

Nyttiga beräkningsverktyg

16 november 2022

Havs
och Vatten
myndigheten



Johan Ahlström, Havs- och vattenmyndigheten

Detta kommer jag att avhandla!



- » Tillskott av alkalinitet
- » Okalkad alkalinitet
- » Okalkat pH (pH_{okalk})
- » Kalkeffekt
- » Försurning (ΔpH)
- » Provflöden



Till vad nytta?

- » Beror ett lågt pH på ovanligt sura förhållanden eller på en svacka i tillskottet av kalk?
- » Är kalkningen bra eller dålig?
- » Är kalkningen dimensionerad i förhållande till behovet?
- » Hur mycket behöver kalkmängden höjas för att pH-målet ska uppnås?
- » Är kalkningen motiverad i förhållande till försurningen?
- » Hur väl speglar vattenproven kritiska förhållanden?

Så hänger det samman!



Vattenprov
från kalkat
vatten



Ca/Mg-kvoten

Alkalinitet_{till}

Hur mycket
har
alkaliniteten
höjts av
kalkningen

Alkalinitet_{okalk}

Vad skulle
alkaliniteten
vara utan
kalkningen

pH_{okalk}

Vad skulle pH
vara utan
kalkningen

Δ pH

Hur mycket
lägre är
pH_{okalk} än
naturligt pH

Hur mycket har
alkaliniteten höjts
i förhållande till
kalkdosen

Kalkeffekt

Vilken kalkdos
behövs för att
nå pH-målet

Kalkbehov



Kalkdos

Provflöden



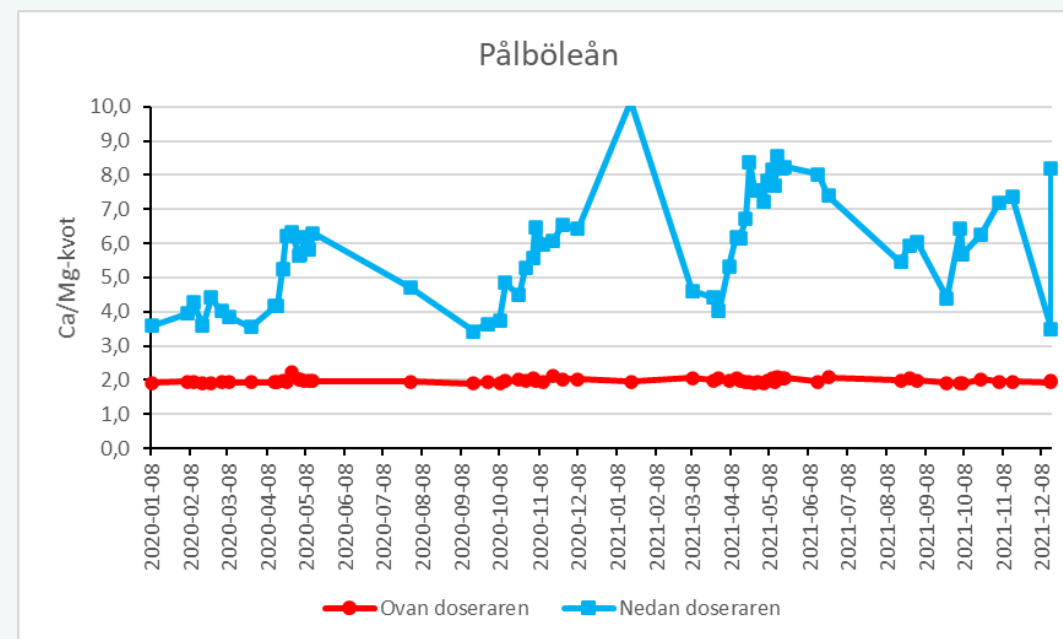
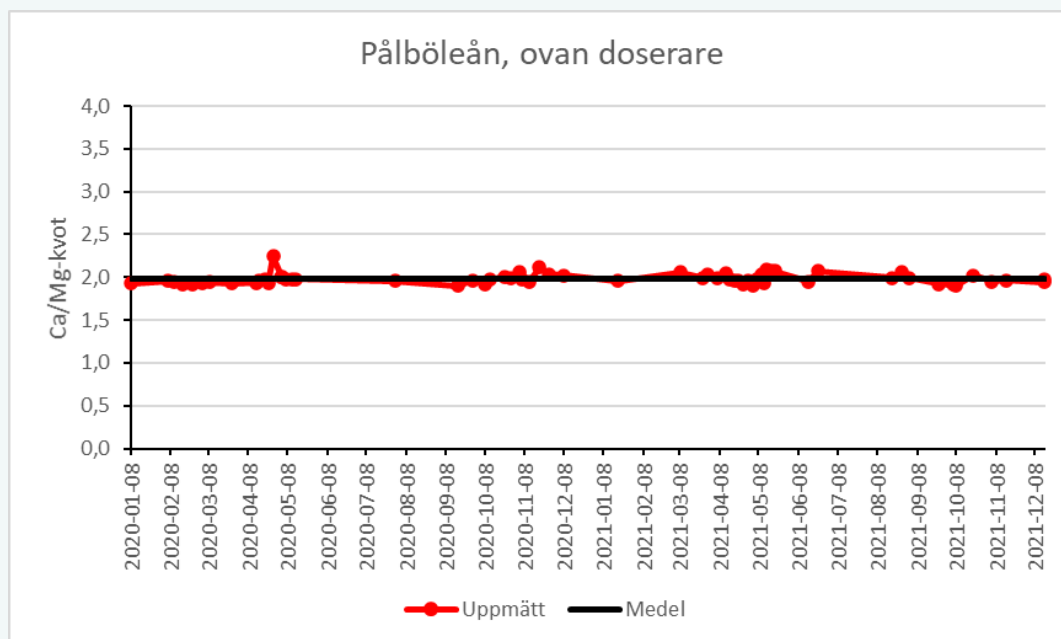
Extra
kemiparametrar

