

Institutionen för akvatiska resurser
Ronny Fredriksson, Mårten Erlandsson
och Ulf Bergström

2022-03-25

Havs- och vattenmyndigheten
Nationell marin kartering

PM – Kartläggning av uppväxtområden för sik i Bottniska viken

Bakgrund

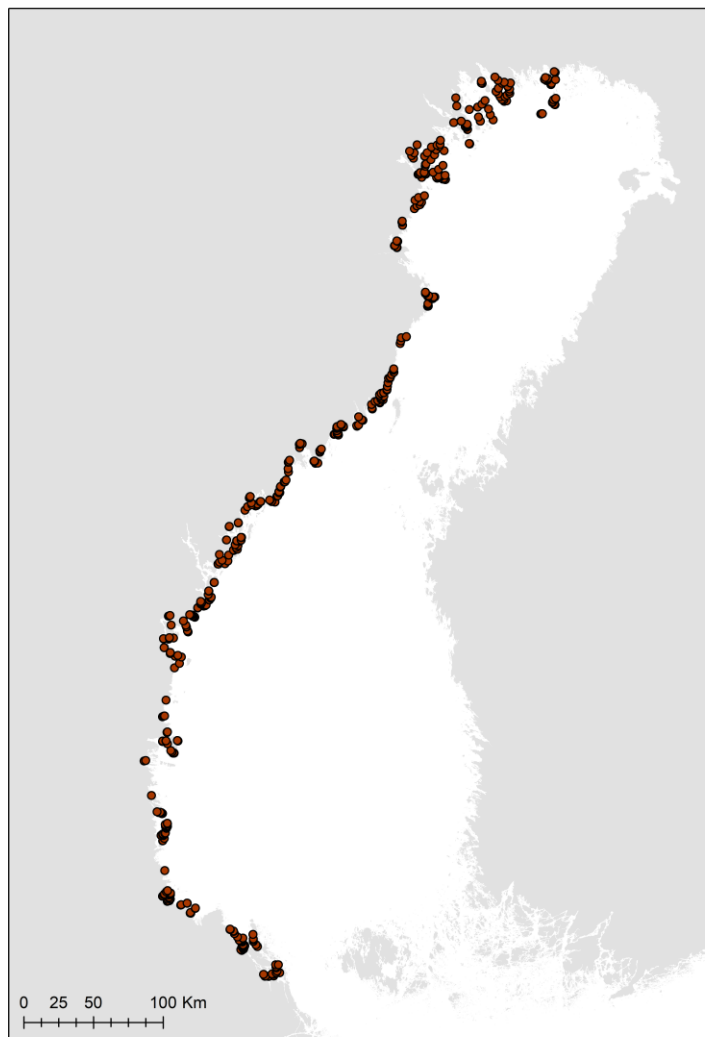
Behovet av heltäckande utbredningskartor över viktiga fiskhabitat är stort inom förvaltningen av våra kust- och havsområden, både på regional samt nationell nivå. Kartorna efterfrågas såväl inom fiskförvaltning, områdesskydd och havsplanering, som vid hantering av tillstånds- och dispensärenden. Habitatmodellering där man kopplar förekomst av arter i provfisken till olika miljövariabler och på basen av dessa samband identifierar lämpliga habitat är en metod som gör det möjligt att ta fram heltäckande utbredningskartor utifrån provfiskedata. Hos många fiskarter är speciellt de yngre livsstadierna starkt knutna till specifika miljöer, vilket dels gör dem extra känsliga för påverkan i dessa områden. Samtidigt gör detta dem lämpliga att kartlägga med hjälp av modellering.

I denna studie kartläggs lämpliga uppväxtområden för sik i Bottniska viken. Siken är en sötvattensfisk, men kan leva både i sött och bräckt vatten. Den är en kallvattensart som föredrar låga vattentemperaturer (Curry-Lindahl, 1985) och i Östersjön finns två varianter, havslekande och älvlekande, där den älvlekande som namnet antyder vandrar upp i vattendrag för lek medan den havslekande leker på grundare områden längs kusten. Lämpliga leksubstrat består framförallt av sand, grus och sten (Himberg, 1995). Både den havslekande och den älvlekande siken leker på hösten och äggen kläcks på våren, i havet vanligtvis efter islossningen, vid en vattentemperatur kring 2-4 grader (Veneranta m.fl., 2013a, b.). Sikens uppväxtområden påverkas negativt av bland annat övergödning, muddringar, sandtäkt och klimatförändringar (Veneranta m.fl. 2013, Verliin m.fl. 2013, Florin 2019, Lindén m.fl. 2019). Kartläggningen har utförts med hjälp av ensemblemodellering, en teknik där ett flertal statistiska och maskinlärande modelleringsmetoder kombineras för att få så säkra utbredningskartor som möjligt. Den framtagna modellen bygger på provfisken utförda med yngelnot (ibland kallad landvad), utförda av länsstyrelser, Upplandsstiftelsen och av SLU Aqua, i ett område från Östhammar i söder till gränsen mot Finland i norr.

