

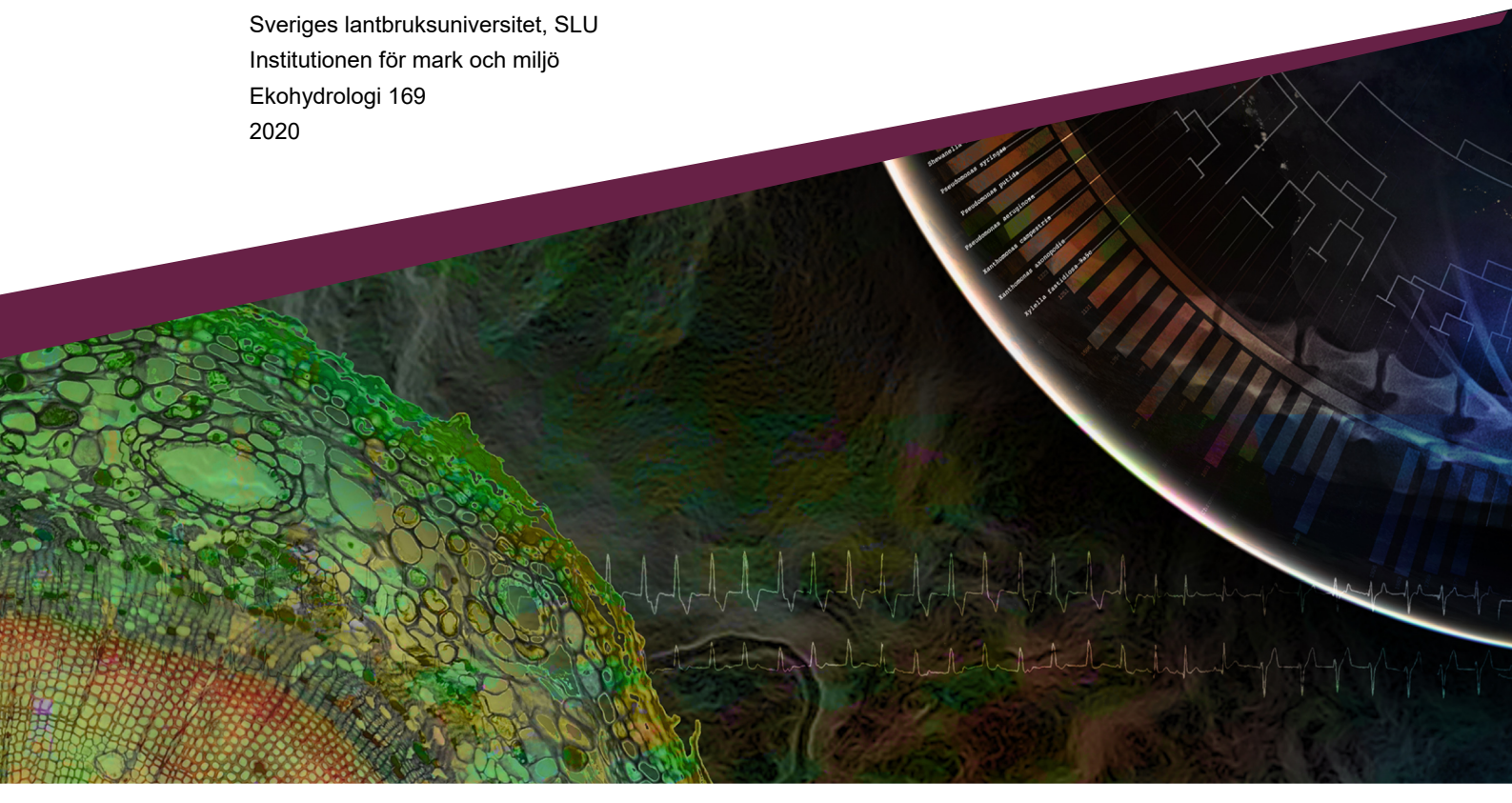


Åtgärdsscenarier för minskat näringsläckage från åkermark

Beräkningar för ett urval av delavinningsområden inom LEVA-områden

Kristina Mårtensson, Holger Johnsson, Dennis Collentine, Katarina Kyllmar, Kristian Persson, Faruk Djodjic och Anders Lindsjö

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för mark och miljö
Ekohydrologi 169
2020



Åtgärdsscenarier för minskat näringsläckage från åkermark

Beräkningar för ett urval delavrinningsområden inom LEVA-områden

Kristina Mårtensson

Holger Johnsson

Dennis Collentine

Katarina Kyllmar

Kristian Persson

Faruk Djodjic

Anders Lindsjö

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö
Utgivningsår:	2020
Utgivningsort:	Uppsala
Serietitel:	Ekohydrologi
Delnummer i serien:	169
ISSN:	0347-9307
ISRN:	SLU-VV-EKOHYD-169-SE
Nyckelord:	Åtgärder, jordbruk, näringsläckage, LEVA

Sammanfattning

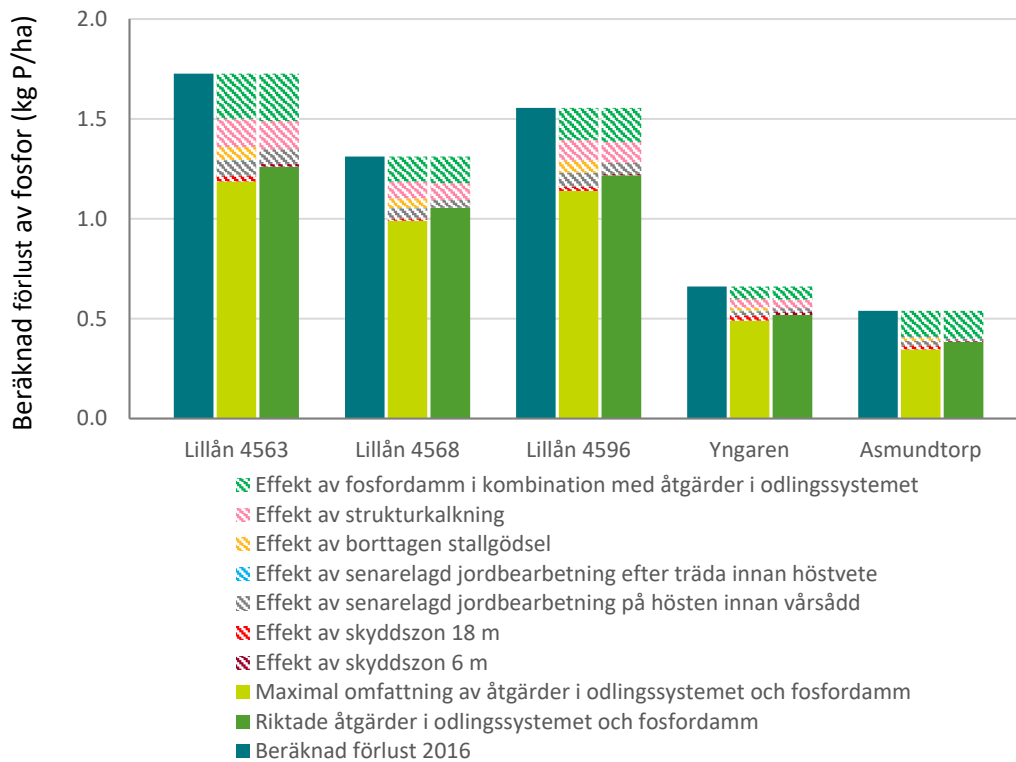
För att effektivisera arbetet mot övergödning behöver åtgärder genomföras där behovet av förbättring är som störst och där åtgärder har störst potential att ge god effekt. En metod för att identifiera dessa områden och beräkna effekt och kostnadseffektivitet för ett antal åtgärder mot näringsförluster från åkermark har här tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Metoden testades inom tre områden inom pilotprojektet LEVA, Lokalt engagemang för vatten och genom samråd med de lokala åtgärdssamordnarna i dessa tre områden samt LEVA projektledningsgrupp.

Två olika scenarier för åtgärder beräknades, ett med maximal omfattning vilket bland annat innebar att all stallgödsling togs bort, samt ett med riktade åtgärder i befintligt produktionssystem. I scenarierna ingick åtgärder i odlingssystemet, strukturkalkning samt fosfordammar. Målsättningen i scenarierna var att nå god ekologisk status vilket innebar att sänka fosforförlusterna. De valda åtgärderna i scenarierna har därför främst effekt mot fosforförluster men som komplement har även åtgärder mot kväveförluster beräknats eftersom kväve liksom fosfor bidrar till övergödning. Åtgärderna i odlingssystemet samt strukturkalkning beräknades med Typhaltskalkylatorn, en matris med utlakningskoefficienter för olika kombinationer av klimat, jordart, gröda och brukningssystem. Typhaltskalkylatorn baseras på NLeCCS-metoden som används för beräkning av läckage från svensk åkermark. Inom detta projekt har Typhaltskalkylatorn vidareutvecklats för att kunna beskriva läckaget från fler kombinationer av odlingssystem och för strukturkalkning. För lokalisering av fosfordammar användes ett nyutvecklat system för bedömning av optimal placering som utgår från samband mellan hydraulisk belastning och näringshalter och där data från NLeCCS-metoden eller som i detta projekt från Typhaltskalkylatorn användes för att bedöma flöden av vatten och näringsämnen i åkerlandskapet.

Resultaten av scenarierna visade att minskningen av fosforförlusterna skulle kunna vara ca 30 % om åtgärderna utnyttjades maximalt. De riktade åtgärderna gav nästan lika stor effekt som den maximala omfattningen av åtgärderna. Kostnader per kg reducerat P var lägre i scenariot med riktade åtgärder och fosfordamm jämfört med åtgärder på samtliga jordar och fosfordamm.

För att identifiera lämpliga områden för storskalig strukturkalkning beräknades potentiell effekt av strukturkalkning för samtliga LEVA-områden. Effekten av strukturkalkning beror av många faktorer och kunskapen om flera av dem är begränsad. I beräkningarna redovisas därför endast den relativa effekten mellan delavrinningsområden. Störst potential för god effekt av strukturkalkning hade delavrinningsområden i LEVA-område Sagån men även LEVA Örsundaån och Enköpingsån hade god potential i ett flertal delavrinningsområden. För att kunna följa upp effekten av strukturkalkning i områden där strukturkalkning planeras togs det också fram ett förslag på uppföljningsprogram.

Metoden som togs fram och användes i detta projekt visar hur potentialen för att genomföra en viss åtgärd beror av både vilken areal som finns tillgänglig och är lämplig för åtgärden men också hur effekten av den enskilda åtgärden minskar när flera åtgärder kombineras. Typhaltskalkylatorn kan även användas som ett lokalt rådgivningsverktyg för att värdera effekten av olika åtgärder på den enskilda gården. Däremot lämpar den sig inte för att bestämma gårdens utlakningsnivåer, då ingångsdata om de lokala förutsättningarna inte finns i tillräckligt hög geografisk upplösning.



Beräknad förlust och effekt av åtgärderna för scenariona Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm och Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm jämfört med beräknad fosforförlust 2016 för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp, (kg P/ha). Åtgärderna i scenariot Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm var skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvet, borttagen stallgödsel, strukturkalkning och fosfordamm. Åtgärderna i scenariot Riktade åtgärder i odlingsystemet var skyddszon 6 m, fosfordamm samt senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvet och strukturkalkning på jordarter med >30% lerhalt. Observera att metoden för att beräkna effekten av fosfordamm och åtgärder i odlingsystemet är olika.

Innehållsförteckning

Inledning	7
1.1. Bakgrund och uppdraget	7
2. Metod	8
2.1. Fem delavrinningsområden i tre LEVA-områden	8
2.2. Åtgärdsscenarioer för delavrinningsområden.....	11
2.3. Metod för beräkning av förlust och effekt	13
2.3.1. Beskrivning av Typhaltskalkylatorn.....	14
2.3.2. Exempel på koefficienter för olika åtgärder	21
2.4. Metod för lokalisering av våtmarker och dammar	25
2.5. Metod för kostnadsberäkningar	26
2.6. Lista över åtgärder.....	26
2.6.1. Kompletterande åtgärder i befintligt odlingsystem.....	26
2.6.2. Justering i brukningsåtgärder	28
2.6.3. Förändring i produktionsinriktning och markanvändning	30
2.6.4. Investering i mark och dikningssystem	31
2.7. Jämförelse med typområden på jordbruksmark	33
2.8. Strukturkalkning i LEVA områden	34
2.8.1. Identifiering av områden med potential för god effekt	34
2.8.2. Uppföljning av effekt i vattendragen	35
3. Resultat	36
3.1. Åtgärdsscenarioer i fem delavrinningsområden.....	36
3.1.1. Lillån 4563.....	42
3.1.2. Lillån 4568.....	45
3.1.3. Lillån 4596.....	47
3.1.4. Yngaren	50
3.1.5. Asmundtorp.....	53
3.1.6. Typområden på jordbruksmark – jämförelse	55
3.2. Strukturkalkning i LEVA-områden	56
3.2.1. Identifiering av områden för strukturkalkning.....	56
3.2.2. Förslag på uppföljningsprogram för strukturkalkning.....	59
4. Diskussion	64
4.1. Åtgärdsscenariernas effekter.....	65
4.2. Åtgärdernas kostnadseffektivitet	66
4.3. Områden för strukturkalkning	68

5. Slutsatser	69
Referenser.....	70
6. Bilaga.....	72
6.1. Strukturkalkning i LEVA-områden	75
6.2. Kompletterande beräkningar för ytterligare områden i Nyköpingsåns avrinningsområde	79
6.3. Beräkning av kväveutlakningen.....	88
6.3.1. Exempel på koefficienter för olika åtgärder	88
6.3.2. Effekt av olika åtgärder i delavrinningsområdena.....	90

1. Inledning

1.1. Bakgrund och uppdraget

Att identifiera kostnadseffektiva åtgärder inom jordbruket är viktigt för arbetet med att nå god ekologisk status i vatten. Potentialen för olika åtgärder varierar i olika områden beroende på bland annat avrinning, jordart och intensitet i jordbruket. Projektet LEVA, Lokalt Engagemang för Vatten, startades som en del av Havs- och vattenmyndighetens uppdrag från regeringen att i samarbete med Jordbruksverket och andra berörda aktörer identifiera kostnadseffektiva åtgärder för att nå god ekologisk status med avseende på näringsämnen i ett antal pilotområden i utvalda län. I LEVA-projektet ingår 20 pilotområden.

