

Utvärdering av insatser för återcirkulering av näringssämnen från Dynestadsjön



Foto: Dennis Wiström

Abraham Joel och Ingrid Wesström, SLU, Institutionen för mark och miljö



**Havs
och Vatten
myndigheten**



**VÄSTERVIKS
KOMMUN**

Sammanfattning

Dynestadsjön är en 50 hektar stor sjö belägen i Västerviks kommun i Kalmar län. Sjön utgör den innersta delen av Gamlebyviken och mynnar till Gamlebyviken genom ett smalt tröskelutlopp. Sjön är kraftigt övergödd med syrebrist i bottenvattnet. Sammanlänkningen med Östersjön genom Gamlebyviken gör att salthalten är hög i bottenvattnet i Dynestadsjön.

År 1995 startade Västerviks kommun det första projektet "Projekt Havsmiljö Gamlebyviken" med syfte att förbättra vattenkvaliteten och öka den biologiska mångfalden i området. En rad åtgärder har sedan dess genomförts för att begränsa näringsläckaget främst från jordbruksmark inom avrinningsområdet. År 2013 påbörjades projektet "Övergödningen som en resurs" vars syfte var att minska läckaget av näringsämnen till Gamlebyviken genom att bland annat förbättra vattenkvaliteten i Dynestadsjön. En pågående åtgärd för att förbättra vattenkvaliteten i Dynestadsjön är att använda näringsrikt bottenvatten från Dynestadsjön till bevattning av angränsande åkermark. Vid pumpning av bottenvattnet förväntas syrerikt ytvatten strömma ned till de syrefria och döda bottenarna. Genom bevattningen skapas ett kretslopp av näringsämnen där man kan ersätta gödsel med den växtnäring som finns i det eutrofierade bevattningsvattnet.

Syftet med detta projekt var att göra en uppföljning och utvärdering av pågående insatser inom projektet "Övergödningen som en resurs". Målsättningen var att göra en vetenskaplig uppföljning av effekten av utförda åtgärder, i fall de har haft önskad effekt d.v.s. har minskat näringsläckaget till Gamlebyviken och ökat syrehalten i Dynestadsjöns bottenvatten. Undersökningar har också utförts för att belysa hur bevattning med bräckt, näringsrikt vatten påverkar skördens kvalitet och kvantitet samt markens bördighet.

I projektet har det ingått mätningar i och analyser av vatten från Dynestadsjön samt markkemiska analyser jord från obevattnad och bevattnad areal. Även mätningar av kvantitativa och kvalitativa effekter på skörd har utförts. Generellt var insamlat dataunderlaget inte tillräckligt stort för att ge stöd till resultat och slutsatser. Detta beror delvis på att det saknas mätdata, men också på grund av att mätperioden inte har varit tillräcklig lång.

Det årliga vattenuttaget för bevattning utgör en liten andel av den totala vattenmängd som omsätts i sjön. Nuvarande bevattningssystem har en kapacitet att bevattna ca. 360 000 m³ per år motsvarande ca. 150 mm per hektar. I dagsläget har det bevattnats betydligt mindre, under 100 000 m³ per år. Uttaget av vatten till bevattning utgör mindre än 1 % av den årliga tillrinningen från land. Utöver tillrinningen från land tillkommer inflöde av vatten från Gamlebyviken.

Syrehalten i sjön har mätts under 5 år, år 2016 till 2020. Generellt har syrehalterna legat mellan 0 till 3 mg l⁻¹ på djupen under 3 m. Förbättringar kunde observeras under åren 2019 och 2020. I slutet på år 2020 var syrehalten över 3 mg l⁻¹ ned till 9 meters djup. Mätningar bör fortsätta för att bekräfta om vattenuttag för bevattning har orsakat de positiva effekter, som uppmättes under år 2020 och för att bedöma hur långvariga effekterna är. Det skulle vara värdefullt att i samband med syremätningar också ta vattenprover för analys av P- och N-koncentrationer.

Under mätningarna som genomfördes mellan mars och december 2020 observerades höga värden av elektrisk konduktivitet i Dynestadsjöns vatten (ECw). De lägsta ECw-värdena uppmättes i ytskiktet och de högsta från 10 m djup. ECw var konstant högt under hela mätperioden på 10 och 14 meters djup med konduktivitetsvärden omkring 8,7 dS m⁻¹. Ingen förändring i ECw-värden observerades under perioden med vattenuttag till bevattning. De höga värden låg på samma nivå som de mätningar som gjordes på bevattningsvattnet.

De mycket höga konduktivitetsvärdena på bevattningsvatten kan på kort sikt ha en direkt påverkan på växterna som bevattnas och på lång sikt kan det bidra till försaltning av marken. Under mätperioden kunde inte någon negativ påverkan på växterna observeras. Den totala skördeökningen vid bevattning varierade mellan -6 till +40 %. Det finns risk för att ECw kommer att ligga kvar på relativa höga värden eftersom inflöde av vatten med höga salthalter från Östersjön sker. Vi rekommenderar att ECw-mätningarna fortsätter för att kontrollera om samma tendenser kvarstår och också att de kompletteras med mätningar av natrium- och klorhalter.

Vattenutbytet mellan Dynestadsjön och Gamlebyviken är mycket stora och varierar under dagen och mellan dagar. Mätningar som genomfördes från augusti till november 2020 kan inte anses vara tillräckligt långa för att fånga in eventuella säsongsvariationer eller skillnader mellan år. Eftersom vattenutbytet mellan Dynestadsjön och Gamlebyviken är så stort är det troligt att saltmängderna i Dynestadsjön kommer att ligga kvar på nuvarande nivå även i fortsättningen.

Vissa markemiska förändringar har observerats, men tiden mellan provtagningarna (1-2 år) har varit för kort för bedömning av eventuella förändringar. Platsvariationer och variationer under åren kan vara större än de små skillnader som observerades. Vi rekommenderar starkt en fortsatt provtagning av framförallt den elektriska konduktiviteten i marken, för att säkerställa att ingen försaltning uppstår.

Hur vattenkvalitet i Dynestadsjön eller den bevattnade marken i området kommer att påverkas i framtiden kan inte besvaras med säkerhet i nuvarande studie. Av denna anledning rekommenderar vi fortsatta mätningar för att bekräfta om mätvärdena ligger kvar på samma nivå eller om förändringar pekar i positiv eller negativ riktning.

Innehåll

Bakgrund	4
Syfte och målsättning	5
Material och metoder	6
Försöksplats och utförd bevattning	6
Syrehaltsmätningar	7
Konduktivitetmätningar	7
Uppskattning av in- och utflöde av vatten och näringsämnen till Dynestadsjön	8
Tillrinning av vatten och näringsämnen från avrinningsområdet till Dynestadsjön	8
In- och utflöde från Gamlebyviken	8
Skördens kvantitet och kvalitet	9
Markkemisk provtagning	9
Resultat	10
Syrehalter	10
Elektrisk konduktivitet i Dynestadsjön och i bevattningsvattnet	14
Tillrinning från Dynestadsjöns avrinningsområde	15
In- och utflöde av vatten från Gamlebyviken	18
Skördens kvantitet och kvalitet	18
Markkemisk provtagning	21
Markens elektriska konduktivitet	21
Slutsatser	22
Referenser	23
Bilaga 1. Markkemiska data	24

Utvärdering av insatser för återcirkulering av näringsämnen från Dynestadsjön

Bakgrund

Dynestadsjön är en 50 hektar stor sjö belägen i Västerviks kommun i Kalmar län (figur 1). Sjön utgör den innersta delen av Gamlebyviken och mynnar till Gamlebyviken genom ett smalt tröskelutlopp. Sjön är kraftigt övergödd med syrebrist i bottenvattnet. Den kraftiga övergödningen har pågått under en längre tid. Sjön har samtidigt varit en viktig lekplats för flertalet fiskarter, däribland gädda, abborre och kattfisk. Dynestadsjöns utbredning visas i figur 1.

Problematiken i Dynestadsjön uppmärksammades första gången redan år 1972. Trots att problemen varit kända och utredningar har gjorts vidtogs inga åtgärder i sjön. Sjön har kollapsat ett flertal gånger. Vid en kollaps stiger syrefritt bottenvattnet till ytan och illaluktande svavelväteångor avges. Vid en kollaps blir hela sjöns vattenvolym syrefri och livet i sjön dör.

Dynestadsjöns morfometri anses vara en starkt bidragande orsak till att problem uppstår i sjön. Det grunda ut- och inloppet på 1,5 m i förhållande till sjöns max djup på 15 m försvårar omblandning och därmed tillförsel av syrerikt vatten till sjöns djupare delar. I kombination med höga näringshalter och hög primärproduktion förbrukas bottenvattnets syre. Den begränsade cirkulationen i sjön har medfört att det syrefattiga vattnet ackumulerats i sjöns djupare delar.

Sammanlänkningsen med Östersjön genom Gamlebyviken samt den kilometerlånga Dynestadviken gör att salthalten i Dynestadsjön är högre än i en generell insjö. Beroende på strömningsriktningen sker ett utbyte av vatten med Östersjön. När vatten förs in från Gamlebyviken strömmar saltare vatten in till Dynestadsjön. Det faktum att saltvatten har högre densitet än sötvatten har gjort att det har bildats ett bottenskikt med saltvatten i Dynestadsjön.

Projekt Havsmiljö Gamlebyviken instiftades 1995 av Västerviks kommun. Syftet med projektet var att förbättra vattenkvalitet och öka den biologiska mångfalden i området genom att minska belastningen av kväve, fosfor och miljögifter. Första fasen genomfördes under åren 1995 till 2005. Under hösten 2010 initierades fas två genom LOVA-projektet "Havsmiljö Gamlebyviken- Åtgärdsgenomförande i samverkan" (Västerviks kommun, 2010). År 2013 påbörjades projektet "Övergödningen som en resurs" vars syfte var att minska läckaget av näringsämnen till Gamlebyviken genom att bland annat förbättra vattenkvaliteten i Dynestadsjön (Västervik kommun & Västervik miljö & Energi AB, 2013). En utredning av eventuell restaurering av sjön visade att det skulle kunna vara möjligt att pumpa upp det näringsrika vattnet och använda det vid bevattning av grödor. På så sätt skulle syresättningen av sjön öka samt näringsläckaget minska. Syftet med projektet "Övergödningen som en resurs" blev därav att pröva denna nya metod samt att begränsa ny tillförsel av näring till sjön främst från lantbruket. Detta genom anläggning av fosfordammar, tvåstegsdiken samt våtmarker. De åtgärder som utfördes inom projektet var en del av arbetet för att uppfylla kraven om miljö kvalitetsnormen "God ekologisk status" för Gamlebyviken till år 2021.

I tidigare pilotstudier (åren 2014-2015) har effekterna av bevattning med näringsrikt vatten från Dynestadsjön undersökts av institutionen för mark och miljö, SLU, på olika grödor i ett växthusexperiment samt i ett fältförsök (Västervik, 2017). Resultaten visade att bevattning har en positiv effekt på avkastningen. Under år 2016 genomfördes en fullskalig fältbevattning. År 2019 byggdes stamledningssystemet för bevattning ut och motsvarar idag ca 2 km.



Figur 1. Dynestadsjön och dess avlånga utlopp Dynestadviken till Gamlebyviken. Källa: Lantmäteriet.

Syfte och målsättning

Syftet med projektet är att göra en uppföljning och utvärdering av pågående insatser inom projekt "Övergödningen som en resurs" där extremt näringsrikt vatten från Dynestadsjön används för bevattning av angränsande åkermarker. Vid pumpning av bottenvattnet förväntas syrerikt ytvatten strömma ned till de syrefria och döda bottarna. Genom bevattningen skapas ett kretslopp av näringsämnen där man kan ersätta konstgödsel med den växtnäring som finns i det eutrofierade bevattningsvattnet.

Målsättningen var att göra en fördjupad vetenskaplig uppföljning av åtgärderna utförda inom projektet "Övergödningen som en resurs" har haft önskad effekt d.v.s. att de har minskat näringsläckaget till Gamlebyviken och ökar syrehalten i Dynestadsjöns bottenvatten. Resultaten förväntas öka kunskapen om hur bevattning med bräckt, näringsrikt vatten påverkar skördens kvalitet och kvantitet samt markens långsiktiga bördighet.

Projektet har haft följande frågeställningar;

- Går det att minska halterna av kväve och fosfor i Dynestadsjön genom att pumpa upp bottenvatten?
- Går det att öka syrehalten i Dynestadsjöns bottenvatten genom pumpning av vatten?
- Hur påverkas skördens kvalitet och kvantitet vid bevattning med bräckt, näringsrikt bottenvatten?
- Hur påverkas åkermarken vid bevattning med bräckt, näringsrikt bottenvatten?

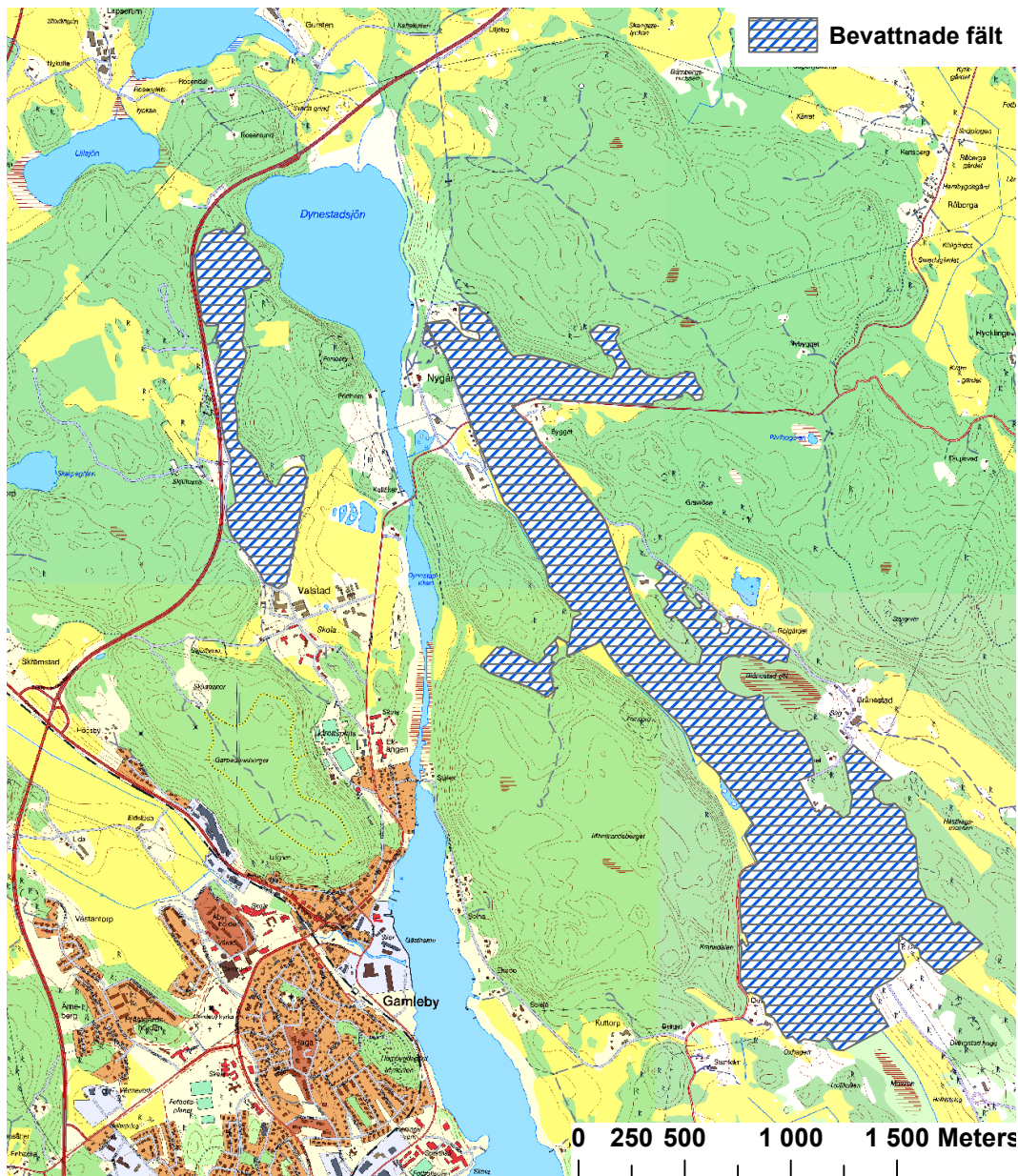
Material och metoder

Försöksplats och utförd bevattning

År 2019 utfördes de första bevattningarna på fältskalenivå på västra sidan av Dynestadsjön. Totalt bevattnades 33 hektar under odlingsäsongen 2019. Under hösten år 2019 påbörjades planering av en utökning av bevattningsprojektet med ytterligare 205 hektar i Dvärgstaddalen, på östra sidan av Dynestadsjön. Under vintern år 2019/2020 installerades en 4,5 km lång stamledning. Anläggningen togs i drift i maj 2020 och har en pumpkapacitet på 200 m³ h⁻¹. I figur 2 redovisas fälten som har bevattnas med vatten från Dynestadsjön under odlingsäsongerna åren 2019 och 2020. I tabell 1 redovisas de upptagna vattenvolymer från Dynestadsjön under år 2020. Vattenvolymererna motsvarar i genomsnitt en bevattningsgiva på 40 mm för hela området.

Tabell 1. Totalt uttagna vattenvolymer från Dynestadsjön för bevattning per månad under år 2020

Månad	Maj	Juni	Juli	Augusti
Volym [m ³]	13 000	37 500	12 823	22 492



Figur 2. Bevattnade areal med vatten från Dynestadsjön under år 2019 och 2020. På västra sidan av Dynestadsjön var bevattnad areal 33 ha år 2019. År 2020 bevattnades ytterligare 205 ha på östra sidan.

Syrehaltsmätningar

Syrehaltsmätningar utfördes i genomsnitt en gång per månad från januari 2016 till december 2020 med en handhållen syrehaltsmätare (Oxyguard Handy Polaris OxyGuard International A/S). Mätningarna utfördes varje 0,5 m från vattenytan ned till 5 meters djup och varje meter från 5 till 15 meters djup.

Syrehalter i vatten under 3 till 4 mg l⁻¹ betraktas i allmänhet som stark begränsande för fisk. I denna utvärdering har vi använt en syrehalt på 3 mg l⁻¹ som gräns för fisk.

Konduktivetsmätningar

Allmänna riktlinjer för elektrisk konduktivitet i bevattningsvatten (EC_w) är enligt följande:

- EC_w < 0,7 dS m⁻¹ betraktas som bevattningsvatten utan begränsningar

- ECw mellan 0,7-3,0 dS m⁻¹ anses ha måttliga begränsningar som bevattningsvatten
- ECw >3,0 dS m⁻¹ anses ha betydande begränsningar som bevattningsvatten

De generella riktlinjerna bygger på erfarenheter av hur grödor påverkas samt risker för försaltning av marken. Generellt i tempererade klimat är riskerna för försaltning något lägre, men en viss försiktighet måste tas framförallt vad det gäller påverka på växterna. Av denna anledning har konduktivitetsmätningar utförts både i Dynestadsjön och på bevattningsvattnet.

Elektrisk konduktiviteten har mätts kontinuerligt varje timme med Solinst Levellogger 5 LTC. Loggern lagrar information om vattendjup, temperatur och elektriska konduktivitet (ECw). Sensorerna har en automatisk temperaturkompensation för elektrisk konduktivitet inom temperaturområdet 0-50 °C. Mätnoggrannhet ligger på 1 % av mätområdet. Mätningarna har skett från en flotte uppströms utloppet vid sjöns mitt. Sensorerna som mätte elektrisk konduktivitet var placerade på 2, 4, 6, 8, 10 samt 14 meters djup. Den elektriska konduktiviteten i sjön mättes kontinuerlig en gång per timme från den 26 mars 2020 till den 9 december 2020.

Uppskattning av in- och utflöde av vatten och näringsämnen till Dynestadsjön

Eftersom uppmätta data saknades på in- och utflöde av vatten och näringsämnen till Dynestadsjön gjordes en modellering av hydrologi och effekterna av markanvändning på belastning av kväve och fosfor till Dynestadsjön. Mätningar av inflödet av vatten från Gamlebyviken och utflödet av vatten till Gamlebyviken utfördes under hösten år 2020.

Tillrinning av vatten och näringsämnen från avrinningsområdet till Dynestadsjön

För att skapa dataserier av flöden, koncentrationer och transport av näringsämnen till Dynestadsjön användes dygnsvärden framtagna med hjälp av SMHI:s tjänst HYPE (HYdrological Predictions for the Environment). Detta utfördes av Hannah Berk, SLU. HYPE är ett verktyg som används för att simulera vattenflöden och vattnets innehåll av olika näringsämnen baserat på bland annat ett avrinningsområdes markanvändning, topografi och jordart (SMHI 2017).

I tillrinningen ingick samtliga inflöden till Dynestadsjön bortsett från det inflöde som sker från Gamlebyviken. Tillrinningen omfattade ytavrinning, inflöde från åar och bäckar samt inflöde i form av nederbörd, även förlusten av vatten i form av evapotranspiration ingick.

Belastning av näringsämnen till Dynestadsjön beräknades med HYPE som den totala bruttobelastningen på ytvattnet från hela avrinningsområdet (TGW). I beräkningen ingick den summerade belastningen från olika källor i hela uppströmsområdet, inklusive det lokala delavrinningsområdet. Endast eventuell avskiljning/retention i mark- och grundvatten har dragits bort från berörda utsläppskällor.

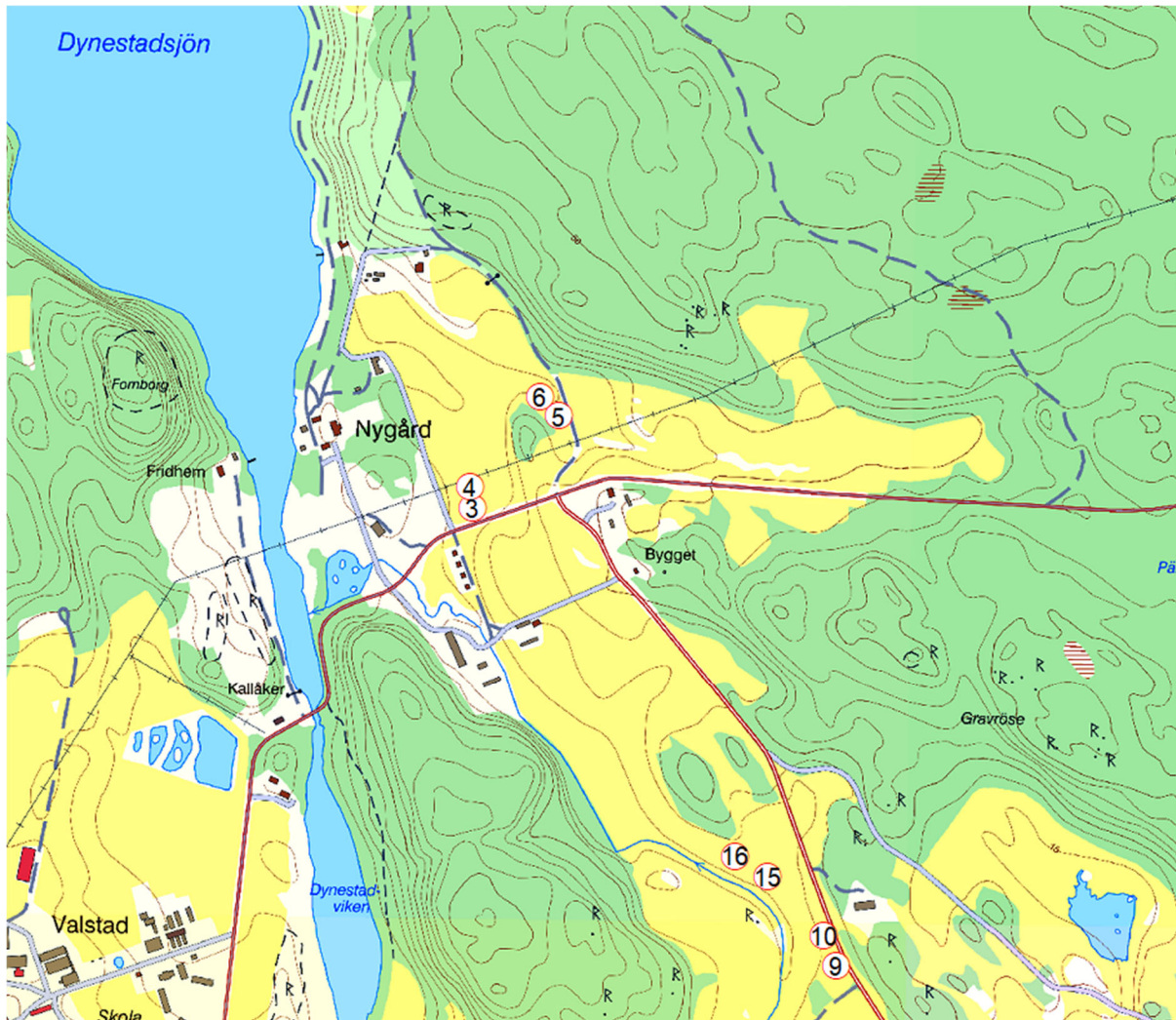
Dataserier av dygnsvärden av flöde, N- och P-koncentrationer samt transport av N och P till Dynestadsjön togs fram från år 2004 till år 2019.

In- och utflöde från Gamlebyviken

För att mäta in- och utflöde från Gamlebyviken användes en dopplerflödesmätare (SonTek-IQ Plus). Flödesmätaren har fem sensorer som mäter vattnets hastighet i vattendragets båda riktningar. Denna hastighet omvandlas sedan till flöde baserat på angiven tvärsnittsarea. Flödesmätningarna per timme utfördes under augusti till november år 2020.

Skördens kvantitet och kvalitet

Ursprungligen var planen att mäta avkastning i 20 skörderutor på östra sida av Dynestadsjön var av 10 skörderutor skulle ligga på bevattnade fält och 10 skörderutor på obevattnade fält. Problem med skördemaskiner resulterade i att avkastning mättes i åtta obevattnade och bevattnade skörderutor i tre vallskördar under år 2020 (figur 3).



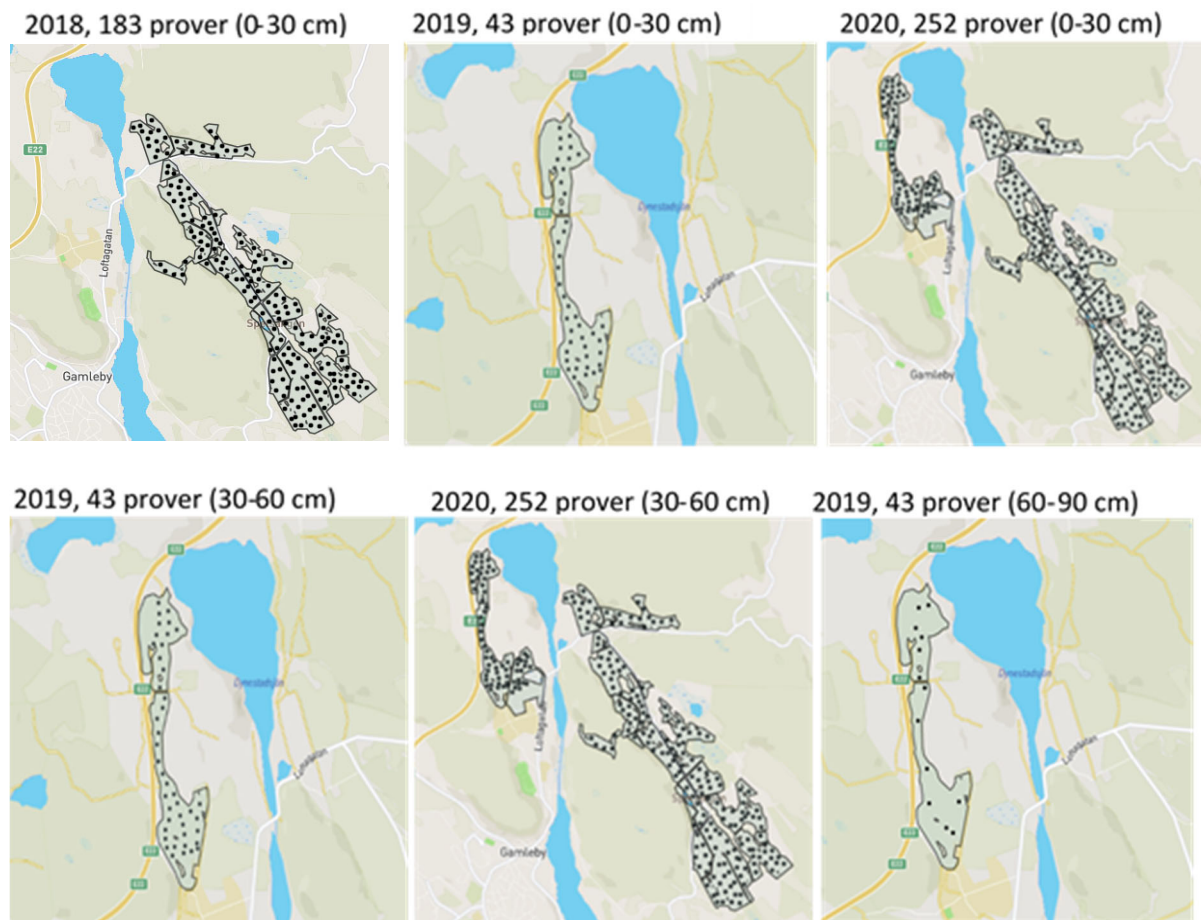
Figur 3. Skörderutor (nummer 3-16) på östra sidan av Dynestadsjön under år 2020.