Studien visade att de största områdena med högt klassade uppväxtområden återfanns i de norra delarna av Bottenviken, från Norra Kvarken och norrut i Bottniska viken. Salinitet var den förklaringsvariabel som bidrog med mest till förklaringsgraden, men även temperatur och siktdjup var viktiga variabler.

Metod

Förekomst och täthet av sikyngel i denna studie har karterats genom notningar vid kusten i Bottniska viken i april-maj mellan åren 2009 och 2020 (Figur 1). Datamaterialet bestod ursprungligen av totalt cirka 3 000 notdrag. Ett flertal stationer återbesöktes dock flera gånger under samma år, för att man med större sannolikhet skulle pricka in den tid då årsyngel av sik förekommer på lokalen. För dessa lokaler användes medelabundansen för alla notdrag under året vid analysen. Efter justeringen bestod datasetet av cirka 1 200 datapunkter. Datamaterialet har samlats in av olika utförare inom ett flertal inventerings-, miljöövervaknings- och forskningsprojekt. Provfiske med not ingår inte i någon officiell övervakningsmanual, men är den vedertagna metoden för att provta uppväxtstadier av sik. Metod och redskap som används vid notning av sikyngel beskrivs detaljerat i SLU-Aqua (2016), men kortfattad beskrivning ges även här. Not som används vid provfiske efter sikyngel består av två fångstarmar, vanligtvis 5-10 meter långa, kopplade till en fångststrut. Vid notningen sätts först redskapet parallellt med stranden med hjälp av båt eller genom att man vadar ut med redskapet. Efter att redskapet placerats ut parallellt med stranden dras det sedan tillbaka vinkelrätt mot stranden genom att 2 personer samtidigt drar in redskapet med hjälp av rep fästa i fångstarmarna. Längden på repen och därmed den yta draget täcker kan variera mellan provtagningar, men också mellan stationer. Även notdragets bredd kan variera, tex. vid lokaler som ligger i trånga vikar där inte hela redskapet kan sträckas ut på bredden. Den yta som draget täcker kan alltså variera beroende på hur långt och brett det, men genom att använda antalet sikyngel per kvadratmeter som responsvariabel vid modelleringen kan man få ett enhetligt mått.



Figur 1. Positioner för de notdrag som ingått studien.

Vid den statistiska modelleringen relaterades tätheten sikyngel (antal/m²) till ett antal miljövariabler. Miljövariablerna används i ett första steg för att bygga de statistiska förklaringsmodellerna och därefter kombineras kartor över miljövariablerna med respektive modell för att ta fram en heltäckande utbredningskarta över uppväxtområden. För samtliga variabler användes samma datakälla för att skapa kartprediktionerna som för att bygga modellerna. Eftersom målet med studien var att ta fram kartor över arters utbredning inkluderades endast miljövariabler där det fanns heltäckande kartunderlag att tillgå i modellerna.

Alla miljövariabler testades för eventuell samvariation med hjälp av variance inflation factor (VIF), där de miljövariabler som hade ett värde högre än 5 utelämnades från modelleringen då de kan anses vara starkt korrelerade (Daoud JI., 2017). I de slutgiltiga modellerna användes sex miljövariabler som tillsammans bedömdes ha god potential att karakterisera lämpliga uppväxtområden. De miljövariabler som användes var avstånd till djupkurvan för 20 meter, avstånd till baslinjen (dvs. öppet hav), vågexponering, siktdjup samt vattentemperatur och salinitet (variablerna förklaras mer ingående längre ner i texten). Variabler som testades, men inte ingick i de slutgiltiga modellerna var latitud samt predikterad förekomst av spigg (Erlandsson m fl, 2021). Latitud samvarierade mycket med både

temperatur och salinitet och kunde därför inte användas samtidigt med dessa variabler. Temperatur och salinitet bedömdes vara viktiga variabler och prioriterades över latitud. Den predikterade förekomsten av spigg testades inledningsvis, men då denna byggde på data insamlad under en annan årstid (sensommar) än när uppväxtstadier av sik utnyttjar miljöerna uteslöts den variabeln från den slutgiltiga modellen.