Havs
och Vatten
myndigheten

Ca/Mg-kvoten



- » Kalcium och magnesium frigörs vid vittring från markmineralen (främst silikater) i ett givet förhållande beroende på mineral. Ca/Mg-kvoten i avrinnande vatten beror således på markens sammansättning av mineral inom avrinningsområdet. **Geografisk variation.**
- » Ca/Mg-kvoten är förhållandevis stabil oberoende av flödet. **Tidsmässigt stabil.**
- » Vid kalkning tillförs kalcium, men inte magnesium. Därmed höjs Ca/Mg-kvoten. *(Om kalkmedlet innehåller magnesium påverkas även Mg-halten vilket skapar större osäkerheter. Gäller främst kalk från Gåsgruvan).*



Ca/Mg-kvoten



- » Kalcium och magnesium frigörs vid vittring från markmineralen (främst silikater) i ett givet förhållande beroende på mineral. Ca/Mg-kvoten i avrinnande vatten beror således på markens sammansättning av mineral inom avrinningsområdet. **Geografisk variation.**
- » Ca/Mg-kvoten är förhållandevis stabil oberoende av flödet. **Tidsmässigt stabil.**
- » Vid kalkning tillförs kalcium, men inte magnesium. Därmed höjs Ca/Mg-kvoten. *(Om kalkmedlet innehåller magnesium påverkas även Mg-halten vilket skapar större osäkerheter. Gäller främst kalk från Gåsgruvan).*
- » Genom att multiplicera den okalkade Ca/Mg-kvoten $(Ca/Mg)_{okalk}$ med uppmätt magnesium kan den okalkade kalciumhalten ($Kalcium_{okalk}$) beräknas enligt:

$$✓ Kalcium_{okalk} = Magnesium_{uppmätt} * (Ca/Mg)_{okalk}$$

Exempel:

$Magnesium_{uppmätt} = 0,03 \text{ mekv/l}$, $(Ca/Mg)_{okalk} = 2$

- $Kalcium_{okalk} = 0,03 * 2 = 0,06 \text{ mekv/l}$

**Havs
och Vatten
myndigheten**

Ca/Mg-kvoten



- » Kalcium och magnesium frigörs vid vittring från markmineralen (främst silikater) i ett givet förhållande beroende på mineral. Ca/Mg-kvoten i avrinnande vatten beror således på markens sammansättning av mineral inom avrinningsområdet. **Geografisk variation.**
- » Ca/Mg-kvoten är förhållandevis stabil oberoende av flödet. **Tidsmässigt stabil.**
- » Vid kalkning tillförs kalcium, men inte magnesium. Därmed höjs Ca/Mg-kvoten. *(Om kalkmedlet innehåller magnesium påverkas även Mg-halten vilket skapar större osäkerheter. Gäller främst kalk från Gåsgruvan).*
- » Genom att multiplicera den okalkade Ca/Mg-kvoten $(Ca/Mg)_{okalk}$ med uppmätt magnesium kan den okalkade kalciumhalten ($Kalcium_{okalk}$) beräknas enligt:
- » Om $(Ca/Mg)_{okalk}$ inte är känd så skattas den som $(Ca/Mg)_{ref}$ med Excel-verktyget KALKREF 1_4.xls som Ni hittar här:

<https://www.slu.se/institutioner/vatten-miljo/miljoanalys/sjoar-och-vattendrag/kalkeffektuppfoljning-keu/>

Tillskott av alkalinitet och okalkad alkalinitet

- » $\text{Kalcium}_{\text{okalk}}$ används för att beräkna det tillskott av kalcium ($\text{kalcium}_{\text{till}}$) som kalkningen åstadkommit
 - » Tillskottet av alkalinitet är lika stort som tillskottet av kalcium
 - » Okalkad alkalinitet beräknas via uppmätt alkalinitet minus tillskott av alkalinitet
- ✓ $\text{Kalcium}_{\text{till}} = \text{kalcium}_{\text{uppmätt}} - \text{kalcium}_{\text{okalk}}$
 - ✓ $\text{Alkalinitet}_{\text{till}} = \text{kalcium}_{\text{till}}$
 - ✓ $\text{Alkalinitet}_{\text{okalk}} = \text{alkalinitet}_{\text{uppmätt}} - \text{alkalinitet}_{\text{till}}$