Skörden analyserades år 2020 för innehåll av råprotein (g/kg ts), omsättbar energi (<50 % baljväxter) (MJ/kg ts), fiberinnehåll (NDF g/kg ts), in vitro smältbarhet i organisk substans (OMD <50 % baljväxter, %), aska (g/kg ts) samt mineraler; Ca, K, Mg, Na, P och S (g/kg ts).

Markkemisk provtagning

Jordprover samlades in vid ett flertal tillfällen, under åren 2018, 2019, 2020 och 2021. Provtagningen utökades allt eftersom bevattningssystemet byggdes ut. Detta för att få en baslinje över jordens innehåll av makro- och mikronäringsämnen före bevattning med vatten från Dynestadsjön och för att följa upp eventuella förändring efter bevattning. Provtagningsnivåerna per punkt var matjorden 0–30 cm djup, alv 30-60 cm djup och alv 60-90 cm djup. I figur 4 redovisas en sammanställning över utförda provtagningar. Totalt har 816 prover analyserats på innehåll av lättlösligt fosfor, kalium, magnesium, kalcium, aluminium och järn samt innehåll av svårslösligt fosfor, kalium och koppar.

Vidare har analyser skett av bor, sulfat, mangan, natrium, kol och zink. På samtliga prover har även pH, ledningstal och elektrisk konduktivitet bestämts. Framtagna analysresultat redovisas i bifogad Bilaga 1.



Figur 4. Sammanställning av utförd jordprovtagning på djupen 0-30 cm, 30-60 cm och 60-90 cm under åren 2019 och 2020 på bevattnade områden öster och väster om Dynestadsjön.

Resultat

Syrehalter

I figurerna 5 till 9 visas uppmätta syrehalter ned till 15 meters djup under åren 2016 till 2020. Generellt var syrehalterna som lägst under 2016 (figur 5). Syrehalterna tenderade att varieras under året med lägre halter under vintern och ökade halter under sommar- och höstmånader. Under 7 meters djup var syrehalten noll eller nära noll under alla år. Undantag fanns under år 2020 i november där syrehalten var över 6,9 mg l⁻¹ i hela profilen och i december var halterna över 3 mg l⁻¹ enda ner till 9 meters djup.

Under 2016 var syrehalterna lägre än 3 mg l⁻¹ under 2 meters djup på våren och under 3 meters djup på sommar. I september var syrehalten lägre än 3 mg l⁻¹ under 4 meters djup och under vintern var syrehalten lägre än 3 mg l⁻¹ under 1 meters djup (figur 5).

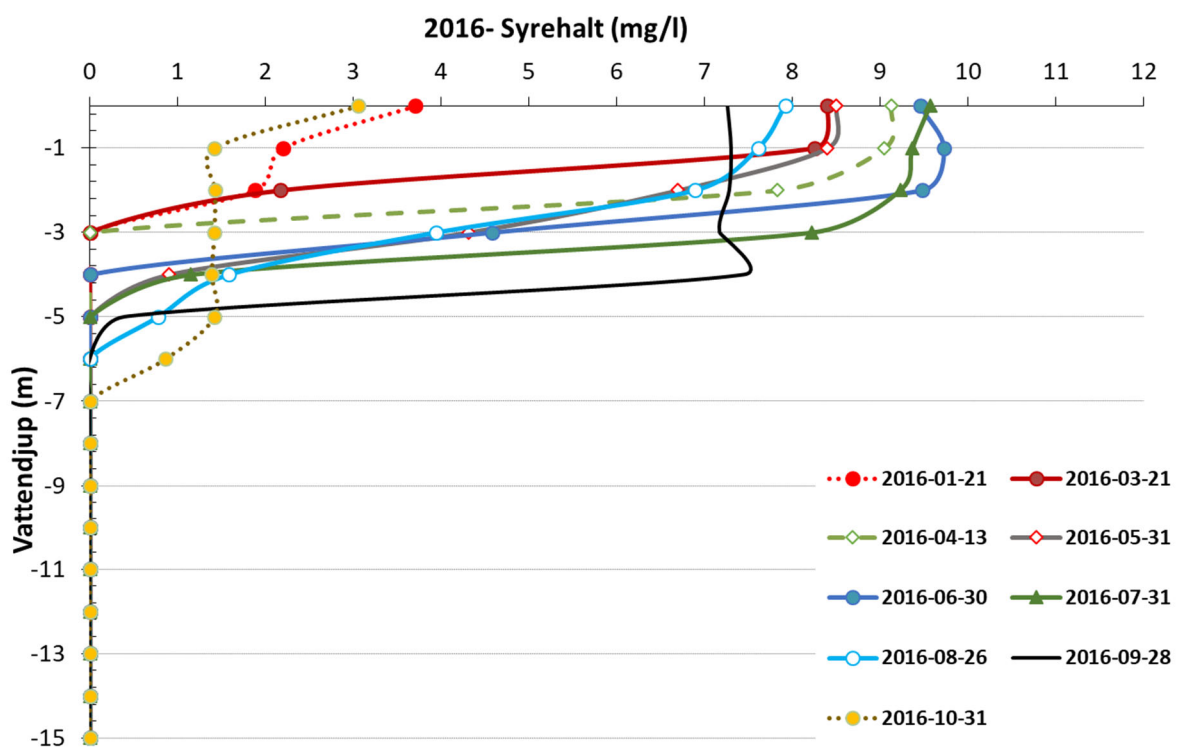
År 2017 var syrehalter i allmänhet högre jämfört med 2016 (figur 6). Under samtliga månader var syrehalten över 3 mg l⁻¹ ner till 2,5 meters djup. Under augusti till december var syrehalten över 3 mg l⁻¹ enda ner till 4 meters djup.

År 2018 hade också flera månader med syrehalter över 3 mg l⁻¹ ned till 4 meters djup, men till skillnader från år 2017 fanns ingen tydlig säsongvariation (figur 7). Syrehalten i djupprofilen varierade mellan månader inom samma säsong.

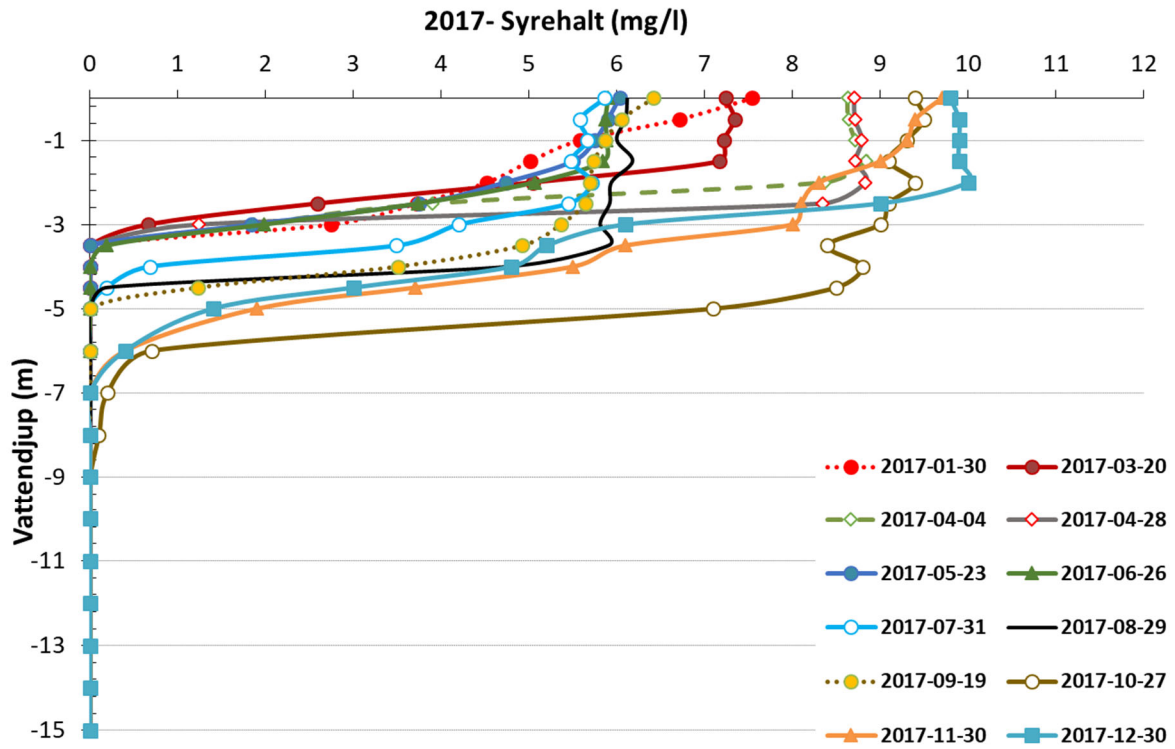
Under år 2019 hade alla månader utom januari syrehalter över 3 mg l⁻¹ ned till 3 meters djup och under fem månader ned till 4 meters djup (figur 8).

Under år 2020 var syrehalterna betydligt högre än under de fyra tidigare år, både i syrehalter men också hur lång ner i djupprofilen syrehalterna ökade (figur 9). Under år 2020 var syrehalterna över 3 mg l⁻¹ alla månader ner till 4 meters djup. Syrehalterna ökade tydligt med djupet från september fram till december. I november var syrehalten genomgående hög i hela profilen ned till 15 meters djup, över 6,9 mg l⁻¹. Även i december var syrehalten över 3 mg l⁻¹ ned till 9 meters djup. Resultaten från 2020 var positiva, men även under detta år uppmättes perioder med låga syrehalterna under 4 meters djup.

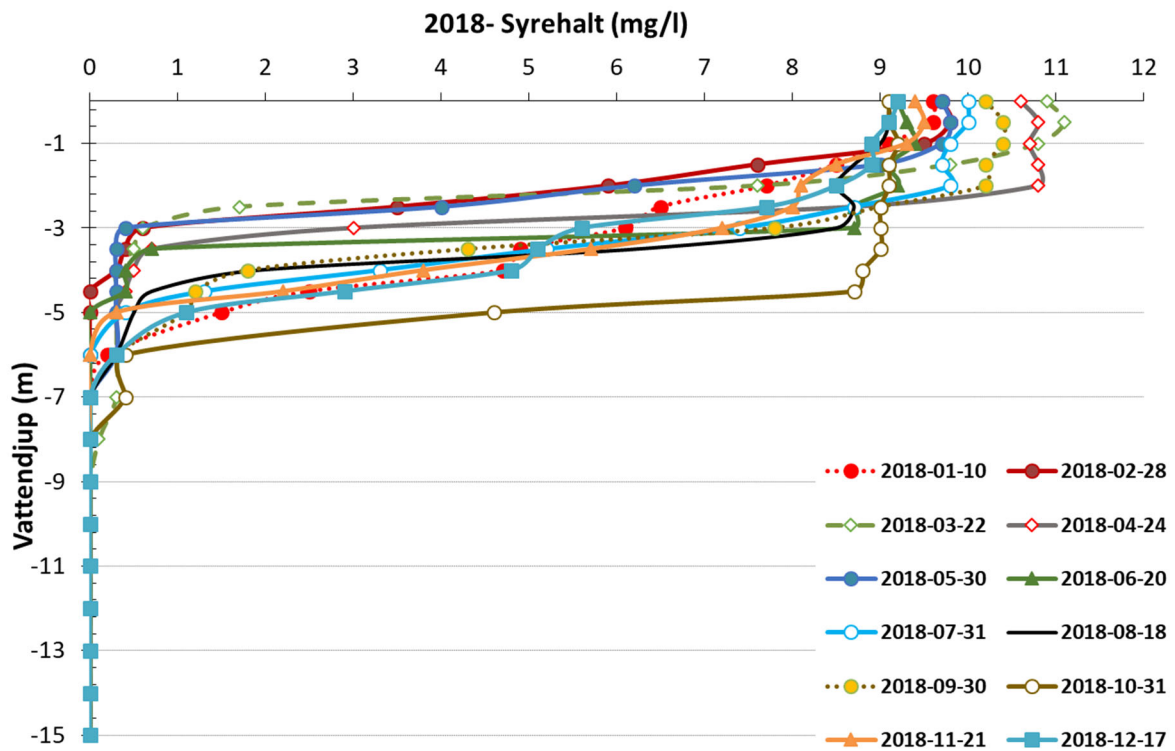
Mätningar bör fortsätta för att bekräfta om vattenuttag för bevattning har orsaka de positiva effekter som uppmättes under 2020 och för att bedöma hur långvariga de är. Det skulle vara värdefullt att i samband med syremätningar också ta vattenprover för analys av P- och N-koncentrationer.



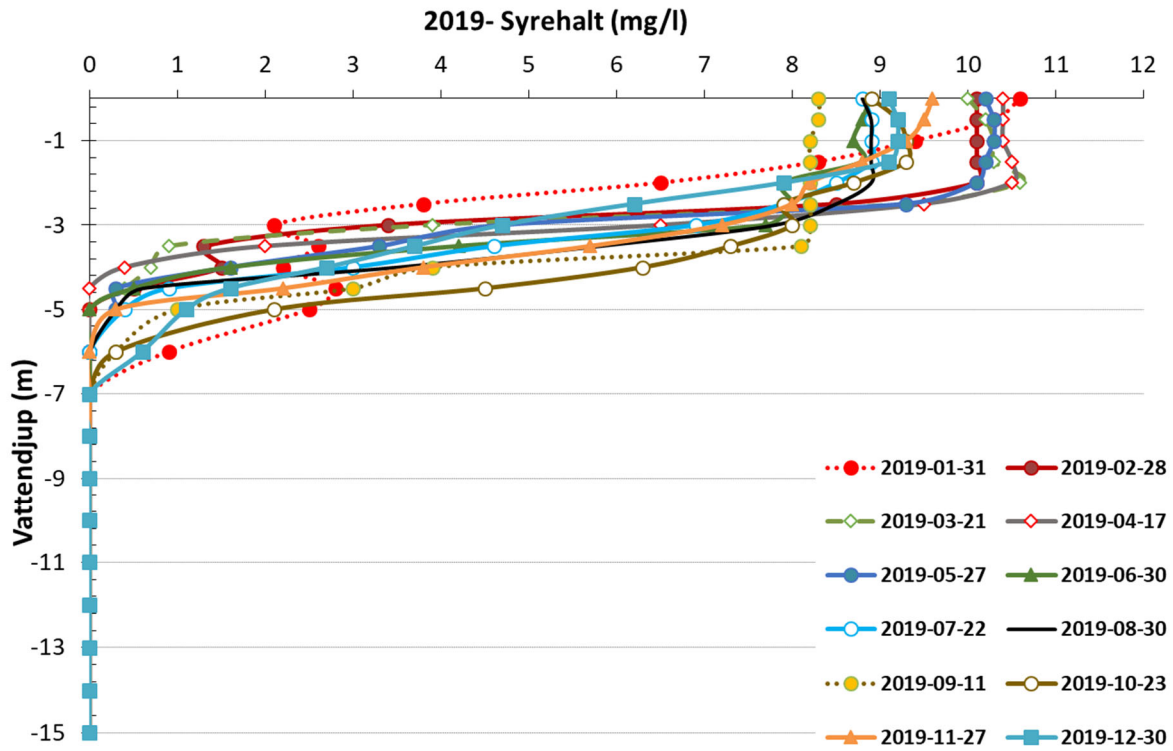
Figur 5. Syrehaltsmätningar från 0 till 15 meters djup i Dynestadsjön under år 2016.



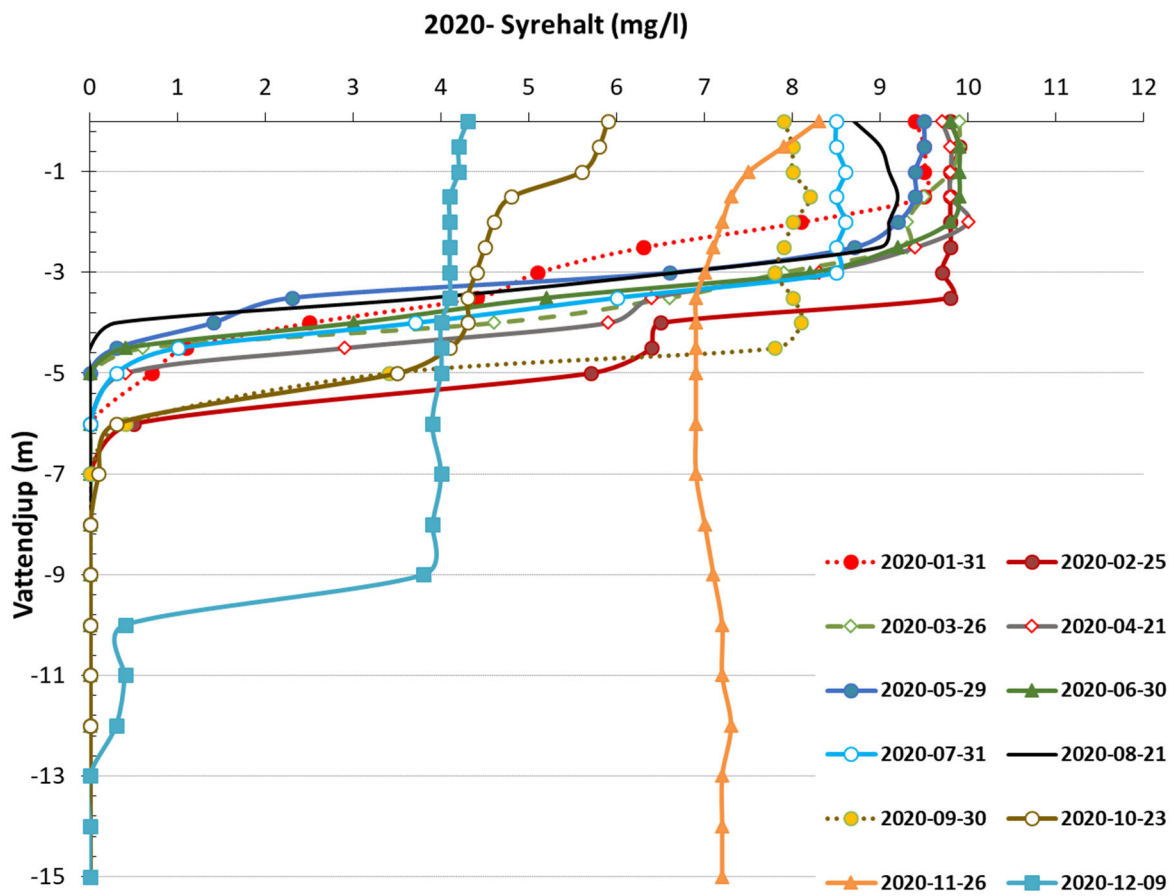
Figur 6. Syrehaltsmätningar från 0 till 15 meters djup i Dynestadsjön under år 2017.



Figur 7. Syrehaltsmätningar från 0 till 15 meters djup i Dynestadsjön under år 2018.



Figur 8. Syrehaltsmätningar från 0 till 15 meters djup i Dynestadssjön under år 2019.



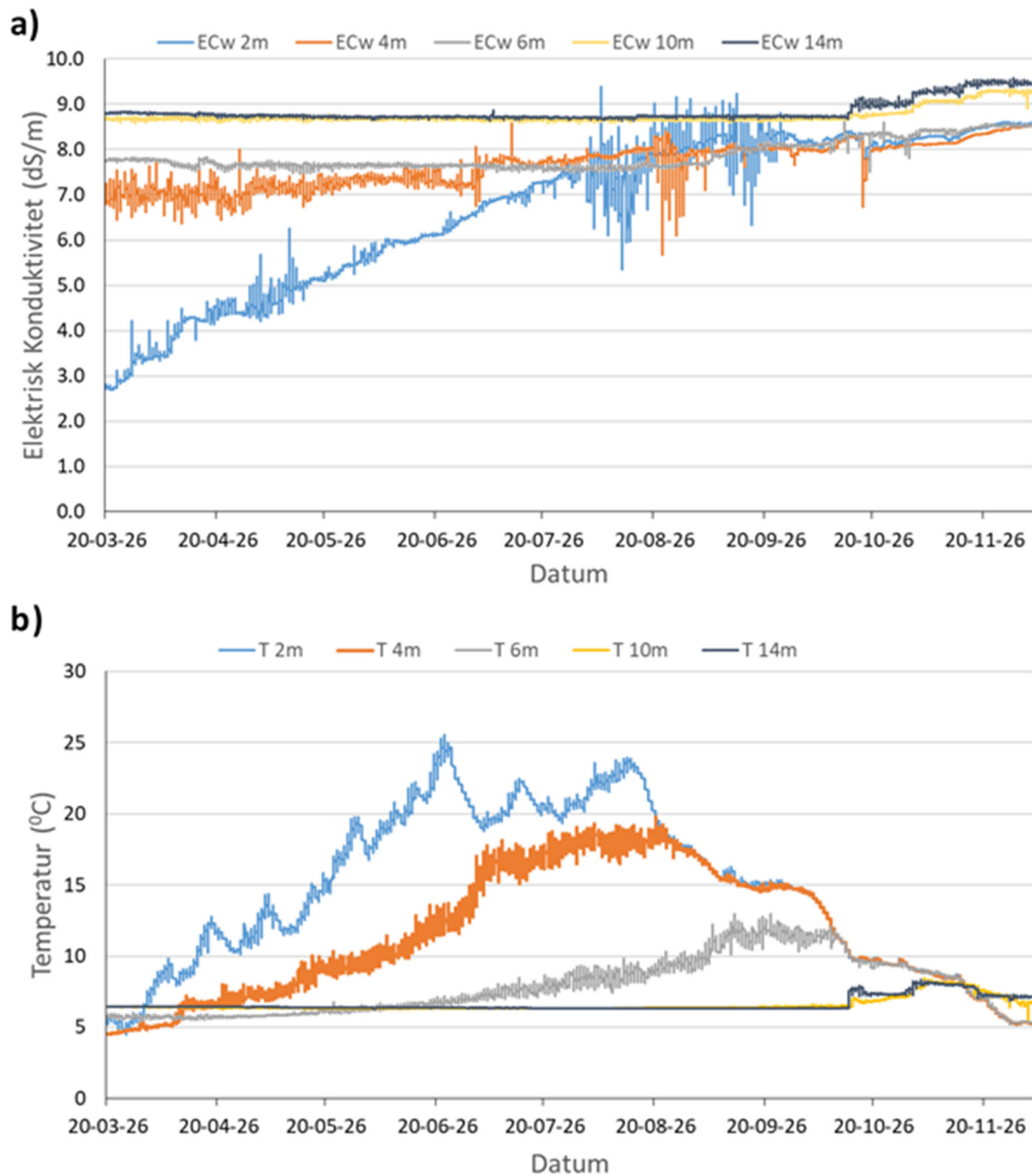
Figur 9. Syrehaltsmätningar från 0 till 15 meters djup i Dynestadssjön under år 2020.

Elektrisk konduktivitet i Dynestadsjön och i bevattningsvattnet

I figur 10 redovisas resultaten från mätningar av ECw och temperatur på 2 till 14 meters djup i Dynestadsjön under år 2020. Under mätperioden skedde en kontinuerlig ökning av ECw på 2 meters djup från mars månad till början av augusti. Från augusti stabiliserades ECw på 2 meters djup på samma höga nivå som på djupen under 2 meter. Liknande tendens fanns på 4 och 6 meters djup, men förändringarna var inte lika stora som på 2 meters djup. ECw var mycket höga och konstanta under hela mätperioden på 10 och 14 meters djup.

Bevattningsvattnet pumpades från 12 meters djup. På detta djup (mellan mätningarna på 10 och 14 meters djup) låg ECw relativt konstant på ca 8,7 dS/m under hela bevattningsperioden. Av detta kan slutsatsen dras att uttaget av vatten för bevattning på 12 meters djup inte påverkade ECw. På detta djup är ECw mycket högt, på kort sikt kan det ha en direkt påverkan på växterna som bevattnas och på lång sikt kan det bidra till försaltning av marken.

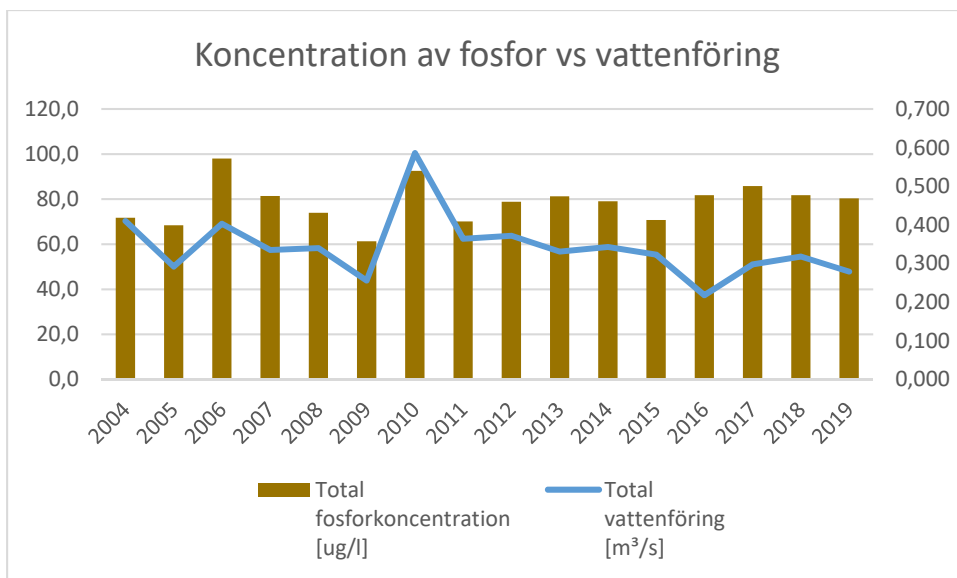
Det finns risk för att ECw kommer att stanna kvar på relativa höga värden eftersom inflöde av vatten med höga salthalter från Östersjön sker. Vi rekommenderar att ECw-mätningarna fortsätter för att kontrollera om samma tendenser kvarstår.