För att öka kunskapen om potentialen för åtgärder mot näringsförluster från jordbruksmark och för att hitta de områden där åtgärder bedöms ha störst effekt fick SLU i uppdrag att genomföra beräkningar av möjliga scenarier inklusive kostnadseffektivitet för att reducera utlakningen av näringsämnen från åkermark i tre LEVA pilotområden. Arbetet utfördes på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten (Dnr 04100-2018).

Arbetet omfattar beräkning av kostnadseffektiva åtgärds kombinationer i tre LEVA-områden och identifiering av LEVA-delavrinningsområden med potential för strukturkalkning. Arbetet med identifiering av kostnadseffektiva åtgärds kombinationer mot övergödning sker i delavrinningsområden med stor andel jordbruksmark. Scenarier tas fram för (A) målet god ekologisk status vilket kan innebära förändrad produktion samt för (B) med åtgärder i bibehållen produktionsinriktning. Arbetet med identifiering av delavrinningsområden där storskalig strukturkalkning kan förväntas ge mätbar effekt i recipienten omfattar beräkningar för samtliga 20 LEVA-områden. Förslag för uppföljningsprogram som ska öka kunskapen om åtgärden tas även fram.

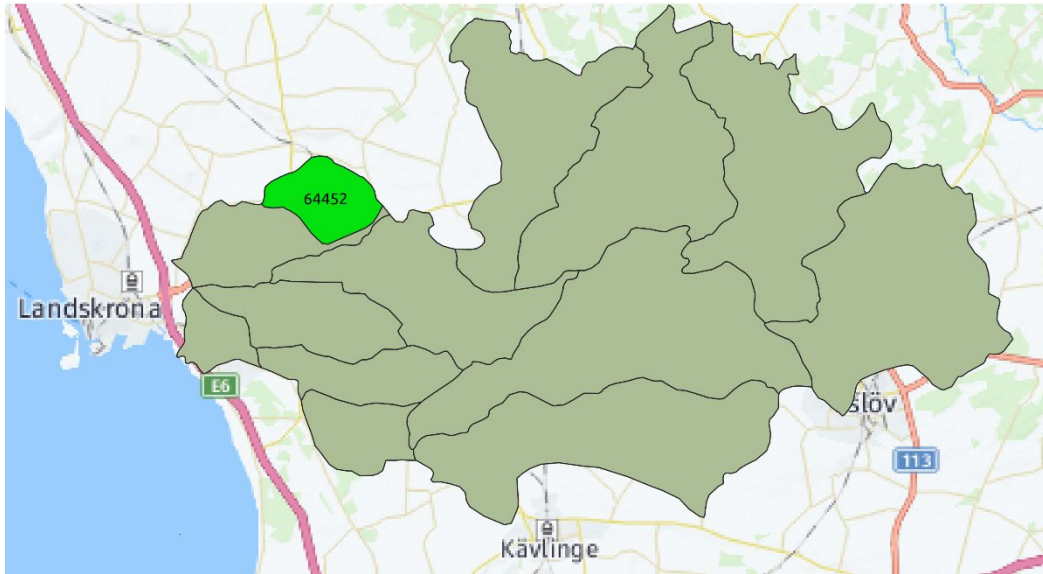
Arbetet har utförts i samverkan mellan författarna som var och en har ansvar för olika delar. Kristina Mårtensson och Kristian Persson har tillsammans med Holger Johnsson ansvarat för utvecklingen av Typhaltskalkylatorn och för beskrivning av metodik och resultat av beräkningar av läckage från åkermark. Dennis Collentine har utfört beräkningar av kostnadseffektivitet för åtgärder på åkermark inklusive fosfordammar. Katarina Kyllmar har redovisat metod för uppföljning av strukturkalkning samt jämfört beräknade resultat med uppmätta värden från närliggande Typområden på jordbruksmark. Metod för lokalisering av fosfordammar samt beräknad placering redovisas av Faruk Djodjic. Anders Lindsjö har gjort fosforberäkningarna i NLeCCS.

2. Metod

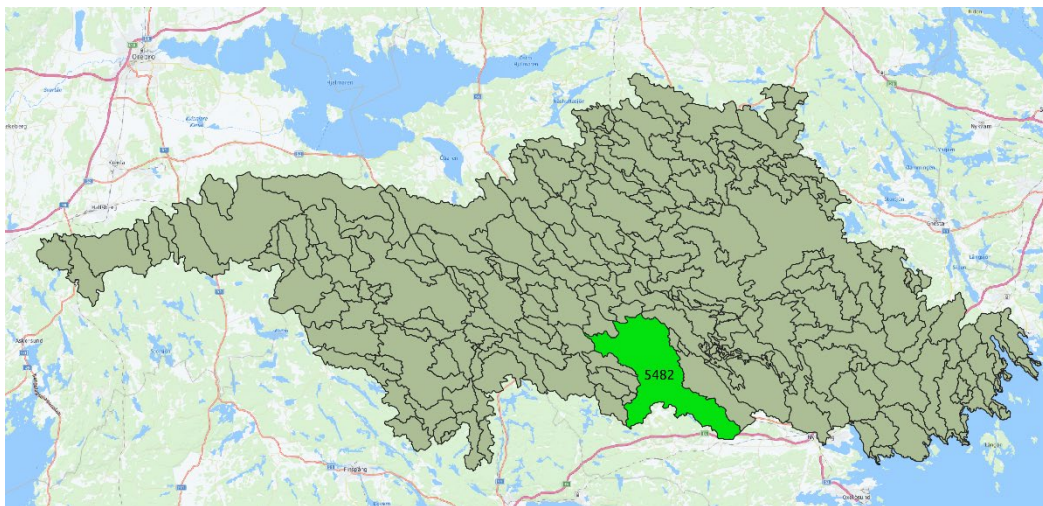
2.1. Fem delavrinningsområden i tre LEVA-områden

Tre LEVA-områden (Saxån-Braån, Lillån samt Nyköpingsåarna) valdes ut av LEVA projektledningsgrupp för projektet. LEVA-områdena har olika karaktär med avseende på odling, jordarter, klimat och omfattning av åtgärder innan LEVA-projektet startade. Inom dessa tre LEVA-områden valdes därefter, tillsammans med respektive åtgärdssamordnare, fem delavrinningsområden för scenarioräkningar: Asmundtorp, Yngaren och tre delavrinningsområden i Lillån (Figur 1-Figur 3). Delavrinningsområdena valdes för att ha så stor andel åkermark som möjligt och att det inte skulle finnas större punktkällor. I figurer och tabeller anges även ID enligt indelning i S-HYPE (SMHI, 2018).

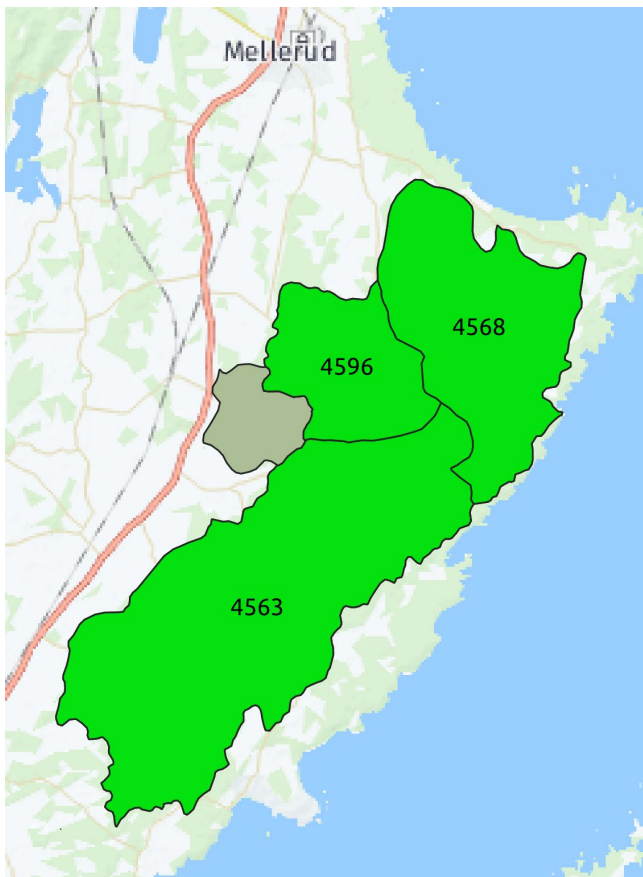
Delavrinningsområde Asmundtorp är en del av LEVA-området Saxån-Braåns avrinningsområde i västra Skåne. Delavrinningsområde Yngaren, inklusive sjön Yngaren, är en del av LEVA-området som omfattar Nyköpingsåns, Svartaåns samt en del av Sörmlandskustens avrinningsområde och som administreras av Nyköpingsåarnas Vattenvårdsförbund. De tre delavrinningsområdena i Lillån utgör huvuddelen av LEVA-område Lillån som ligger på Dalboslätten i södra Dalsland. Arbetet i Lillån administreras av Dalslands Miljö- och Energiförbund tillsammans med Vänersborgs kommun.



Figur 1. Delavrinningsområdet Asmundtorp (ID 64452) i Saxån-Braåns avrinningsområde.



Figur 2. Delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) i Nyköpingsåns avrinningsområde.



Figur 3. Delavrinningsområde Lillån (ID 4563, 4568 och 4596) på Dalboslättan.

Jordbruksarealen och andelen jordbruksmark samt ytterligare egenskaper i delavrinningsområdena redovisas i Tabell 1. Jordartsfördelningen i de fem områdena redovisas i Tabell 2. Yngaren och områdena i Lillån hade relativt hög andel av lerjordar medan Asmundtorp har lättare jordar. Grödfördelningen 2016 redovisas i Tabell 3. I Asmundtorp var andelen höstsådda grödor högre än 50% och sockerbetor utgjorde ca 10% av arealen. Vallandelen var låg. De övriga områdena dominerades av vårkorn, höstvet, vall och havre.

Tabell 1. Jordbruksareal, andel jordbruksareal, medel-P, medellutning och medelavrinning i de fem delavrinningsområdena. (Widén-Nilsson m. fl. 2019)

	Asmundtorp	Yngaren	Lillån 4563	Lillån 4568	Lillån 4596
Jordbruksareal (ha)	842	3726	5456	2695	1117
Andel jordbruksareal (%)	93	34	73	75	61
Medel P-innehåll i marken (g P/kg jord)	0.59	0.51	0.65	0.65	0.65
Medellutning (m/m)	0.031	0.035	0.018	0.015	0.017
Medelavrinning (mm)	275	186	419	381	412

Tabell 2. Jordartsfördelning i de fem delavrinningsområdena (% av jordbruksmark) (Widén-Nilsson m. fl. 2019)

	Asmundtorp	Yngaren	Lillån 4563	Lillån 4568	Lillån 4596
Sand	0	0	0	0	0
Loamy sand	0	0	0	1	0
Sandy loam	7	2	1	7	0
Loam	68	5	3	10	6
Silt loam	0	16	8	27	29
Sandy clay loam	1	0	0	0	0
Clay loam	24	17	2	4	1
Silty clay loam	0	48	78	50	63
Silty clay	0	12	8	0	2
Clay	0	0	0	0	0

Tabell 3. Grödfördelning (%) 2016 i de fem delavrinningsområdena (Widén-Nilsson m. fl. 2019)

	Asmundtorp	Yngaren	Lillån 4563	Lillån 4568	Lillån 4596
Vårkorn	17	19	16	13	11
Höstvete	42	30	24	27	22
Vall	1	22	23	14	21
Socketbetor	10	0	0	0	0
Höstraps	11	5	3	3	6
Grönträda	2	3	1	1	1
Havre	3	8	24	19	27
Vårvete	7	3	2	2	1
Råg	3	4	1	7	2
Vårraps	0	0	1	1	0
Potatis	0	0	0	0	0
Majs	0	1	0	0	0
Trindsäd	3	2	4	11	8
Stubbträda	1	3	1	2	1

2.2. Åtgärdsscenarioer för delavrinningsområden

I de utvalda delavrinningsområdena definierades målet för att uppnå god ekologisk status till att förluster av fosfor från åkermark ska minska med 50%. Eftersom kväve inte är inkluderat i bedömningen av vattendragens status och därmed behov av reduktion så har inte åtgärder som främst används för att minska läckage av kväve inkluderats.

Den ekologiska statusen för en vattenförekomst vägs samman utifrån principer kring de biologiska, fysikalisk-kemiska och hydromorfologiska bedömningsgrunderna. Därefter klassificeras vattenförekomsten utifrån dessa i en

femgradig skala (hög, god, måttlig, otillfredsställande och dålig) (HAV, 2019). Bedömningsgrunderna för den Fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorn Näringsämnen avser totalfosfor i sjöar och vattendrag. De delavrinningsområden som beräkningen omfattar hör till kategorin sjöar och vattendrag.

I statusklassningarna för vattenförekomsterna redovisas uppmätt fosforhalt i vattenförekomsten (Vattenkartan (lansstyrelsen.se)). Detta värde har jämförts med ett referensvärde anpassat för vattenförekomsten. Den s.k. ekologiska kvoten beräknas genom att dividera referensvärdet med det uppmätta och när kvoten är högre eller lika med 0,5, d.v.s. referensvärdet multiplicerat med två, bedöms statusen som god med avseende på den Fysikalisk-Kemiska kvalitetsfaktorn Näringsämnen. De observerade halterna i vattendragen är svåra att jämföra med de beräknade mängderna med Typhaltskalkylatorn eftersom vattnet i vattendragen innehåller vatten från flera olika källor, provtagningarna är gjorda med varierande metod och tidsintervall. Osäkerheten vid jämförelser blir därför stor och därför antogs att en generell halvering av fosfor från jordbruket behövdes för att uppnå God ekologisk status i LEVA-områdena.

