

# Nyttiga beräkningsverktyg

25 januari 2023



Johan Ahlström, Havs- och vattenmyndigheten

Havs  
och Vatten  
myndigheten

# Detta kommer jag att avhandla!

- » Tillskott av alkalinitet
- » Okalkad alkalinitet
- » Okalkat pH ( $\text{pH}_{\text{okalk}}$ )
- » Kalkeffekt
- » Försurning ( $\Delta\text{pH}$ )
- » 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<sub>till</sub>

Hur mycket har alkaliniteten höjts av kalkningen

Alkalinitet<sub>okalk</sub>

Vad skulle alkaliniteten vara utan kalkningen

pH<sub>okalk</sub>

Vad skulle pH vara utan kalkningen

$\Delta$ pH

Hur mycket lägre är pH<sub>okalk</sub> än naturligt pH

Hur mycket har alkaliniteten höjts i förhållande till kalkdosen

Kalkeffekt

Vilken kalkdos behövs för att nå pH-målet

Kalkbehov



Kalkdos



Provflöden



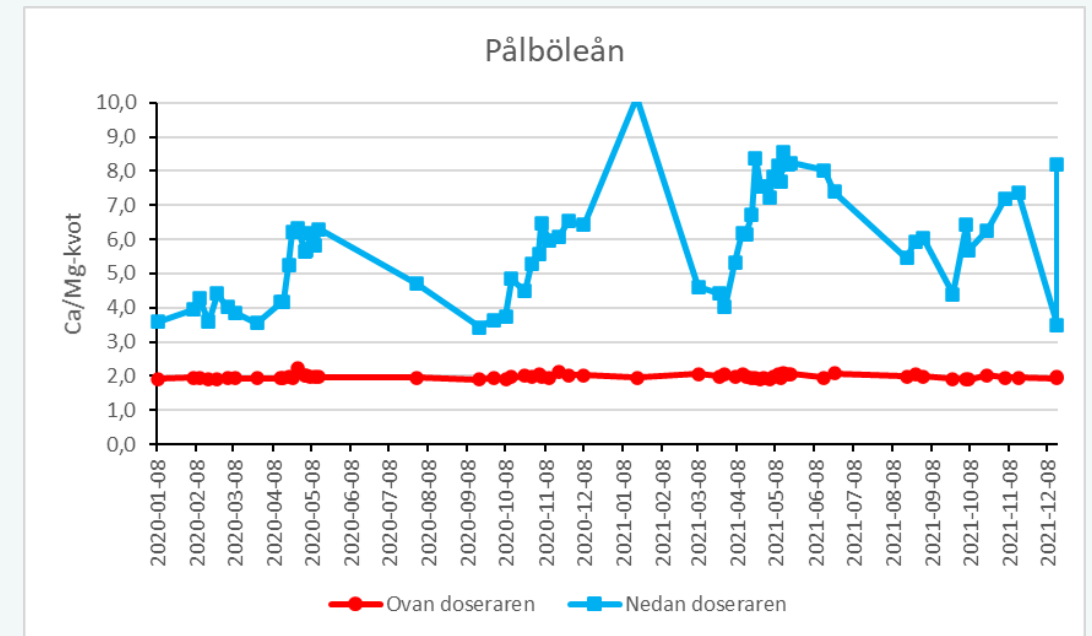
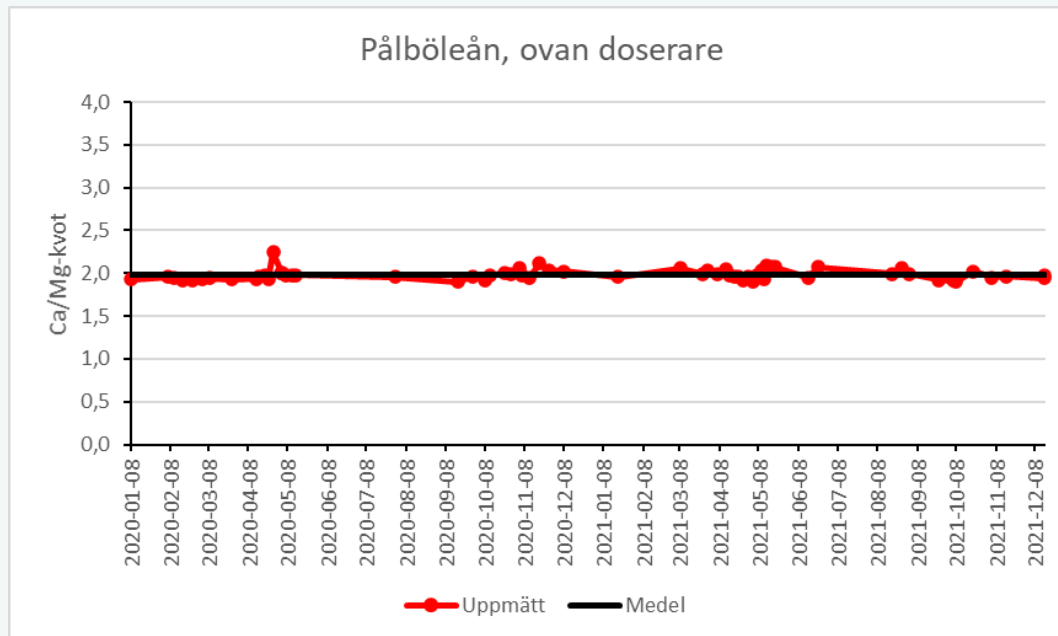
Extra kemiparametrar