Kartorna över miljövariablerna kommer från olika källor och hade olika upplösning. Vid modelleringen gjordes alla kartor över miljövariabler om till 250 meters upplösning för att minska den datorkraft som krävdes för att göra storskaliga prediktioner av arternas utbredning. Vid behov finns även möjlighet att visa kartor i 25 meters upplösning. Nedan beskrivs respektive förklaringsvariabel mer detaljerat.

Avstånd till djupkurvan för 20 meter har i tidigare studier där man modellerat reproduktionsområden för sik visats sig kunna bidra till modellernas förklaringsgrad och uppvisat ett positivt samband mellan förekomst av sikyngel och närhet till djupare vatten (Veneranta m fl, 2013a).

Avstånd till baslinjen är ett mått på hur långt det är till utsjön och hur stor påverkan som kan förväntas från öppet hav. Avstånd till baslinjen kan representera flera miljögradienter från öppet hav in till de mest skyddade områdena.

Siktdjupet kan ha en stark påverkan på utbredningen av fisk (Bergström m.fl. 2013, Sundblad m.fl. 2014), dels genom en direkt påverkan på födosöksbeteende och predationsrisk, dels genom att siktdjupet är en indikator på näringsstatus och födotillgång. Då det inte fanns något heltäckande siktdjupslager som omfattade hela studieområdet togs ett nytt lager fram med hjälp av en rumslig modell. Tillvägagångssättet beskrivs i Erlandsson m.fl. 2021.

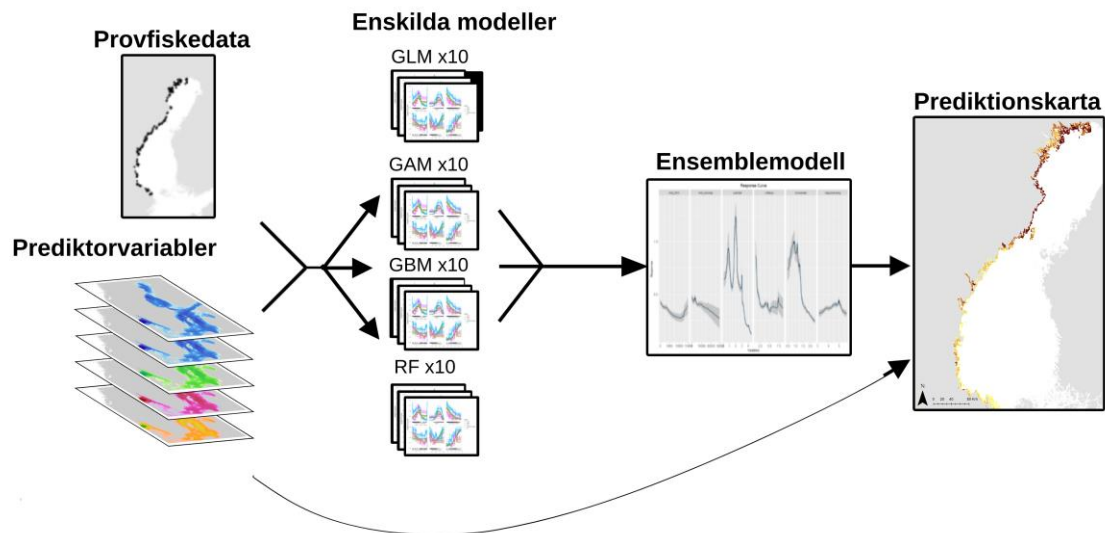
Vågexponering har tidigare visat sig vara en viktig variabel vid habitatmodellering av fisk och kan anses samvariera med och beskriva ett antal andra variabler, som t.ex. bottensubstrat och förekomst av vegetation (Isaeus 2004, Bekkby m fl 2008). Det vågexponeringslager som använts hade en ursprunglig upplösning på 10x10 meter och har beräknats med Simplified Wave Model (Isæus, 2004). Vid modelleringen logaritmerades (log10) vågexponeringen för att få en jämnare fördelning längs variabelns variationsbredd.