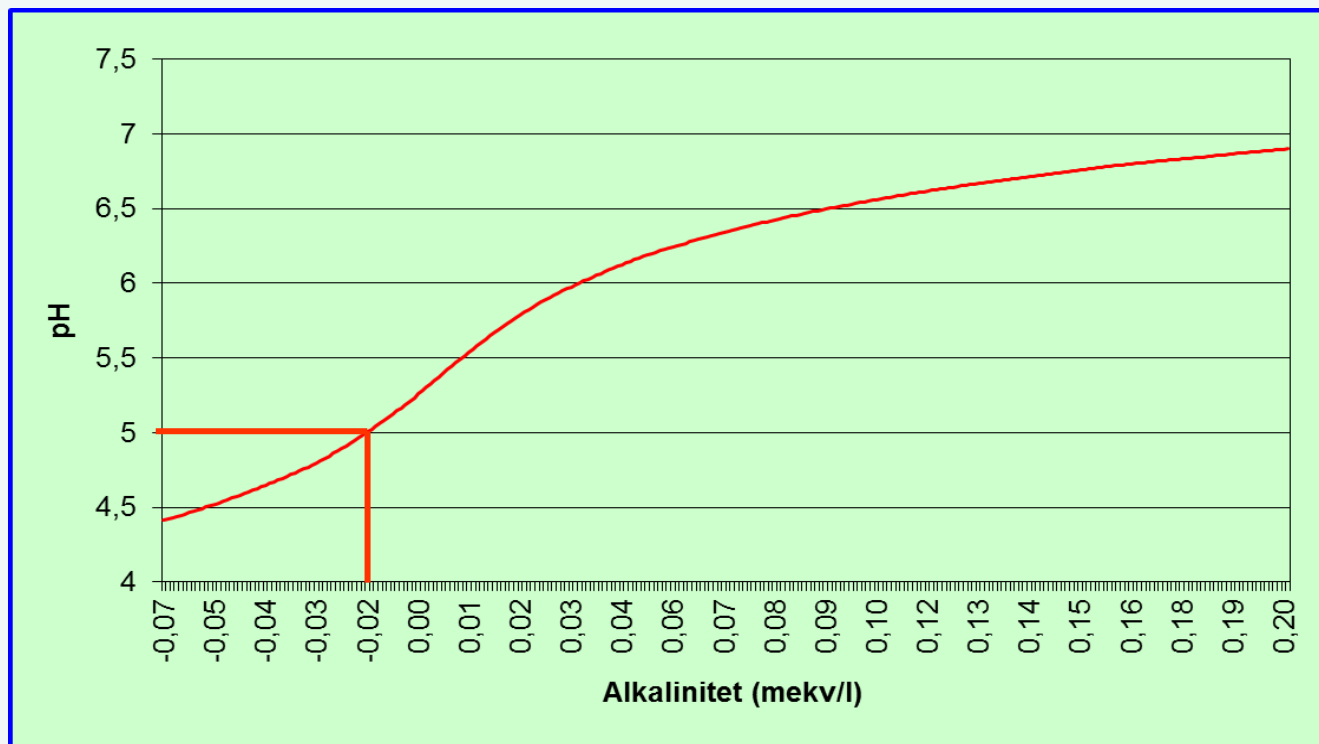
Exempel:

$\text{Magnesium}_{\text{uppmätt}} = 0,03 \text{ mekv/l}$, $(\text{Ca/Mg})_{\text{okalk}} = 2$, $\text{kalcium}_{\text{uppmätt}} = 0,12 \text{ mekv/l}$, $\text{alkalinitet}_{\text{uppmätt}} = 0,04 \text{ mekv/l}$

- $\text{Kalcium}_{\text{okalk}} = 0,03 * 2 = 0,06 \text{ mekv/l}$
- $\text{Kalcium}_{\text{till}} = 0,12 - 0,06 = 0,06 \text{ mekv/l}$
- $\text{Alkalinitet}_{\text{okalk}} = 0,04 - 0,06 = -0,02 \text{ mekv/l}$

Okalkat pH

- » Okalkat pH skattas från okalkad alkalinitet
- » Baseras på ett "normalförhållande" mellan pH och alkalinitet



- $\text{Alkalinitet}_{\text{okalk}} = -0,02$, ger $\text{pH}_{\text{okalk}} = 4,95-5,0$

Okalkat pH

- » Ungefärlig skattning av pH_{okalk} från $\text{Alkalinitet}_{\text{okalk}}$
- » Förhöjt partialtryck av kolsyra kan ge betydligt lägre pH_{okalk} vid $\text{alkalinitet}_{\text{okalk}} > 0,00$ mekv/l. Gäller särskilt för islagda sjöar

$\text{Alk}_{\text{okalk}}$ (mekv/l)	pH_{okalk}
-0,050	4,55
-0,045	4,60
-0,040	4,65
-0,035	4,70
-0,030	4,80
-0,025	4,85
-0,020	4,95
-0,015	5,05
-0,010	5,15
-0,005	5,25
0	5,40
0,005	5,50
0,010	5,60
0,015	5,70
0,020	5,80
0,025	5,90
0,030	5,95
0,035	6,05
0,040	6,10
0,045	6,15
0,050	6,20

Kalklab

- » I kvartalsvisa redovisningar från Kalklab ingår automatiska beräkningar av alkalinitetstillskott, okalkad alkalinitet och okalkat pH för samtliga målpunkter
- » Länsstyrelsen kompletterar med flödesuppgifter för varje provtagningstillfälle i målvattendrag med ett verktyg på SMHI:s vattenwebb:

<https://vattenwebb.smhi.se/kalka/>

- » Flödet vid varje provtillfälle relateras till årets maxflöde och till MHQ
- » Andel målpunkter med underskridet pH-mål, andel målpunkter utan kalkbehov, andel målpunkter med vattenprov vid höga flöden, osv.

Kalkeffekt

- » Uppnått tillskott av alkalinitet i förhållande till använd kalkdos
- » Beräknas för samtlig provtagningstillfällen, men är mest intressant vid tillfället med lägst alkalinitetstillskott samt vid tillfällen med underskridet pH-mål
- » Kalkeffekten beräknas via tillskott av alkalinitet och använd kalkdos (volymdos) enligt:

$$✓ \text{ Kalkeffekt} = \text{Alkalinitet}_{\text{till}} / \text{kalkdos}$$

Exempel:

$\text{Alkalinitet}_{\text{till}} = 0,06 \text{ mekv/l}$, $\text{kalkdos} = 10 \text{ g/m}^3$