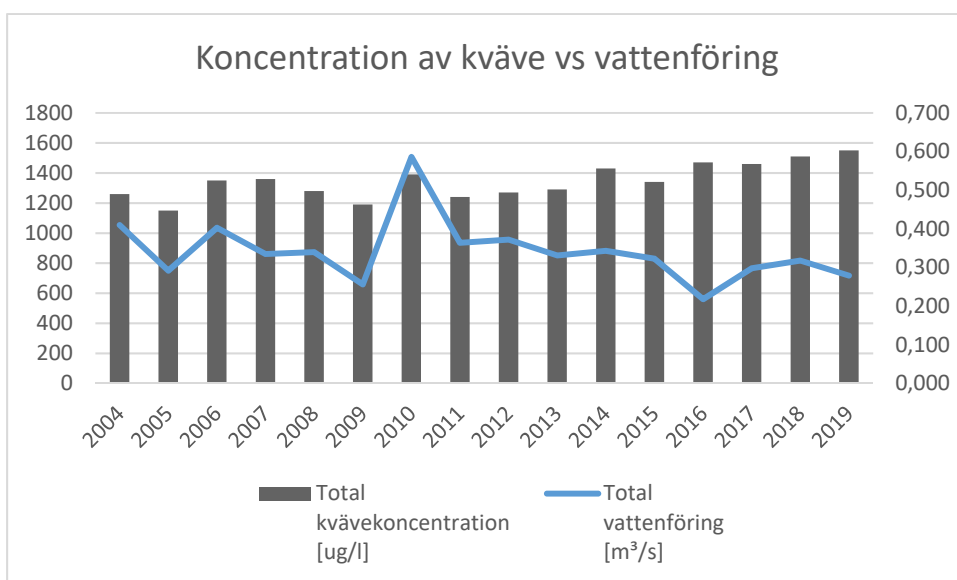
Figur 10. Elektrisk konduktivitet (ECw) vid 25°C (a) och temperatur (b) mätningar i Dynestadsjön på 2, 4, 6, 10 och 14 meters djup under år 2020.

Tillrinning från Dynestadsjöns avrinningsområde

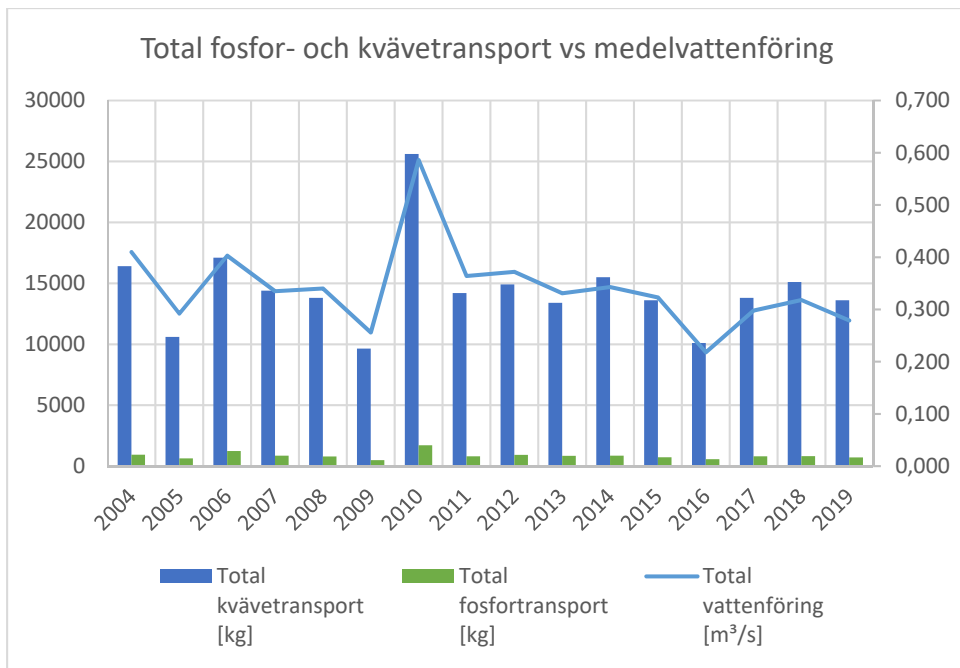
Eftersom uppmätta data saknas gjordes en modellering av hydrologi och effekterna av markanvändning på belastning av N och P i Dynestadsjön med HYPE. I simuleringen ingick totalt 16 år och den årliga sammanställningen av vattenföring, koncentrationer och transport av fosfor och kväve presenteras i figurerna 11 till 14. Förändringar i belastning följer trenderna på avrinning. Detta eftersom förändringarna i markanvändning är relativt små medan avrinningen förändras betydande under året och mellan åren.



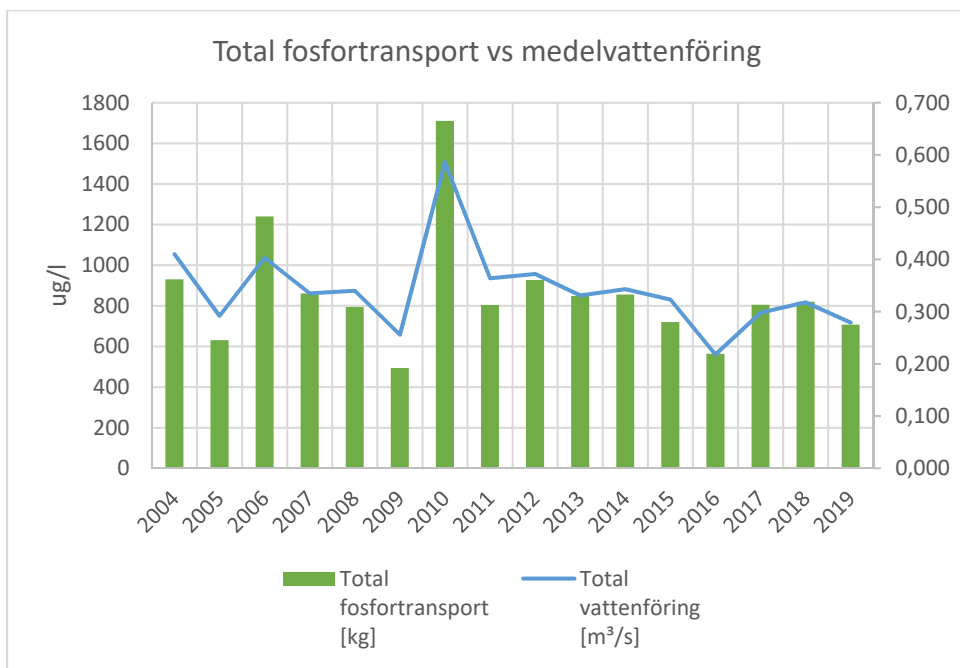
Figur 11. Simulerade värden för vattenföring och fosforkoncentration från HYPE.



Figur 12. Simulerade värden för vattenföring och kvävekoncentration från HYPE.



Figur 13. Simulerade värden för vattenföring, fosfor- och kvävetransport från HYPE.

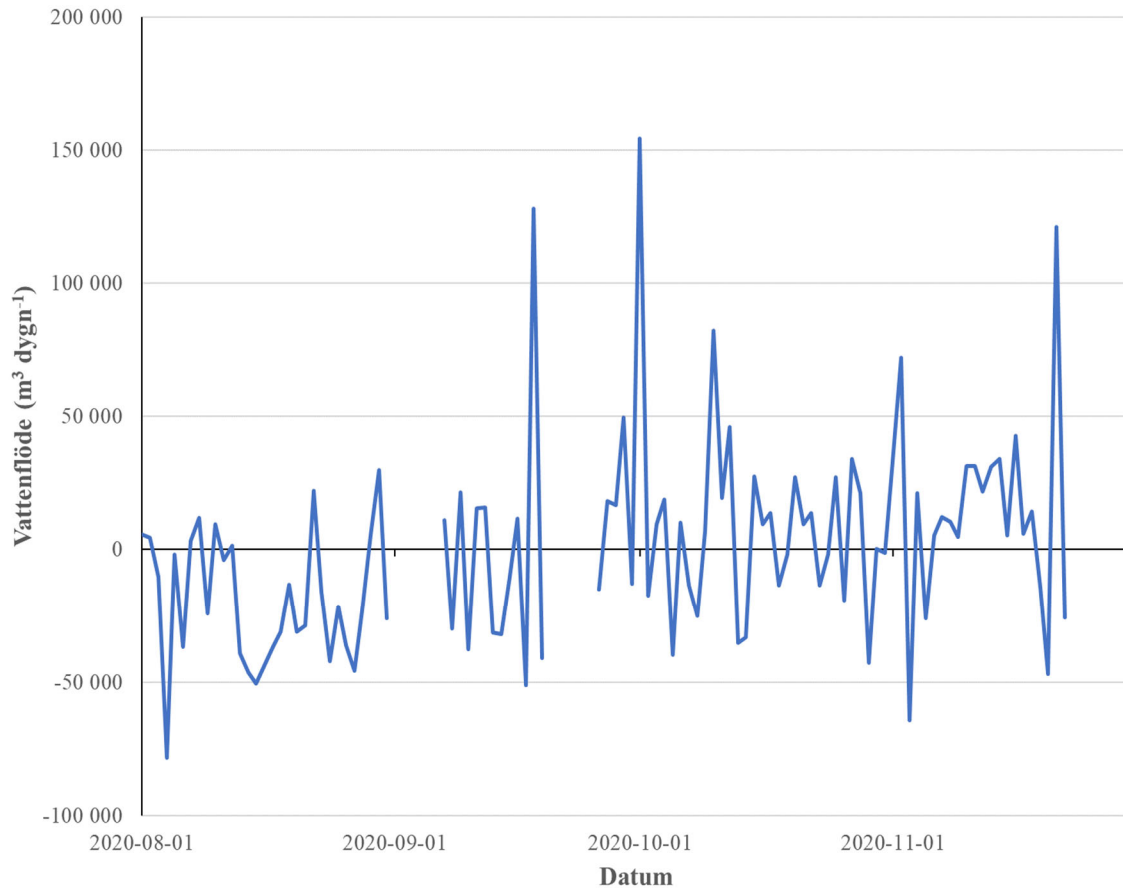


Figur 14. Simulerade värden för vattenföring och fosfortransport från HYPE.

För år 2013 fanns uppmätta data som användes för bedömning av pålitlighet av de simulerade resultaten. Vid jämförelsen mellan uppmätta och simulerade värden framgick det att modellen överskattade kvävebelastningen till Dynestadsjön med 9 % och underskattade fosforbelastning med 30 %. Det finns en del osäkerheter i jämförelsen eftersom vi inte har all information om mätningarna som gjordes under år 2013.

In- och utflöde av vatten från Gamlebyviken

Uppmätt in- och utflödet per dygn från Gamlebyviken under augusti, oktober och november år 2020 redovisas i figur 15. Under septembermånad saknas data några dagar eftersom utrustning blev utsatt för åverkan. Negativt flöde representerar inflöde till Dynestadsjön och positivt flöde anger utflöde från Dynestadsjön till Gamlebyviken. Flödet under augusti bestod till största delen av inflöde till Dynestadsjön. Kraftiga variationer av flödets storlek och riktning kan utläsas i figur 15.



Figur 15. Flödet i m^3 per dygn uppmätt i utloppet av Dynestadsjön. Positivt flöde betyder ett utflöde från Dynestadsjön till Gamlebyviken. Ett negativt flöde betyder ett inflöde från Gamlebyviken till Dynestadsjön.

Skördens kvantitet och kvalitet

Uppmätt avkastning i tre vallskördar på östra sidan av Dynestadsjön år 2020 redovisas i tabell 2. Bevattningen ökade avkastningen på två av fyra platser och minskade avkastningen på en plats. Den totala skördeökningen varierade mellan -6 till +40 %.

Tabell 2. Avkastning år 2020 med tre vallskördar i kg torrsbstans (ts) per hektar för obevattnad (obev) (nummer; 3, 5, 9, 15) och bevattnade (bev) (nummer; 4, 6, 10, 16) skörderutor samt relativtal för totalskörden under säsongen

Behandling	Skörd 1 (kg ts/ha)	Skörd 2 (kg ts/ha)	Skörd 3 (kg ts/ha)	Total skörd (kg ts/ha)	Relativtal
3 (obev)	5064	1860	999	7923	100
4 (bev)	6281	3170	1577	11028	139
5 (obev)	5631	2890	1255	9776	100
6 (bev)	5986	2263	919	9168	94
9 (obev)	5263	3110	1184	9557	100
10 (bev)	6314	-	2441	8755	-
15 (obev)	4793	2336	1348	8477	100
16 (bev)	6351	2969	1195	10515	124
Medel Obev.	5188	2549	1197	8933	
Medel (bev.)	6233	2801	1533	10566	
Medel	5710	2657	1365	9492	

Skördens kvalitet påverkades i flera parametrar, vid jämförelse mellan bevattnade och obevattnade fält (tabell 3). Råproteinhalten var något lägre i fält som hade bevattnats för alla tre skördarna. Analyserna visade inga skillnader med avseende på omsättbart energi. Fiberinnehållet var högre för bevattnade fält. Analyserna visade inga skillnader i innehåll av in vitro smältbarhet i organisk substans och aska. Ca-koncentrationen var något lägre för bevattnade fält, små skillnader för K- och Mg-koncentrationer, högre koncentration av Na för bevattnade fält och små skillnader i koncentration av P och S.

Tabell 3. Skörde kvalitet vid tre vallskördar år 2020 för obevattnade (obev) och bevattnade (bev) fält i råprotein (g/kg ts), omsättbar energi (<50 % baljväxter) (MJ/kg ts), fiberinnehåll (NDF g/kg ts), in vitro smältbarhet i organisk substans (OMD <50 % baljväxter, %), aska (g/kg ts) samt mineraler; Ca, K, Mg, Na, P och S (g/kg ts)

Ruta/ skörd	Råprotein (g/kg ts)	Omsättbar energi (MJ/(kg ts))	NDF (g/k g ts)	OMD (%)	Aska (g/kg ts)	Mineraler (g/kg ts)					
						Ca	K	Mg	Na	P	S
<u>Skörd 1</u>											
3 (obev)	162	10,9	413	76	82	4,6	31,2	1,5	0,2	3,7	2,1
4 (bev)	154	10,5	398	74	93	5,4	33,6	2,1	1,1	3,1	1,8
5 (obev)	182	10,6	450	75	100	4,9	38,8	1,9	0,8	3,5	2,5
6 (bev)	135	10,5	480	74	94	4,1	35,0	1,6	0,5	2,9	1,6
9 (obev)	182	11,0	400	76	86	4,7	33,5	1,8	0,3	3,3	2,3
10 (bev)	166	10,5	438	74	90	3,9	34,6	1,8	1,9	3,0	1,9
15 (obev)	159	10,7	437	74	85	4,0	31,8	1,6	0,2	2,8	1,9
16 (bev)	142	11,3	404	78	88	4,1	31,4	1,7	0,5	3,0	2,1
Medel obev	171	10,8	425	75	88	4,6	33,8	1,7	0,4	3,3	2,2
Medel bev	149	10,7	430	75	91	4,4	33,7	1,8	1,0	3,0	1,9
Medel allaMedel	160	10,8	428	75	90	4,5	33,7	1,8	0,7	3,2	2,0
<u>Skörd 2</u>											
3 (obev)	137	10,3	442	71	74	5,2	22,3	1,9	0,3	2,3	2,2
4 (bev)	140	10,2	433	71	83	5,4	25,2	2,2	0,7	2,3	1,7
5 (obev)	157	10,5	449	74	88	4,5	27,6	1,9	0,4	2,2	2,2
6 (bev)	126	10,4	460	73	87	4,6	25,0	1,9	0,6	2,4	1,8
9 (obev)											
10 (bev)	131	10,1	482	71	80	4,4	25,3	2,1	1,0	2,1	1,9
15 (obev)	147	10,0	397	70	81	5,7	26,2	2,0	0,6	2,1	1,8
16 (bev)	105	10,1	510	70	79	4,0	23,8	1,9	0,3	2,1	2,4
Medel obev	147	10,3	429	72	81	5,1	25,4	1,9	0,4	2,2	2,1
Medel bev	126	10,2	471	71	82	4,6	24,8	2,0	0,7	2,2	2,0
Medel alla	135	10,2	453	71	82	4,8	25,1	2,0	0,6	2,2	2,0
<u>Skörd 3</u>											
3 (obev)	183	10,6	405	75	99	8,8	27,4	3,0	0,3	2,8	2,9
4 (bev)	124	10,4	438	73	89	7,3	21,5	2,6	0,6	2,1	1,9
5 (obev)	164	10,8	436	76	101	6,4	30,3	2,5	0,5	2,3	2,7
6 (bev)	134	10,5	463	74	98	7,9	24,5	2,6	0,6	2,4	2,4
9 (obev)	176	10,4	418	73	87	7,5	26,3	2,8	0,5	2,3	2,8
10 (bev)	189	10,2	389	73	103	8,8	30,1	3,0	2,0	2,5	2,4
15 (obev)	172	9,9	376	70	95	10,1	27,4	2,5	0,7	2,4	2,2
16 (bev)	166	10,2	481	73	110	5,9	30,0	2,7	0,2	2,8	3,3
Medel obev	174	10,4	409	74	96	8,2	27,9	2,7	0,5	2,5	2,7
Medel bev	153	10,3	443	73	100	7,5	26,5	2,7	0,9	2,5	2,5
Medel alla	164	10,4	426	73	98	7,8	27,2	2,7	0,7	2,5	2,6

Markkemisk provtagning

Resultaten från den markkemiska provtagningen redovisas i Bilaga 1. En översiktlig jämförelse mellan prov uttagna på 0-30 cm djup visar att på fälten öster om Dynestadsjön ökade i genomsnitt (från år 2018 till 2020) pH från 6,1 till 6,7; P-AL minskade från 10,9 till 10,1; K-AL ökade från 25,4 till 28,8; Mg-AL ökade från 37,6 till 51,8; kvoten K/Mg minskade från 0,85 till 0,60.

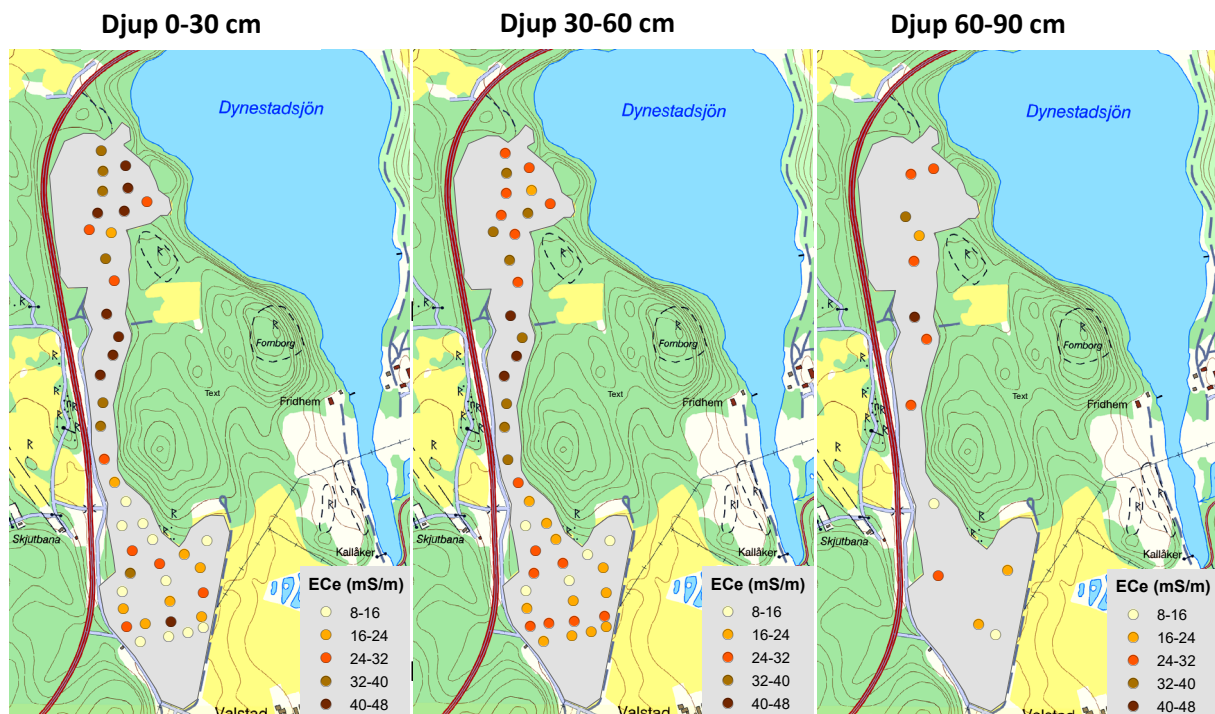
Vid liknande jämförelse, på fälten väster om Dynestadsjön minskade i genomsnitt (från 2019 till 2020) pH från 6,4 till 6,3; P-AL minskade från 9,6 till 8,2; K-AL ökade från 24,8 till 33,2; Mg-AL ökade från 50,3 till 58,3; kvoten K/Mg ökade från 0,54 till 0,97; samt Ca-AL minskade från 322,2 till 290,0.

Analyserna på djupet 30-60 cm, på fälten väster om Dynestadsjön visade i genomsnitt (från år 2019 till 2020) att pH ökade från 6,4 till 6,8; P-AL ökade från 9,6 till 12,0; K-AL ökade från 24,8 till 30,6; Mg-AL minskade från 50,3 till 42,0; kvoten K/Mg minskade från 0,54 till 0,45; samt Ca-AL minskade från 322,2 till 305,2.

Markens elektriska konduktivitet

Prover för bestämning av markens elektriska konduktivitet på västra sida av Dynestadsjön togs under våren 2020 på två olika djup, 0-30 cm och 30-60 cm. Konduktivitetsvärden varierade mellan 8-48 mS m⁻¹ (figur 16). Jordar med konduktivitet under 100 mS m⁻¹ anses vara icke försaltade och utgör ingen begränsning för produktion av jordbruksgrödor.

De redovisade elektriska konduktivitetsvärdena visar tillståndet i marken efter ett år med bevattning. Därmed bör en viss försiktighet tas för att undvika anrikning av salter om koncentrationen av salter i bevattningssvatten inte minskar med tiden. Ett sätt är att bevattna vid några få tillfällen per år, två till tre bevattningstillfällen per år.



Figur 16. Elektrisk konduktivitet i jordprover uttagna på tre djup, på våren år 2020, på areal som bevattnades med vatten från Dynestadsjön under år 2019.

Slutsatser

I projektet har det ingått mätningar i och analyser av vatten från Dynestadsjön samt markkemiska analyser jord från obevattnad och bevattnad areal. Även kvantitativa och kvalitativa effekter på skörd har utvärderats. Generellt var dataunderlaget inte tillräckligt för att ge stöd till resultat och slutsatser. Detta beror delvis på att det saknas indata, men också på grund av att mätperioden inte har varit tillräcklig lång.

Det årliga vattenuttag för bevattning utgör en lite andel av den totala mängd som omsätts i sjön. Nuvarande bevattningssystem har en kapacitet att bevattna ca. 360 000 m³ per år motsvarande ca. 150 mm per hektar. I dagsläget har det bevattnats betydligt mindre, under 100 000 m³ per år. Uttaget av vatten till bevattning utgör mindre än 1 % av den årliga tillrinningen från land. Utöver tillrinningen från land tillkommer inflödet från Gamlebyviken.

Syrehalten i sjön har mätts under 5 år, år 2016 till 2020. Generellt har syrehalterna legat mellan 0 till 3 mg l⁻¹ på djupen under 3 m. Förbättringar kunde observeras under åren 2019 och 2020. Under år 2020 var syrehalterna över 3 mg l⁻¹ alla månader ner till 4 meters djup. Mätningar bör fortsätta för att bekräfta om vattenuttag för bevattning har orsaka de positiva effekter, som uppmättes under 2020 och för att bedöma hur långvariga de är. Det skulle vara värdefullt att i samband med syremätningar också ta vattenprover för analys av P- och N-koncentrationer.

Under mätningarna som genomfördes mellan mars och december 2020 observerades höga värden av EC_w med de lägsta värdena i ytskiktet och de högsta från 10 m djup. En tydlig kontinuerlig ökning av EC_w på 2 meters djup observeras från mars till början av augusti. Från augusti till december var EC_w omkring 8 dS m⁻¹ vid mätningar på 2, 4 och 6 m djup. EC_w var konstant högt under hela mätperioden på 10 och 14 meters djup med konduktivetsvärden omkring 8,7 dS m⁻¹. Ingen förändring observerades under perioden med vattenuttag till bevattning. De höga värden var på samma nivå som de mätningar som gjordes på bevattningsvattnet.

De mycket höga konduktivetsvärdena på bevattningsvatten kan på kort sikt ha en direkt påverka på växterna som bevattnas och på lång sikt kan det bidra till försaltning av marken. Under perioden kunde inte någon negativ påverkan på växterna observeras. Den totala skördeökningen varierade mellan -6 till +40 %. Vi rekommendera att EC_w-mätningarna fortsätter för att kontrollera om samma tendenser kvarstår och också att de kompletteras med mätningar av natrium- och klorhalter.

Vattenutbytet mellan Dynestadsjön och Gamlebyviken är mycket stora och variera under dagen och mellan dagar. Mätningar som genomfördes från augusti till november 2020 kan inte anses vara tillräckligt långa för att fånga in eventuella säsongsvariationer eller skillnader mellan år. Eftersom vattenutbytet mellan Dynestadsjön och Gamlebyviken är så stort är det troligt att saltmängderna i Dynestadsjön kommer att ligga på nuvarande nivå även i fortsättningen.

Vissa markkemiska förändringar har observerats, men tiden mellan provtagningarna (1-2 år) har varit alldeles för kort för bedömning av eventuella förändringar. Platsvariationer och variationer under åren kan vara större än de små skillnader som observerades. Vi rekommenderar starkt en fortsatt provtagning av framförallt den elektriska konduktiviteten i marken, för att kunna säkerställa att ingen försaltning uppstår.

Hur vattenkvalitet i Dynestadsjön eller den bevattnade marken i området kommer att påverkas i framtiden kan inte besvaras med säkerhet i nuvarande studie. Av denna anledning rekommenderar vi fortsatta mätningar för att bekräfta om mätvärdena ligger kvar på samma nivå eller om förändringar pekar i positiv eller negativ riktning.