Temperatur och salthalt är viktiga faktorer för att förklara utbredningsmönster, eftersom båda faktorerna har starka fysiologiska effekter på fisk. Modellerade temperatur- och salinitetsdata hämtades från EU:s plattform för öppna marina data, Copernicus Marine Environment Monitoring Service. Data är skapade av Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) och framtaget med hjälp av Hirromb-Boos Model (HBM) (Copernicus, 2019) i en upplösning på 2x2 km. För modellprediktionerna skapades medelvärdeskartor för salinitet respektive temperatur för perioden november till mars under åren 2009-2020. Både temperatur och salinitet bidrar främst till att förklara utbredningsmönster på regional skala.

Statistiska analyser

Modelleringen av samband mellan prediktorvariablerna och tätheterna av sikyngel baserades på ett flertal statistiska och maskininlärningsmodeller skapades i det statistiska programspråket R (R Core Team, 2014) med paketet sdm (v1.0-99; Naimi & Araújo, 2016). Fyra konceptuellt olika modelleringstekniker inkluderades, varav två var statistiska regressionsmetoder (GLM - generalized linear model och GAM - generalized additive model) och två var baserade på klassifikationsträd (RF -

random forest och GBM - generalized boosted models). Genom att därefter kombinera de olika modellerna i en ensemble utnyttjas styrkorna i alla enskilda modelleringsteknikerna för att ge en sammanslagen modell med högre precision och generalitet i prediktionerna än de enskilda modellerna (Figur 2).



Figur 2. Flödesschema över modelleringprocessen.

För varje art gjordes tio iterationer med varje enskild modellteknik. I varje iteration slumpades 70 % av de totalt 1 223 provfiskepunkterna fram för att kalibrera modellen och de resterande 30 % användes för att testa modellen. Därefter beräknades förklaringsgraden för varje enskild iteration i relation till det undanhållna testdatat för att utvärdera deras kvalitet. De framtagna modellerna slogs sedan samman till en ensemblemodell och i denna studie användes metoden viktat medelvärde när ensemblen skapades, där en modell med högre förklaringsgrad fick större inverkan på ensemblen än en modell med lägre förklaringsgrad.

Prediktionsvariablernas relativa betydelse för modellen testades genom ett så kallat permutationstest där originalmodellen med avseende på RMSE (root mean square error) jämfördes mot modeller där man upprepade gånger slumpvis kastade om värdena mellan provpunkterna för respektive förklaringsvariabel. Den slumpvisa omkastningen upprepades 500 gånger per förklaringsvariabel och medelvärdet för dessa jämfördes sedan mot originalmodellen. Resultatet redovisas som 1 - medelvärdet för permutationerna där en liten skillnad mellan originalmodell och modell med omkastade värden innebär att variabeln påverkar modellen mindre än vad en variabel där skillnaden är större gör. Med hjälp av partiella responskurvor utvärderades även på vilket sätt respektive förklaringsvariabel påverkade tätheten av sikyngel. Förhållandet mellan tätheten och respektive förklaringsvariabel i modellen visas genom att man plottar det sambandet separat för respektive förklaringsvariabel medan övriga förklaringsvariabler hålls konstanta vid medelvärdet. Med responskurvorna illustreras alltså vad som händer med responsvariabeln, i detta fall alltså tätheten sikyngel, när förklaringsvariabeln ändras och med dessa kan man avgöra om man har ett negativt, positivt eller mer komplext samband mellan variablerna.

För att göra utbredningskartor för arterna användes heltäckande raster för alla prediktorvariabler tillsammans med ensemblemodellen. Då provtagningen av sikyngel sker i direkt anslutning till stranden begränsades kartprediktionen till det allra grundaste området genom att relatera strandlinjen till det predikterade rastret och endast behålla de närmast anslutna cellerna.