- $\text{Kalkeffekt} = 0,06/10 = 0,006 \text{ ekv/g}$

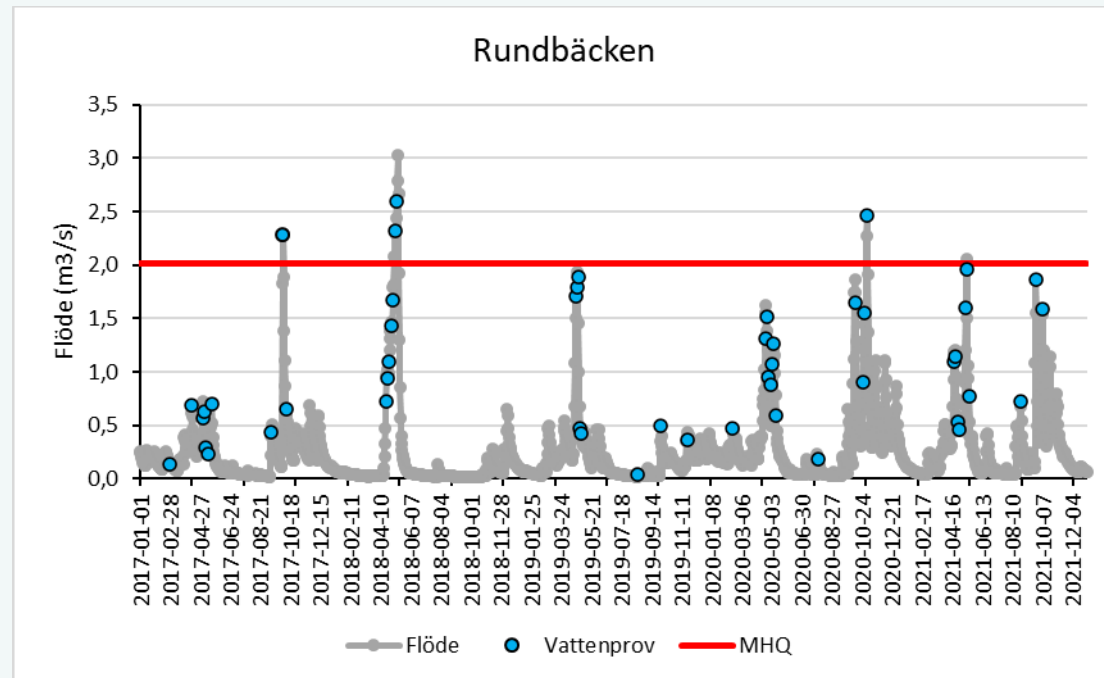
Kalkdosen avser dosen i den vattenkemiska provpunkten

För att utvärdera enskilda målområden nyttjas vattenprover från flera år och dessa värderas i förhållande till dygnsflödena

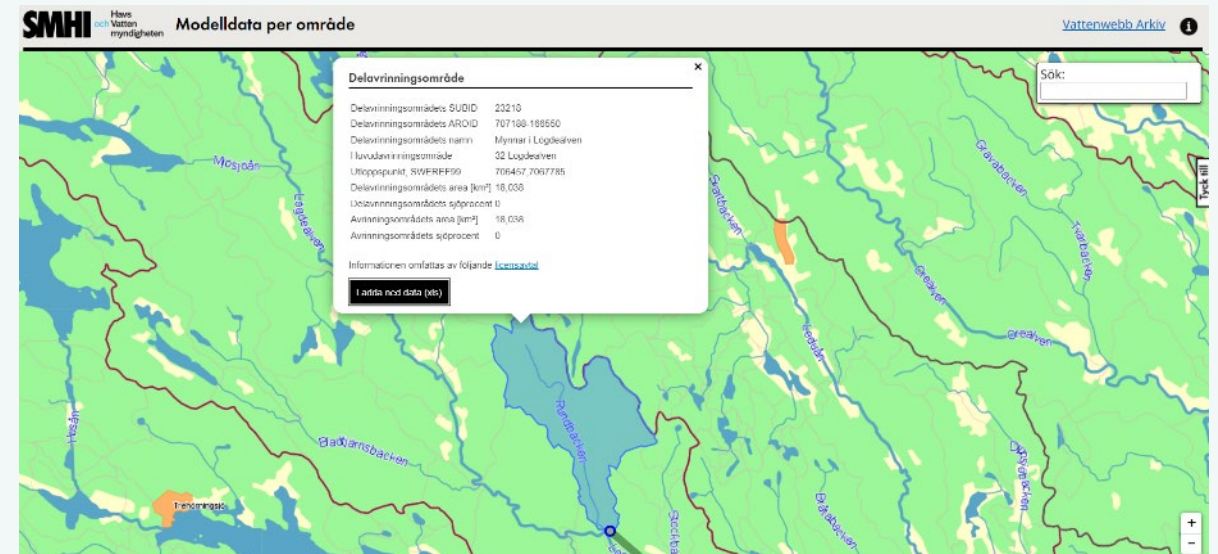
Flödesvärderingen måste göras för målvattendrag, men bör göras även för målsjöar

Dygnsflöden

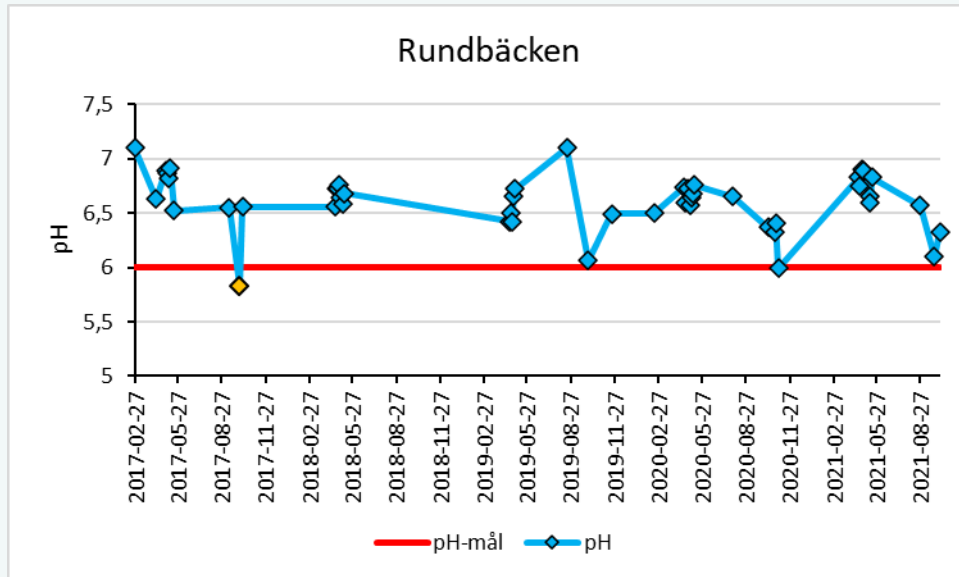
- » Hämtas från SMHI:s vattenwebb
- » Zooma eller
- » Skriv in HYPE-ID
- » Modellerade dygnsflöden 2010-01-01 – igår
- » MHQ (medelhögvattenflödet)
- » Kombinera med provdatum, tar cirka 3 minuter