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:

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

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

# 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:

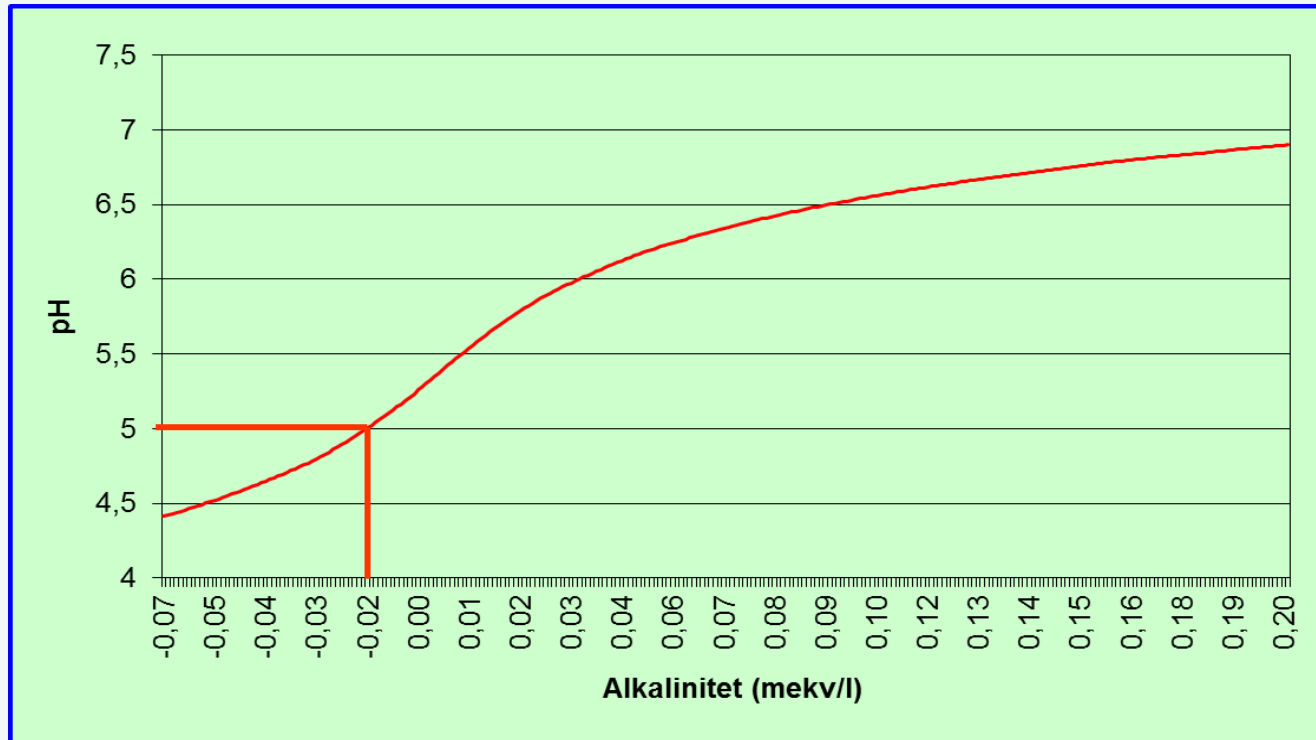
$\text{Magnesium}_{\text{uppmätt}} = 0,03 \text{ mekv/l}$ ,  $(\text{Ca/Mg})_{\text{okalk}} = 2$ ,  $\text{kalcium}_{\text{uppmätt}} = 0,12 \text{ mekv/l}$ ,  $\text{alkalinitet}_{\text{uppmätt}} = 0,04 \text{ mekv/l}$