Resultat

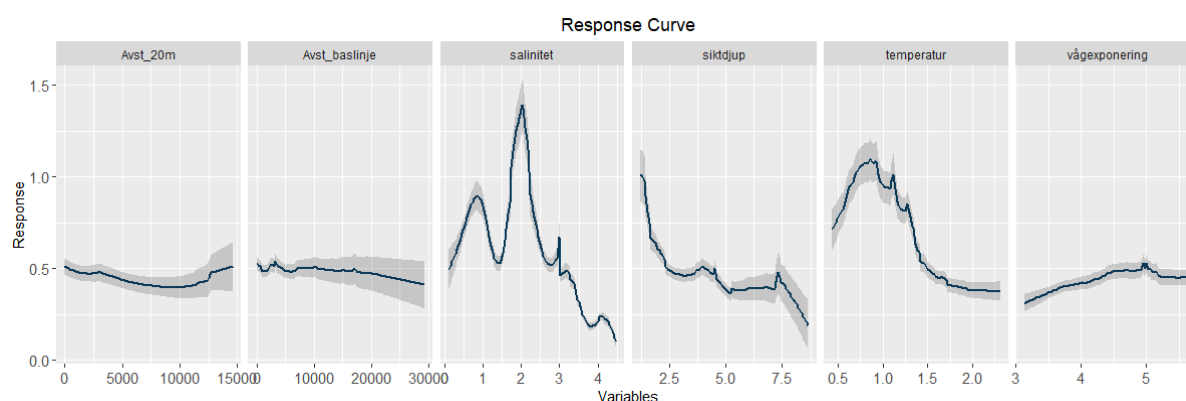
Utbredningskartan över sikens uppväxtområden i Bottniska viken som tagits fram i denna studie bygger på en stark ensemblemodell med en förklaringsgrad på drygt 40%. Tabell 1 visar förklaringsgraden för de separata modelltyperna samt för ensemblemodellen. De enskilda modelltekniker som hade högst förklaringsgrad och som där med bidrog mest till ensemblemodellen var RF, GBM och GAM. Ensemblemodellen hade högre förklaringsgrad än de enskilda modellerna.

Figur 3 visar responskurvor för de förklaringsvariabler som ingick i den modell som användes för att ta fram utbredningskartan över sikens uppväxtområden och i tabell 2 visas det relativa bidraget från respektive variabel till de olika modelltyperna. Salinitet var den variabel som bidrog mest till samtliga modelltypers förklaringsgrad. Temperatur och siktdjup bidrog också med en betydande del till modellernas förklaringsgrad, där temperatur var den näst viktigaste variabeln för GBM och RF. De bästa uppväxtområdena karakteriseras av låg salthalt och temperatur och lågt siktdjup. Bidraget från avstånd till baslinje och vågexponering var i medeltal något lägre, men visade att lite mer exponerade områden närmare öppet hav var bättre än de mer skyddade längre in i skärgårdarna.

Figur 4 visar den utbredningskarta över sikens uppväxtområden i Bottniska viken som togs fram med hjälp av ensemblemodellen. I kartan har området delats upp i fyra klasser efter kvartiler av de predikterade värdena, som anger antal sikyngel per kvadratmeter. Kartan visar att de bästa reproduktionsområdena finns i de norra delarna av Bottniska viken, från Norra Kvarken upp till de nordligaste delarna av Bottenviken. Även i delar av Västernorrlands och Gävleborgs län predikterades vissa områden bland de högst klassade.

Tabell 1. Förklaringsgrad för de enskilda modelltyperna samt för ensemblemodellen. Förklaringsgraden som anges är medelvärdet av R^2 för regressioner av de 10 iterationer där 70 % av fältdatat används för att kalibrera modellen och predikterade värden från modellen testas mot resterande 30% av datat.