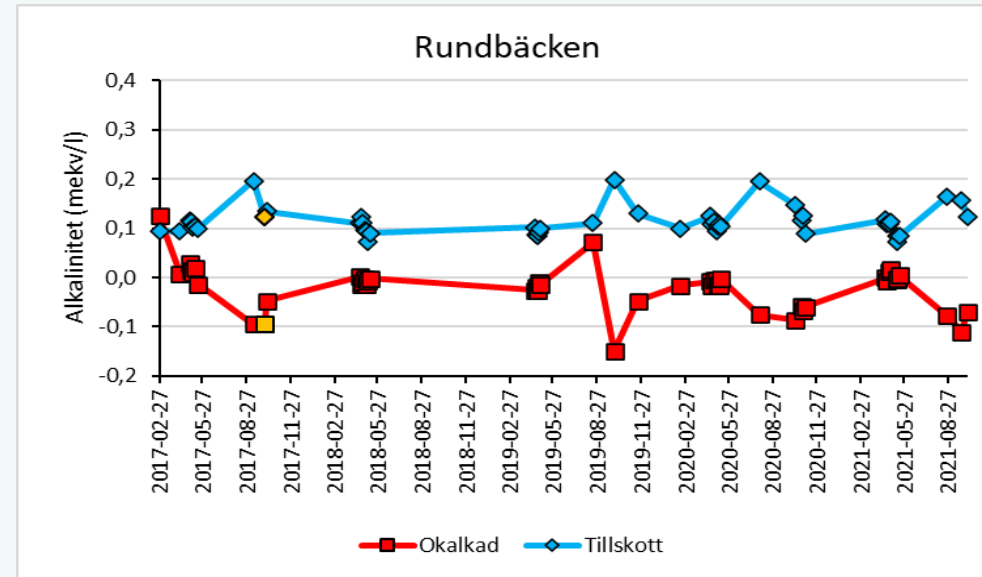
<https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>



Så kan verktygen nyttjas

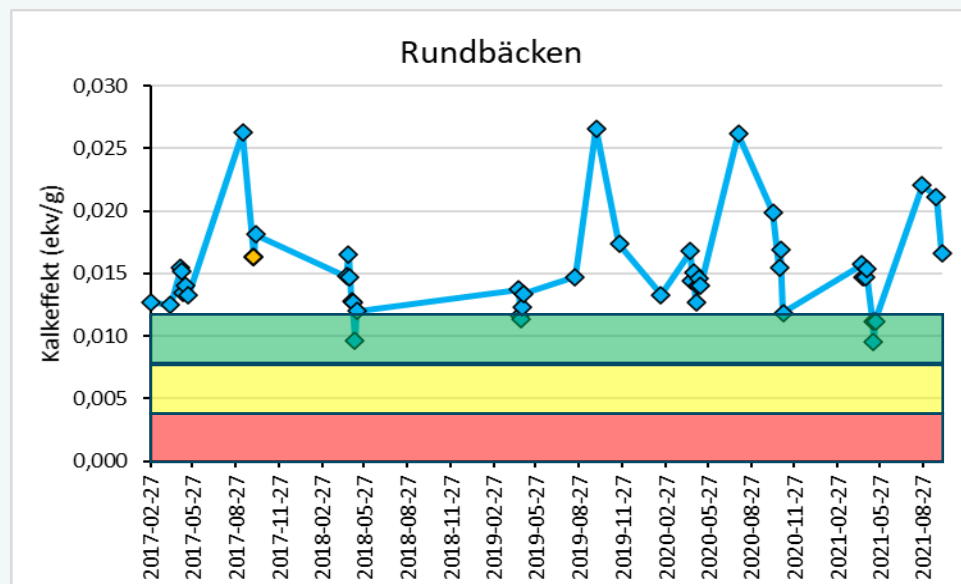


- » pH-målet underskreds vid ett mättillfälle 2017-2021 (2017-10-04) med 0,2 pH-enhet
- » Underskreds pH-målet sällan eller ofta?
- » Är kalkningen bra eller dålig?
- » Vad behövs för att uppnå pH-målet?

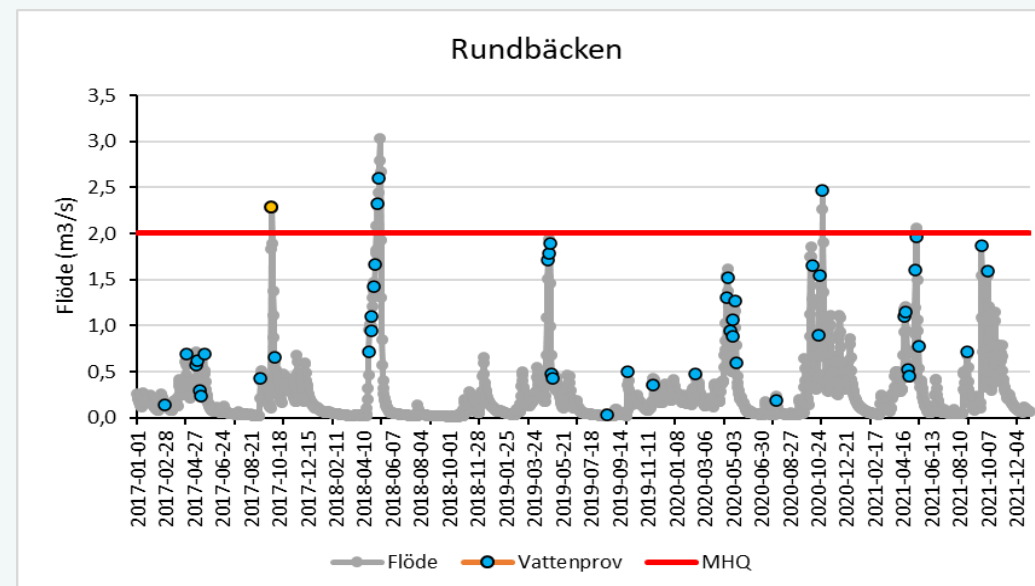


- » Inte till följd av en svacka i alkalinitetstillskottet
- » Åtgärdsobjekten ger ett förhållandevis jämnt tillskott av alkalinitet sett till de flödessituationer som provtagits
- » Är tillskottet jämnhögt eller jämnlågt?