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



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

Alk $_{\text{okalk}}$ (mekv/l)	pH $_{\text{okalk}}$
-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 samtliga 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:

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

Exempel:

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

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

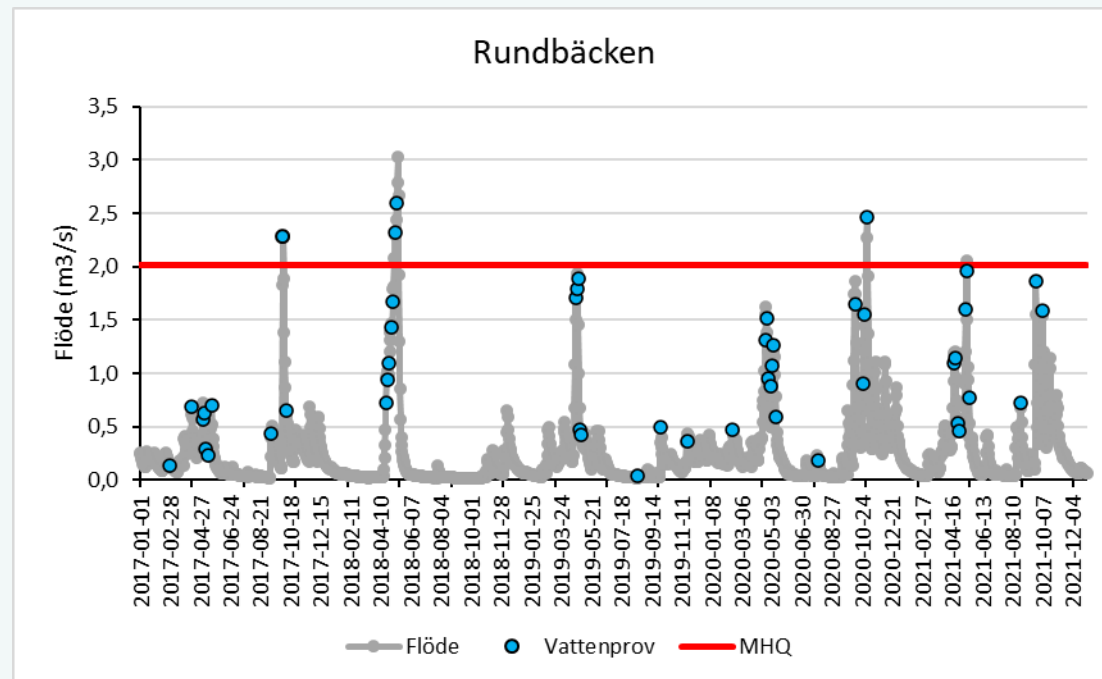
Kalkdosen avser dosen i den vattenkemiska provpunkten

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

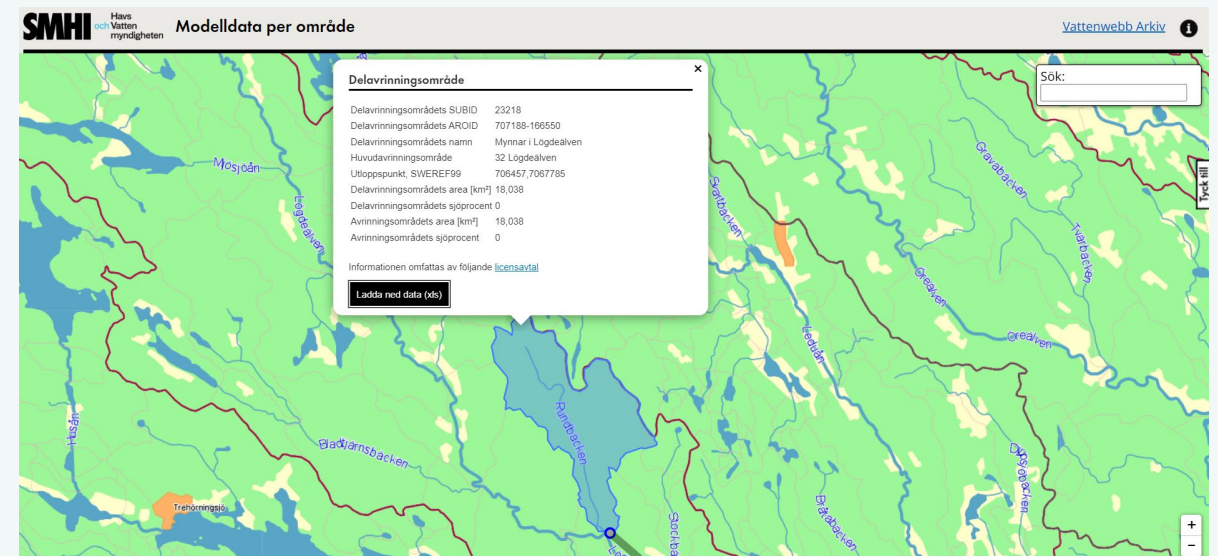
**Flödesvärderingen måste göras för målvattendrag, men bör göras även för målsjöar**