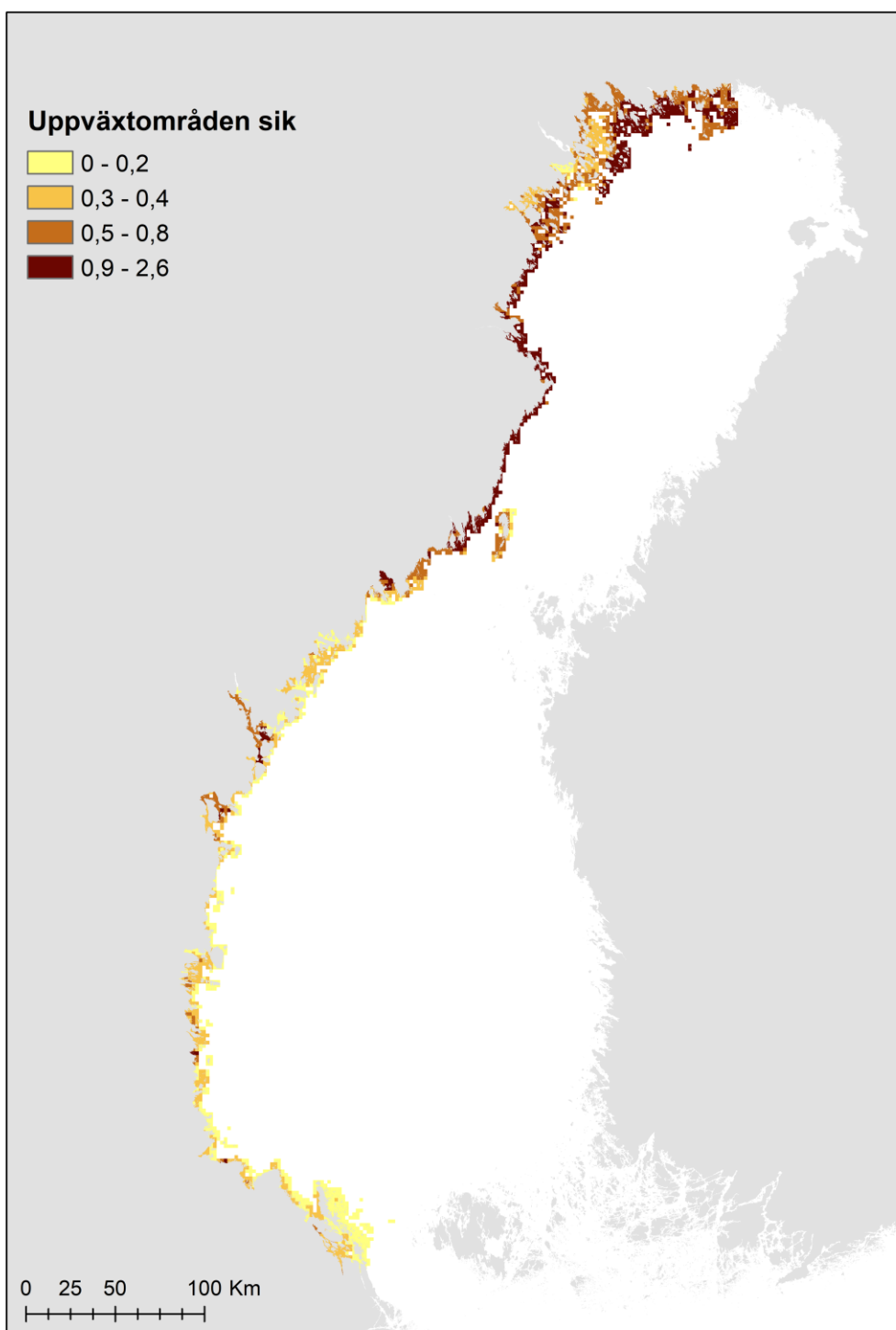
Modell	Förklaringsgrad
GLM	0,2
GAM	0,3
GBM	0,32
RF	0,34
Ensemble	0,41



Figur 3. Partiella responskurvor med konfidensintervall för de förklaringsvariabler som ingick i den ensemblemodell som användes för att ta fram utbredningskartan över sikens uppväxtområden i Bottniska viken.

Tabell 2. Förklaringsvariablernas relativa bidrag, dels till de separata modelltyperna förklaringsgrad, samt i medeltal. De två viktigaste variablerna per modelltyp och i medeltal har markerats med fetstil.

Förklaringsvariabel	GLM	GAM	GBM	RF	Medel
Avstånd 20m	4	0	0	0	1
Avstånd baslinje	20	5	1	9	9
Salinitet	48	60	59	34	50
Siktdjup	14	17	7	17	14
Temperatur	12	11	25	26	18
Vågexponering	1	8	8	14	7



Figur 4. Kartprediktion över uppväxtområden för sik i Bottniska viken. Den bakomliggande ensemblemodellen bygger på abundansdata som samlats in med yngelnot under våren 2009-2020. Prediktionen har delats in i fyra klasser baserat på kvartiler, och anger antal sikyngel per kvadratmeter. Kartan har en grov upplösning på 2x2 km för att de olika klasserna i kartprediktionen ska kunna visualiseras. Detta gör att kartan ser ut att täcka större områden än som egentligen predikterats.

Diskussion

Heltäckande kartor över värdefulla livsmiljöer är viktiga i många förvaltningssammanhang. I denna studie har vi genom ensemblemodellering tagit fram en heltäckande utbredningskarta över sikens uppväxtområden i Bottniska viken. Fördelen med ensemblemodellering jämfört med att använda en enskild statistisk metod är att man kan kombinera styrkorna som erbjuds av flera konceptuellt olika modelleringsmetoder och därmed få säkrare modeller och habitatkartor (Araújo & New, 2007). Detta återspeglas även för modellen i denna studie där ensemblemodellen hade högre förklaringsgrad än de enskilda modelleringsmetoderna. Kartan ger information om var vi har goda miljöbetingelser för sikens tidiga yngelstadier och kan lämpligen användas inom arbetet med fiskförvaltning, havsplanering, grön infrastruktur och områdesskydd på regional nivå. Vid mer lokal användning, till exempel vid geografiskt avgränsade tillstånds- och strandskyddsdispensärenden, bör kartorna användas med försiktighet då metodiken vid kartläggningen och de underliggande prediktionslagren avpassats för att identifiera mer storskaliga mönster inom hela studieområdet. Kartans upplösning medger exempelvis inte att man utifrån enskilda pixlar i kartorna kan bedöma om man ska ge tillstånd för en enskild brygga, utan de är istället utformade för att identifiera viktiga områden på större skala.