Så kan verktygen nyttjas



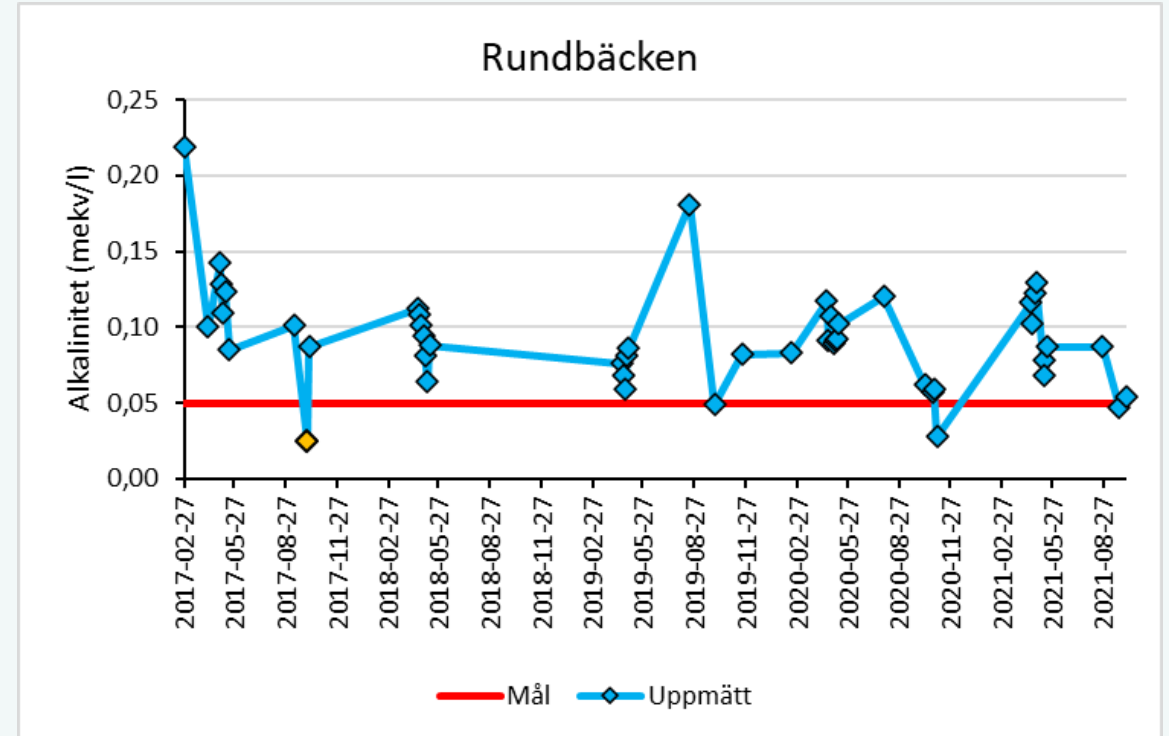
- » Kalkeffekt vid underskridet mål: 0,016 ekv/g
- » Lägsta kalkeffekt 0,008 ekv/g
- » Kalkeffekten är hög
- » Lägsta $\text{pH}_{\text{okalk}} \approx 4,3$, pH-mål: 6,0, rekommenderad kalkdos: $18,5 \text{ g/m}^3$, nyttjad kalkdos: $7,5 \text{ g/m}^3$