# Dygnsflöden

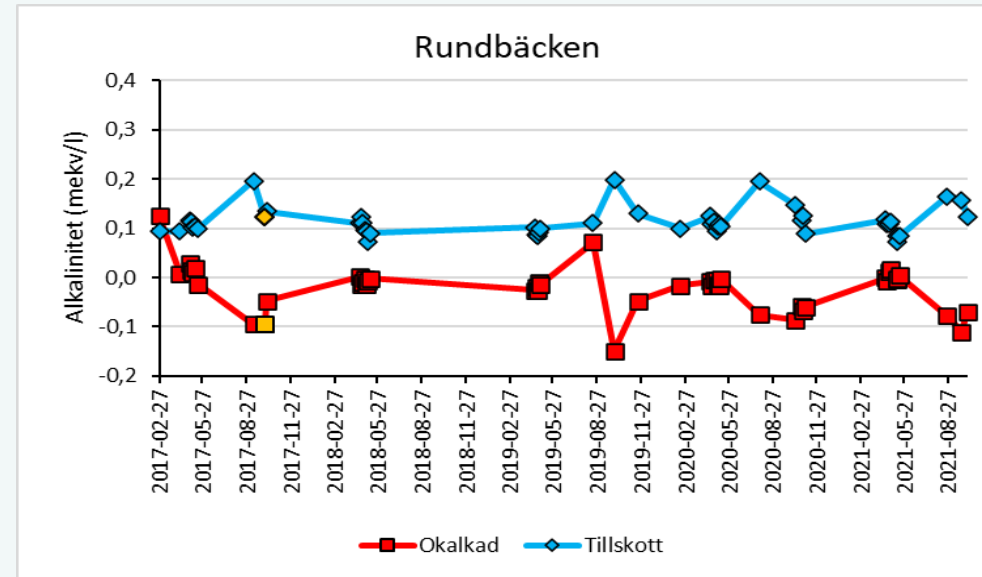
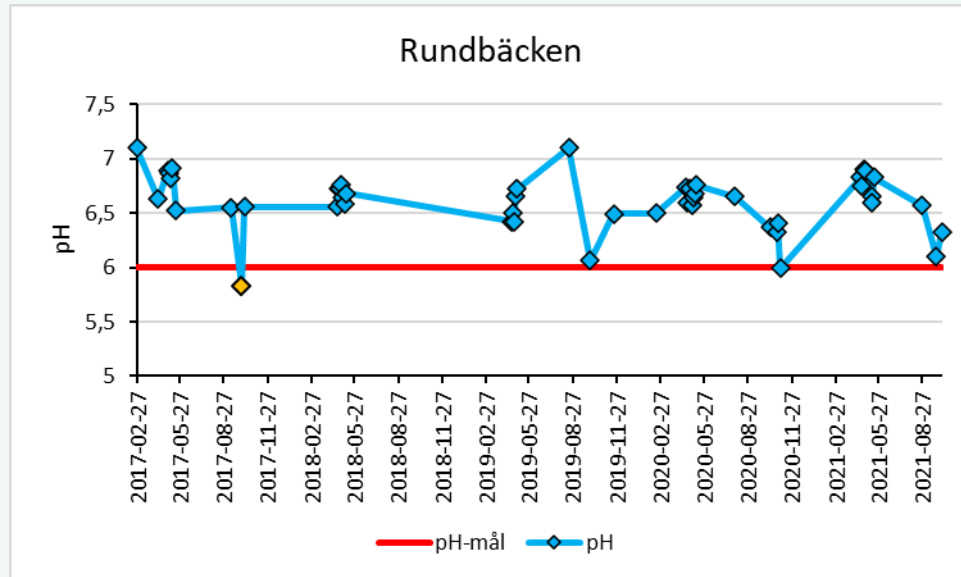
- » Hämtas från SMHI:s vattenwebb
- » Zooma eller
- » Skriv in HYPE-ID
- » Modellerade dygnsflöden 2010-01-01 – igår
- » MHQ (medelhögvattenflödet)
- » Kombinera med provdatum, tar cirka 3 minuter