Tabell 4. Senaste statusbedömningen i förvaltningscykeln med avseende på Ekologisk status och Ekologisk status Fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer Näringsämnen, observerad halt och referenshalt (Vattenkartan (lansstyrelsen.se))

Vattenförekomst	Ekologisk status	Ekologisk status - Fysikalisk-Kemiska kvalitetsfaktorer Näringsämnen	Observerad halt (µg/l)	Referens- halt (µg/l)
Lillån SE649715-130429	Dålig	Dålig	204	31
Yngaren SE653034-154584	Dålig	Måttlig	37	14
(Asmundtorp) Braån SE619696-132890	Otillfredsställande	Otillfredsställande	96	23

För varje delavrinningsområde beräknas tre scenarier.

- A. Mest kostnadseffektiva åtgärdskombination med målet att reducera fosforbelastningen så att **god ekologisk status** uppnås. Scenariot innebär förändrad produktion genom att bland annat att stallgödsel inte tillförs. Effekten beräknas för ändrade odlingssystem, strukturkalkning och optimal placering av fosfordamm. Scenariot benämns *Maximal omfattning av åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm*.
- B. Mest kostnadseffektiva åtgärdskombination som är genomförbar med **bibehållen produktionsriktning och riktade åtgärder i odlingssystemet**. I scenariot förändras inte användning av stallgödsel. Senarelagd jordbearbetning och strukturkalkning utförs endast på de jordar där åtgärden förväntas ha bäst effekt. För strukturkalkning innebär det 30% lerhalt eller mer. Liksom för scenario A är optimalt placerade fosfordamm inkluderande. Scenariot benämns *Riktade åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm*.
- C. Endast fosfordamm. Scenariot innebär optimal placering av fosfordamm och inte någon förändring i odlingssystemet. Scenariot benämns *Endast fosfordamm*.

2.3. Metod för beräkning av förlust och effekt

Beräkningen av förlusten och effekten av åtgärder av kväve och fosfor från åkermark har gjorts med beräkningssystemen NLeCCS och Typhaltskalkylatorn.

NLeCCS (Nutrient Leaching Coefficient Calculation System) är ett system för att beräkna normalläckage av kväve och fosfor från åkermark. Systemet beräknar normalläckaget i form av läckagekoefficienter (mg/l eller kg/ha) för en kombination av 22 läckageregioner, 10 jordarter, upp till 15 grödor och för fosfor även lutning och markfosforinnehåll. För en fullständig beskrivning av NLeCCS se Johnsson m.fl., 2019b. Läckageregionerna karakteriseras av olika klimat, produktionsriktning, gödslings- och produktionsnivåer. Delavrinningsområde Asmundtorp ligger i läckageregion (lr) 1a, Lillån i lr 5a och Yngaren i lr 6.

Typhaltskalkylatorn är ett system för att beräkna regionalt upplöst läckage av kväve och fosfor och de effekter åtgärder i odlingssystemet har på läckaget. Det görs genom att använda simulerat kväve- och fosforläckage från NLeCCS kombinerat med information om lokala förhållanden för grödfördelning, jordartsfördelning, markfosforhalt, lutning, och avrinning samt information om de åtgärder som ska beräknas. Fosforförlusterna delas upp i partikulärt och löst fosfor genom profilen och på ytan i Typhaltskalkylatorn men i rapporten redovisas totalfosfor.

Den upplösning som Typhaltskalkylatorn vanligtvis används på är subid, därför att det är den upplösning som PLC7-beräkningarna (Baltic Sea Pollution Load Compilation) (Widén-Nilsson m.fl. 2019) har vars jordbruksläckage beräknades med NLeCCS. Det finns därför sammanställda indata för subid. Det är dock fullt möjligt att göra beräkningar på andra skalor bara det finns indata och en fördelning av grödor i den valda upplösningen. Subid är det interna delområdesnamnet för S-HYPE (SMHI, 2018).

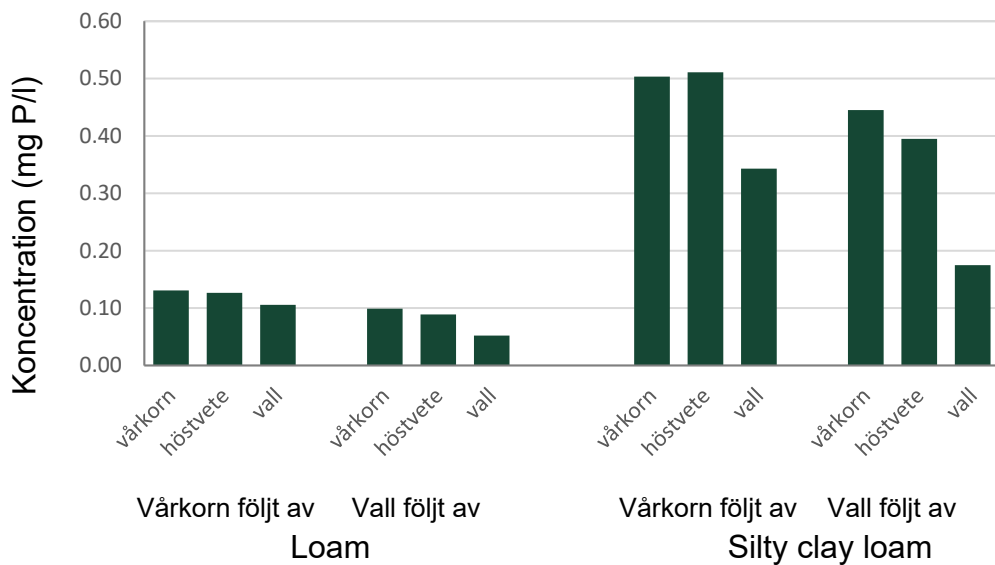
2.3.1. Beskrivning av Typhaltskalkylatorn

Beräkning av koefficienter från NLeCCS-simuleringar

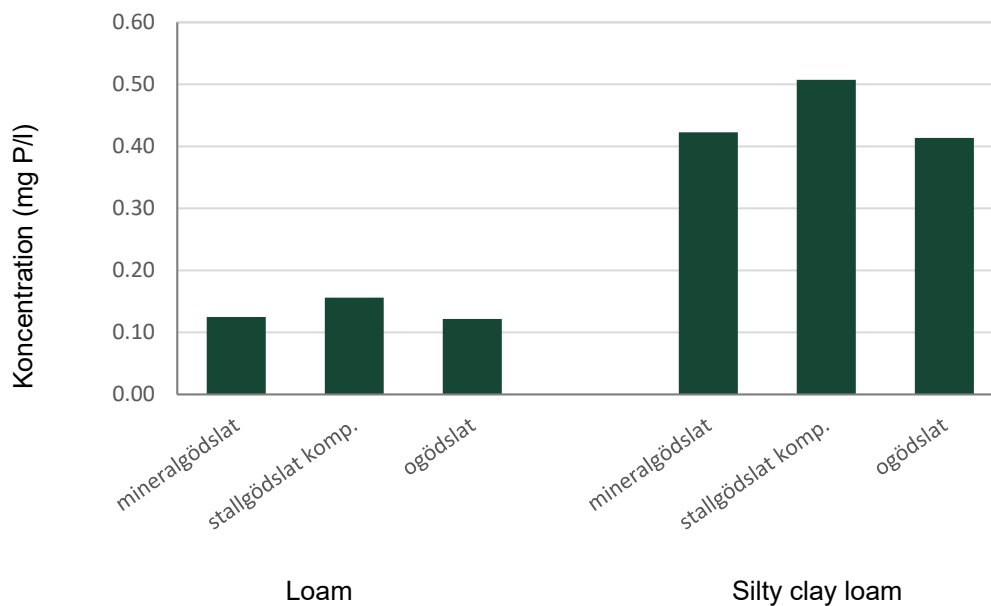
NLeCCS beräknar tidsserier med växtföljder som omfattar 150 000 år med ett upprepat 30-årigt klimat för att ta fram normaliserade medelvärden för alla grödors läckage av kväve och fosfor.

I växtföljden ingår en mängd olika åtgärder och tidpunkter för olika händelser, som gödslingstyp, gödslingsgiva, tidpunkt för stallgödsling, tidpunkt för jordbearbetning mm. I Typhaltskalkylatorn används medelvärdet (koefficienter) av förlusten för dessa olika kombinationer av grödor och åtgärder.

Typhaltskalkylatorn är baserad på koefficienter för kombinationer av grödor under två år. Det är för att läckaget från en gröda är beroende av vad som odlas efter den (Figur 4). Följs grödan av en insådd vall eller av en vårsådd gröda ger det stora skillnader i läckaget. Koefficienterna för grödkombinationer kan också innehålla åtgärder för att minska läckaget (Figur 5). De kan t.ex. vara uppdelade på olika gödslingstyper, olika fånggrödor, olika tidpunkter för plöjning osv. Genom att använda tvåårskombinationer av grödor och åtgärder kan man använda koefficienter som har en mycket finare uppdelning av utfallet från NLeCCS simuleringen och då få en bättre beräkning av det lokala läckaget i ett litet område.



Figur 4. Exempel på läckagekoncentration av fosfor för vårkorn och vall följt av vårkorn, höstvetete och vall på loam och silty clay loam för läckageregion 1a.



Figur 5. Exempel på läckagekoncentration för vårkorn med mineralgödsel, stallgödsel med kompletterande mineralgödsel och ogödsel, på loam och silty clay loam i läckageregion 5a.

De olika varianterna av Typhaltskalkylatorn tar fram koefficienter efter olika kriterier. Den enklaste är den som bara tar fram koefficienter för grödkombinationer utan någon åtgärd. Då beräknas medelvärde av koncentrationen av kväve och fosfor för alla kombinationer av grödor i två år. Till exempel medel av havre följt av havre, medel av havre följt av höstvetete, medel av havre följt av vårvetete osv.

De varianter av Typhaltskalkylatorn som arbetar med åtgärder i växtföljden t.ex. insådd fånggröda får flera kombinationer. De beräknar medelvärden för gröda-gröda-åtgärds kombinationer. Till exempel havre med höstplöjd fånggröda följt av havre, havre med vårplöjd fånggröda följt av havre, havre utan fånggröda plöjd på hösten följt av havre, havre utan fånggröda plöjd på våren följt av havre, havre med höstplöjd fånggröda följt av höstveten osv. En del åtgärder kan inte förekomma i alla kombinationer av grödor, t.ex. kan inte höstsådd gröda år 2 följa en vårbearbetad fånggröda.

Vissa åtgärder kan inte hämtas ur den vanliga NLeCCS-beräkningen utan specialberäkningar måste göras. Till exempel om man flyttar datum för höstspredning av stallgödsel eller jordbearbetning.

Alternativt till att plocka ut koefficienter med gröda-gröda-åtgärd är att köra NLeCCS två gånger, en gång för basfallet och en gång för åtgärden, t.ex. en ändring av datumet för jordbearbetning. Sedan görs läckageberäkning för dessa två databaser och de vikts ihop till en ny databas där man anger en procentsats för hur mycket som ska komma från bas- respektive åtgärdsdatabasen. Viktningen kan göras per jordart då vissa åtgärder passar bättre på vissa jordarter eller inte alls kan utföras på andra jordarter.

Tvåårsgrödfördelning

För att kunna använda tvåårskoefficienter måste grödfördelningen i varje område omvandlas till en tvåårig kombination av grödor. Varje gröda ska ha samma andel av arealen år 1 som år 2 (Tabell 5). Vissa grödor inte kan följa efter varandra i växtföljden, t.ex. kan inte potatis följa efter potatis. Den arealen omfördelas istället efter andra grödor (Tabell 6).

Tabell 5. Exempel på fördelning av tvåårskombinationer av grödor där alla grödor kan följa efter varandra.

Gröda år 1	Gröda år 2	Andel år 1	Andel år 2	Andel kombination år 1 och 2
Vårkorn	Vårkorn	0.6	0.6	0.36
Vårkorn	Havre	0.6	0.15	0.09
Vårkorn	Höstveten	0.6	0.25	0.15
Havre	Vårkorn	0.15	0.6	0.09
Havre	Havre	0.15	0.15	0.0225
Havre	Höstveten	0.15	0.25	0.0375
Höstveten	Vårkorn	0.25	0.6	0.15
Höstveten	Havre	0.25	0.15	0.0375
Höstveten	Höstveten	0.25	0.25	0.0625

Tabell 6. Exempel på fördelning av tvåårskombinationer av grödor där inte potatis kan följa efter potatis. De andra grödornas andel år 2 har minskat efter andra grödor än potatis och ökats efter potatis för att ge rum åt potatis efter dessa istället. Potatisandelarna efter de andra grödorna har ökats för att få samma andel potatis år 2 som år 1.

Gröda år 1	Gröda år 2	Andel år 1	Andel år 2	Korrigerade andelar år 2	Andel kombination år 1 och 2
Vårkorn	Vårkorn	0.6	0.6	0.5625	0.3375
Vårkorn	Potatis	0.6	0.15	0.2250	0.1350
Vårkorn	Höstvete	0.6	0.25	0.2125	0.1275
Potatis	Vårkorn	0.15	0.6	0.6750	0.1013
Potatis	Potatis	0.15	0	0	0
Potatis	Höstvete	0.15	0.25	0.3250	0.0488
Höstvete	Vårkorn	0.25	0.6	0.5625	0.1406
Höstvete	Potatis	0.25	0.15	0.2250	0.0563
Höstvete	Höstvete	0.25	0.25	0.2125	0.0531

Åtgärders andelar placeras in i grödkombinationen genom att multiplicera åtgärdens andel av grödan med grödans andel (Tabell 7). Alla åtgärder kan inte finnas i alla grödkombinationer, t.ex. kan man inte ha vårplöjd fånggröda innan en höstsådd gröda. Då måste andelarna fördelas på samma sätt som ovan med grödfördelningen. Det finns ett begränsat utrymme för vissa åtgärder.