Referenser

SMHI (u.å.). *Ladda ner meteorologiska observationer | SMHI.*

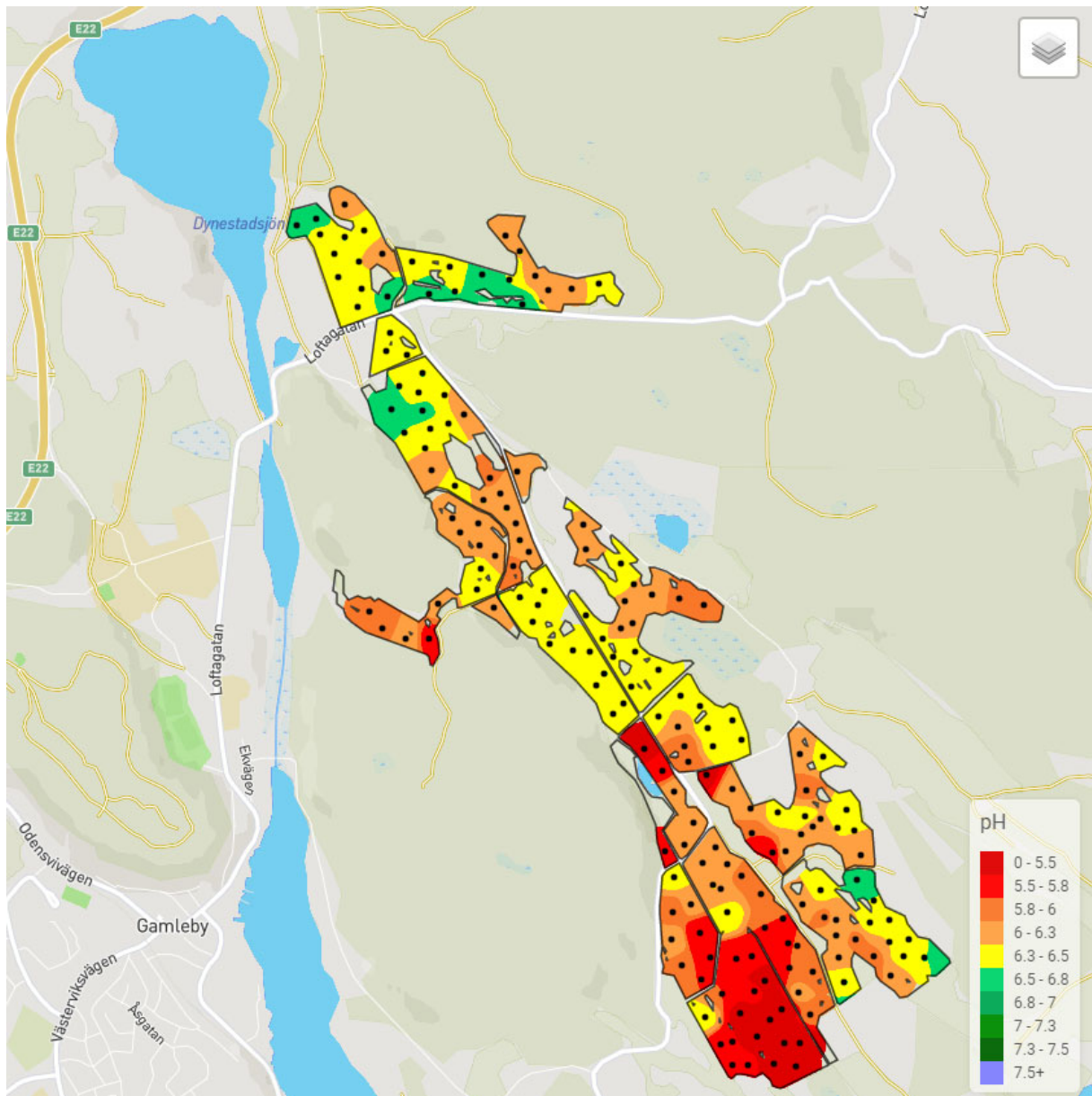
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airPressure,stations=all,stationid=75520> [2021-01-21]

SMHI (2017-09-05). *HYPE | SMHI.* <https://www.smhi.se/forskning/forskningsenheter/hydrologisk-forskning/hype-1.557> [2021-01-06]

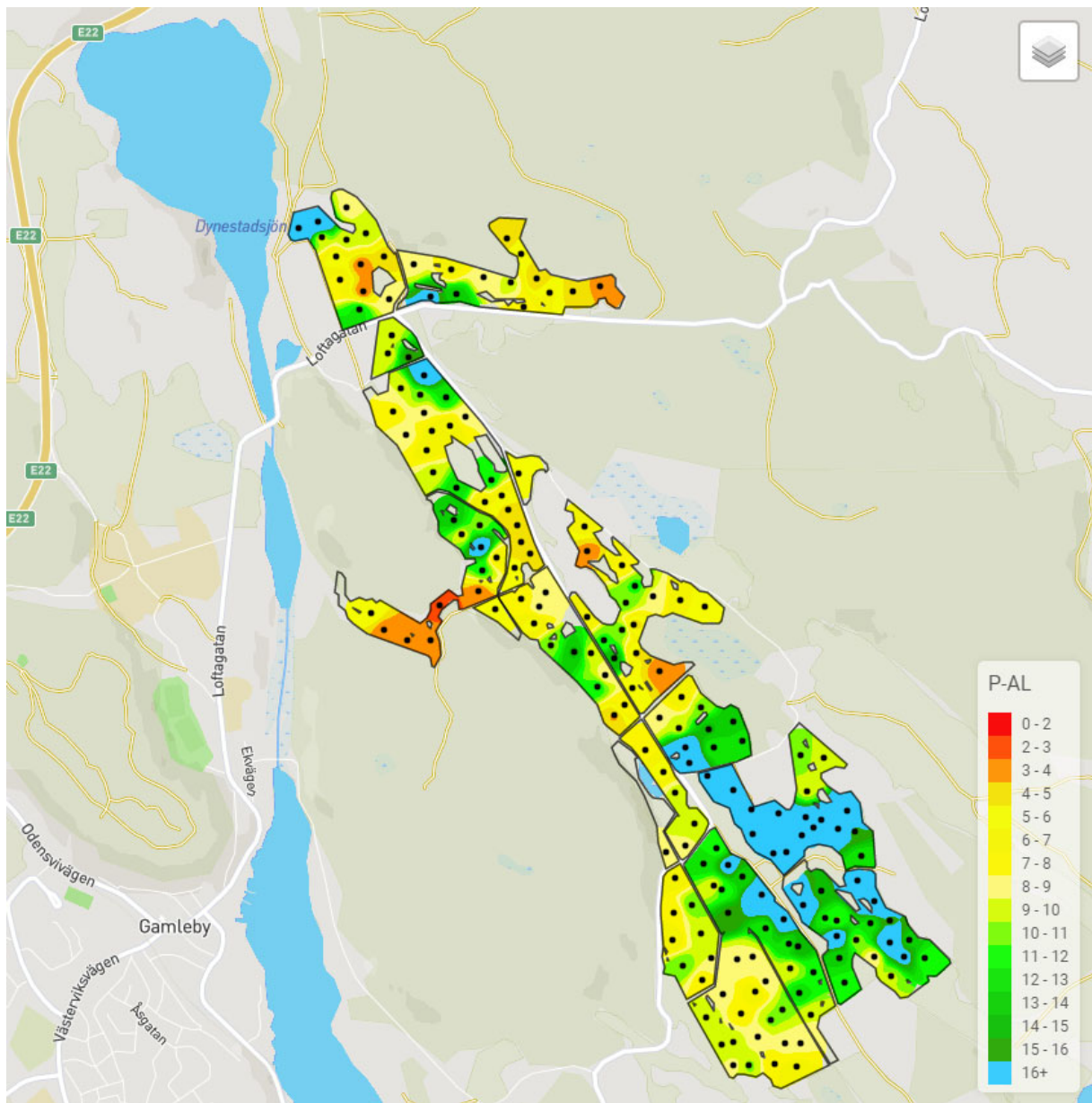
Västerviks kommun, 2010. Projektbeskrivning "Havsmiljö Gamlebyviken- Åtgärdsgenomförande i Samverkan".

Västervik kommun & Västervik miljö & Energi AB (2013). *Övergödningen som en resurs - Genomförande av åtgärder för minskat läckage av näringsämnen från Dynestadsjön till Gamlebyviken*

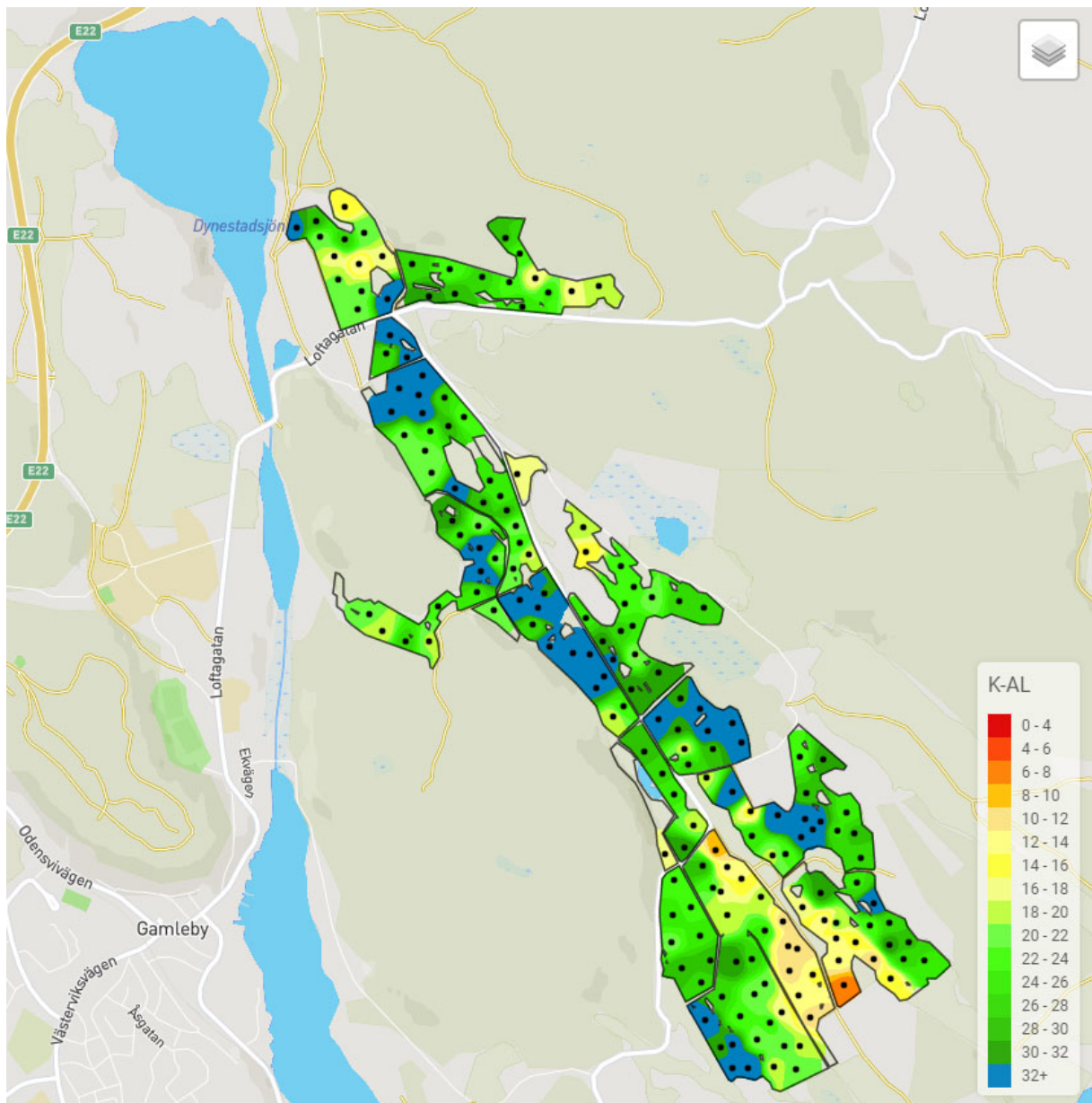
Bilaga 1. Markkemiska data



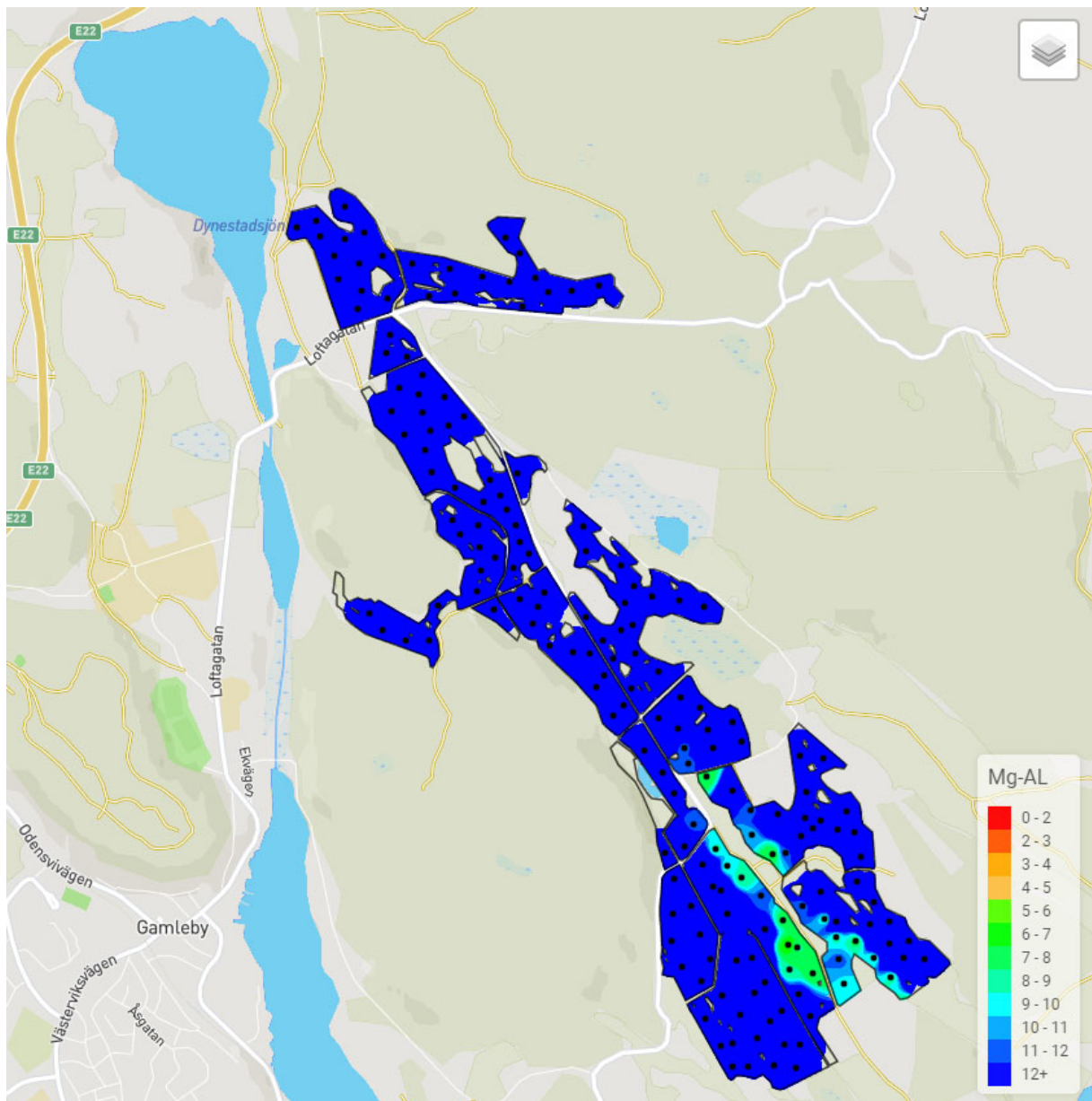
Figur 1. pH, prover från 0-30 cm djup (2018)



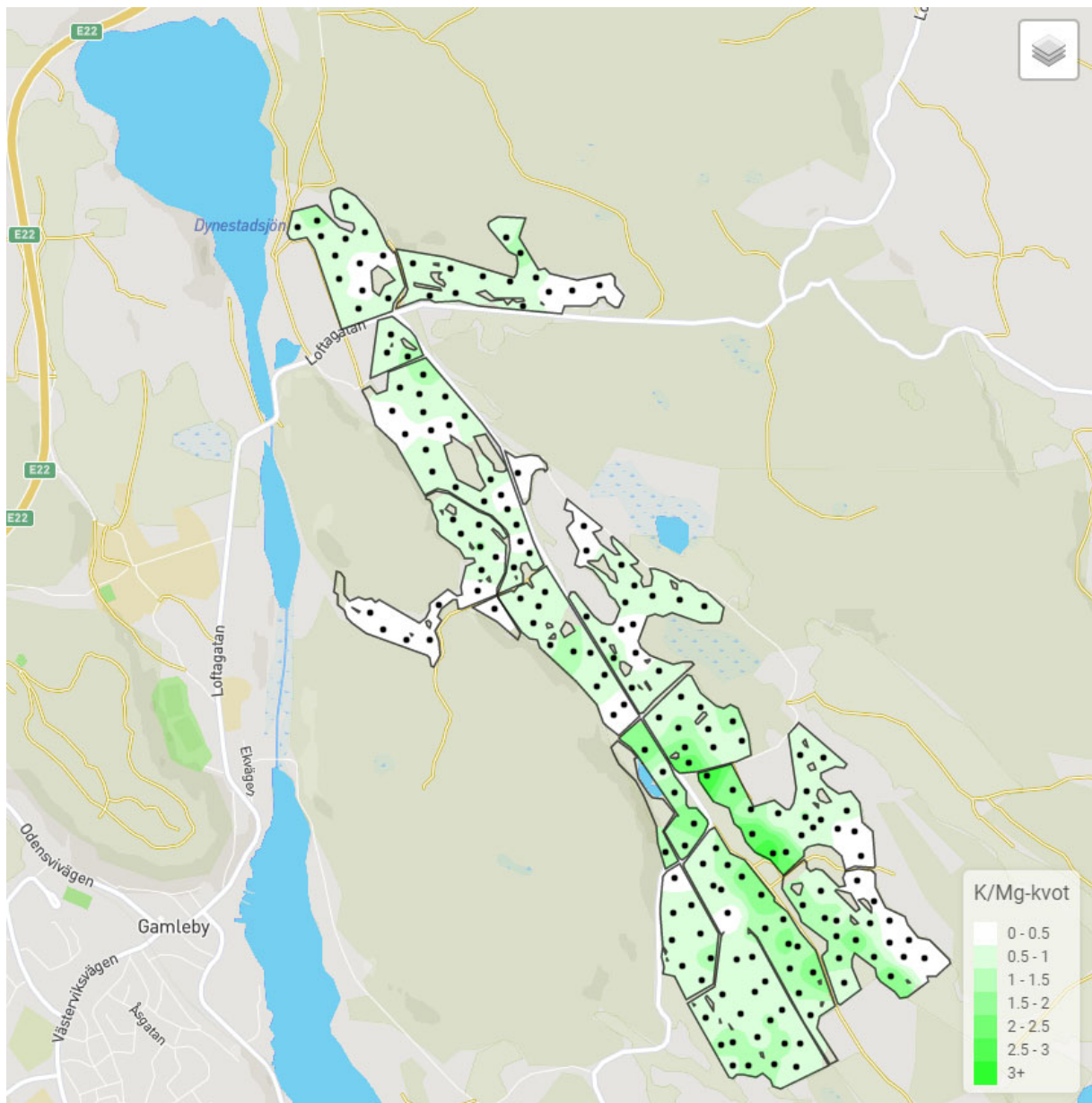
Figur 2. Fosfor, P-AL, prover från 0-30 cm djup (2018)



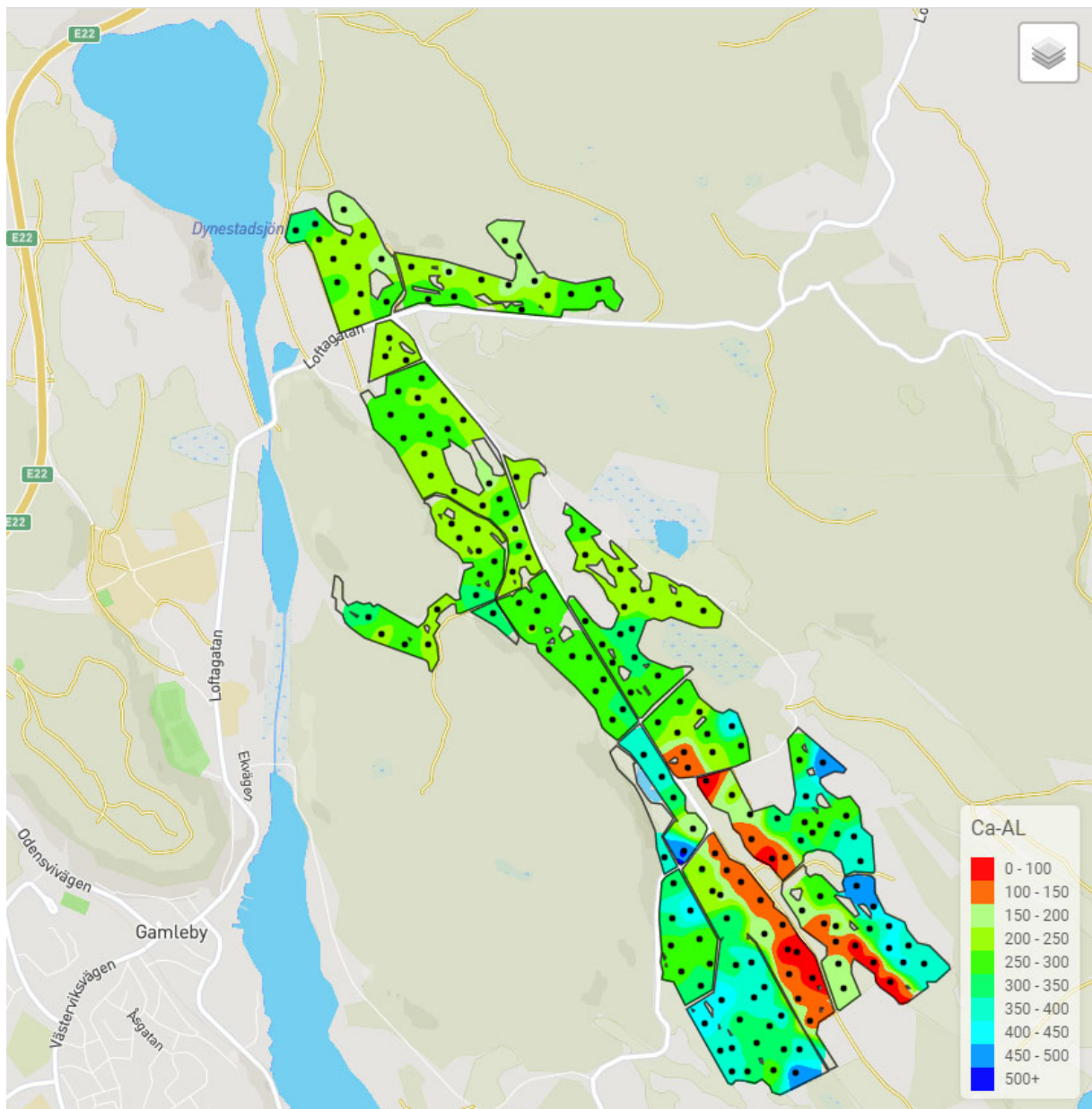
Figur 4. Kalium, K-AL, prover från 0-30 cm djup (2018)



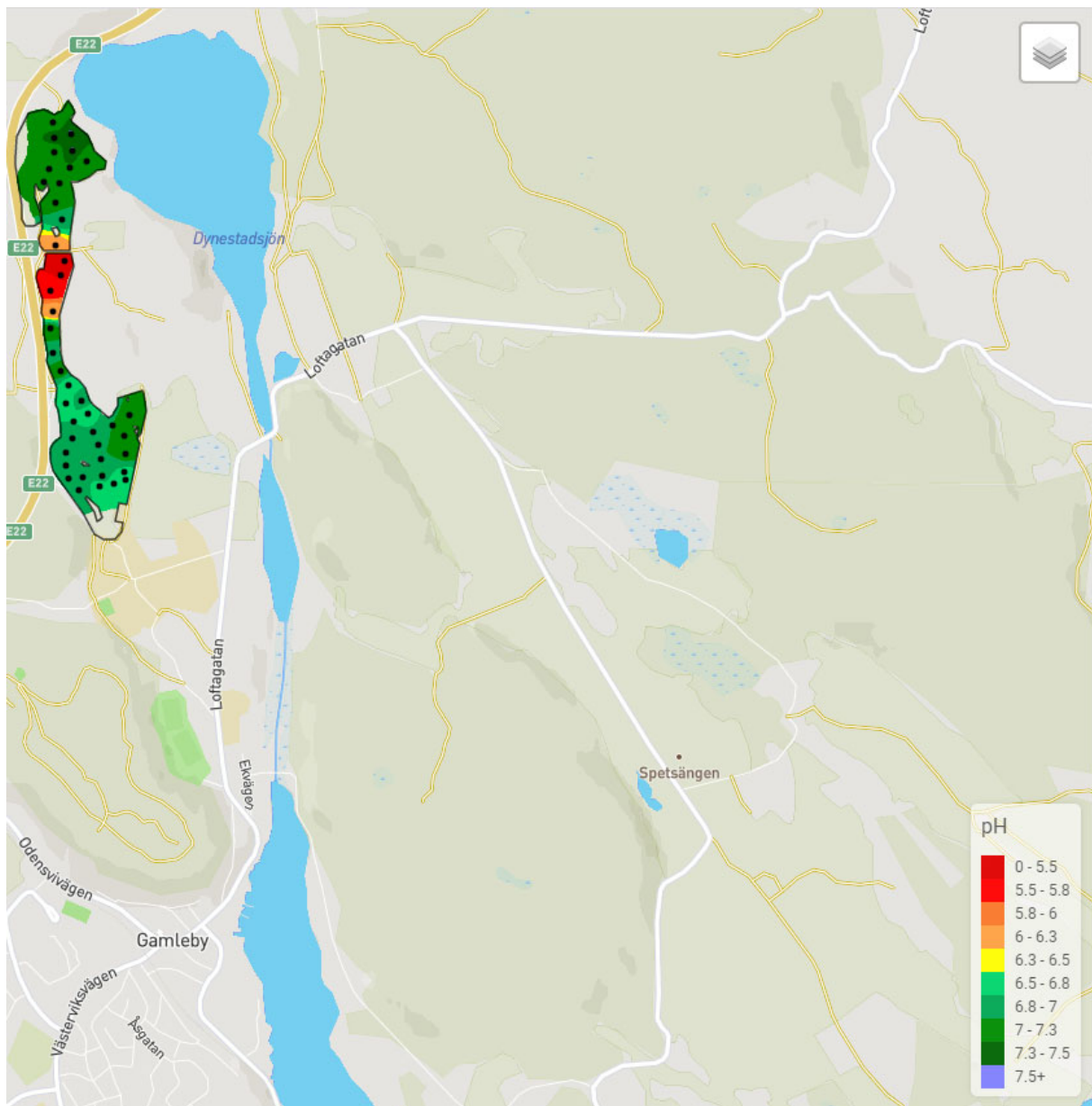
Figur 5. Magnesium, Mg-AL, prover från 0-30 cm djup (2018)



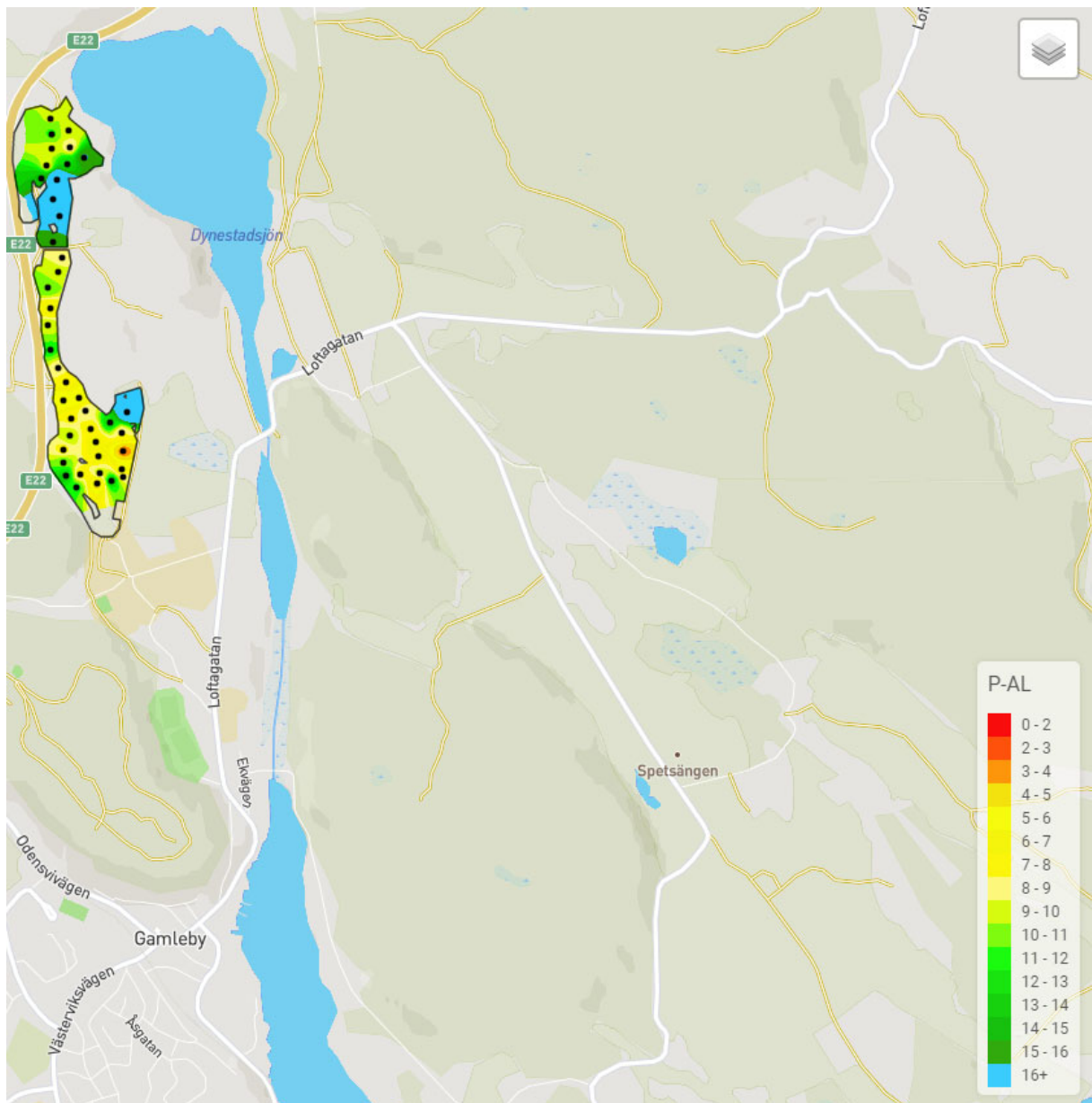
Figur 6. Kalium/Magnesium-kvot, K/ Mg-kvot, prover från 0-30 cm djup (2018)