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



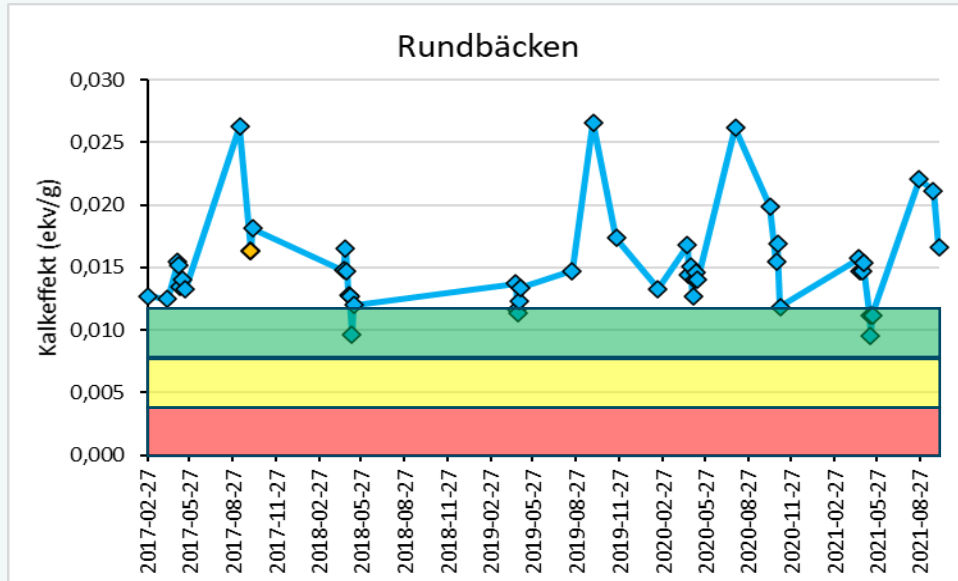
# Så kan verktygen nyttjas



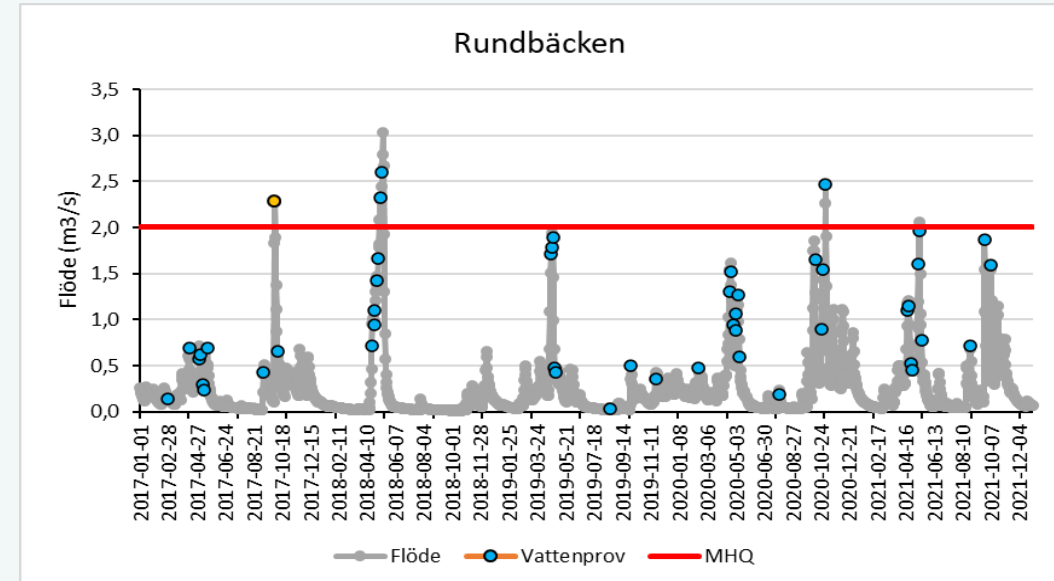
- » pH-målet underskreds vid ett mättilfälle 2017-2021 (2017-10-04) med 0,2 pH-enhet
- » Underskreds pH-målet sällan eller ofta?
- » Är kalkningen bra eller dålig?
- » Vad behövs för att uppnå pH-målet?