Tabell 7. Exempel på andelar av vårkorn med efterföljande grödor fördelade på åtgärden stallgödsling eller mineralgödsling.

Gröda år 1	Gröda år 2	Åtgärd	Andel år 1	Andel år 2	Andel av grödan som har åtgärden	Andel år 2 med åtgärd	Andel kombination år 1 och 2 med åtgärd
Vårkorn	Vårkorn	Stallgödsel	0.6	0.6	0.25	0.15	0.09
Vårkorn	Vårkorn	Mineralgödsel	0.6	0.6	0.75	0.45	0.27
Vårkorn	Havre	Stallgödsel	0.6	0.15	0.35	0.0525	0.0315
Vårkorn	Havre	Mineralgödsel	0.6	0.15	0.65	0.0975	0.0585
Vårkorn	Höstvete	Stallgödsel	0.6	0.25	0.1	0.025	0.015
Vårkorn	Höstvete	Mineralgödsel	0.6	0.25	0.9	0.225	0.135

Avrinning

Som indata till beräkningen har vi varje områdes totala avrinning från åkermarken (Widén-Nilsson m.fl. 2019) även om varje jordart egentligen har olika avrinning. Ur resultatdatabaserna från NLeCCS beräknas ett förhållande mellan de 10 olika jordarnas avrinning. Det förhållandet används sedan för att beräkna avrinningen från varje jord i området. För fosfor beräknades även andelen ytavrinning på samma

sätt med förhållandet mellan ytavrinning och avrinning genom profilen från NLeCCS.

Läckageberäkning

Genom att använda koefficienterna för olika gröd- och åtgärds kombinationer på andelarna av deras förekomster i varje område kan man beräkna områdets läckage från åkermarken. Medelkoncentrationen för grödkombinationen och en eventuell åtgärd multipliceras med jordartens avrinning i området och man får ett läckage i kg/ha.

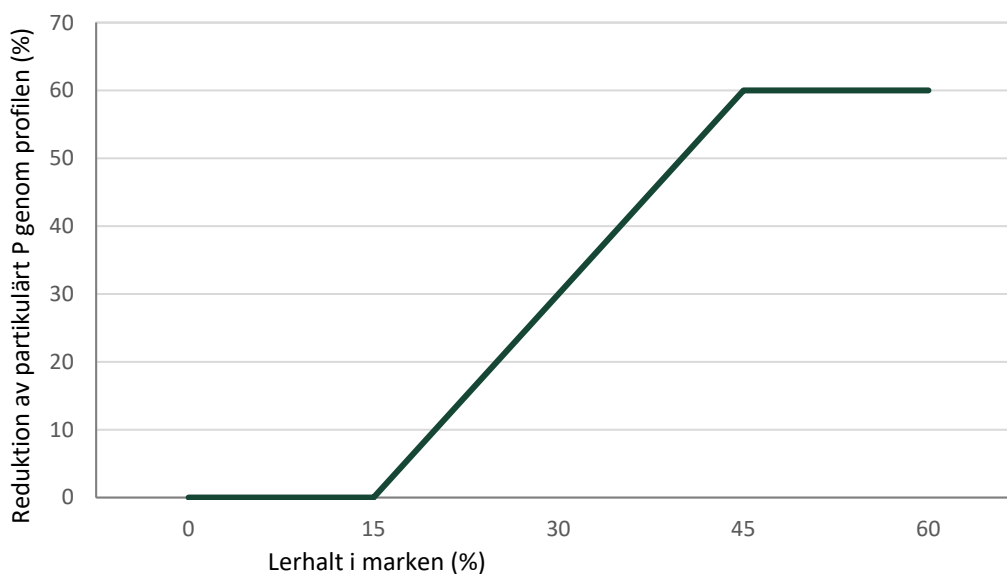
Effektberäkning

Två eller flera beräkningar görs där en är ett basfall utan åtgärden eller åtgärden som den förekommer i dagsläget och de andra beräkningarna har åtgärden. Effekten beräknas genom att läckaget för varje område med åtgärd minskas med läckaget för basfallet.

Strukturkalkning

Strukturkalkning beräknas genom att göra en lerhaltsberoende reduktion av den del av koefficienten som kommer från partikelbunden fosfor som transporteras genom jordprofilen. Effekten av strukturkalkningen minskas sedan av ett antal begränsande faktorer (Aronsson m.fl. 2019, Praktiska Råd, 2015, Geranmayeh, 2017b). Den justerade koefficienten används sedan i Typhaltskalkylatorn.

Under en viss lerhalt så har strukturkalkning ingen effekt och koefficienten påverkas inte. Lerhalter över en viss nivå har nått max effekt av strukturkalkning och reduceras med ett maxvärde. Mellan dessa lerhalter så beräknas effekten av strukturkalkning med en linjär ekvation (Figur 6). Det går att bestämma var dessa gränser ligger och även reduktionens maximala och minimala storlek.



Figur 6. Strukturkalkningens påverkan på partikulär fosfor genom profilen beroende på markens lerhalt i % (reduktionsfaktor %). Lerhalten för det undre gränsvärdet är 15% och för det övre är det 45%.

Det finns ett antal faktorer som kan minska effektiviteten av en strukturkalkning, i Typhaltskalkylatorn tas hänsyn till sju av dessa:

1. Avtagande effekt över tid. Strukturkalkningens effekt avtar efter ett antal år.
2. Hur bra man lyckats med kalkningen. Det är inte alla strukturkalkningar som ger den önskade effekten, t.ex. är det väldigt viktigt att man gör strukturkalkningen vid en bra markfuktighet för att stabila aggregat ska bildas.
3. Andel gyttjelera. Eftersom gyttjelera redan har en bra struktur förbättrar inte strukturkalkningen aggregatstabiliteten och minskar därför inte läckaget av partikulärt bunden fosfor.
4. Andel lermineral där strukturkalkning inte har effekt. Vissa lermineral påverkas inte av kalken och ger då ingen effekt på läckaget.
5. Tidigare strukturkalkningar minskar utrymmet för att strukturkalka. Vall ger marken en god struktur vilket också minskar utrymmet.
6. Tillfredsställande dränering. Fältet måste ha en bra dränering för att strukturkalkningen ska ge effekt.
7. Ett pH/basmättnadsgrad som gör att kalkningen ger effekt.

Dessa faktorer tilldelas ett värde mellan 0 och 1 som multipliceras med reduktionsfaktorn som beräknats från jordartens lerhalt. Det blir då alltid en minskning av effektiviteten av strukturkalkningen. De antagna värdena för

påverkande faktorer för delavrinningsområdena redovisas i Tabell 8. Förekomst av gyttjelera har antagits efter SGUs kartvisare (SGU: Jordarter 1:25 000 - 1:100 000 2020). Kartan finns tillgänglig för SLU och myndigheter som har avtal med SGU. Förekomsten av svällande lermineralet smektit har antagits efter Eriksson m.fl. (2011, tabell 3.3) och Lindqvist (1971, figur 1). Tidigare strukturkalkad areal har uppskattats efter SCB (2017). Strukturkalkad areal 2016 har multiplicerats med 10 eftersom det antagits att effekten kvarstår i 10 år. Därefter har arealen dividerats med den totala åkerarealen för att få andelen strukturkalkad areal. Andelen tillfredställande dränering har antagits enligt Jordbruksverket (2017). Faktorn Avtagande effekt över tid har antagits till 90 eftersom vi har antagit en effekt på tio år och då skulle effekten minska med en tiondel. Faktorerna Lyckad applicering och Idealt pH/basmättnadsgrad har uppskattats efter Praktiska råd, 2015.

Att strukturkalkning är lerhaltsberoende och att de påverkande faktorerna inverkar på effekten av strukturkalkning är relativt säkert, däremot hur mycket och i vilken omfattning är mer osäkert och behöver utredas mer.

Tabell 8. Påverkande faktorer vid beräkning av effekten av strukturkalkning i delavrinningsområdena (%)

Delavrinningsområde	Avtagande effekt över tid	Lyckad applicering	Förekomst av gyttjelera	Förekomst av svällande lermineral	Tidigare strukturkalkat/redan god struktur	Tillfredställande dränering	Idealt pH/basmättnadsgrad
Asmundtorp	90	50	0.03	80	3.9	84	100
Lillån	90	50	0	0	3.9	83	100
Yngaren	90	50	2.46	0	3.9	74	100

Senarelagd jordbearbetning

För beräkning av effekten av den senarelagda jordbearbetningen har en kompletterade NLeCCS-beräkning gjorts med senarelagda datum (Tabell 9). Den senarelagda jordbearbetningen skedde en vecka efter vegetationsperiodens slut i respektive delavrinningsområde. Datum för senarelagd jordbearbetning efter träda före höstsådd var antagen till en vecka före sådd av höstvet och råg.

Tabell 9. Datum för senarelagd jordbearbetning

Delavrinningsområde	Datum vid senarelagd jordbearbetning före vårsådd	Datum före senarelagd jordbearbetning efter träda före höstsådd	
		Höstvete och råg	Höstraps
Asmundtorp	24 nov	5 sep	4 sep
Lillån	16 nov	6 sep	5 sep
Yngaren	15 nov	3 sep	2 sep

Skyddszon

Skyddszon antas minska partikulärt bundet P i ytavrinningen. Effekten av skyddszon på ytförlusterna beräknades genom att en remsa närmast fältkanten var permanent ogödslad vall (skyddszon) medan det på resten av fältet var ordinarie växtföljd i respektive område. Den beräknade medelbredden på skyddszon var 18 m år 2016. Ytterligare en beräkning gjordes med en 6 m bred skyddszon. I Typhaltskalkylatorn används koefficienter för åkermark utan skyddszon, med 18 m skyddszon och med 6 m skyddszon. Skyddszone påverkar den areal som ligger ovanför den. Storleken på påverkansarealen beräknades per läckageregion för år 2016 (Johnsson m. fl., 2019a) och redovisas i Tabell 10.

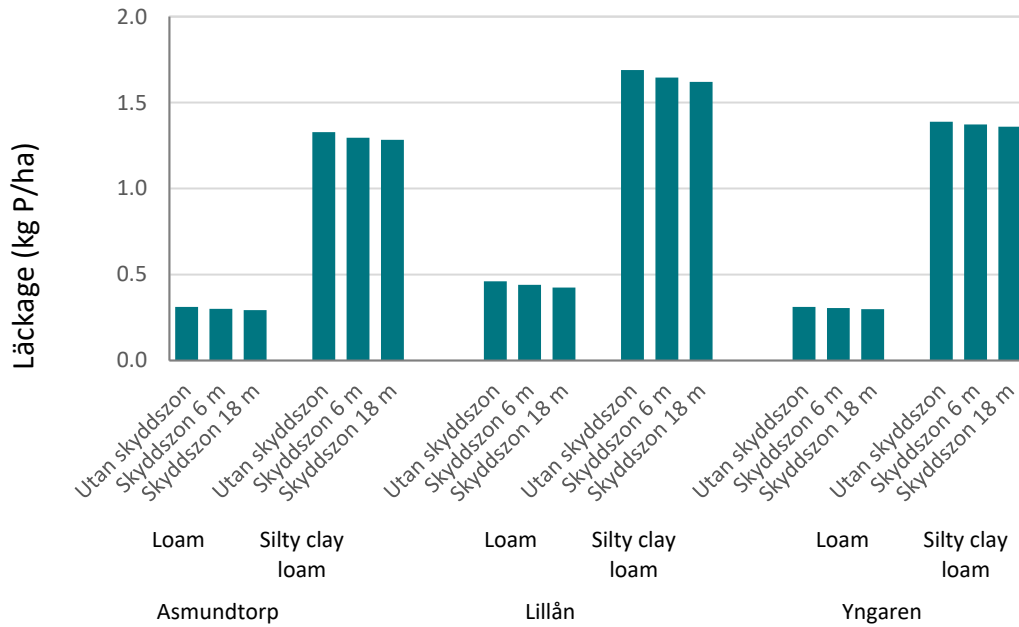
Tabell 10. Skyddszonarealen i förhållande till hur stor ovanliggande areal den påverkar år 2016 (%)

Delavrinningsområde	18 m skyddszon	6 m skyddszon
Asmundtorp	9	3
Lillån	12.5	4.2
Yngaren	13	4.3

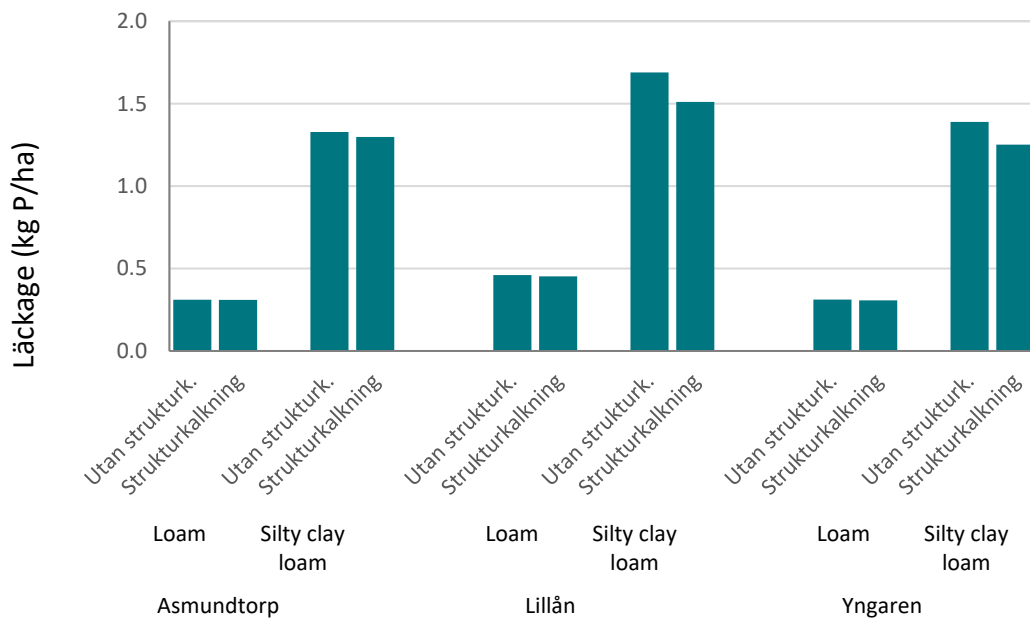
2.3.2. Exempel på koefficienter för olika åtgärder