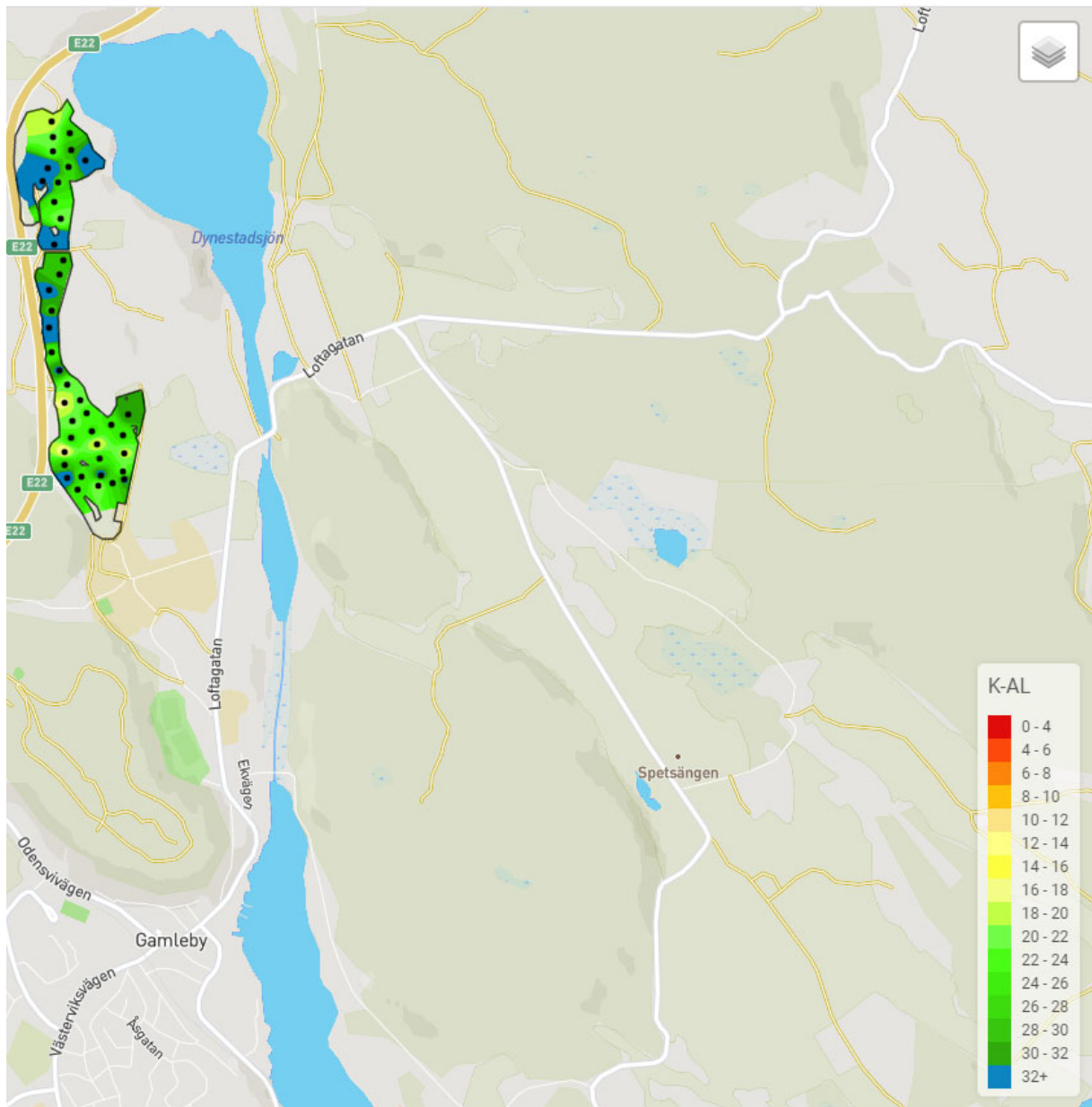
Figur 7. Kalcium, Ca-AL, prover från 0-30 cm djup (2018)



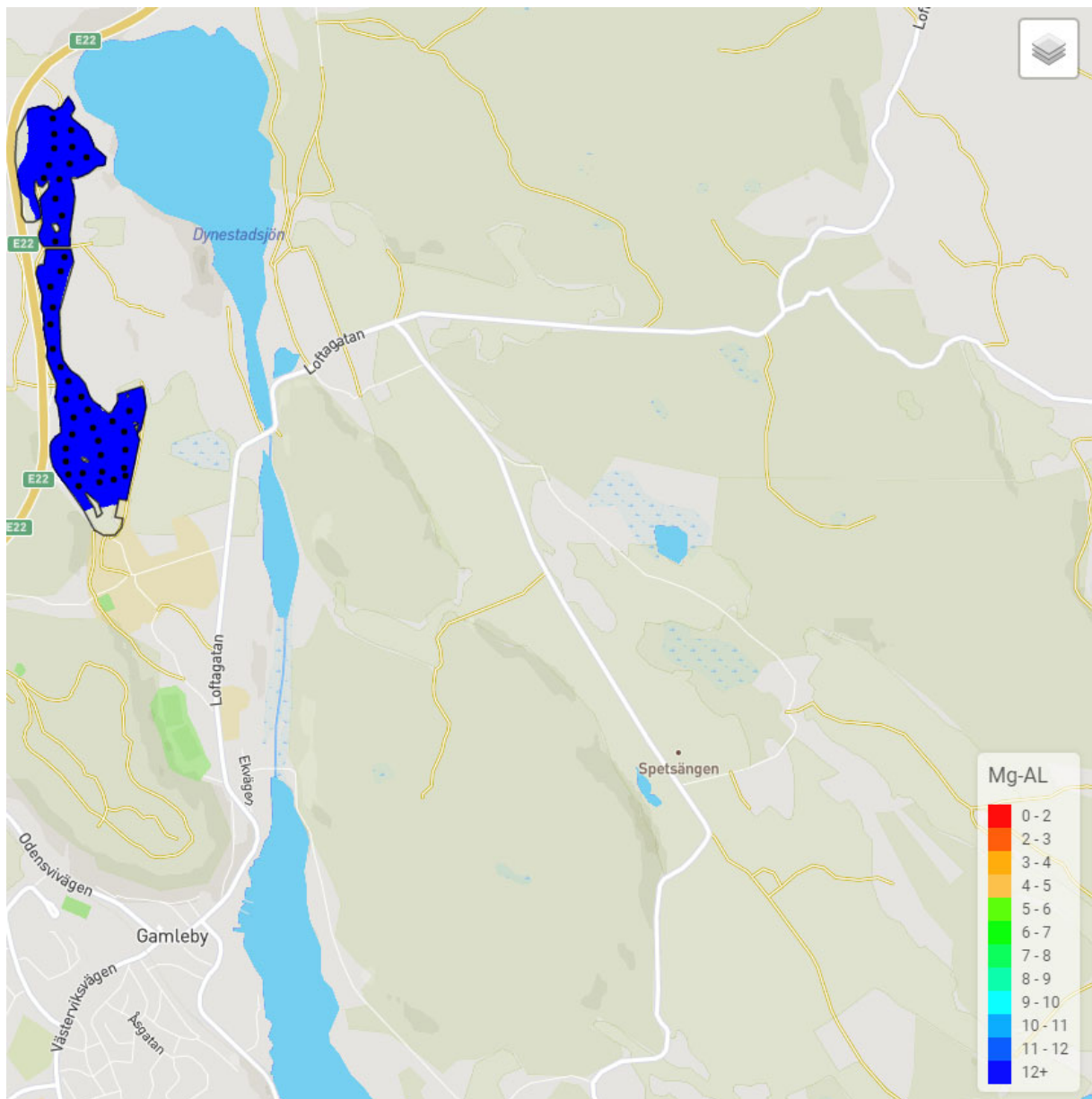
Figur 8. pH, prover från 0-30 cm djup (2019)



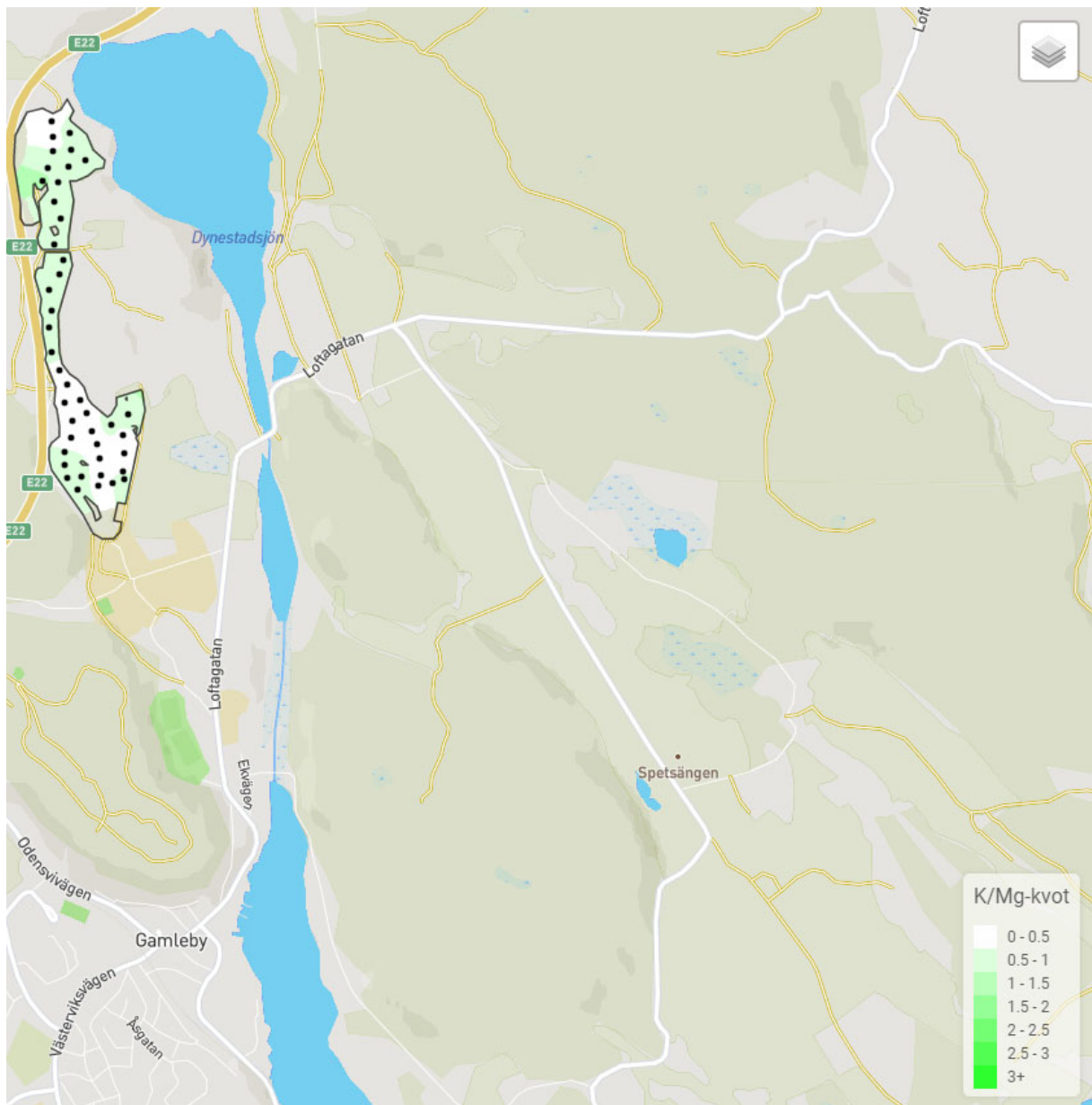
Figur 9. Fosfor, P-AL, prover från 0-30 cm djup (2019)



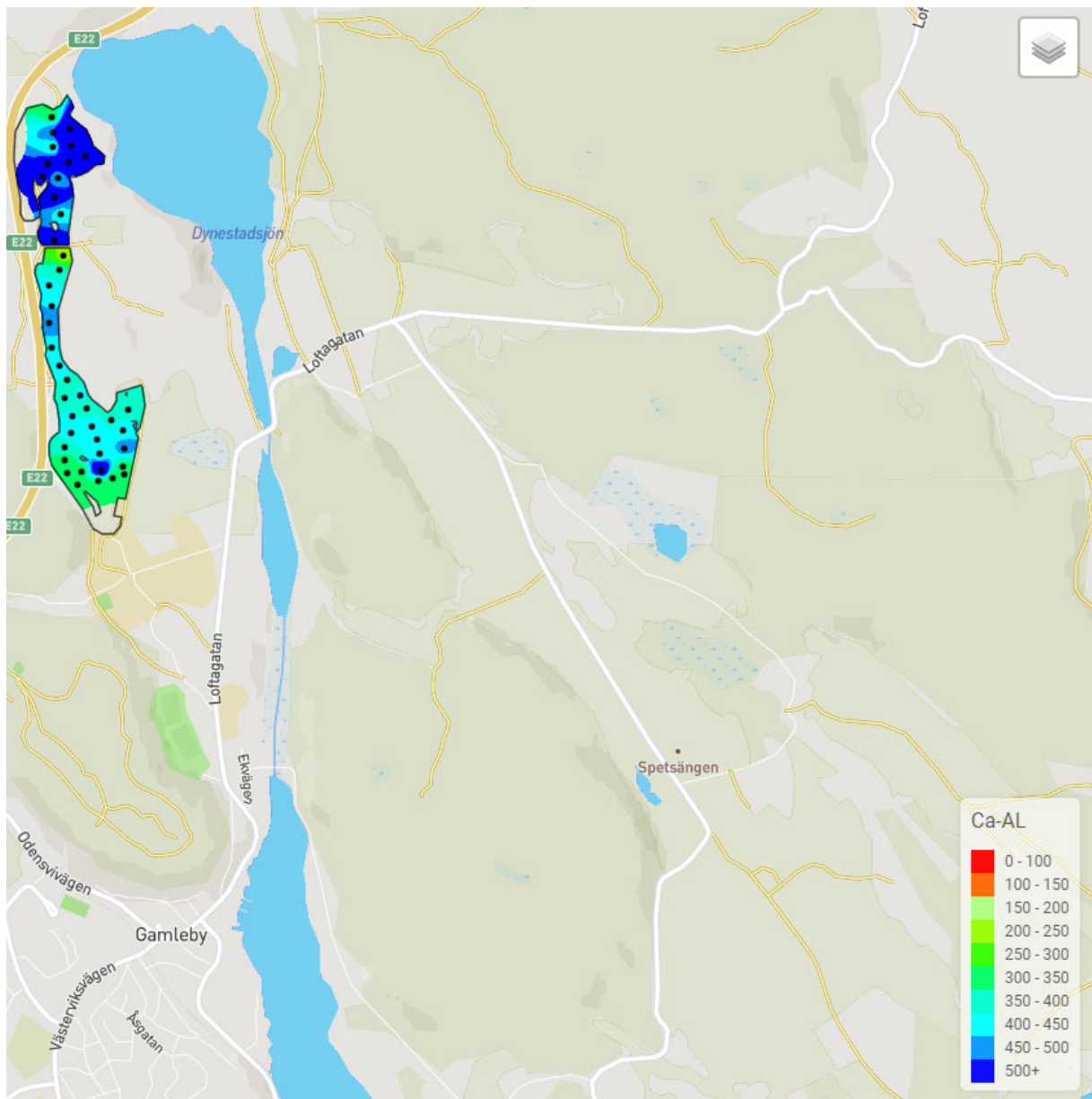
Figur 10. Kalium, K-AL, prover från 0-30 cm djup (2019)



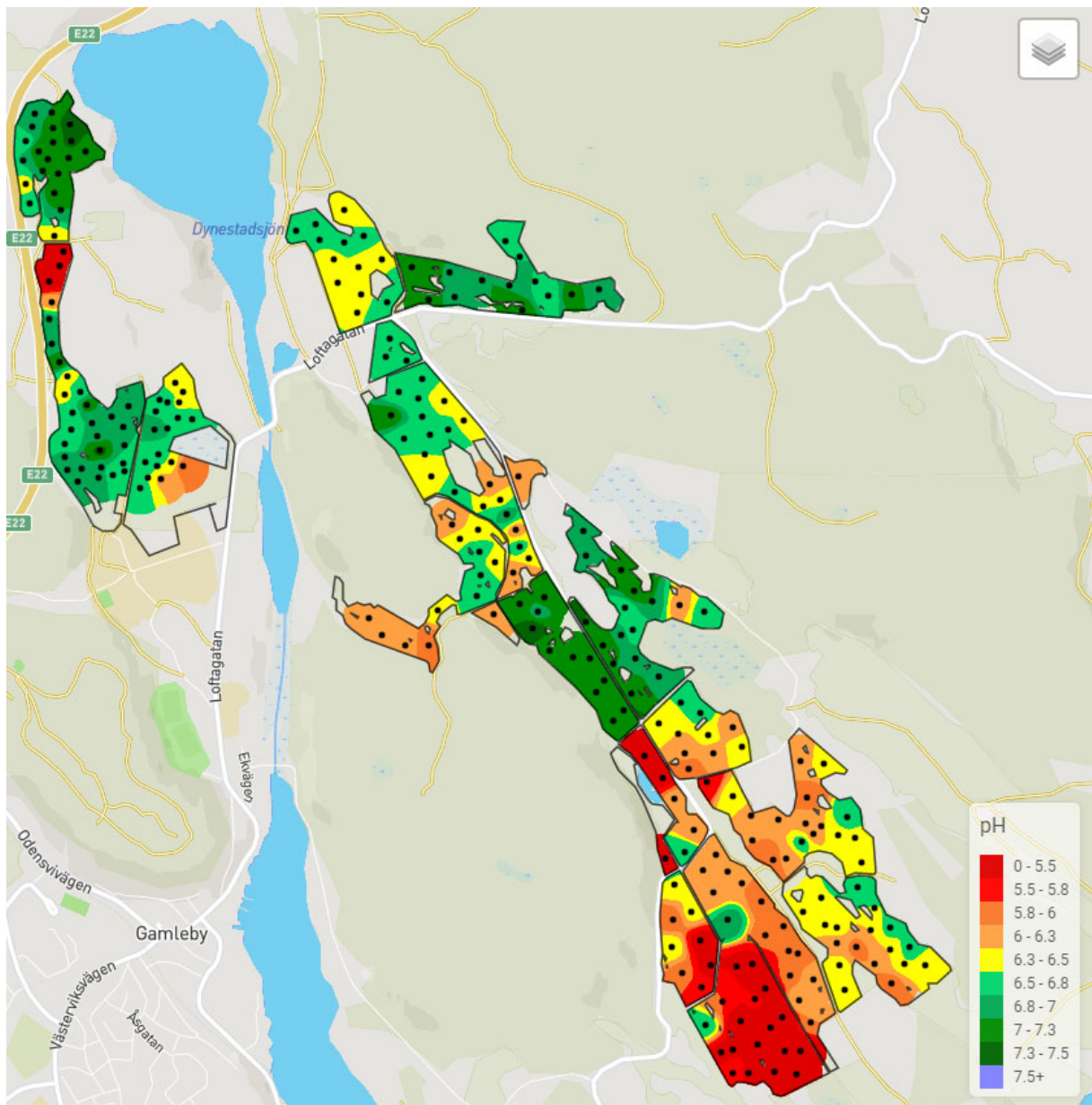
Figur 11. Magnesium, Mg-AL, prover från 0-30 cm djup (2019)



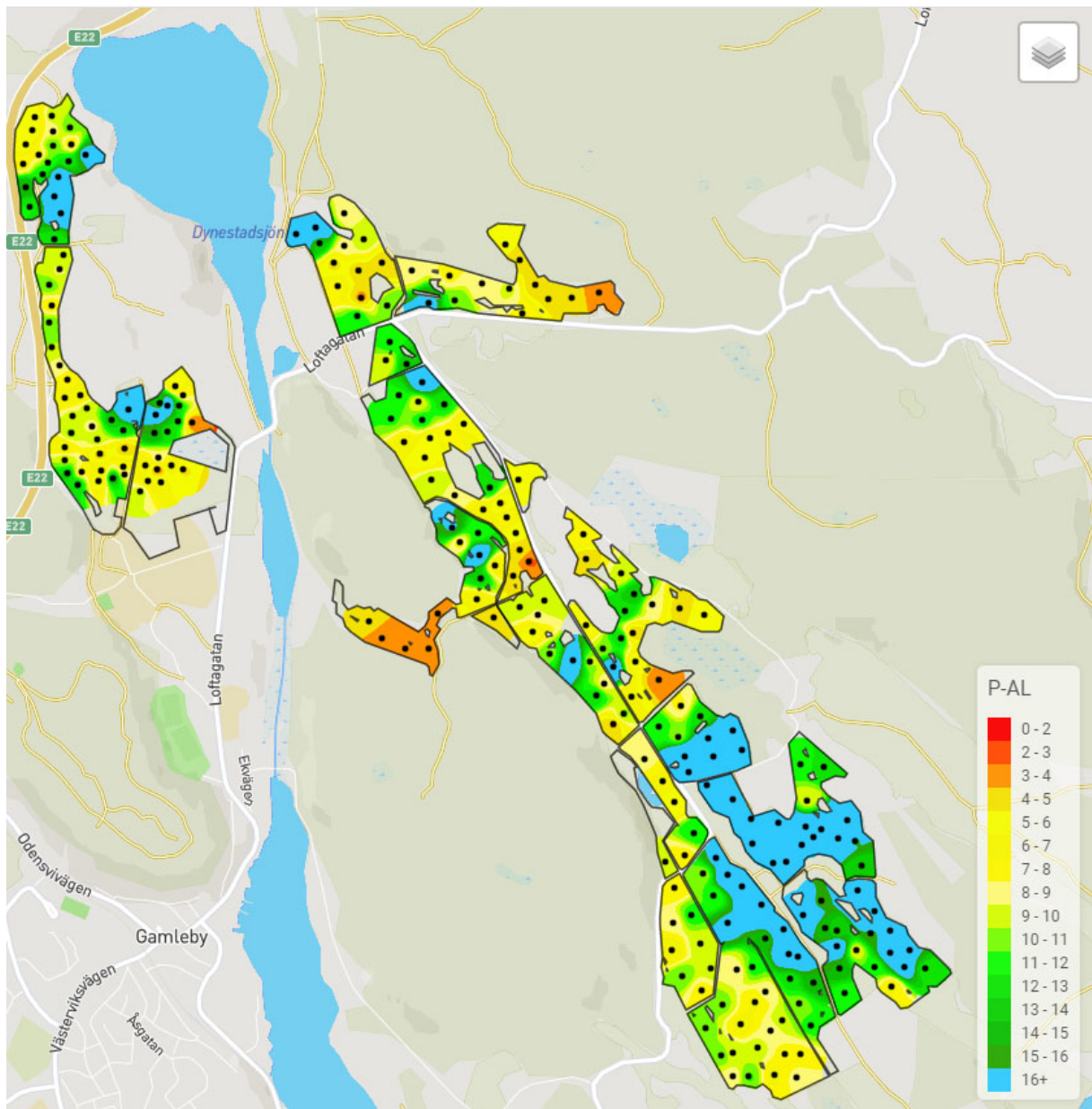
Figur 12. Kalium/Magnesium-kvot, K/ Mg-kvot, prover från 0-30 cm djup (2019)



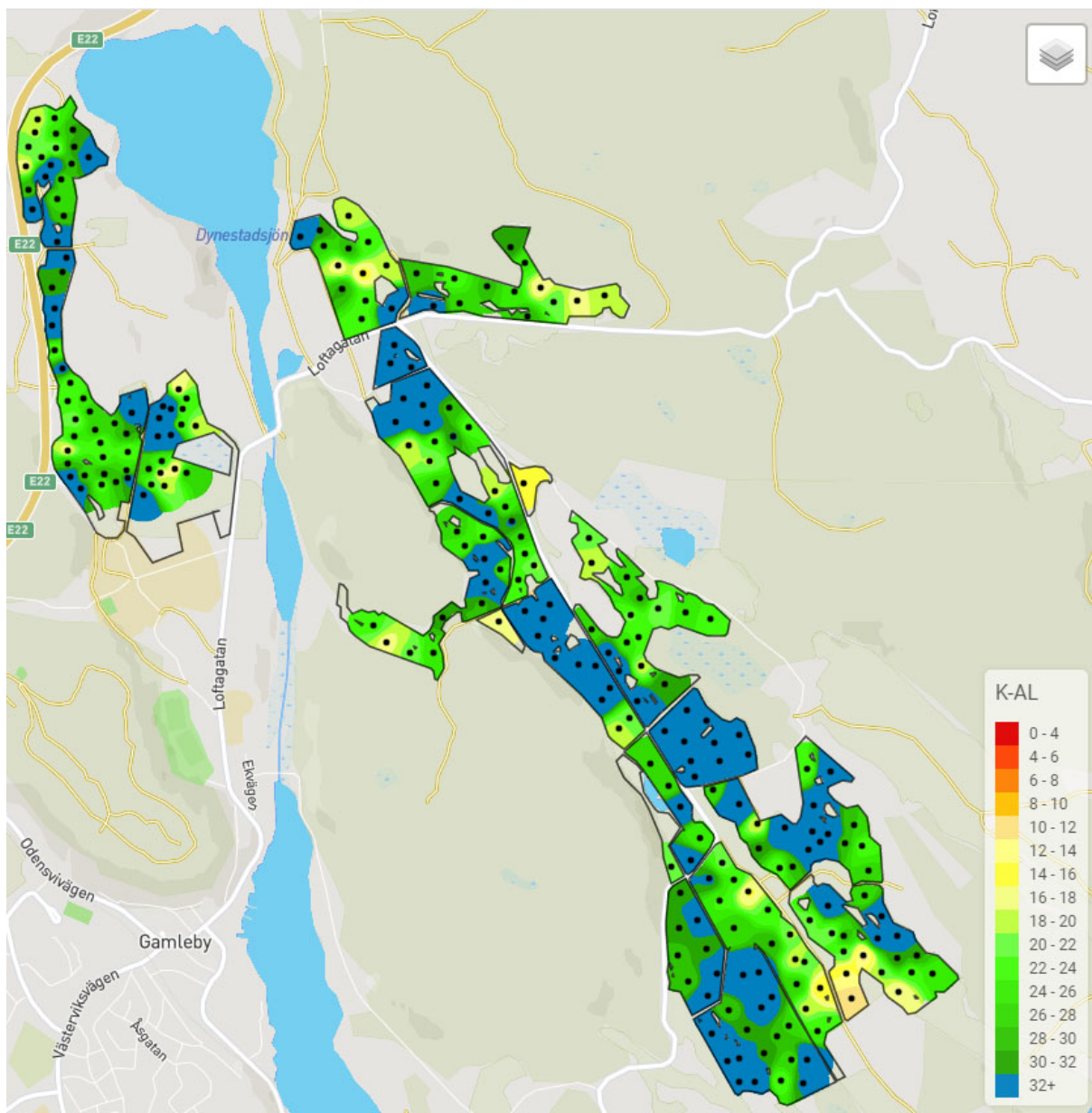
Figur 13. Kalcium, Ca-AL, prover från 0-30 cm djup (2019)