- » 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:  $7,5 \text{ g/m}^3$

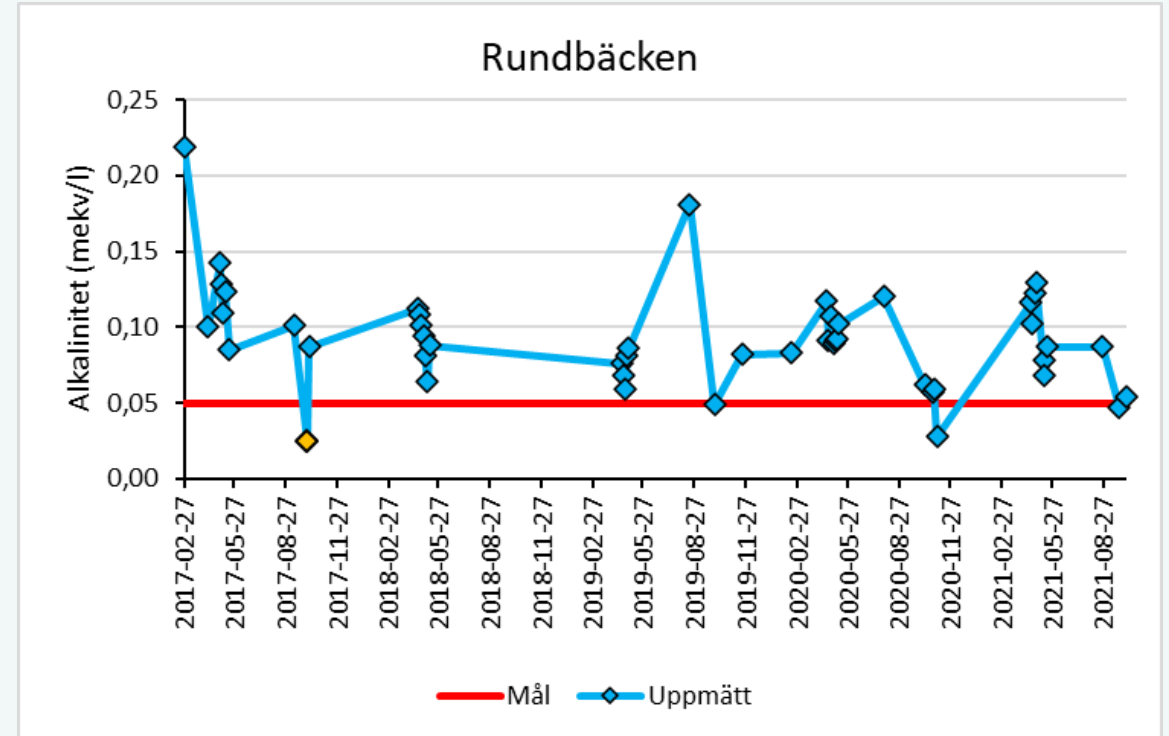


- » Alla betydande höglöden är provtagna
- » Flödesökningar är provtagna
- » Vattenprovtagningen innefattar kritiska situationer
- » pH-målet underskrids sällan