Nedan visas exempel på koefficienter för det enskilda fallet beräknade med Typhaltskalkylatorn för åtgärderna skyddszon 6 m, skyddszon 18 m, strukturkalkning, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd och mineralgödslad jämfört med stallgödslad med kompletterande mineralgödsel (Figur 7-Figur 12). Motsvarande exempel för olika åtgärder och jordar visas i Tabell 52 och Tabell 53. Effekten redovisas för totalfosfor. För åtgärden senarelagd jordbearbetning redovisas även en uppdelning på olika flöden och former av fosfor. Orsaken till att senarelagd

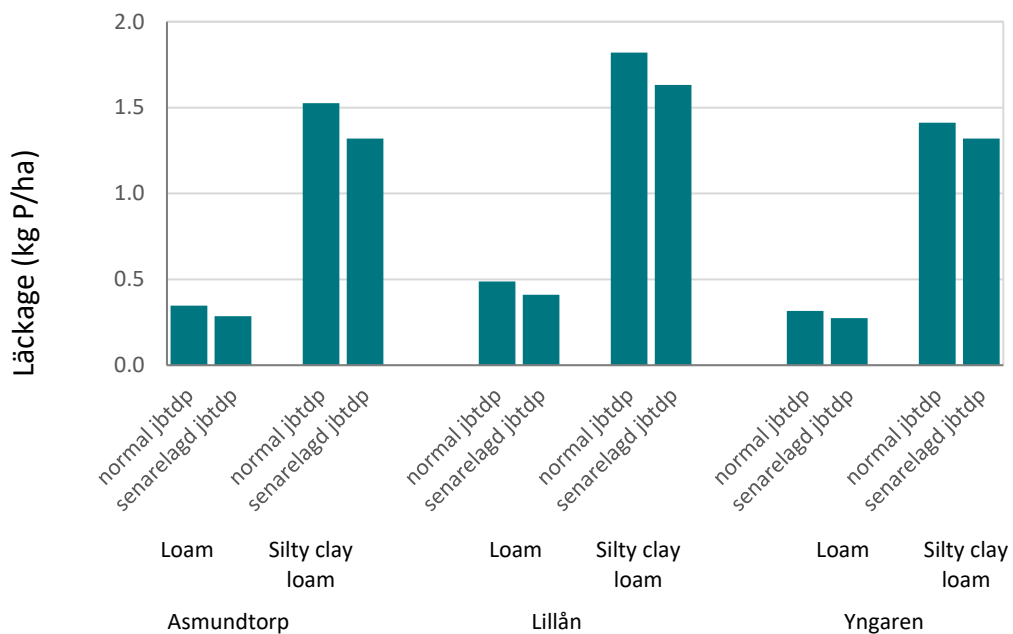
jordbearbetning har lägre förlust än genomsnittlig medeltidpunkt (normal tidpunkt) är att när stubben står kvar vid ett nederbördsstillfälle minskar risken för förluster jämfört med när marken är plöjd och ett nederbördsstillfälle sker (Figur 10).



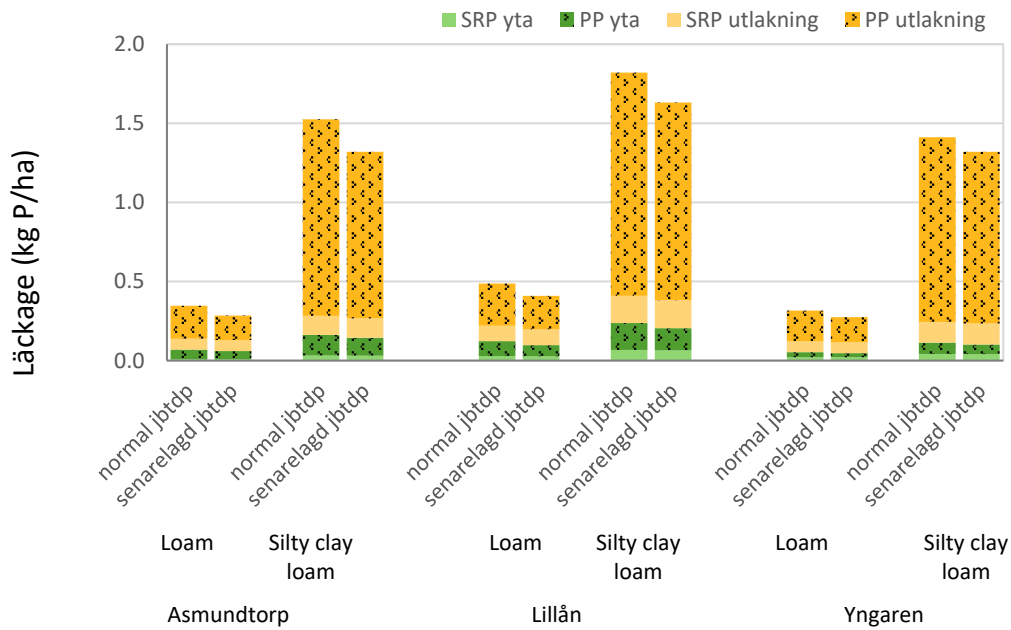
Figur 7. Läckagekoefficienter för fosfor och väckorn utan och med skyddszon 6 m och 18 m för jordarterna loam och silty clay loam per delavrinningsområde Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg P/ha).



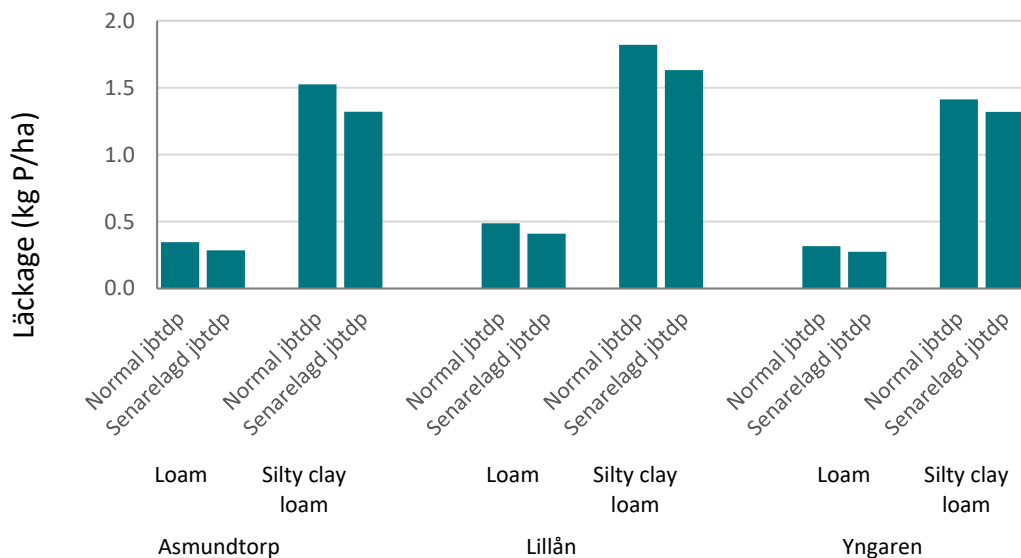
Figur 8. Läckagekoefficienter för totalfosfor och vårkorn utan och med strukturkalkning med det lokala antagandet om effekten av strukturkalkning för jordarterna loam och silty clay loam per delavrinningsområde Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg P/ha).



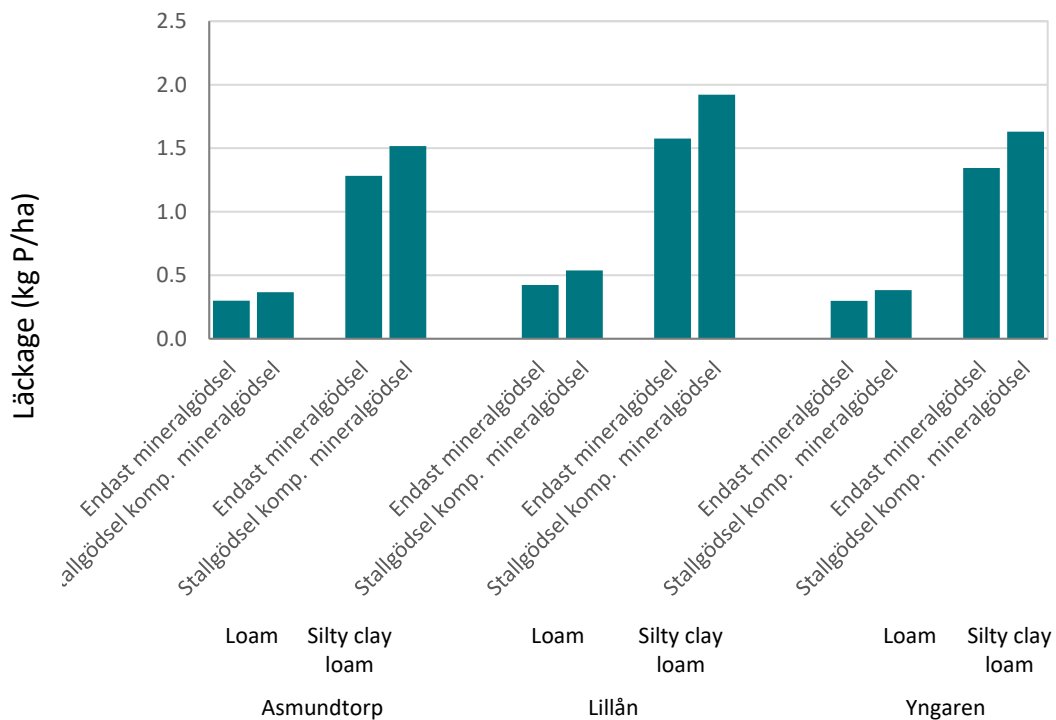
Figur 9. Läckagekoefficient totalfosfor för vårkorn jordbearbetad vid normal tidpunkt (normal jötdp, 14 okt Asmundtorp, 15 okt Lillån och 6 okt Yngaren) jämfört med vårkorn med senarelagd jordbearbetning (senarelagd jötdp, 24 nov Asmundtorp, 16 nov Lillån och 15 nov Yngaren) för jordarterna loam och silty clay loam per delavrinningsområde Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg P/ha).



Figur 10. Läckagekoefficient för fosfor för vårkorn jordbearbetad vid normal tidpunkt (normal jbt dp, 14 okt Asmundtorp, 15 okt Lillån och 6 okt Yngaren) jämfört med vårkorn med senarelagd jordbearbetning (senarelagd jbt dp, 24 nov Asmundtorp, 16 nov Lillån och 15 nov Yngaren) för jordarten loam och silty clay loam fördelat mellan förluster via ytavrinning (yta) och förluster genom marken via utlakning (SRP = löst, PP = partikulärt) per delavrinningsområde Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg P/ha).



Figur 11. Läckagekoefficient för totalfosfor för stubbträda följt av höstveten jordbearbetad vid normal tidpunkt (normal jbt dp, 25 juli) jämfört med senarelagd jordbearbetning (senarelagd jbt dp, 5 sep Asmundtorp, 6 sep Lillån och 3 sep Yngaren) för jordarterna loam och silty clay loam per delavrinningsområde Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg P/ha).



Figur 12. Läckage av totalfosfor, vårkorn endast gödslad med mineralgödsel jämfört med vårkorn gödslad med stallgödsel kompletterat med mineralgödsel för jordarten loam och silty clay loam per delavrinningsområde Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg P/ha). Notera att ledet med stallgödsel med kompletterande mineralgödsel tillfördes större mängd fosfor än ledet med endast mineralgödsel.

2.4. Metod för lokalisering av våtmarker och dammar

Den reducerande effekten av dammar (inklusive fosfordammar) och våtmarker på närsaltstransporten (N och P) beräknas med ett nyutvecklat system för optimering av våtmarksplacering (Djodjic m. fl., 2020). Indata till denna är typhalter från beräkningen av åkermarksläckaget med Typhaltskalkylatorn. Systemet består av en beräkning i tre steg. I det första steget beräknas möjlig placering av våtmarker/dammar utifrån deras area och hydraulisk belastning. För detta utnyttjas en högupplöst distribuerad modell för flödesackumulering som används för att beräkna hydraulisk belastning i varje cell. Med hjälp av detta kan en optimal placering av våtmarkerna/dammarna göras utifrån vattenflödenas storlek. I det andra steget beräknas fosforbelastningen på dammarna utifrån beräkningarna utförda med Typhaltskalkylatorn varefter i det tredje steget beräknas reduktionen av närsalter i våtmarkerna/dammarna med hjälp av framtagna reduktionsfunktioner.

2.5. Metod för kostnadsberäkningar

Information har tagits från flera källor bland annat Greppa Näringen, EU Landsbygdsprogram (LBP), Agriwise och olika andra rapporter och uppdrag (se referenslistan). När det gäller beräkning av kostnader har ibland ersättningar från LBP används (fånggrödor, jordbearbetning, vallodling m.m.) där det antas att ersättningsnivån för alla berättigade lantbrukare också representerar kostnader för de enskilda lantbrukarna. I andra fall där mer detaljerad och/eller lokal information finns (skydds-zoner, strukturkalkning, fosfordammar m.m.) anges källorna i kostnadsbeskrivningar nedan. I kostnadsberäkningar har ingen hänsyn tagits till diskontering när det gäller långtidsinvesteringar (fosfordammar, strukturkalkning) eftersom fördelarna också antas att stiga i samma takt som diskonteringsräntan. I de fallen som historiska kostnadsutgifterna har används (arrendepriiserna) har ingen hänsyn tagits till inflation eller stigande prisnivåer.