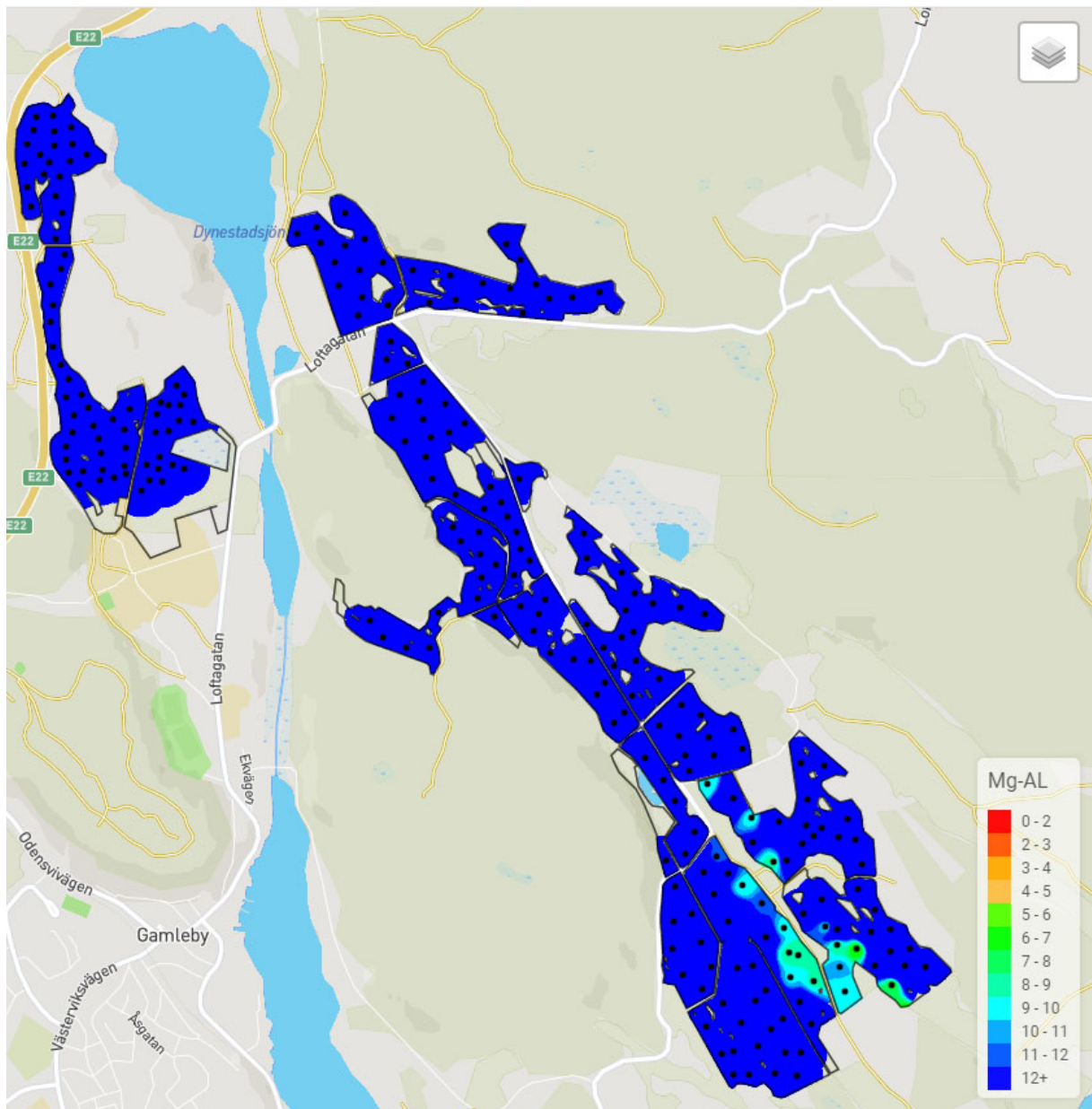
Figur 14. pH, prover från 0-30 cm djup (2020)



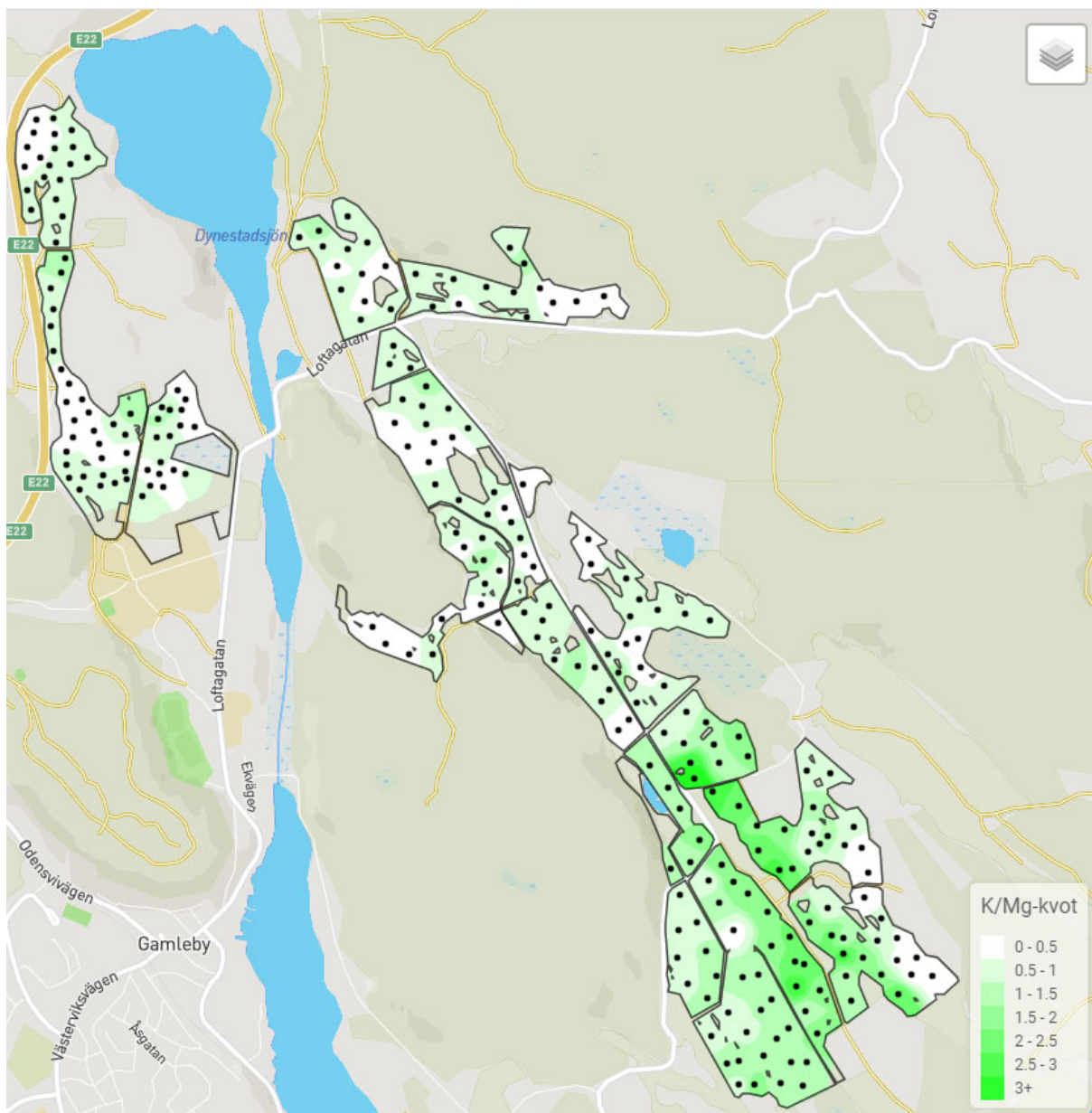
Figur 15. Fosfor, P-AL, prover från 0-30 cm djup (2020)



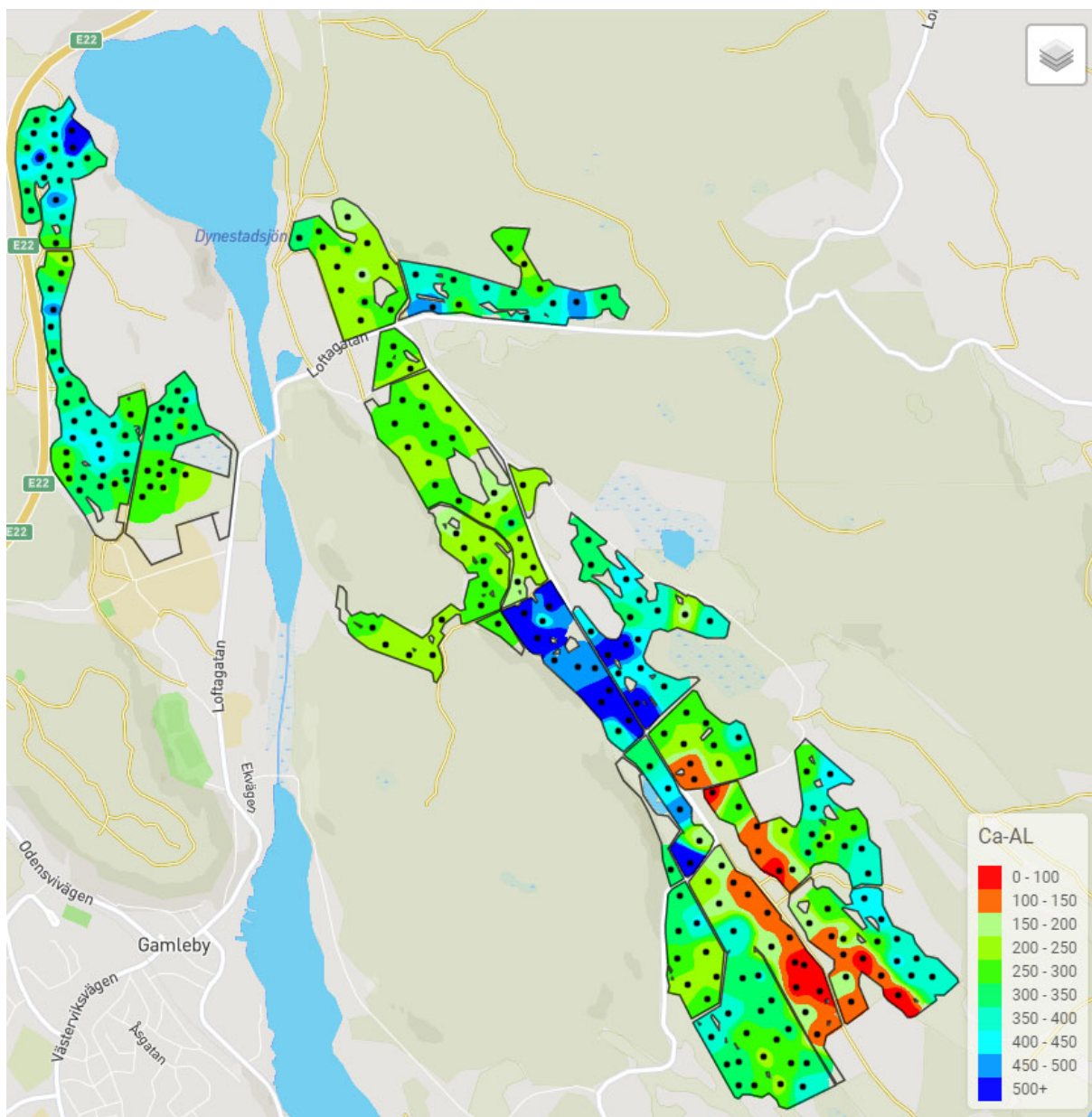
Figur 16. Kalium, K-AL, prover från 0-30 cm djup (2020)



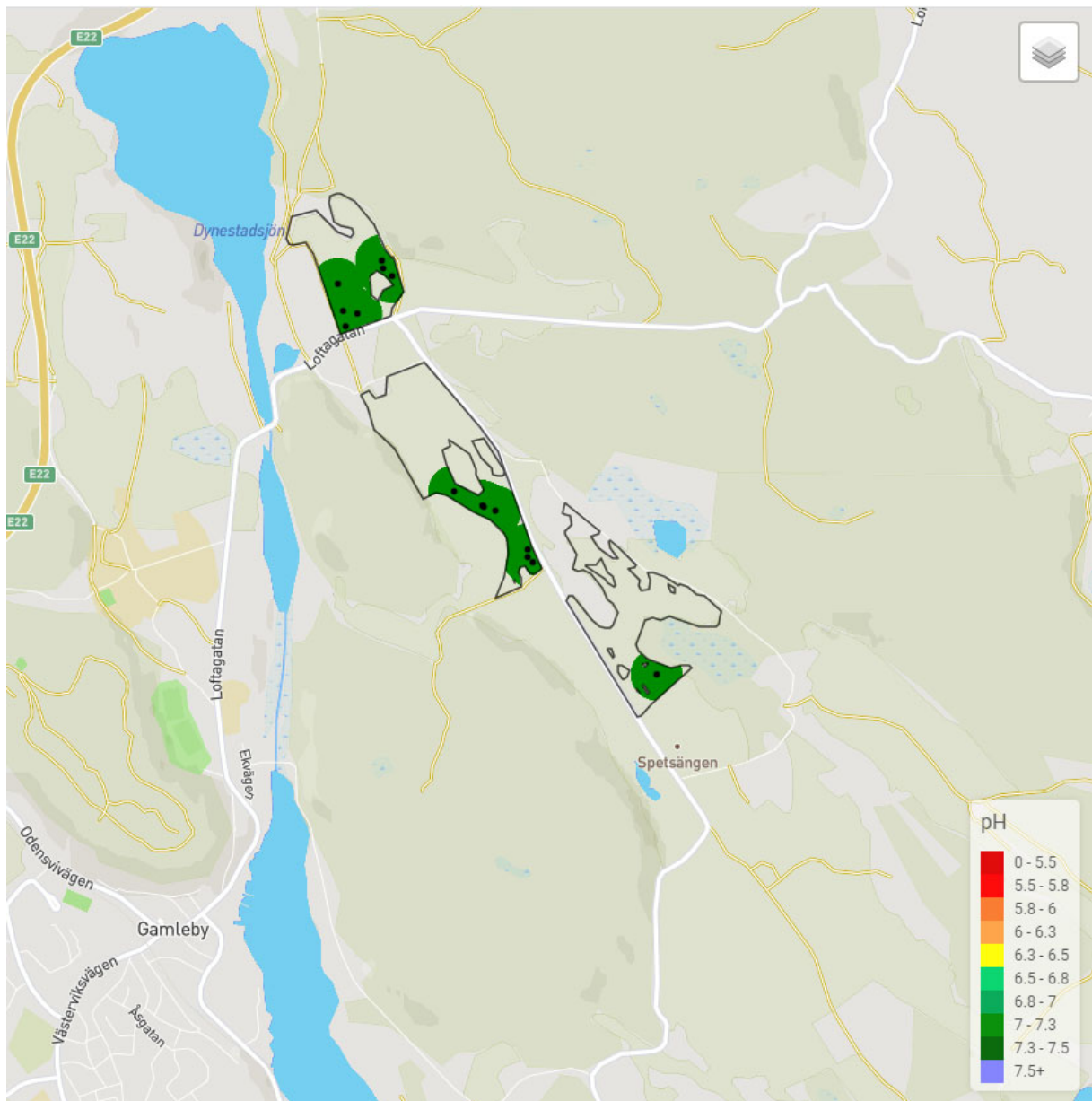
Figur 17. Magnesium, Mg-AL, prover från 0-30 cm djup (2020)



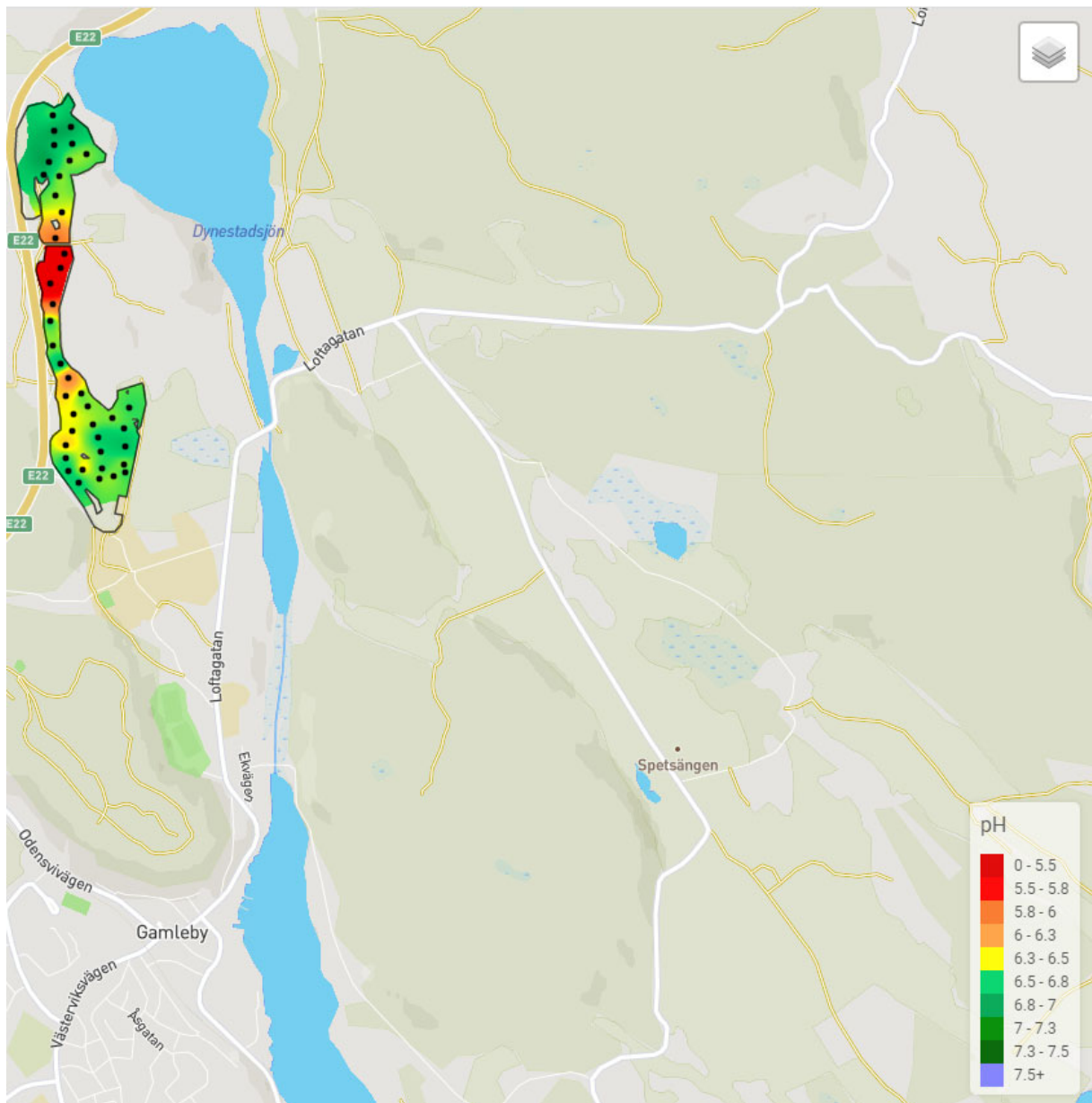
Figur 18. Kalium/Magnesium-kvot, K/ Mg-kvot, prover från 0-30 cm djup (2020)



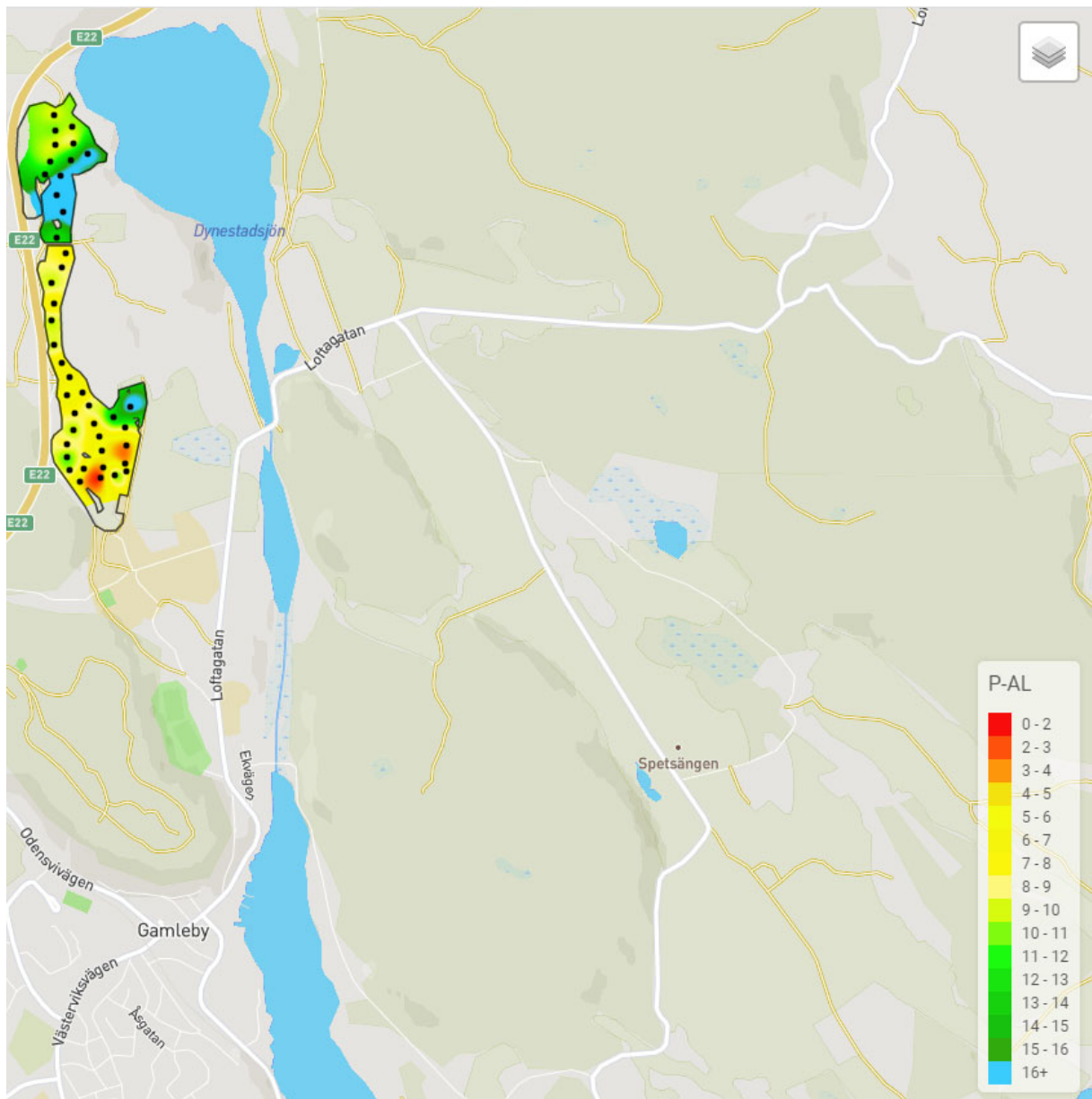
Figur 19. Kalcium, Ca-AL, prover från 0-30 cm djup (2020)



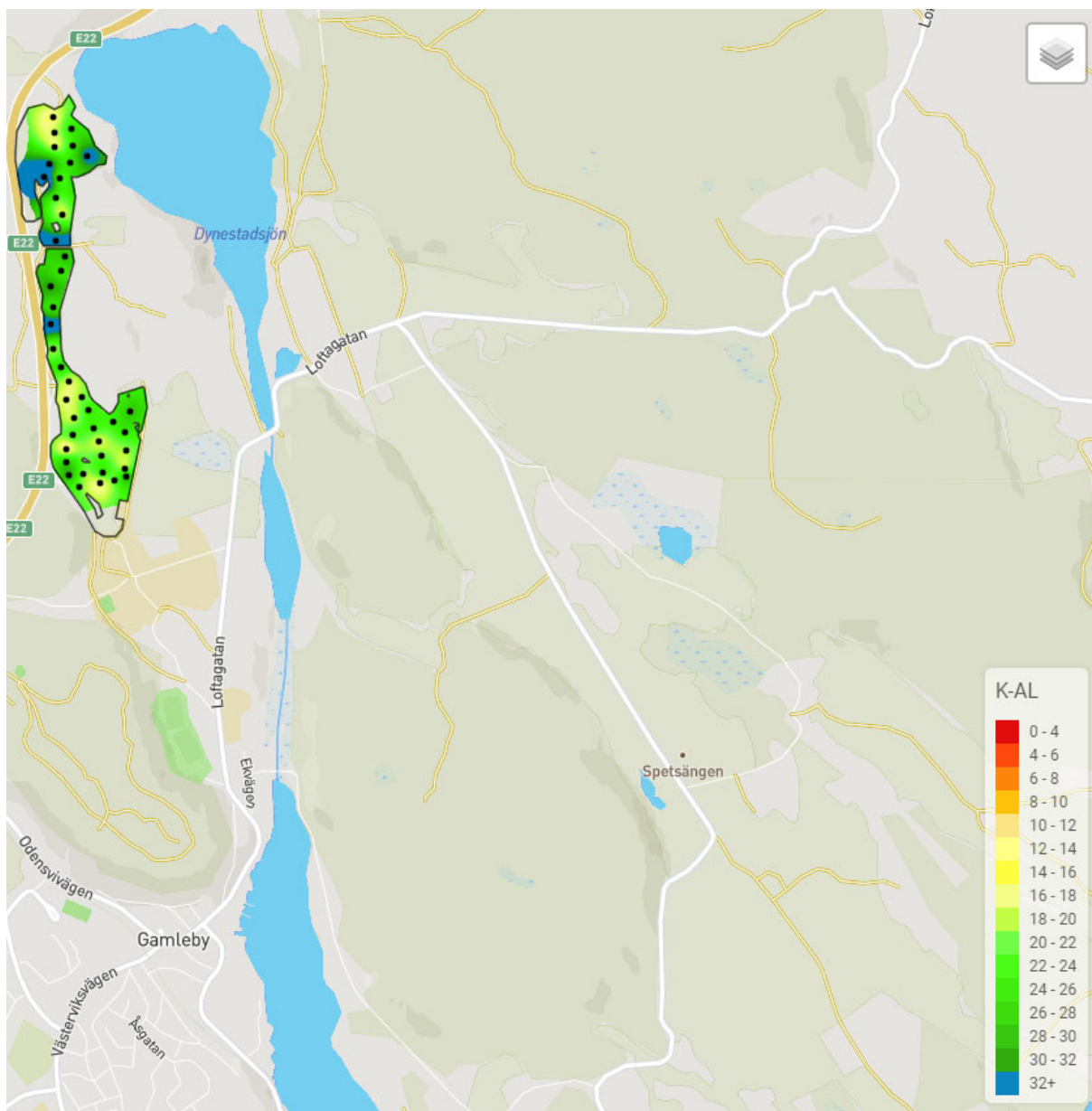
Figur 20. pH, prover från 0-30 cm djup (2021)