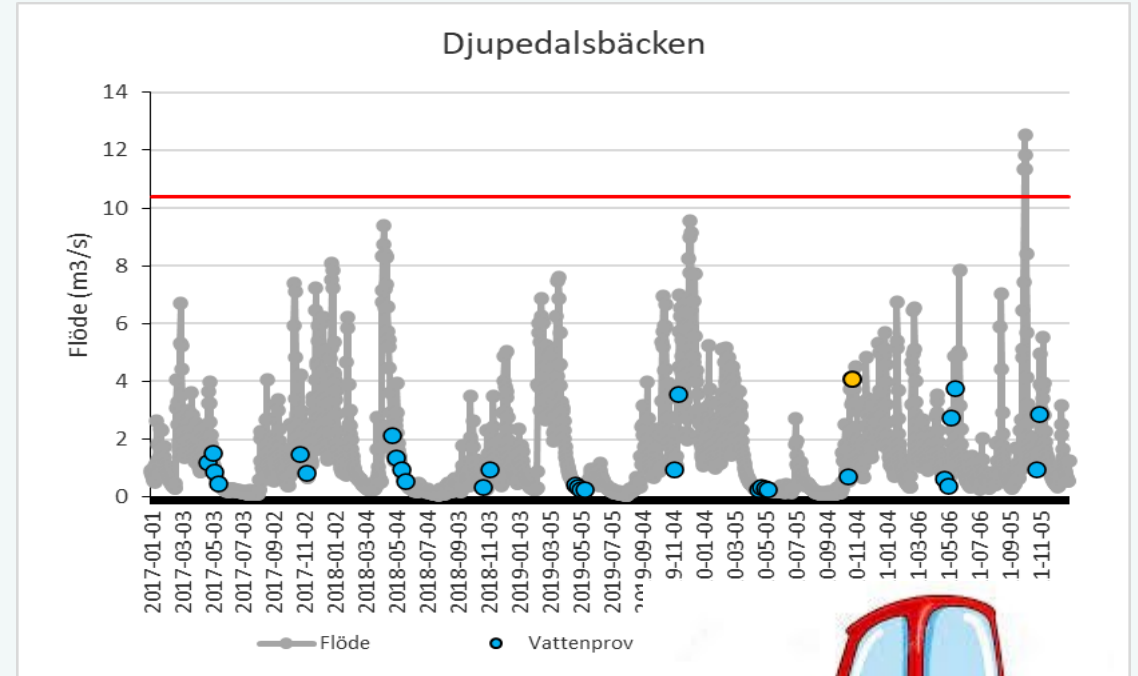
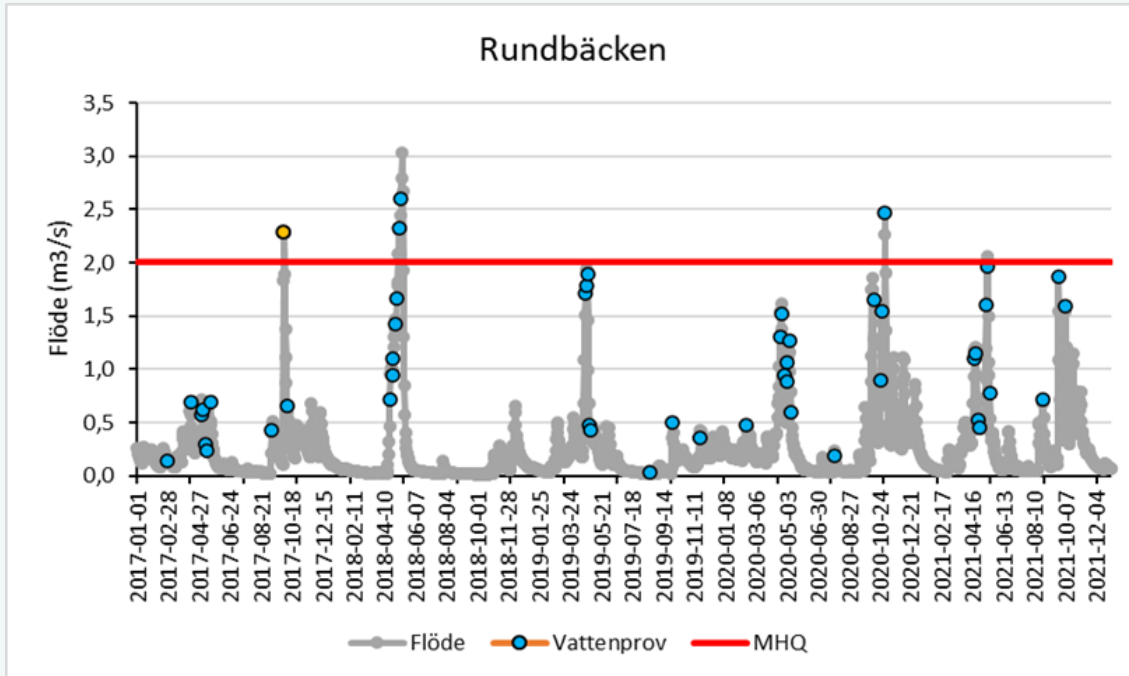