2.6. Lista över åtgärder

Nedan beskrivs åtgärder som finns med i uppdraget. För varje åtgärd finns en allmän beskrivning av den enskilda åtgärden följt av beskrivningar om hur effekten och kostnaderna har beräknats för detta uppdrag. Kostnader har inte beräknats för åtgärder mot kväveförluster eftersom kostnadsberäkningen avsåg fosfor.

2.6.1. Kompletterande åtgärder i befintligt odlingsystem

Fånggröda (sen höstbearbetning eller vårbearbetad)

Beskrivning av åtgärd

Syftet med åtgärden är att minska kväveutlakning från åkermark. Med fånggröda avses en etablerad växtlighet som har sin huvudsakliga tillväxt mellan två huvudgrödor. Fånggrödan odlas med syfte att ta upp växtnäringsämnen och att lagra in kol efter skörd av huvudgrödan. Vid odling av fånggröda inom de ramar som åtgärden anger kan ingen tidig jordbearbetning på hösten genomföras. Vårbearbetning innebär att brytning av stubben inte görs förrän tidigast den 1 januari året efter stödåret. Senarelagd jordbearbetning minskar frigörelsen av kväve och kol från markens organiska substans. Orörd mark under hösten minskar också riskerna för fosforförluster genom erosion.

Beräkning av effekt

Beräkningen av effekten har gjorts för kväve med Typhaltskalkylatorn, se Metodavsnittet.

Beräkning av kostnader

Ersättningsnivån inom Landsbygdsprogrammet är för närvarande 1 100 SEK/ha för fånggrödor och 600 SEK/ha för vårbearbetning. Ersättningsnivån har antagits representera kostnaden. Åtgärderna kan utföras separat eller i kombination på samma mark. Den första delen är sådd av fånggröda i växande gröda. Här ingår kostnader för extra sådd, ökade kostnader för ogräsbekämpning i efterföljande gröda och en reducerad intäkt från huvudgrödan på grund av lägre avkastning. För vårbearbetning ingår kostnader för extra jordbearbetning på våren följande år, ökade kostnader för ogräsbekämpning i efterföljande gröda och en reducerad intäkt från huvudgrödan på grund av lägre avkastning. I både fånggrödor och vårbearbetning finns det även en minskad kostnad för kvävegödsling eftersom åtgärderna minskar behovet av att tillföra kväve följande år.

Skyddszon

Beskrivning av åtgärd

Fosfor kan förloras från jordbruksmarken genom ytavrinning. Skydds zoner, det vill säga gräsbevuxna zoner längs vattendrag och sjöar, minskar ytavrinningen från åkermark och är därför en effektiv motåtgärd för att minska förlusterna av främst fosfor bunden till jordpartiklar. Ersättning inom Landsbygdsprogrammet kan lämnas för skydds zon (6-20 meter bred) som gränsar till vattendrag eller sjö utmärkt på den topografiska kartan eller som är vattenförande under hela året. Anpassade skydds zoner, dvs gräsbevuxna ytor på erosionsbenägen mark, kan till exempel vara mark i anslutning till ytvattenbrunnar eller i svackor på åkermark.

Beräkning av effekt

Beräkningen av effekten av skydds zon har gjorts med Typhaltskalkylatorn, se Metodavsnittet. Beräkning av effekten av anpassad skydds zon har inte gjorts eftersom effekten och placeringen ännu inte har implementeras i Typhaltskalkylatorn.

Beräkning av kostnader

Anläggning av skydds zoner för att minska näringsförluster (huvudsakligen fosfor) från jordbruksmark tar produktiv jordbruksmark i anspråk. Det kan sägas att anläggning av skydds zoner konkurrerar med att använda samma mark som produktiv åkermark. Om det är frivilligt att välja mellan dessa två alternativ kommer markägaren att välja det som ger störst vinst, det som har högsta värdet. Det finns en stor variation i hur värdefull jordbruksmark är för produktion som beror av faktorer såsom region, jordmån, arrondering mm. I praktiken kan det faktiska värdet bestämmas endast genom att fråga enskilda lantbrukare/markägare hur mycket de skulle behöva få i kompensation för att avstå från användning av marken för jordbruksproduktion. En markägares beslut att välja att anlägga en skydds zon har stora likheter med ett beslut att arrendera ut mark, det brukar finnas ett tidsbegränsat avtal som överlåter bestämmanderätten från markägaren till arrendatorn. Därför kan arrendepriiset för jordbruksmark kunna vara ett bra mått på alternativa markvärdet för skydds zoner.

Sveriges Statistiska Centralbyrå (SCB) och Jordbruksverket publicerar årligen sammanställningar av priser på arrenden av jordbruksmark. Sammanställningarna baserar sig på statistik som Jordbruksverket samlar in via enkät från de som arrenderar ut sin jordbruksmark eller från jordbrukare som arrenderar mark. Eftersom cirka 40% av svensk jordbruksmark är utarrenderad är möjligheterna för tillförlitlig statistik goda men det finns också en stor prisspridning. I statistiken för 2010 (Tabell 3; Jordbruksverket, 2011) redovisas genomsnittliga arrendepriser för jordbruksmark med och utan gratisarrenden samt för åkermark uppdelad per produktionsområde (PO8). Ett mer geografiskt finfördelat statistiskt underlag skulle kunna ge en bättre bild över kostnadseffektivitet men den saknas.

I databasen har däremot motsvarande arrendepriser för 90% percentilen för produktionsområdena år 2010 använts (finns ej publicerade i SM, separat levererat av Jordbruksverket). Valet att använda 90% percentilen bygger på konkurrensförhållandet mellan de två olika markanvändningarna (jordbruksproduktion och skyddszoner) och att beslutet att anlägga en skyddszon är frivilligt. Vid 90% percentilen skulle de flesta markägare (ca 90%) väntas vara villiga att acceptera det priset för att anlägga en skyddszon istället för att odla marken. Val av ett lägre arrendepris (t ex medelvärdet) skulle leda till ett lägre intresse hos markägare att överlåta mark till anläggning av en skyddszon.

För att beräkna skyddszonens kostnader i delavrinningsområdena användes data från modellen FyrisSKZ där kostnader består av två delar; markvärden för skyddszonensarean (åtta olika regionala värden, PO8) och kostnader i samband med anläggning/skötsel av den (ett värde för hela landet). Arrendepriserna; Asmundtorp (PO8: Götalands södra slättbygder) 5961 SEK/ha, Lillån (PO8: Götalands norra slättbygder) 2816 SEK/ha, Yngaren (PO8: Svealands slättbygder) 1900 SEK/ha. Anläggningskostnader; 133 SEK/ha.

Beräkning av kostnaden för anpassad skyddszon har inte gjorts.

2.6.2. Justering i brukningsåtgärder

Vårspridning av stallgödsel

Beskrivning av åtgärd

Att sprida stallgödsel på våren istället för på hösten leder till lägre förluster av växtnäringsämnen eftersom stallgödsel då tillförs marken när växterna kan ta upp tillgängligt kväve och fosfor samt att större del av växtnäringsämnena mineraliseras under våren och sommaren. Förändrad stallgödslingstidpunkt kan innebära behov av ökad lagringskapacitet av stallgödsel.

Beräkning av effekten

Beräkningen av effekten kan göras med Typhaltskalkylatorn för kväve.

Beräkning av kostnader

Kostnader har inte beräknats.

Senarelagt datum för sen jordbearbetning på hösten

Beskrivning av åtgärd

Att senarelägga jordbearbetningen på hösten ger minskning av växtnäringsförluster. Åtgärden innebär en förändrad arbetsplanering på hösten och för leriga jordar finns en risk att förutsättningarna för jordbearbetning inte blir optimala.

Beräkning av effekten

Beräkningen av effekten har gjorts med Typhaltskalkylatorn, se Metodavsnittet. Datum för senarelagd jordbearbetning redovisas i Tabell 9. Det var en vecka efter växtsäsongens slut i respektive delavrinningsområde.

Beräkning av kostnader

Kostnaden för vårbearbetning har antagits vara den nuvarande ersättningen inom Landsbygdsprogrammet, 600 SEK/ha. För vårbearbetning ingår kostnader för extra jordbearbetning på våren följande år, ökade kostnader för ogräsbekämpning i efterföljande gröda och en reducerad intäkt från huvudgrödan på grund av lägre avkastning.

Minskad areal höstsådda grödor kan ge ökad areal fånggröda, vårplöjning eller sen höstplöjning

Beskrivning av åtgärd

Att minska andelen höstsådda grödor skulle leda till ökad möjlighet att ha fånggröda i växtföljden och senarelägga jordbearbetningen, antingen senare på hösten eller på våren. Jordbearbetning på våren är inte möjligt på lerjordar eftersom de torkar upp långsamt och sådden blir försenad. Fånggröda som växer hela tiden från skörd till växtsäsongens slut är mer effektivt att minska kväveförlusterna än en höstsådd grödas upptag. Produktionen kan ändras om man ersätter höstsådd gröda med vårsådd.

Beräkning av effekten

Effekten kan beräknas i Typhaltskalkylatorn.

Beräkning av kostnader

Åtgärden har inte beräknats.

Senarelagt datum för jordbearbetning av träda inför höstsådd

Beskrivning av åtgärd

Jordbearbetningen efter träda inför höstsådd gröda, i synnerhet höstraps, har uppfattats ske tidigt. I PLC7-beräkningen antogs att det var drygt en månad mellan jordbearbetning och sådd (Johnsson m. fl., 2019a). Vid beräkningen av åtgärden har antagits att det istället har varit en vecka mellan jordbearbetning och följande sådd (Tabell 9). Kombinationen träda följt av höstsådd har förekommit mycket lite i de beräknade delavrinningsområdena.

Beräkning av effekten

Beräkningen av effekten har gjorts med Typhaltskalkylatorn, se Metodavsnittet.

Beräkning av kostnader

Kostnader har inte beräknats eftersom jordbearbetningskostnader har förväntats vara lika vid tidigt jordbearbetning som några veckor senare och för att det inte finns underlag för om andra kostnader skulle uppstå i samband med att senarelägga den.

2.6.3. Förändring i produktionsinriktning och markanvändning

Ändrad stallgödsblad areal (minskad eller ökad):

Beskrivning av åtgärd

Att ändra på andelen stallgödsblad areal skulle påverka produktionsnivån och produktionsinriktningen. Det är ingen direkt åtgärd utan en konsekvens av produktionen. Orsaken till att effekten ändå beräknades var att se vilken kortsiktig potential det fanns i en så svårimplementerad åtgärd. Förlusterna från stallgödsblad areal är högre än de som enbart gödslas med mineralgödsel på grund av att mineralgödsel är direkt tillgängligt för växterna och tillförs när växterna behöver det. Stallgödsel mineraliseras även under perioder då inte växterna tar upp växtnäring. Mängderna av tillförda växtnäringsämnen kan också vara olika. På en gård som har djur och därmed stallgödsel sprider man stallgödseln på olika fält olika år så under en period på flera år har förmodligen stallgödseln spridits ut på hela gårdens skiften. Stallgödseltillförsel kan påverka förlusterna under flera år. En förändrad stallgödselanvändning skulle, om det gäller nötkreatur, också påverka vallarealen. Vid rötning av stallgödsel förloras inte växtnäringsämnen men andelen ammoniumkväve kan öka relativt organiskt kväve (Salomon och Wivstad, 2013).

I beräkningen för 2016 (PLC7) som var referensen till denna beräkning var mängden tillfört fosfor mycket större i ledet med stallgödsel kompletterat med mineralgödsel än ledet med endast mineralgödsel (Johnsson m.fl. 2019a). I den här beräkningen har vi tagit bort stallgödselspridning och ersatt det med ogödsblad areal eftersom det antagits att den beräknade effekten av åtgärden var den kortsiktiga effekten och att man då har tillräckligt mycket fosfor kvar i marken. I kväveberäkningen ersattes stallgödsel och kompletterande mineralgödsel med endast mineralgödsel.

Beräkning av effekten

Beräkningen av effekten har gjorts med Typhaltskalkylatorn, se Metodavsnittet.

Beräkning av kostnader

Kostnader har inte beräknats. Att ta bort stallgödsel innebär ändring i produktionsinriktning och omfattande omställningskostnader som i sin tur kräver detaljerad information på gårdsnivå.

Ökad vallareal

Beskrivning av åtgärd

Vall har lägre förluster av kväve och fosfor jämfört med de flesta andra grödor. Det beror på att den växer under flera år utan jordbearbetning och att den växer under hela växtsäsongen. Vallarealens storlek är en konsekvens av behovet av vallfoder och vall till eventuella andra ändamål.

Beräkning av effekten

Effekten kan beräknas med Typhaltskalkylatorn.

Beräkning av kostnader

Kostnader har inte beräknats. Att ändra vallarealen innebär ändring i produktionsinriktning och omfattande omställningskostnader som i sin tur kräver detaljerad information på gårdsnivå.

2.6.4. Investering i mark och dikningssystem

Strukturkalkning

Beskrivning av åtgärd

Strukturkalkning är ett sätt att förbättra och stabilisera markstrukturen på lerjordar. En bra markstruktur är grunden för en väl fungerande odlingsjord. Den förbättrar jordens närings- och vattenhållande förmåga och gör att jorden blir mer lättarbetad och torkar upp snabbare. Med en bra markstruktur minskar dessutom risken för fosforförluster till vattendragen. På lerjordar sker oftast de största fosforförlusterna i samband med häftiga regn eller snösmältning när fosfor transporteras med uppslammade lerpartiklar i vattnet. Vid strukturkalkning klumpar lerpartiklarna ihop sig till aggregat och blir mycket svårare att transportera. Dessutom bildas ett finmaskigt nät av sprickor över hela markytan som gör att regnvattnet infiltrerar bättre.