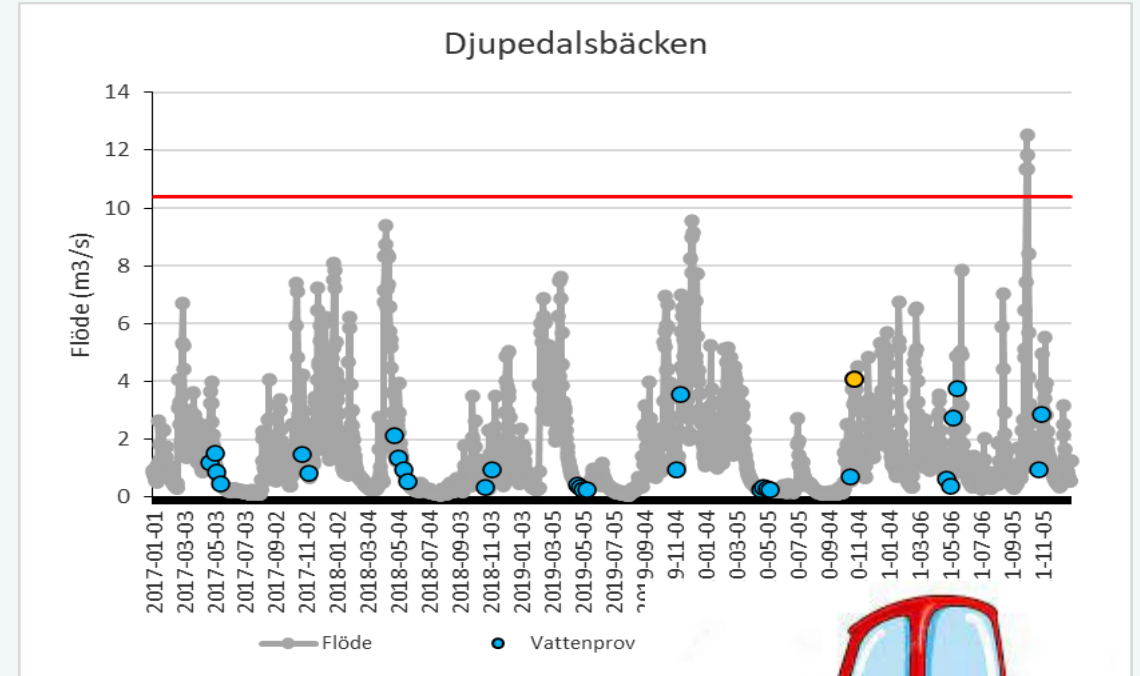
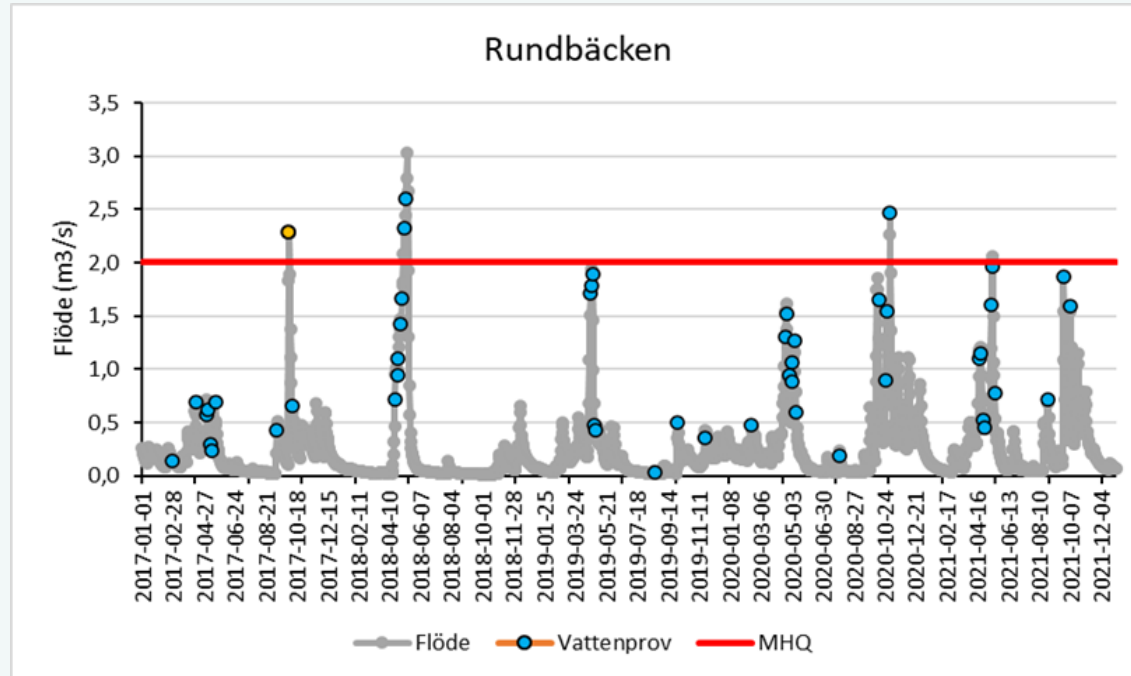
- » Alla betydande högflöden är provtagna
- » Flödeökningar är provtagna
- » Vattenprovtagningen innefattar kritiska situationer
- » pH-målet underskrids sällan

Så kan verktygen nyttjas

- » Alkalinitet vid underskridet pH-mål: 0,03 mekv/l
- » Nödvändig alkalinitet: 0,05 mekv/l vid pH-mål 6,0
- » Kalkeffekt vid underskridet pH-mål: 0,016 ekv/g
- » Nyttjad kalkdos: 7,5 g/m³
- » Nödvändig kalkdos:
- » $(0,05 - 0,03) / 0,016 + 7,5 = 8,75 \text{ g/m}^3$



Det är bara möjligt att bedöma hur kalkningen fungerar inom de flödesintervall och flödessituationer som vattenproven speglar



Försurning (ΔpH)



- » Magic-biblioteket
- » Avser det okalkade tillståndet
- » Effekten från kalkningen räknas bort automatiskt från de parametrar som påverkas av kalkning: pH, kalcium och eventuellt magnesium
- » Dessutom behövs: sulfat, klorid, TOC. För noggrannare skattning av pH_{okalk} behövs även natrium och kalium
- » Flödesviktade årsmedelvärden för vattendrag (minst 6 prov/år)
- » Prov efter höstcirkulationen från sjöar

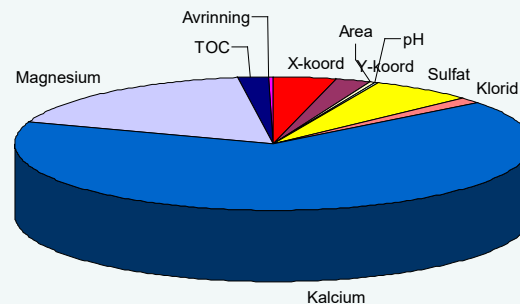
<https://magicbiblioteket.ivl.se/>

Indata			
Namn	Gårdsjön	Ladda exempel	
Typ	Sjö		
År	2010	Minvärde iMaxvärde i grunddata grunddata	
Koordinat i	☒ XY enl RT90 ☐ Long/Lat i grader ☐ NE enl SWEREF99TM		
X Koord(m)	6444300	6215760	7649980
Y Koord(m)	1276250	1239250	1868270
Sjöarea (km ²)	0.32	0	248.84
pH	6.84	3.96	7.43
Analysdata i	☐ mg/l ☒ µekv		
SO ₄ -S (µekv/l)	1.2	3.1	616
Cl (µekv/l)	10.4	2.8	564
NO ₃ -N (µekv/l)	0	0.0000	97.808
Ca (µekv/l)	5	2.0	402
Mg (µekv/l)	0.8	3.3	291
Na (µekv/l)	4.3	3.9	528.1
K (µekv/l)	0	0.0	82.6
-			
DOC (mg/l)	5.1	0	101.8
Avrinning i	☐ l/s/km2 ☒ m/år		
Avrinning (m/år)	0.6	0.11	1.49
-			
Är vattenkemin påverkat av kalkning?	☒		
För beräkning av okalkade värden se databehov kalkpåverkade vatten			
Ca/Mg Referensvärde (ekv)	1.74		
Mg/Ca i kalkmedel (g)	0		
Beräknade värden (beräknas automatiskt om Ca/Mg Ref är ifyllt)			
pH (okalkad)	4.504	3.96	7.43
Ca (okalkad) (µekv/l)	1.4	2.0	402
-			
Gör bedömning		Rensa formulär	

