrosionshastigheten under de 50 åren till 0,40 mm/år, för sötvatten motsvarar detta 0,100 µm/år. Detta värde ska jämföras med 0,103 mm/år om flödet varit konstant och lika med medianvärdet under hela perioden. Den förhöjda korrosionen under vårfloden kompenseras således av perioder med flödeshastigheter under medianvärdet.

Med ett högre medianvärde för flödeshastigheten minskar inverkan av flödesvariationer ännu mer eftersom kurvan i figur 5 flackar ut vid ökande flödeshastigheter.



Figur 5. Samband mellan korrosionshastigheten i sötvatten och flödeshastigheten, baserat på antagandet att korrosionshastigheten vid alla flödeshastigheter är 4 gånger högre i havsvatten än i sötvatten.

De tillfälliga säsongsvariationerna i flödeshastighet verkar alltså spela en mycket liten roll. Korrosionshastigheten kan således förutsägas baserat på medianvärdet för flödeshastigheten. Det bör dock beaktas att medelflödeshastigheten är lokal och att den för en bro kan variera från ett brostöd till ett annat.

3 Slutsatser

- Korrosionshastigheten ökar vid ökad strömningshastighet
- Tillgänglig statistik redovisar vattenföring (m^3/s) och inte strömningshastighet (m/s).
- Vattenföringen i svenska vattendrag uppvisar relativt kortvariga toppar i samband med vårflod.
- Ett exempel från Bergeforsen visar att ett jämförelsevärde på dubbla medianvärdet av vattenföringen överskrids mindre än 4 % av tiden, under en 50-års period.
- Eftersom också vattennivån ökar vid vårflod så har medelströmningshastigheten ett svagare säsongsberoende än vattenföringen.
- Medelkorrosionshastigheten kan uppskattas från medelströmningshastigheten, över tid.
- Variationerna mellan olika vattendrag, mellan olika platser i samma vattendrag, och också inom ett tvärsnitt på en och samma plats torde kunna vara stora.

4 Referenser

Butler, G & Ison, H C K (1966): Corrosion and Its Prevention in Waters, London, 1966.

Dechema (1992): Corrosion Handbook, Corrosive agents and their interaction with materials. Vol 11. Berlin 1992.

EAU (2004): Recommendations of the working Committee Embankment, Harbours and Waterways, 8th edition, Ernst & Sohn. Berlin 2006, ISBN-13: 978-3-433-01666-4, ISBN-10:3-433-016666-6.

Guedes Soares, C & Garbatov, Y & Zayed, A (2011): Effect of environmental factors on steel plate corrosion under marine immersion conditions. Science and Technology. 2011, Vol 46, No 4, p 524.

Johnsson, T & Sederholm, B (1990): Korrosionsskydd av vägtrummor. Resultat efter fyra års exponering på försöksstationer. Korrosionsinstitutet. Stockholm. 1990-11-18.

Sandberg, B (2015): Korrosion av stålkonstruktioner med lång förväntad livslängd-nulägessammanställning. Swerea KIMAB 11659/2. Augusti 2015.

SMHI (2015): Hemsida.

swerea|KIMAB
Box 7047, 164 07 Kista
Besöksadress Isafjordsgatan 28 A, 164 40 Kista
08-440 48 00, kimab@swerea.se, www.swereakimab.se