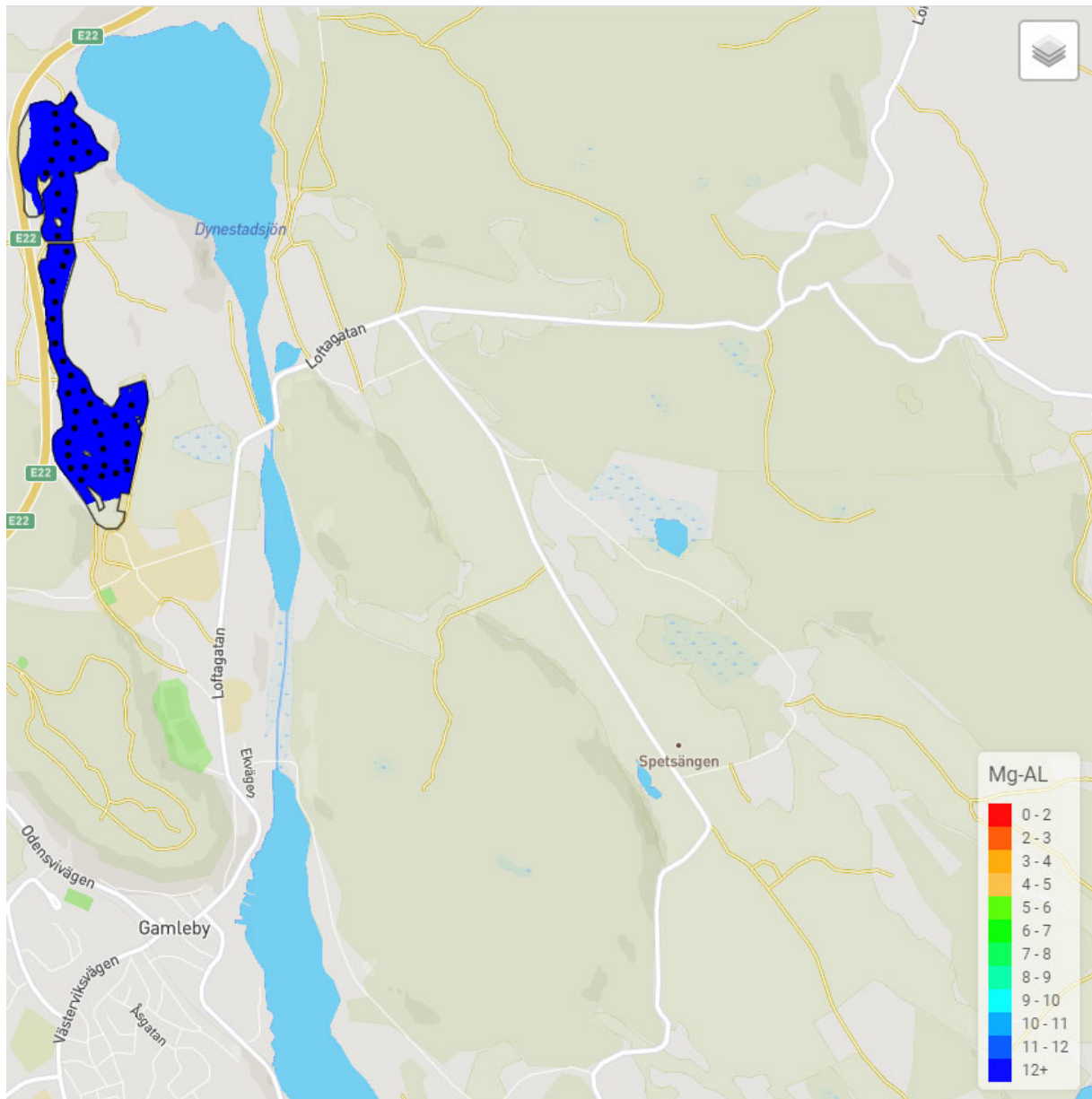
Figur 21. pH, prover från 30-60 cm djup (2019)



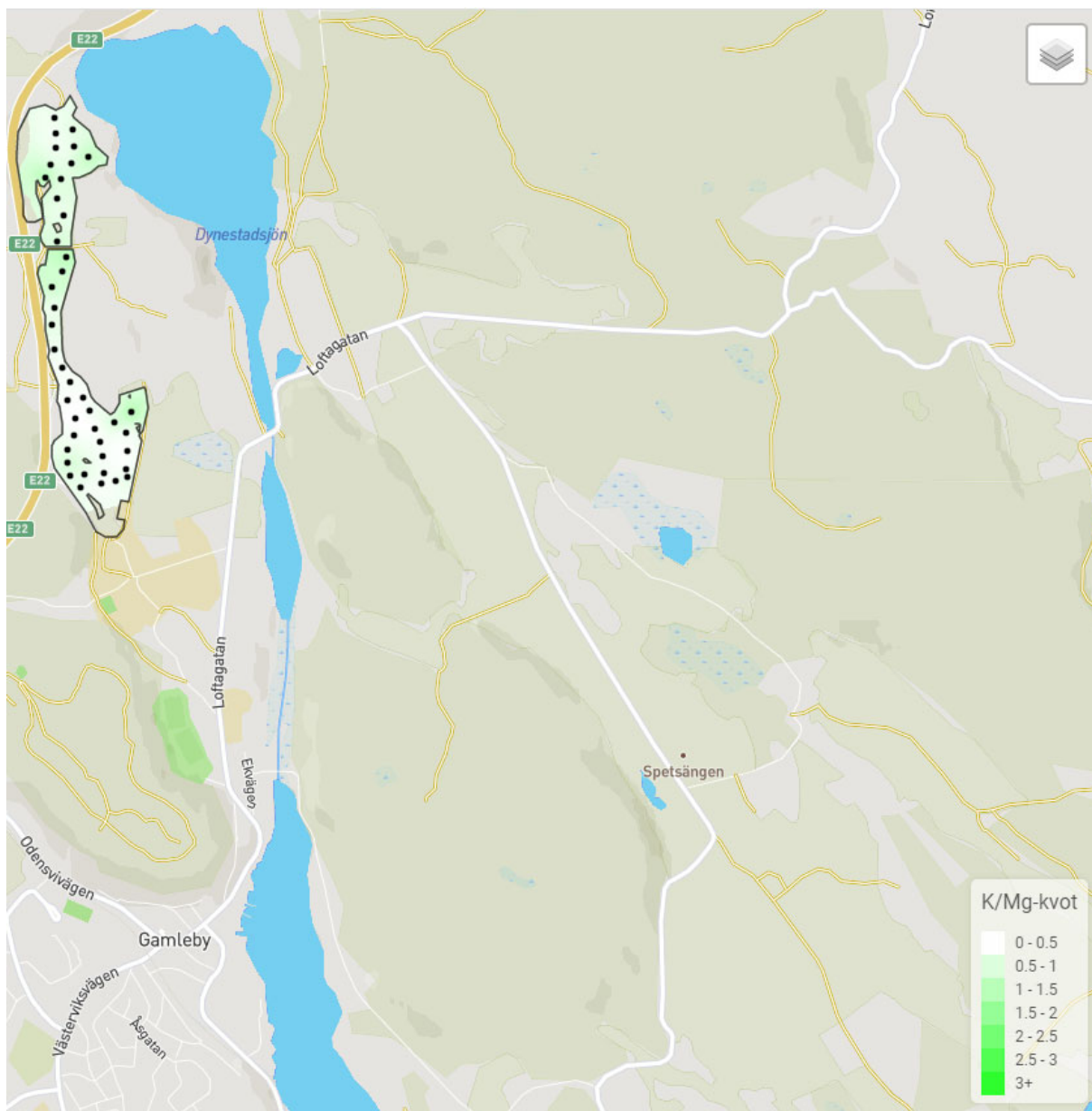
Figur 22. Fosfor, P-AL, prover från 30-60 cm djup (2019)



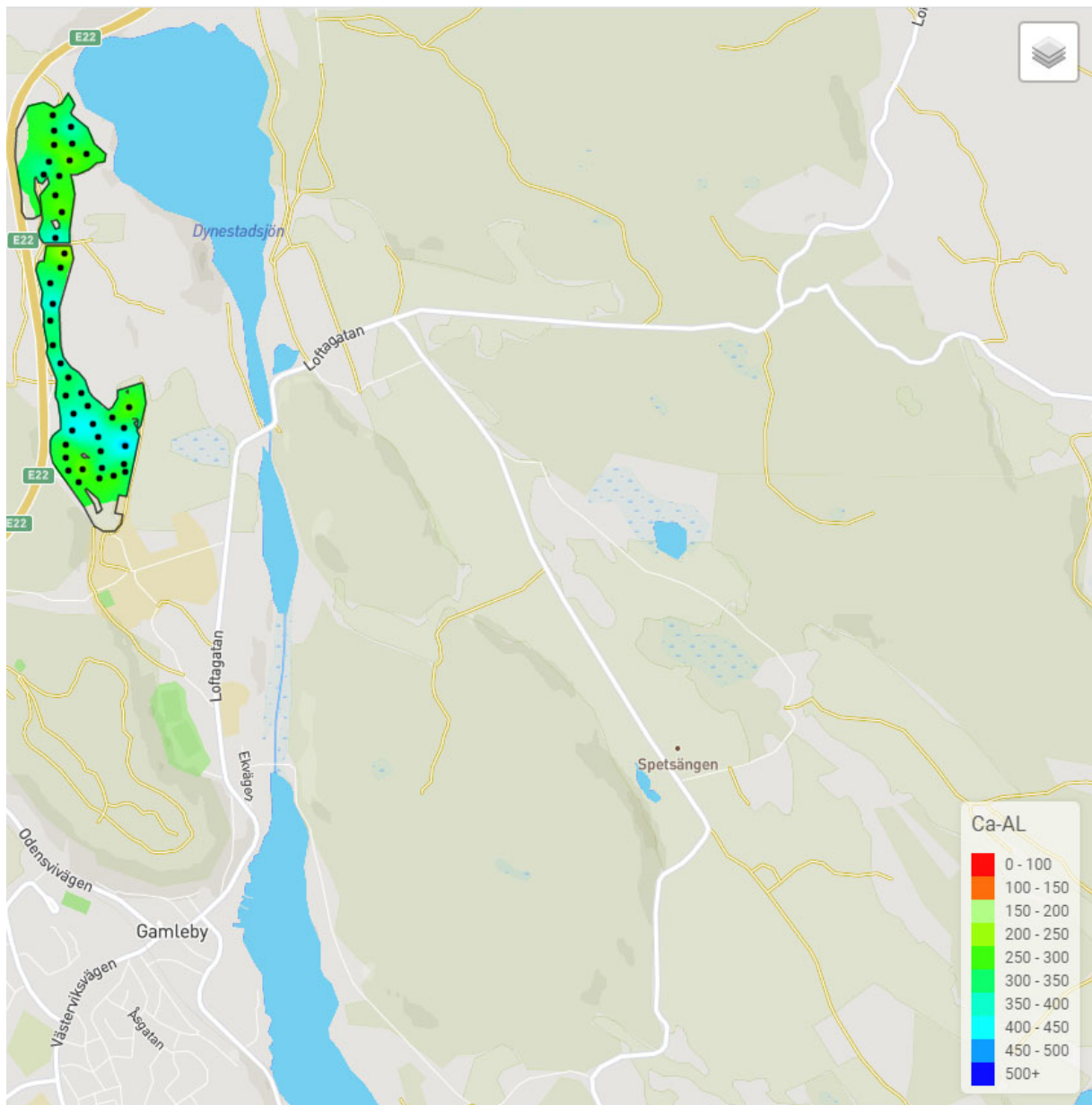
Figur 23. Kalium, K-AL, prover från 30-60 cm djup (2019)



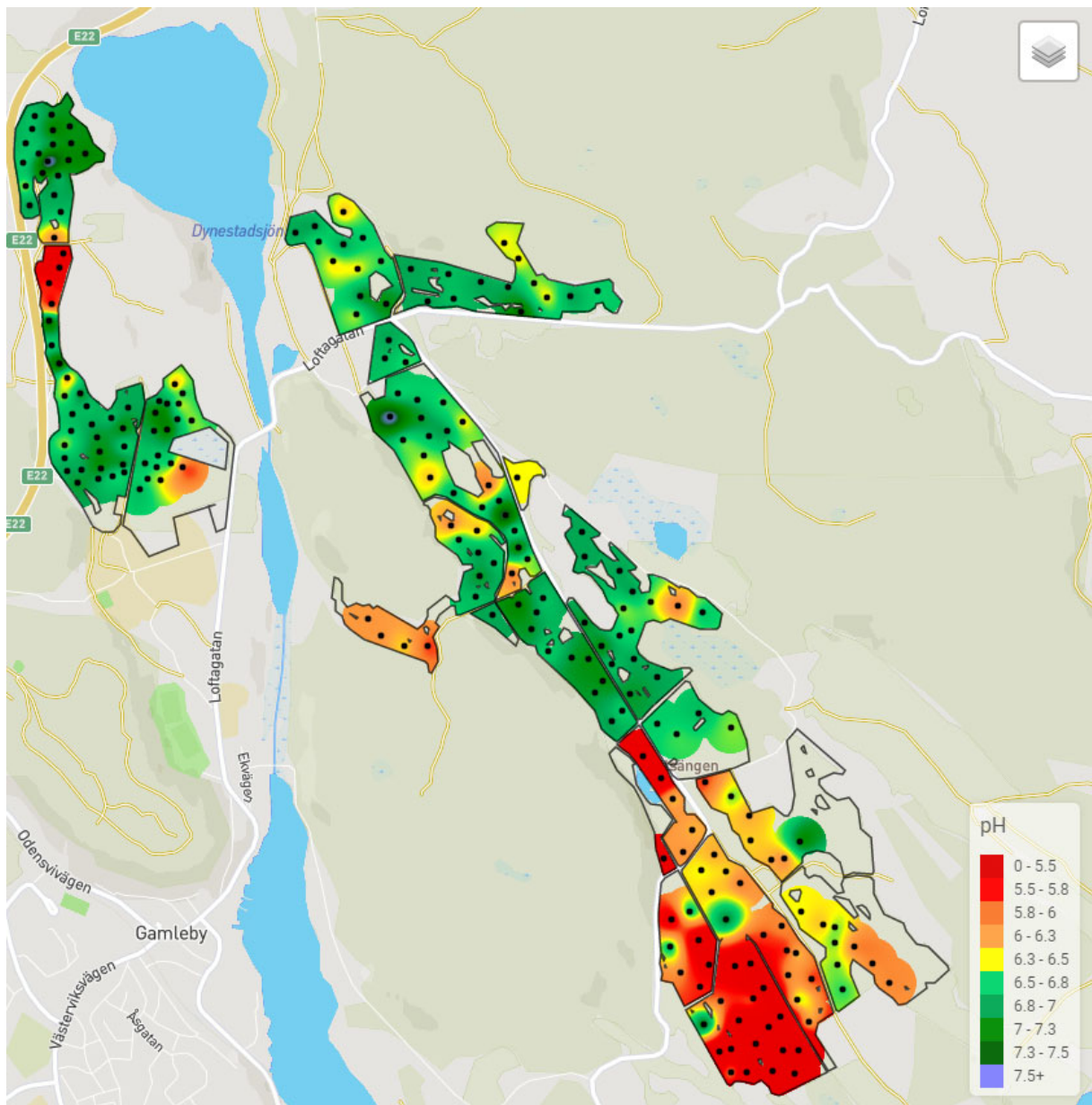
Figur 24. Magnesium, Mg-AL, prover från 30-60 cm djup (2019)



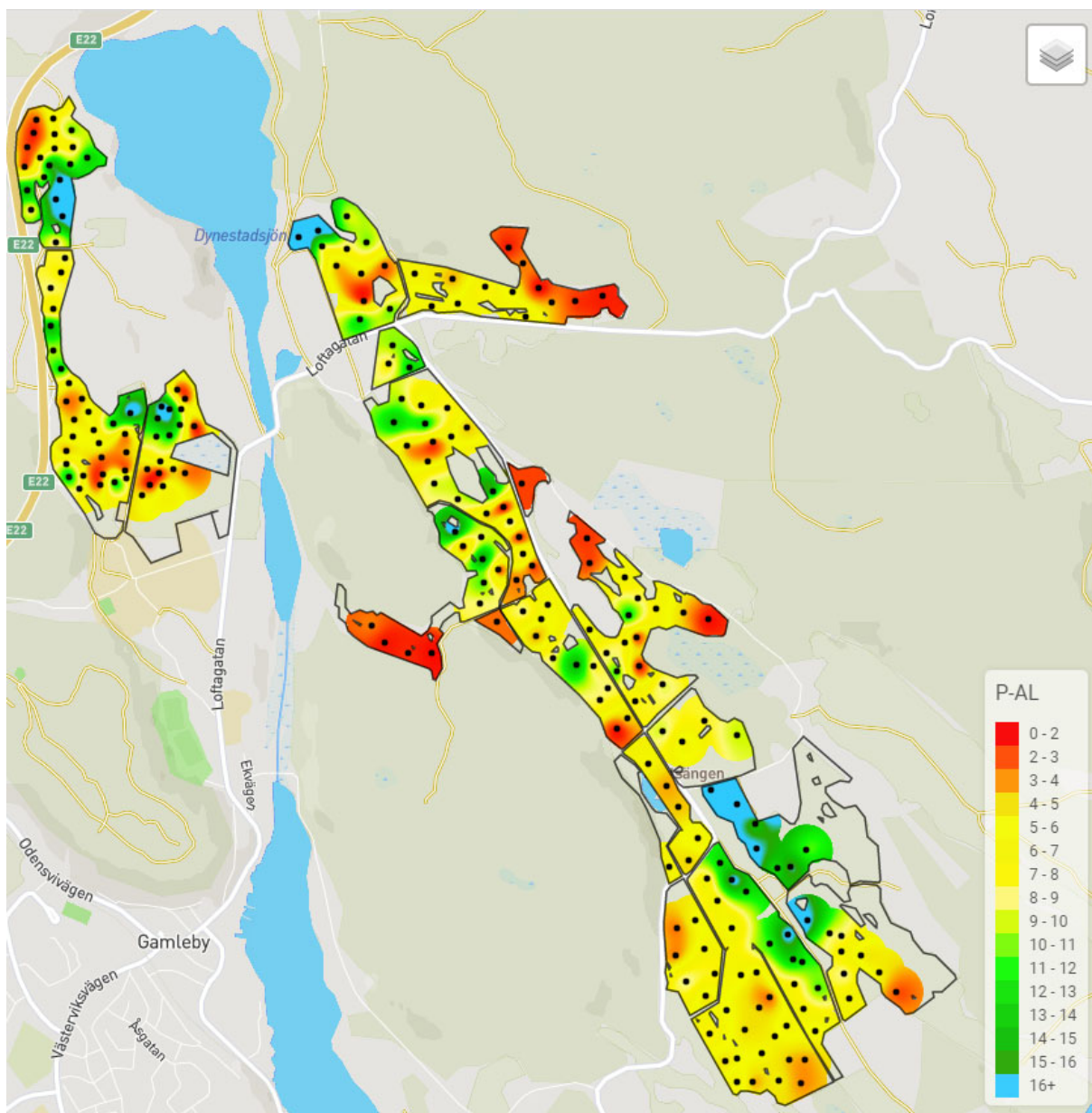
Figur 25. Kalium/Magnesium-kvot, K/ Mg-kvot, prover från 30-60 cm djup (2019)



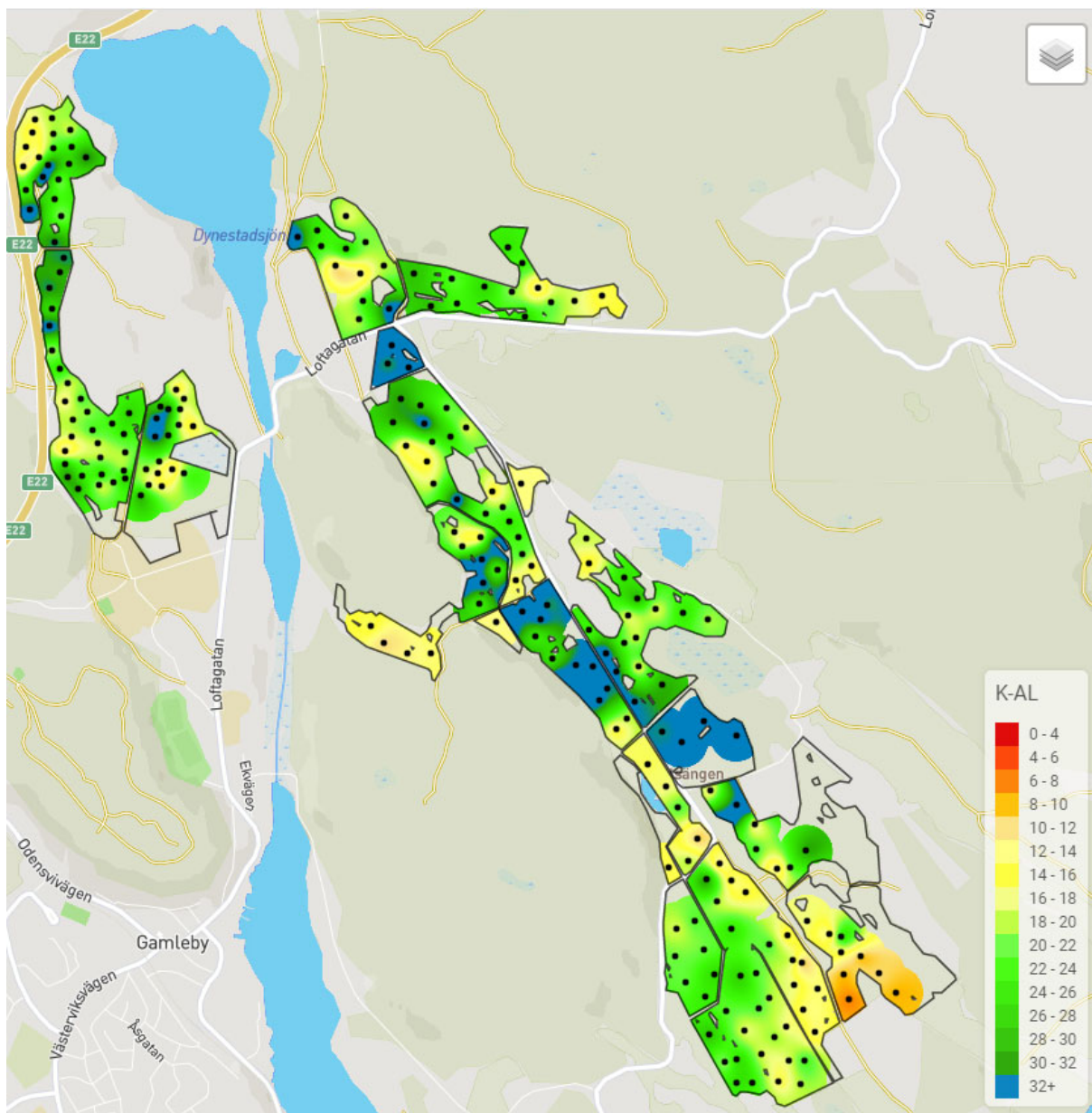
Figur 26. Kalcium, Ca-AL, prover från 30-60 cm djup (2019)



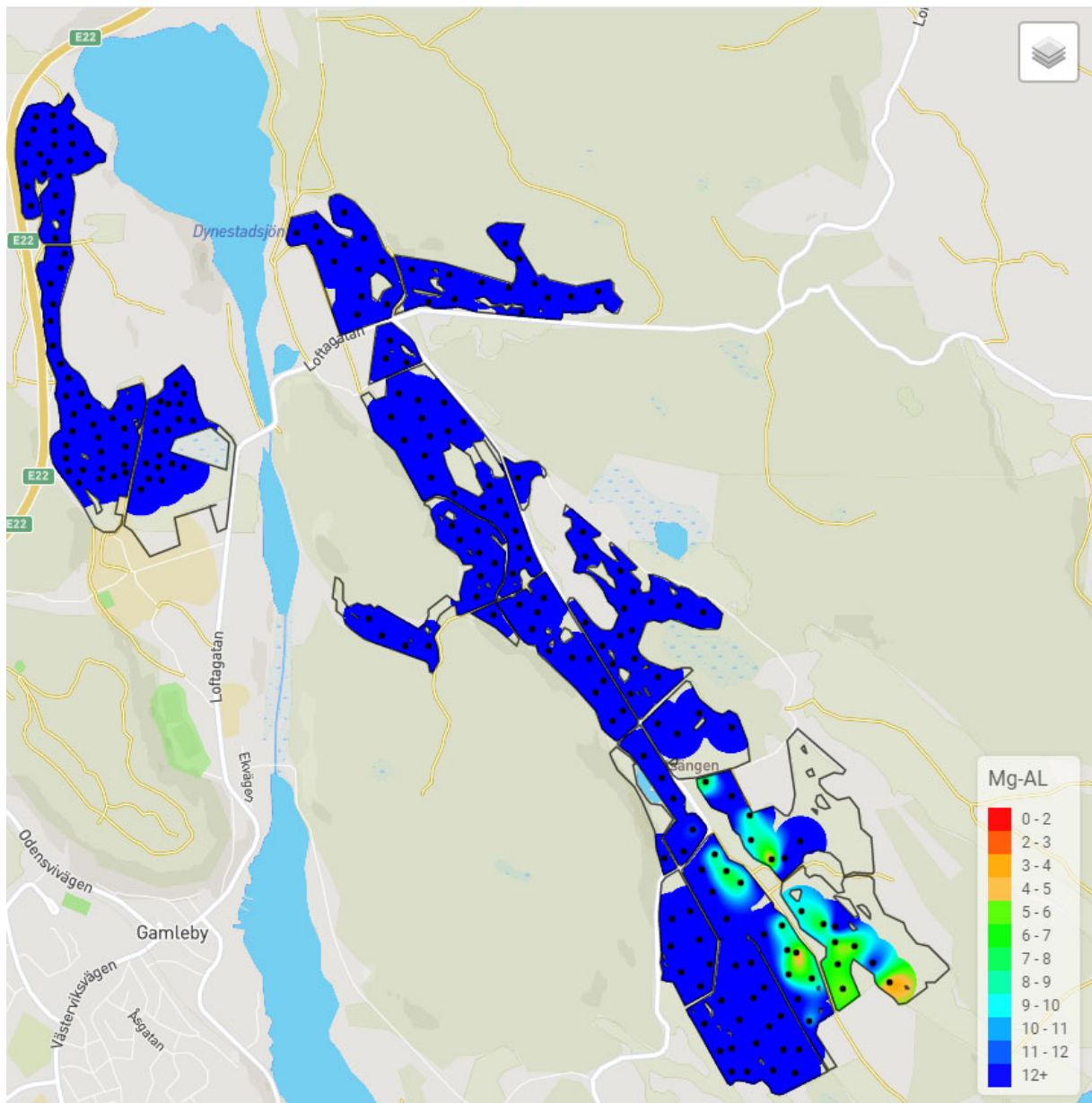
Figur 27. pH, prover från 30-60 cm djup (2020)



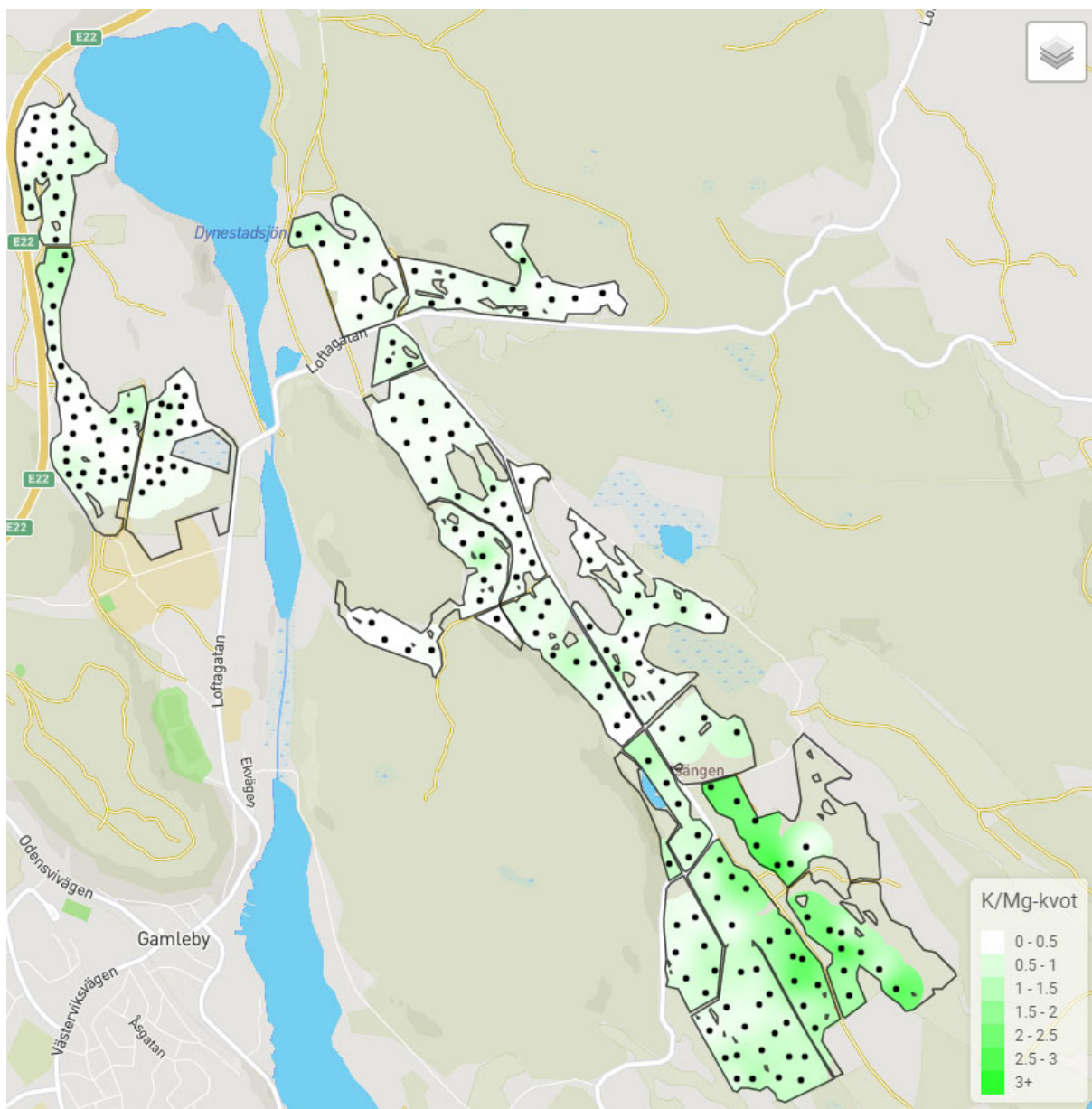
Figur 28. Fosfor, P-AL, prover från 30-60 cm djup (2020)