Så fungerar matchningen

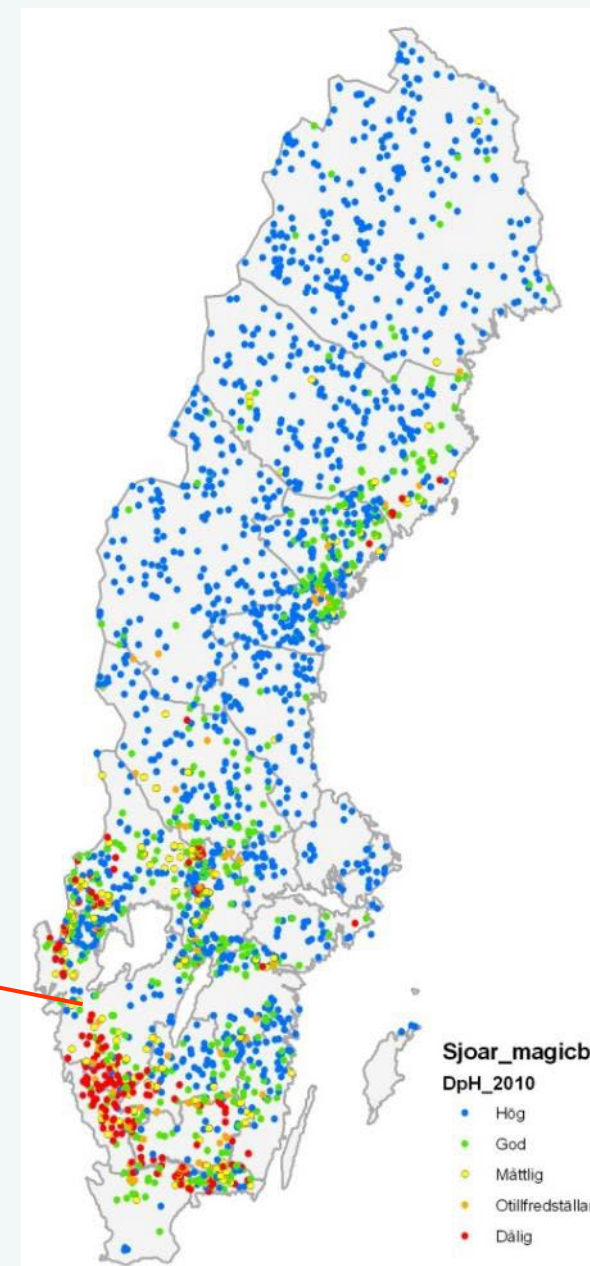


X-koor
Y-koor
Area
pH
Sulfat
Klorid
Kalcium
Magnesium
TOC
Avrinning



Filter 1
Filter 2
Filter 3

- MAGIC-bibliotek
- 2631 sjöar
 - 245 vattendrag



Försurning (ΔpH)

- » ΔpH från matchat objekt i MAGIC-biblioteket
- » Filter (anger olikhet med matchat objekt)
- » Går att matcha många vatten samtidigt via en Excel-fil



Bedömning av sjö/vattendrag

Bedömning av kalkpåverkat vatten

Statusklassning utifrån det faktiska (kalkpåverkade) tillståndet)	Påverkansbedömning utifrån det beräknade okalkade tillståndet	
Hög status	Ingen påverkan	pH minskning från 1860 till 2010 med 0.2 (0.2)pH enheter

År 2010 användes för matchning

MAGIC modellberäkning på den sjö (**Stora Abborrtjärnet**) som mest liknar dina värden för **Gårdsjön**

Matchningens säkerhet

Matchningen uppfyller kraven för det mellersta filtret av tre och är en matchning där den utvalda bibliotekssjön är ganska lik sjön som ska bedömas.

Visa detaljerade resultat

Modellberäknad tidsutveckling för Stora Abborrtjärnet	1860	2010	2030
deposition svavel kg/ha/år (icke-marint)	0	1	0
deposition kväve kg/ha/år	0	3	3
delta pH (pHåååå-pH1860)	0	-0.4	-0.2
ANC ($\mu\text{eq/l}$)	47	30	38
SO4 (icke-marint) ytvatten mg/l	0.0	0.3	0.1
Ca ytvatten mg/l	0.4	0.3	0.3
basmättnadgrad i tillrinningsområde	24	18	18

Felkällor

**Hög jonstyrka = hög risk
Stöd, inte facit!**

- » $\text{Magnesium}_{\text{okalk}}$
- » $(\text{Ca/Mg})_{\text{ref}}$
- » pH_{okalk} via $\text{alkalinitet}_{\text{okalk}}$
- » pH_{okalk} via $\text{ANC}_{\text{okalk}}$ och TOC
- » HYPE-flöden
- » Beräkning av volymvägda årsmedelvärden
- » Mellanårsvariationer i kemidata
- » Likheten med matchat objekt i MAGIC-biblioteket
- » Modelleringen av objekten i MAGIC-biblioteket



Sammanfattning

**Det är dyrt med vattenprover –
se därför till att nyttja resultaten!**



Kom ihåg den långsamma bilen