Då provfiskedatat är insamlat mellan åren 2009–2020 visar den framtagna utbredningskartan en övergripande bild för hela den tidsperioden. Habitat på kusten är under ständig förändring i relation till olika belastningar och miljöfaktorer vilket innebär att vissa områden som klassas som bra habitat inte med säkerhet behöver vara fungerande idag, utan visar att de har potential att vara det. På motsvarande sätt finns det risk att modellen som används här missar uppväxtområden som har varit bra habitat längre bak i tiden eller skulle bli det igen om arten ökar i utbredning. Utbredningskartan som togs fram i denna studie visade att utbredningen av de högst klassade uppväxtområdena var som störst i de norra delarna av studieområdet, från Norra Kvarken och norrut i Bottenviken. Det motsvarar i stora drag det mönster Veneranta m fl (2013a & b) tidigare identifierat vid modelleringar av notningsdata från Sverige och Finland.

När man tar fram utbredningskartor vid modellering påverkas kartans kvalitet i hög grad av kvalitén på de bakomliggande miljövariablernas kartunderlag. Ju bättre kartunderlag det finns tillgängligt för miljövariablerna som används vid modelleringen desto bättre och mer precisa blir kartprediktionerna. I denna studie baseras t.ex. kartan över vattendjup på sjökortsdata och i många områden är djupinformationen av låg kvalitet. Kartunderlagen för salinitet och temperatur var i grov upplösning och fångar därför kanske inte upp de småskaliga gradienter i dessa variabler som är viktiga i skärgårdsområden. Om kartunderlag för djupdata, siktdjup, temperatur och salinitet funnits tillgängligt i högre upplösning hade modellerna bättre kunnat fånga upp komplexa samband i skärgårdsmiljöer och kartorna hade troligen blivit mer användbara på lokal nivå. Då siken i hög grad är knuten till sandiga bottenar under sin uppväxt (Himberg, 1995 & Veneranta m fl, 2013a, b) hade tillförlitliga kartunderlag över ytsubstrat längs kusten varit användbara för att kartlägga sikens uppväxtmiljöer. Ett sådant kartunderlag hade sannolikt även varit användbart för att kartlägga andra arter, som t.ex. olika plattfiskar, som är starkt knutna till specifika substrat. Utöver datatillgången och prediktorvariablernas kvalitet medför även modellerna i sig en osäkerhet. I och med att modellerna itererades tio gånger minskades osäkerheten i de enskilda modelleringsmetoderna. När de enskilda modellerna även slogs ihop till en ensemblemodell minskar även modellteknikernas osäkerhet till viss del.

I Östersjön förespås utbredningen av många arter förändras på grund av klimateffekter, bland annat i form av stigande vattentemperatur och utsötning (Snickars m.fl. 2015). Det finns även tecken på att sikens yngelområden längs kusten har påverkats negativt sedan 1990-talet och en av möjliga förklaringar till detta tros just vara relaterat till klimatförändringar, framför allt de varmare vintrarna och en minskad istäckning (Veneranta m fl, 2013a; Florin m fl, 2019). Siken är en kallvattenart som påverkas negativt av ett varmare klimat och stigande vattentemperaturer. Samtidigt som vattentemperaturen har ökat i Östersjön, har även isens utbredning och den istäckta periodens längd minskat och enligt modelleringar kommer minskningen att fortsätta i framtiden (HELCOM, 2013). Trenden med minskande isutbredning och tidigare islossning kan komma att påverka sikens rekrytering negativt då istäcket skyddar äggen från vind och vågor under vintern (Brown m fl, 1993). Modellen som togs fram i denna studie visade på ett starkt samband mellan förekomst av sik och miljövariablerna salinitet och temperatur och detta gör det möjligt att använda modellen för att prediktera hur olika klimatscenarier kan förväntas påverka sikens utbredning. Detta öppnar möjligheter för en proaktiv förvaltning av fiskbestånd i samband med klimatförändringar. Eftersom det finns tecken på att siken och många andra viktiga arter på kusten håller på att förlora reproduktionsområden är det viktigt att fortsätta följa upp fiskyngelproduktionen längs svenska kusten.