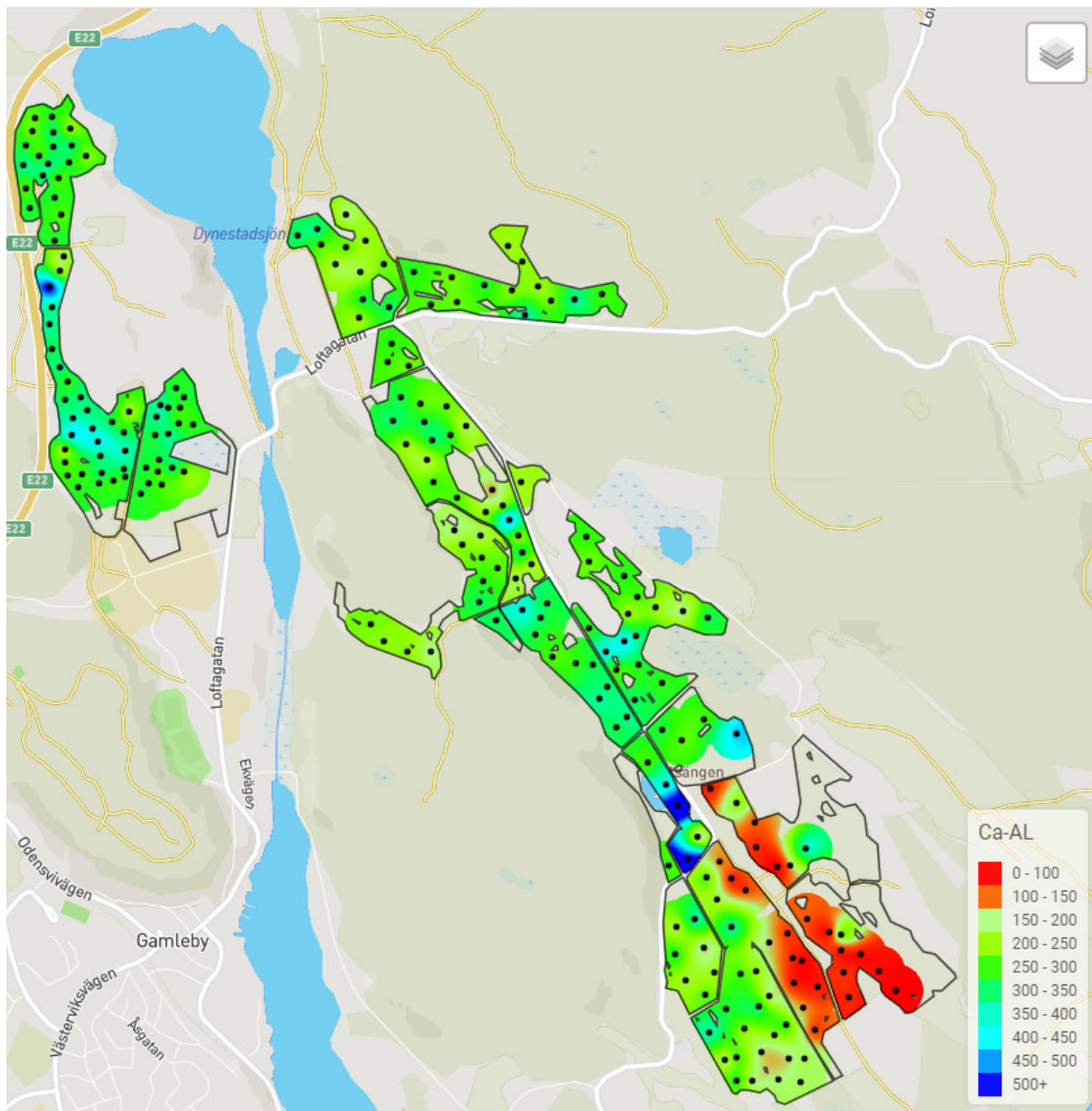
Figur 29. Kalium, K-AL, prover från 30-60 cm djup (2020)



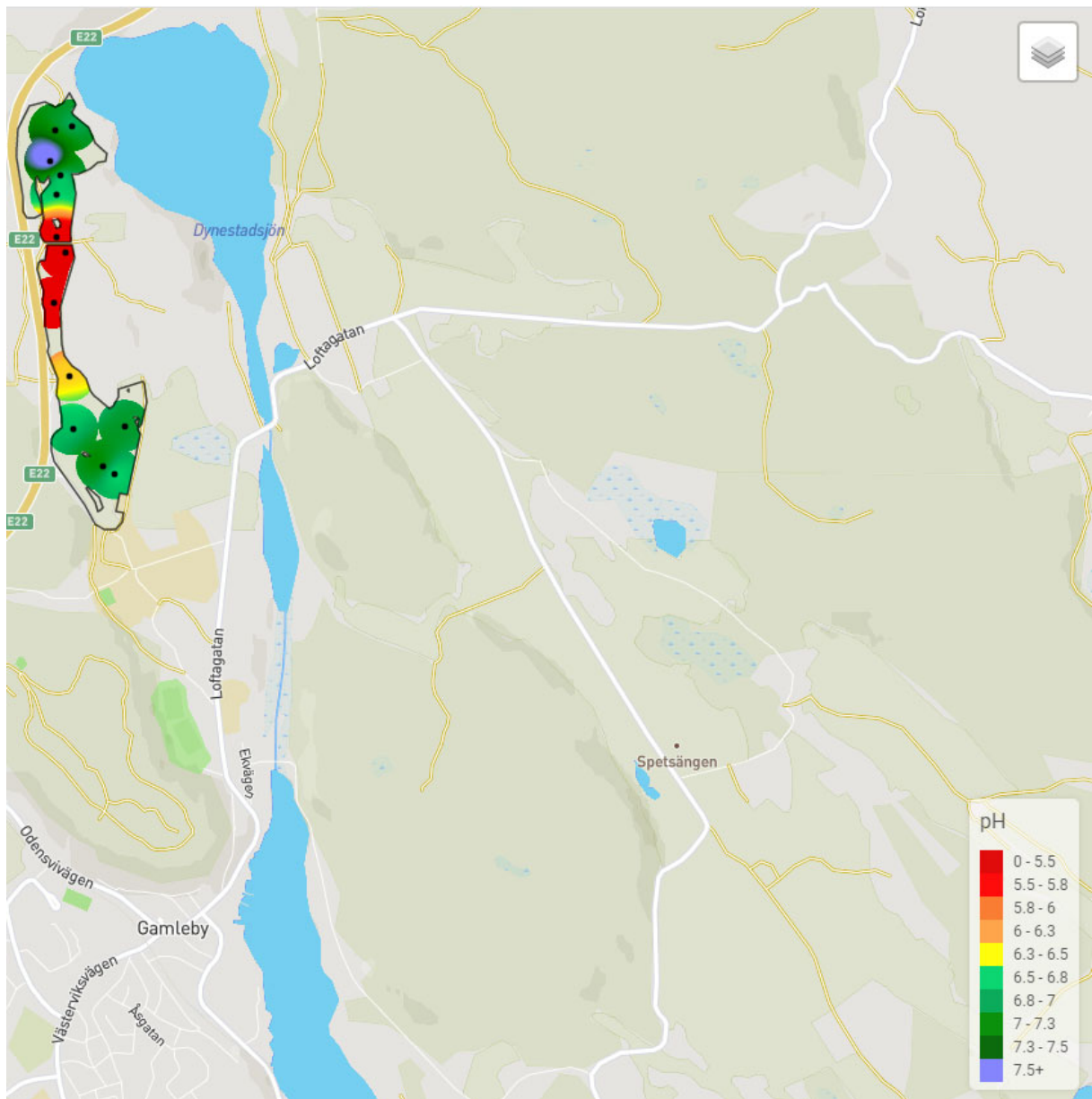
Figur 30. Magnesium, Mg-AL, prover från 30-60 cm djup (2020)



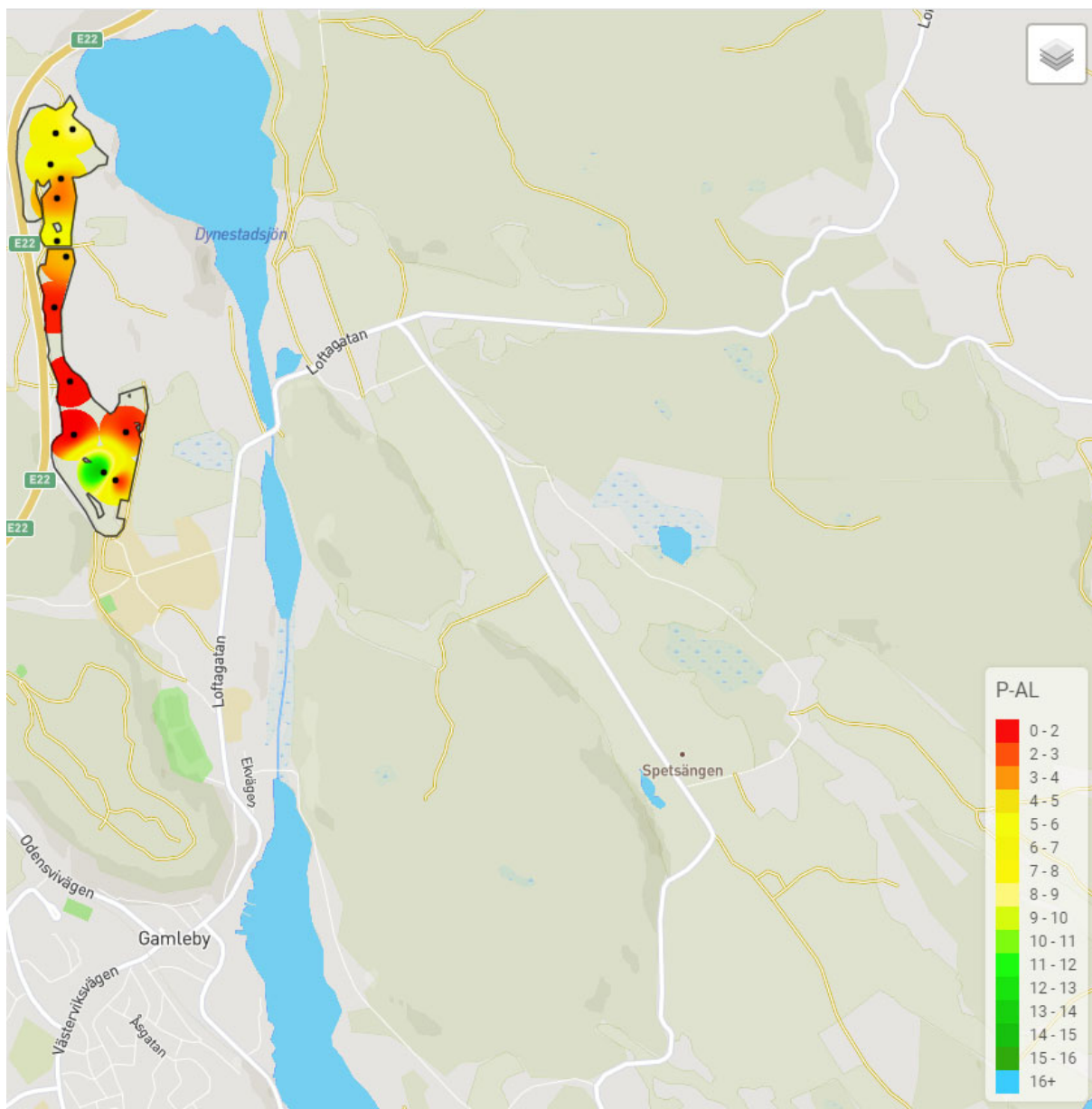
Figur 31. Kalium/Magnesium-kvot, K/ Mg-kvot, prover från 30-60 cm djup (2020)



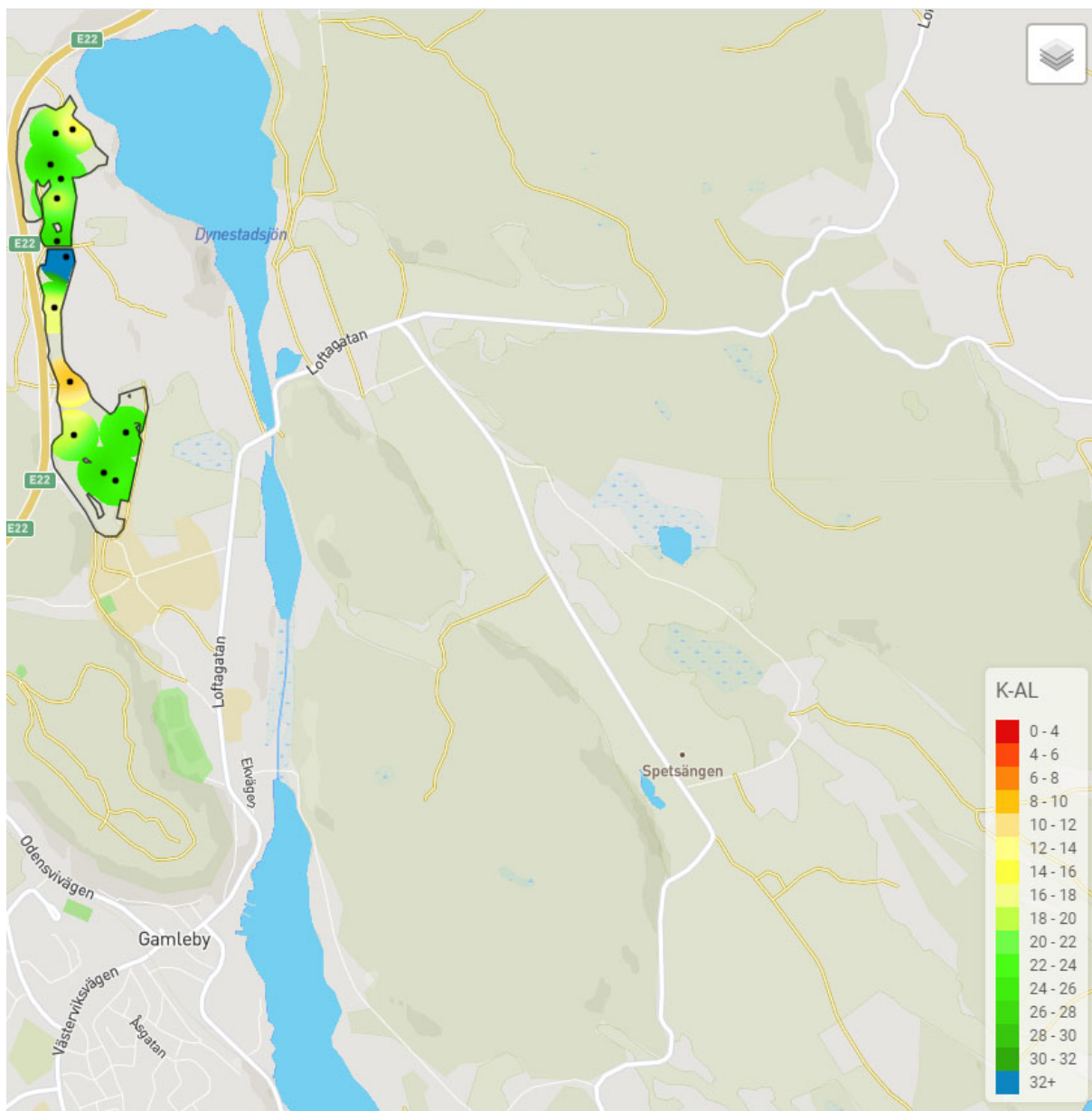
Figur 32. Kalcium, Ca-AL, prover från 30-60 cm djup (2020)



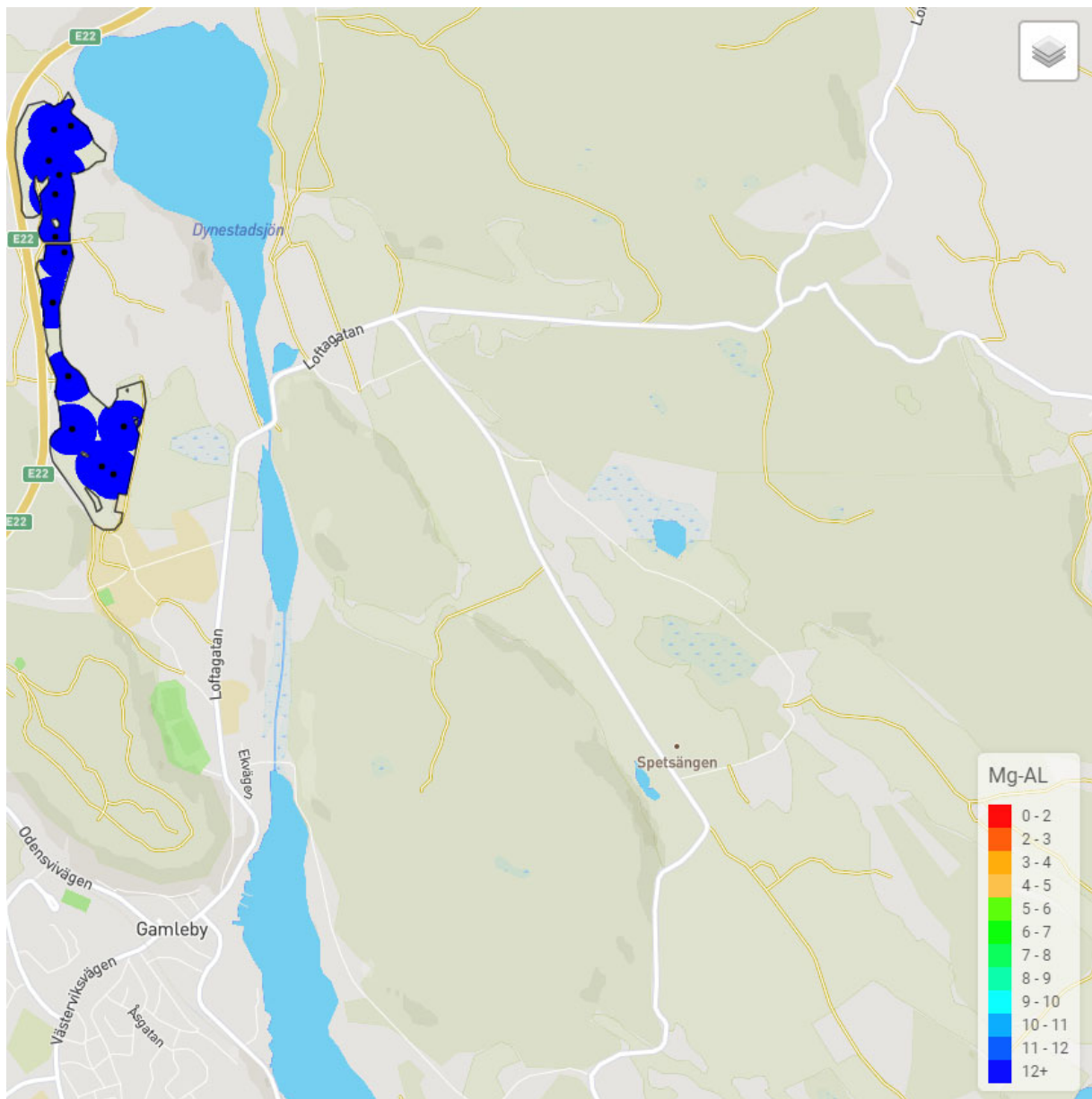
Figur 33. pH, prover från 60-90 cm djup (2019)



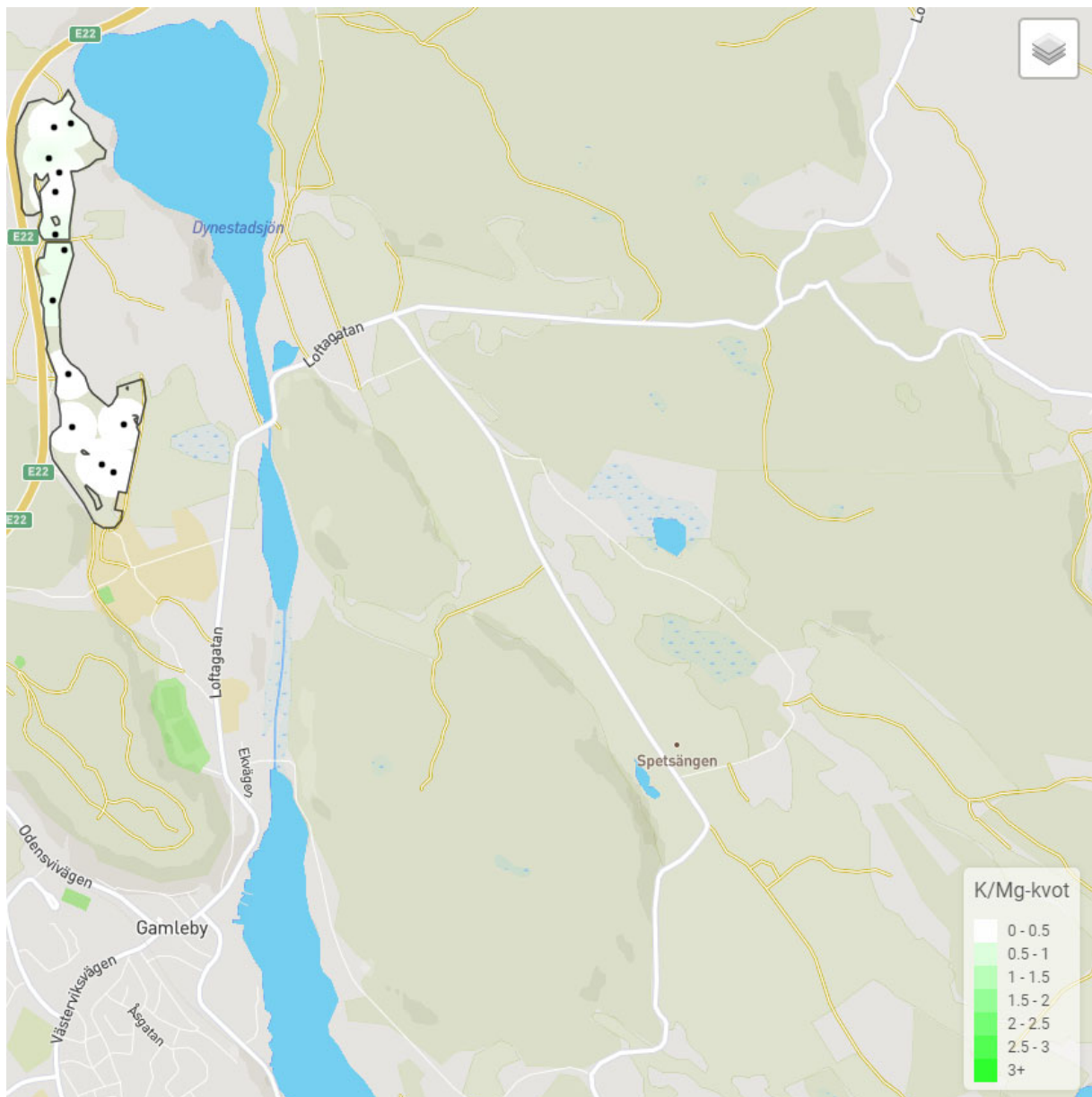
Figur 34. Fosfor, P-AL, prover från 60-90 cm djup (2019)



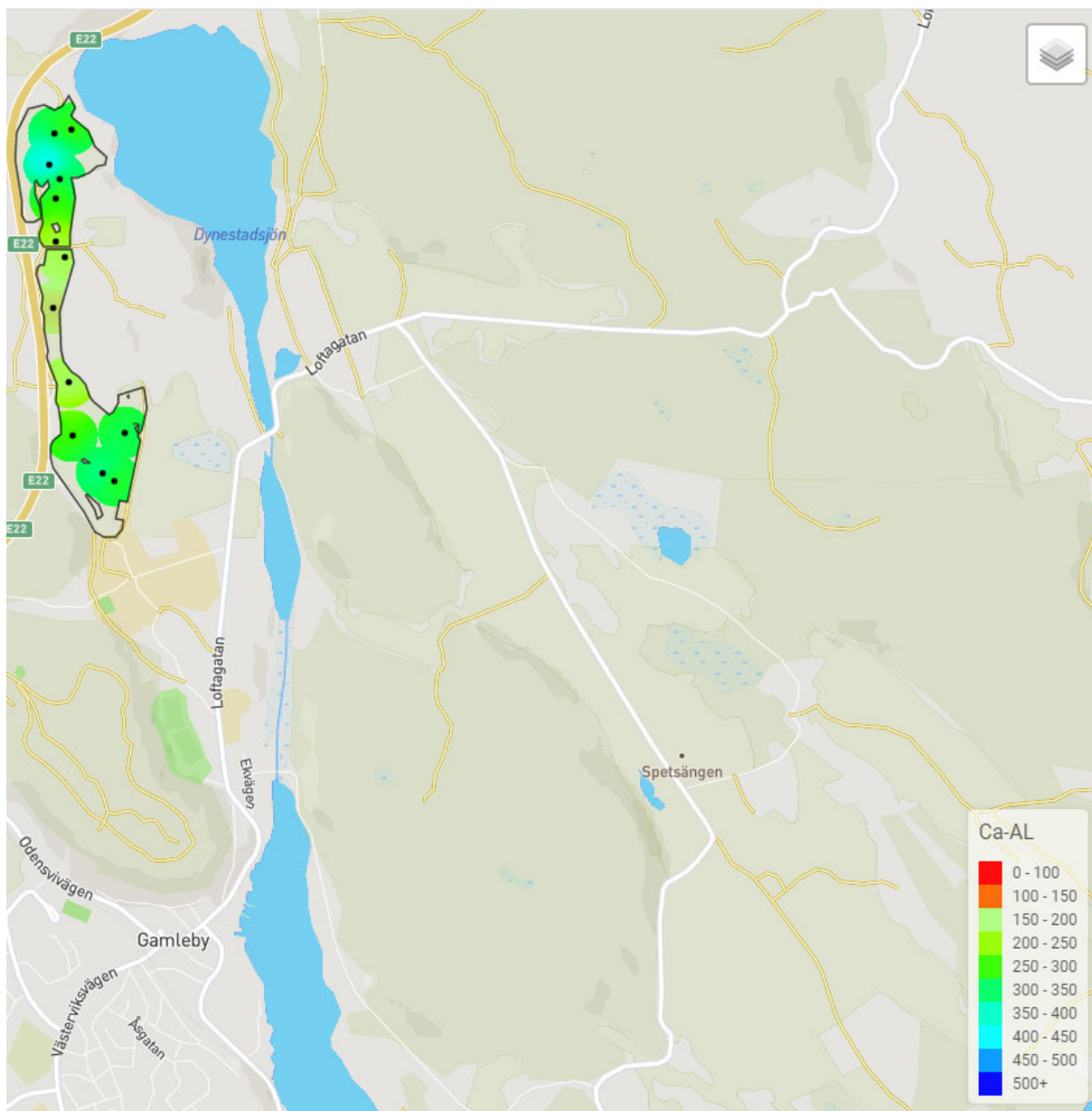
Figur 35. Kalium, K-AL, prover från 60-90 cm djup (2019)



Figur 40. Magnesium, Mg-AL, prover från 60-90 cm djup (2019)



Figur 41. Kalium/Magnesium-kvot, K/ Mg-kvot, prover från 60-90 cm djup (2019)



Figur 42. Kalcium, Ca-AL, prover från 60-90 cm djup (2019)