# Så kan verktygen nyttjas

- » 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/m<sup>3</sup>
- » 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 ( $\Delta\text{pH}$ )



- » 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  $\text{pH}_{\text{okalk}}$  behövs även natrium och kalium
- » Flödesviktade årsmedelvärden för vattendrag (minst 6 prov/år)
- » Prov efter höstcirkulationen från sjöar

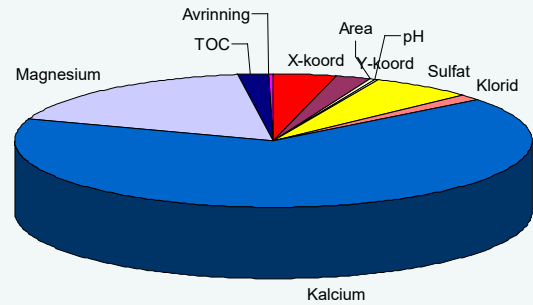
<https://magicbiblioteket.ivl.se/>

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

# Så fungerar matchningen

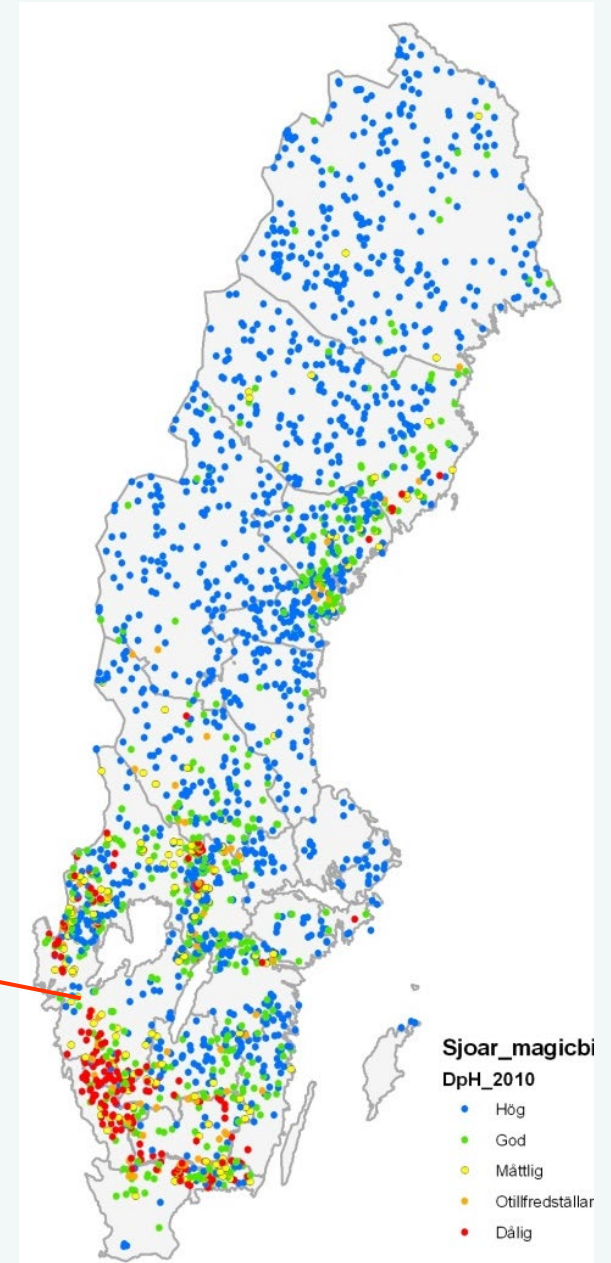


X-koor  
Y-koor  
Area  
pH  
Sulfat  
Klorid  
Kalcium  
Magnesium  
TOC  
Avrinning



Filter 1  
Filter 2  
Filter 3

MAGIC-bibliotek  
• 2631 sjöar  
• 245 vattendrag



# Försurning ( $\Delta\text{pH}$ )

- »  $\Delta\text{pH}$  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

- »  $\text{Mg}_{\text{okalk}}$
- »  $(\text{Ca}/\text{Mg})_{\text{ref}}$
- »  $\text{pH}_{\text{okalk}}$  via  $\text{alkalinitet}_{\text{okalk}}$
- »  $\text{pH}_{\text{okalk}}$  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

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



## Sammanfattning

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



**Kom ihåg den långsamma bilen**