Beräkning av effekten

Beräkningen av effekten har gjorts med Typhaltskalkylatorn, se Metodavsnittet.

Beräkning av kostnader

Kostnaden för strukturkalken är drygt 500 kr/ton spritt på fältet men kan variera mellan olika kalkprojekt. Nedbrukningen kostar i storleksordningen 1 000 – 1 500 kr/ha beroende på hur många gånger man behöver köra. Totalkostnad för en giva på 7 ton/ha blir ca 5 000 kr/ha. Vid en livslängd för åtgärden på 10 år blir årskostnaden 500 kr/ha. Strukturkalkning kan ge högre skördar, men gör det inte alltid. I fältförsök som gjorts på senare år har effekterna på avkastningen varierat mellan drygt +10 och -10 %. Med den grad av osäkerhet tas skördeeffekten inte med i beräkningar.

Kalkfilterdiken

Beskrivning av åtgärd

Med kalkfilterdiken avses att man blandar in strukturkalk i jorden när man fyller efter täckdikning. Det kan göras vid ny täckdikning eller vid restaurering av befintlig täckdikning på lerjordar. Effekten över tid uppskattas vara detsamma som för strukturkalkning, 10 år. Effekten av kalkfilterdiken har inte beräknats för att metoden för att bedöma potentialen för åtgärden har varit för osäkerheten. Ökar kunskapen om effekten av åtgärden kan den förmodligen beräknas med en modifierad variant av strukturkalkningsmodulen i Typhaltskalkylatorn.

Beräkning av effekten

Effekten av åtgärden har inte beräknats.

Beräkning av kostnader

Kostnaden har inte beräknats.

Dammar och våtmarker på åkermark (fosfordammar).

Beskrivning av åtgärd

Dammar i eller intill åar och bäckar minskar mängden fosfor i vattendragen. Dammarna har en djupare del i början på dammen där vattnet får lägre hastighet och fasta partiklar kan sjunka till botten. Genom att anlägga dessa dammar i områden med relativt höga förluster, är det vatten med relativt högt fosforinnehåll som renas. Varje våtmarks optimala läge och storlek har beräknats utifrån vattenflödet. Beräkningen är gjord för dammar av storleken 1 ha eller 0,5 ha.

Beräkning av effekten

Effekten av de hydrologiskt optimala våtmarker beror på tillförseln av fosfor till varje våtmark (Djordjic m. fl., 2020). Den tillförseln är baserat på typhalterna för olika markanvändningarna som finns i tillrinningsområdet för respektive våtmark (Johnsson et al. 2019a). Reduktionen på belastningen beräknades baserat på ekvationerna från Weisner et al. (2015). Dammarnas effekt har antagits ha effekt i 20 år.

Beräkning av kostnader

Det är tre olika kategorier kostnader för anläggning av fosfordammar: anläggningskostnader, markkostnader och skötselkostnader. Det är olika grad av osäkerhet kring de olika typerna av kostnader. Den första betyder mest för de totala kostnaderna. Anläggningskostnaderna varierar mycket beroende på lokala förutsättningar. Detta trots att maskin- och arbetskraftskostnader är någorlunda lika över hela landet. De sammanlagda anläggningskostnaderna ligger mellan 200 000 till 500 000 kr/ha. I detta uppdrag har tre olika anläggningskostnader (låg, medel och hög) beräknats för att skatta hur mycket dessa särkostnader påverkar fosfordammarnas kostnadseffektivitet. Markkostnader beror på markens alternativ värde. Om marken som tas i anspråk är produktiv jordbruksmark då skulle en uppskattning av värdet kunna vara arrendepriiset. Eftersom fosfordammar ska ligga

i anslutning till jordbruksmark men också i anslutning till befintliga vattenförekomster kan det tänkas att en del av dammen kommer att vara på jordbruksmark. I beräkningen antas att hela arealen kommer att lokaliseras på jordbruksmark och arrendepriiset för åkermark kommer att användas. Se närmare beskrivning under åtgärd ”skydds-zoner” ovan. Arrendepriiset från FyrisSKZ var Asmundtorp (PO8: Götalands södra slättbygder) 5961 SEK/ha, Lillån (PO8: Götalands norra slättbygder) 2816 SEK/ha, Yngaren (PO8: Svealands slättbygder) 1900 SEK/ha. För skötsel användes ersättningsnivån från Landsbygdsprogrammet, för närvarande 4 000 SEK/ha.

2.7. Jämförelse med typområden på jordbruksmark

Näringsläckage från åkermark med NLeCCS-metoden beräknas också för ett antal typområden på jordbruksmark (Tabell 11 och Tabell 12). Typområdena ligger i närheten av LEVA pilotområden och fungerar som referensområden för hur jordbruk i olika klimatregioner och med olika jordarter påverkar vattendragen. Jämförelsen görs med odlingen i typområdena under 2016 på samma sätt som beräknats för LEVA delavrinningsområden. Jordarten för åkermark har antagits vara lika i hela typområdet.

Transporter av kväve och fosfor i typområdenas utlopp jämförs med den beräknade utlakningen från åkermark. Skillnader i utlakning från åker respektive transport i vattendragen diskuteras i förhållande till retention, tillförsel från annan markanvändning och från punktkällor.

Tabell 11. Typområden på jordbruksmark där O14 ligger nära Lillån, E23 ligger i samma läckageregion som Yngaren och M37 är ett nedlagt typområde som är detsamma som Asmundtorp

Typområde	Areal (ha)	Åkermark (%)	Jordart	Läckageregion
O14	1013	72	Silty loam	5a
E23	756	54	Silty clay loam	6
M37/Asmundtorp	867	95	Loam	1a

Tabell 12. Grödfördelning 2016 i typområde O14 och E23 (%)

	Typområde O14	Typområde E23
Vårkorn	4	2
Höstvete	21	65
Vall	35	7
Höstraps	9	1
Havre	11	2
Vårvete	2	8
Vårraps	1	6
Trindsäd	10	4
Träda	7	5

2.8. Strukturkalkning i LEVA områden

2.8.1. Identifiering av områden med potential för god effekt

En metod för att identifiera delavrinningsområden utvecklades genom att använda strukturkalkningsmodulen i Typhaltskalkylatorn (se beskrivning i Metod 2.3). Arbetet omfattade samtliga 20 LEVA-områden. I samtliga läckageregioner (Johnsson m fl., 2019a) där det fanns LEVA-områden beräknades den potentiella effekten av strukturkalkning med hjälp av samma metod som användes vid beräkning av strukturkalkning i delavrinningsområdena. Värdena för de påverkande faktorerna redovisas i Tabell 13. Areal som tidigare strukturkalkats/redan har god struktur har antagits till vällandelen i respektive läckageregion (Johnsson m fl., 2019a). Andelen tillfredställande dränering har antagits enligt Jordbruksverket (2017). Förekomst av lermineralet smektit som naturligt ger en god struktur och där strukturkalkning är överflödigt har antagits vara 50 i läckageregion 1a (Skåne-Hallands slättbygd, Skånedelen) (Eriksson, 2011 och Lindqvist, 1971). I övriga läckageregioner har faktorn satts till 0. Övriga faktorer har antagits samma för alla regioner. Antagandena om effekten var mycket försiktiga men den relativa effekten mellan områden blir den samma som om effekten hade antagits vara högre.

Tabell 13. Påverkande faktorer vid identifiering av område för strukturkalkning per läckageregion (%)

	Avtagande effekt över tid	Lyckad applicering	Förekomst av gyttjelera	Förekomst av svällande lermineral	Tidigare strukturkalkat/redan god struktur	Tillfredställande dränering	Idealt pH/bas-mättnadsgrad
lr01a	50	50	0	50	15	84	50
lr01b	50	50	0	0	15	84	50
lr02a	50	50	0	0	33	81	50
lr02b	50	50	0	0	33	81	50
lr03	50	50	0	0	46	81	50
lr04	50	50	0	0	24	83	50
lr05a	50	50	0	0	32	83	50
lr06	50	50	0	0	31	74	50
lr07a	50	50	0	0	76	73	50
lr07b	50	50	0	0	76	73	50
lr08	50	50	0	0	68	73	50
lr09	50	50	0	0	58	73	50
lr10	50	50	0	0	53	69	50
lr15	50	50	0	0	76	69	50

2.8.2. Uppföljning av effekt i vattendragen

För att följa upp strukturkalkningens effekt behövs information om åtgärdens genomförande och om odlingsystemet, markens egenskaper samt om vattnet i vattendraget har förändrats efter genomförandet. Eftersom effekten av strukturkalkning bedöms vara flerårig bör den följas upp under åtminstone 10 år.

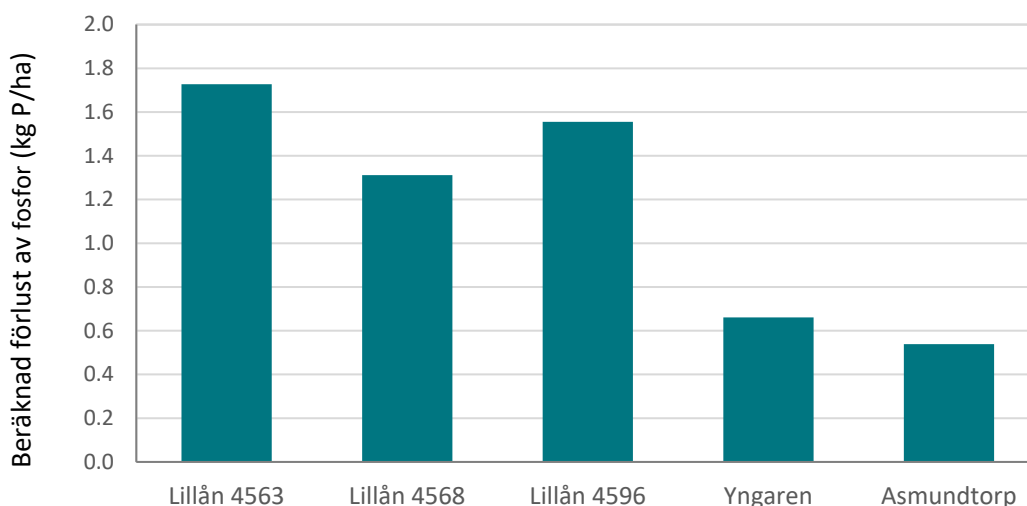
Det behövs också referensmätningar från jordbruksvattendrag med liknande jordarter och där riktade åtgärder inte har genomförts. Helst ska de vara inom samma region så att klimat och odlingsinriktning är jämförbara. De kan också utgöra referenser för hur vattenflöden och vattenkvalitet har varierat före strukturkalkningen. Då kan man få underlag för att tolka om mätningarna i det strukturkalkade området visar en väderleksvariation eller en effekt av åtgärden.

Under Resultat redovisas hur denna uppföljning kan genomföras.

3. Resultat

3.1. Åtgärdsscenarier i fem delavrinningsområden

Den beräknade förlusten av fosfor år 2016 (utgångsläget) redovisas i Figur 13.

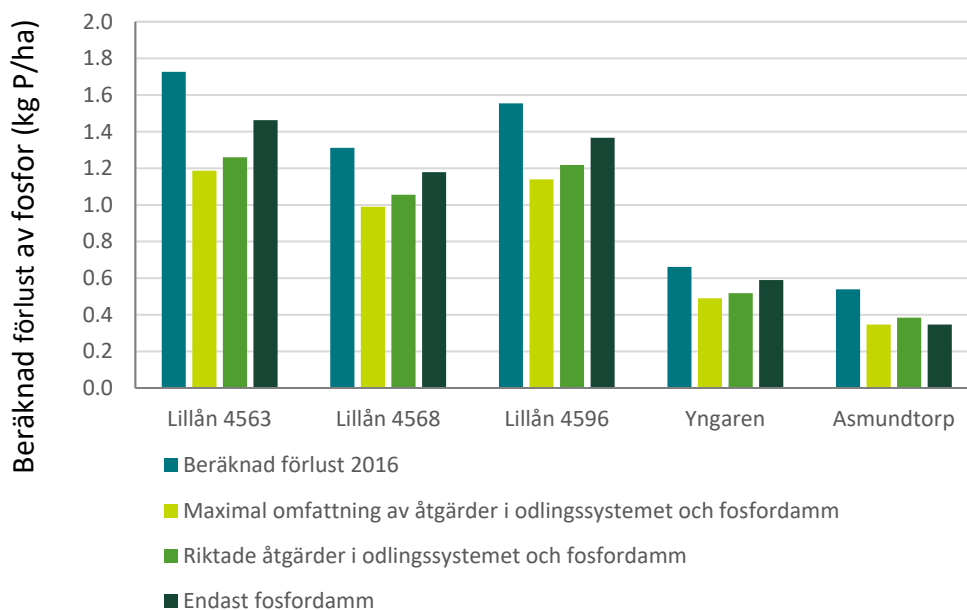


Figur 13. Beräknad förlust av fosfor i för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg P/ha). Beräkningen avser år 2016.