Erkännanden

Det har krävts omfattande fältinsatser för att bygga upp de datamaterial vi använt oss av i denna rapport. Vi vill därför rikta ett stort tack till alla som bidragit till insamlingen av fältdata. Varje datapunkt är värdefull.

Referenser

- Araújo, M., & New, M. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution*, ss. 22:42-47.
- Bekkby, T., Rinde, E., Erikstad, L., Bakkestuen, V., Longva, O., Christenson, O., & Isachsen, P. 2008. Spatial probability modelling of eelgrass (*Zostera marina*) distribution on the west coast of Norway. *ICES Journal of marine science*, ss. 1093-1101.
- Bergström, U., Sundblad, G., Downie, A., Snickars, M., Boström, C., & Lindegarth, M. 2013. Evaluating eutrophication management scenarios in the Baltic Sea species distribution modelling. *Journal of Applied Ecology*, ss. 680-690.
- Brown, R.W., Taylor, W.W., Assel, R.A. 1993. Factors affecting the recruitment of lake whitefish in two areas of northern Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research* 19, 418–428
- Copernicus. 2019. Copernicus. Hämtat från http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=BALTICSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_003_006
- Daoud, JI. 2017. Multicollinearity and regression analysis. *J. Phys.: Conf. Ser.* 949 012009
- Erlandsson, M., Fredriksson, R., Bergström, U. 2021. Kartering av uppväxtområden för fisk i grunda områden i Östersjön. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. *Aqua reports* ; 2021:17.
- Florin A-B, Jonsson A-L, Fredriksson R. 2019. Sik i Östersjön – en kunskapssammanställning. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019;10 ISBN 978-91-88727-42-8.
- HELCOM, 2013. Climate change in the Baltic Sea Area: HELCOM thematic assessment in 2013. *Baltic Sea Environment Proceedings* No. 137.
- Himberg, M., von Numers M., Vasemägi A., Heselius S.-J., Wiklund T., Lill J.-O., Hägerstrand H. 2015. Gill raker counting for approximating the ratio of river- and sea-spawning whitefish, *Coregonus lavaretus* (Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae) in the Gulf of Bothnia, Baltic Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 45 (2), 125-131.
- Isaeus, M. 2004. Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea, Doktorsavhandling, Botaniska institutionen, Stockholms universitet.
- Lindén, A., Himberg, M., von Numers, M., Wiklund, T., Engblom, C., Hägerstrand, H., Lill, J.-O., & Hägerstrand, H. (2019). Proportion of river- and sea-spawning whitefish in catches at the Åland Islands (Baltic Sea), estimated from gill raker counts. *Boreal Environment Research*, 24, 101–113. <http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber24/ber24-101-113.pdf>
- Naimi, B., & Araújo, M. B. 2016. sdm: a reproducible and extensible R platform for species distribution modelling. *Ecography*, 39(4), 368–375.
- R Core Team. 2014. R Project. Hämtat från <https://www.r-project.org/>

SLU-Aqua. 2016. Metodbeskrivning för provfiske med yngelnot riktat mot sik. SLU ID: SLU.aqua.2016.5.4-4

Snickars, M., Weigel, B., & Bonsdorff, E. 2015. Impact of eutrophication and climate change on fish and zoobenthos in coastal waters of the Baltic Sea. *Marine Biology*, 162(1), 141-151.

Sundblad, G., Bergström, U., Sandström, A., & Eklöv, P. (2013). Nursery habitat availability limits adult stocks sizes of predatory coastal fish. *Journal of Marine Science*, ss. 672-680.

Veneranta, L., Hudd, R., Vanhatalo, J. 2013a. Reproduction areas of sea-spawning coregonids reflect the environment in shallow coastal waters. *Mar Ecol Prog Ser* 477, 231–250.

Veneranta, L., Urho, L., Koho, J., & Hudd, R. 2013b. Spawning and hatching temperatures of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) in the Northern Baltic Sea. *Advances in Limnology*, 39-55.

Verliin, Aare & Saks, Lauri & Svirgsden, Roland & Vetemaa, Markus & Rohtla, Mehis & Taal, Imre & Saat, Toomas. (2013). Whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) landings in the Baltic Sea during the past 100 years: Combining official datasets and grey literature. 10.1127/1612-166x/2013/0064-0020.