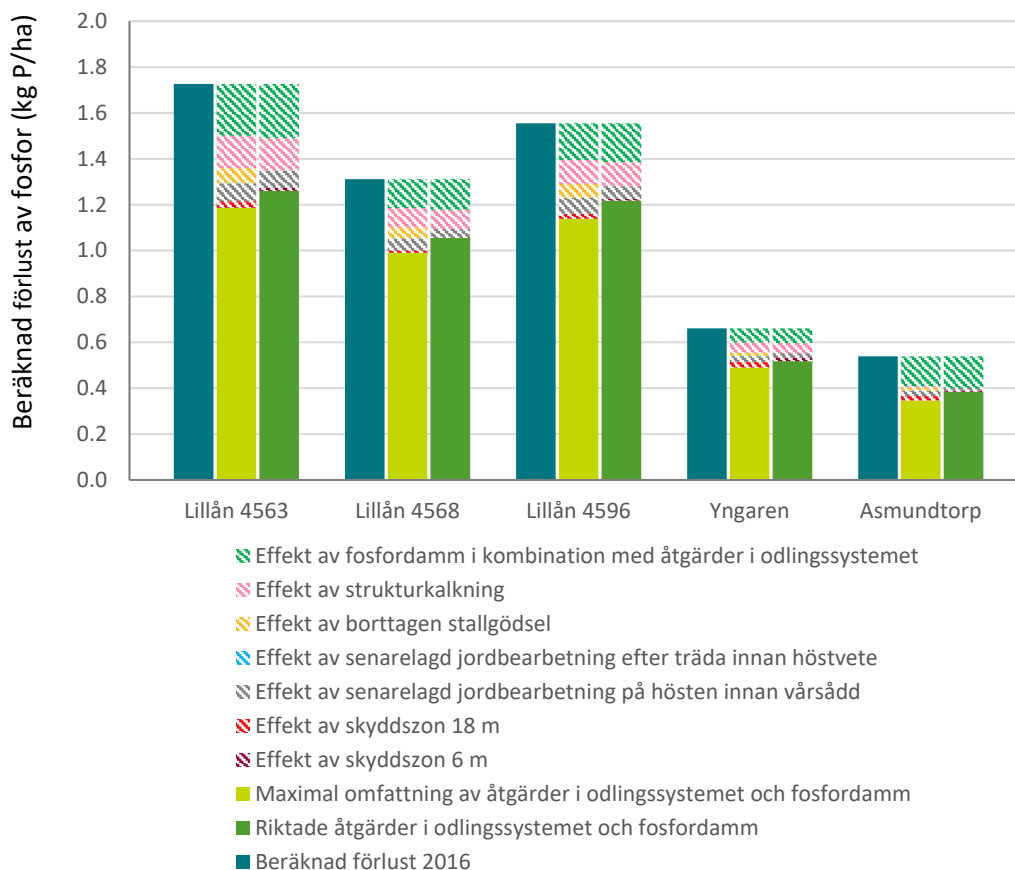
Nedan redovisas resultat från beräkningar med olika scenarion (Figur 14, Figur 15 och Tabell 51). Scenariot *Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm* hade målet att med mest kostnadseffektiva åtgärder nå god ekologisk status. Scenariot *Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm* syftade till den mest kostnadseffektiva åtgärdscombinationen med bibehållen produktionsinriktning och riktade åtgärder i odlingsystemet. Åtgärderna i scenariot *Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm* var skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvet, borttagen stallgödsel på all tillgänglig areal, strukturkalkning på jordarter med >15% lerhalt och fosfordamm. Åtgärderna i scenariot *Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm* var skyddszon 6 m,

fosfordamm samt senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvetete och strukturkalkning på jordarter med >30% lerhalt. Scenariot *Endast fosfordamm* innehöll inga åtgärder i odlingsystemet.

Störst effekt hade scenariot Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Effekten vid scenariot Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm var något mindre än scenariot Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Den beräknade effekten av scenariot Endast fosfordamm var lägst av de beräknade scenariona. Effekten av åtgärderna i odlingsystemet jämfört med effekten av fosfordamm beräknades inte med samma metod och addering av effekten av åtgärderna bör göras med försiktighet.

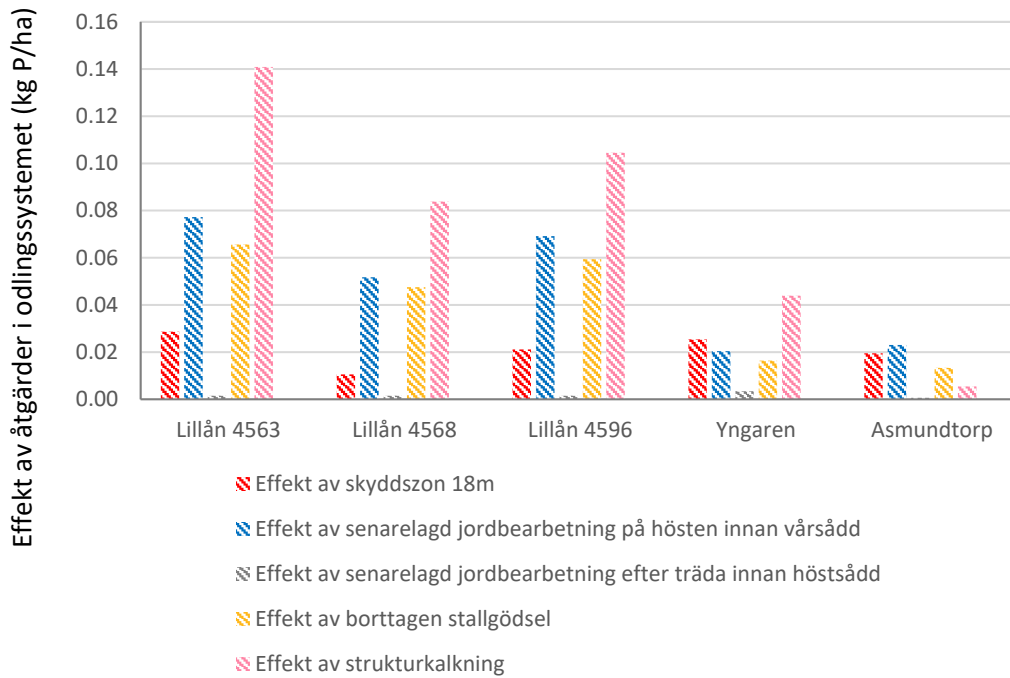


Figur 14. Beräknad förlust vid scenariona Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm, Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm samt Endast fosfordamm jämfört med beräknad förlust för 2016 för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg P/ha).

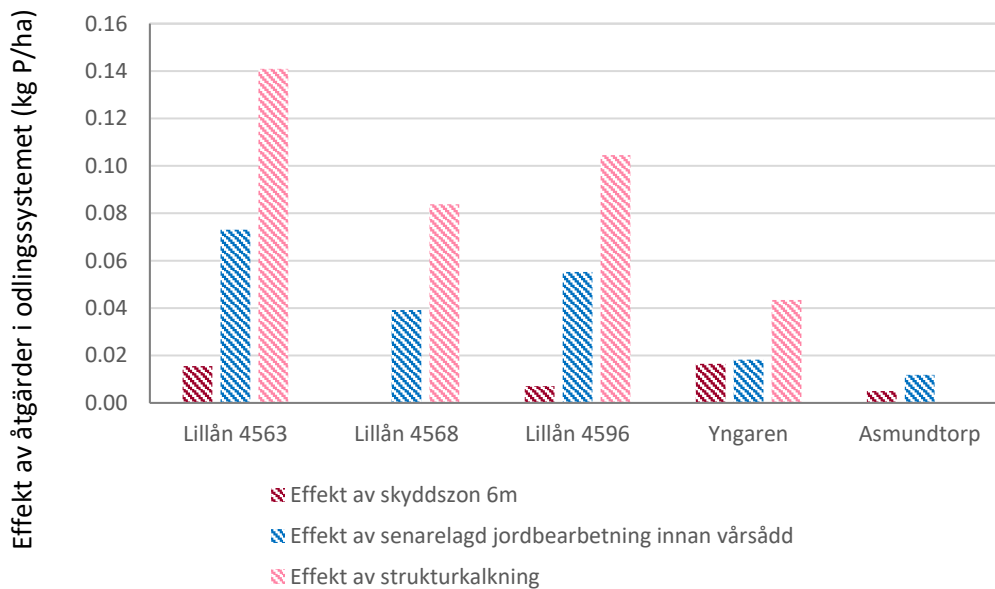


Figur 15. Beräknad förlust och effekt av åtgärderna för scenariona Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm och Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm jämfört med beräknad fosforförlust 2016 för Lillån, Yngaren och Asmundtorp, (kg P/ha). Åtgärderna i scenariot Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm var skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvetete, borttagen stallgödsel, strukturkalkning och fosfordamm. Åtgärderna i scenariot Riktade åtgärder i odlingsystemet var skyddszon 6 m, fosfordamm samt senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvetete och strukturkalkning på jordarter med >30% lerhalt. Observera att metoden för att beräkna effekten av fosfordammar och åtgärder i odlingsystemet är olika.

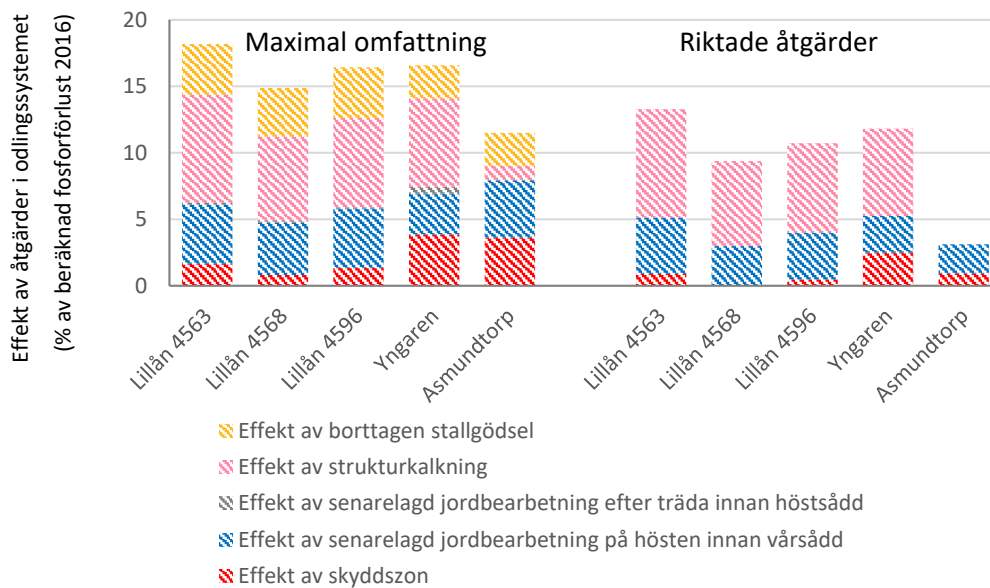
Effekten av de enskilda åtgärderna i odlingsystemet i scenariona redovisas i Figur 16 - Figur 19. Åtgärderna står inte i konflikt med varandra och kan adderas. Effekten av borttagen stallgödsel orsakas dels av att ledet med stallgödsel kompletterat med mineralgödsel tillförs större mängd fosfor än ledet med bara mineralgödsel (Johnsson m. fl., 2019a). Större mängd tillförd fosfor ger ökad risk för förluster. Stallgödseltillförseln antogs fördelas mellan att läggas på ytan och nedbrukas följande dag och direkt nedbrukat i marken (Johnsson m. fl., 2019a). Mineralgödsel antas brukas ner direkt. Direkt nedbrukning ger lägre förluster. I Figur 19 redovisas effekten av samtliga åtgärder inklusive fosfordammar. Observera att metoden för att beräkna effekten av fosfordammar och åtgärder i odlingsystemet är olika.



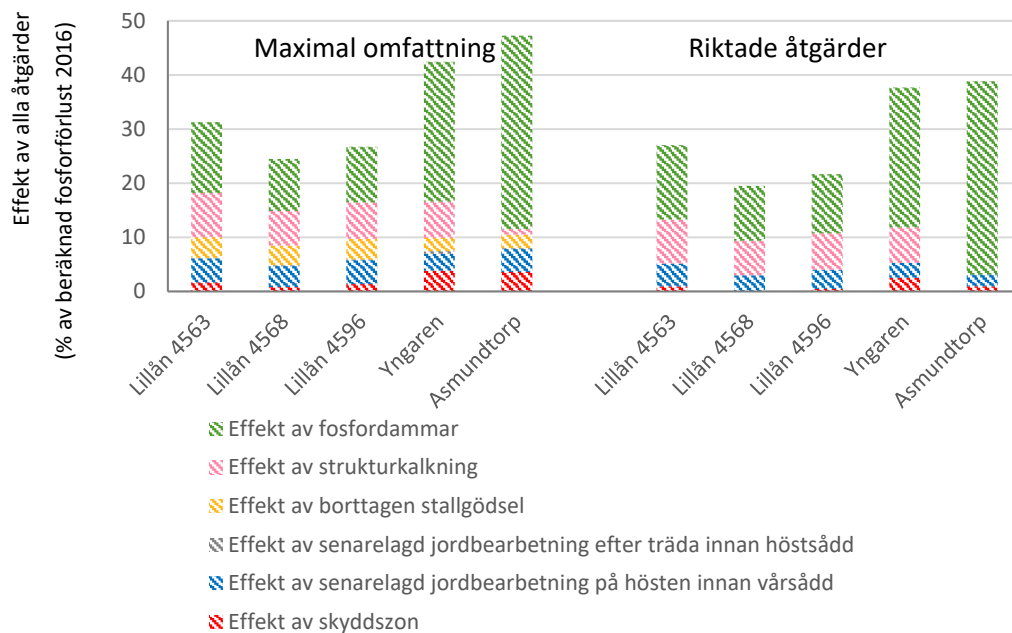
Figur 16. Effekt på förlusten av fosfor vid scenariot Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet för Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg P/ha). De beräknade åtgärderna var skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd, borttagen stallgödsel och strukturkalkning.



Figur 17. Effekt på förlusten av fosfor vid scenariot Riktade åtgärder i odlingsystemet för Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg P/ha). De beräknades åtgärderna var skyddszon 6 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd och strukturkalkning på jordar med >30% lerhalt.



Figur 18. Effekt på förlusten av fosfor vid scenariona Maximal omfattning av åtgärder och Riktade åtgärder i odlingsystemet för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (%). De beräknade åtgärderna var skyddszon, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd och strukturkalkning. Vid Maximal omfattning var skydds-zonen 18 m, strukturkalkning förlagd på jordarter med >15% lerhalt och de övriga åtgärderna förlagd på samtliga jordar. Vid Riktade åtgärder var skydds-zonen 6 m och senarelagd jordbearbetning och strukturkalkning förlagd på jordar med >30% lerhalt.



Figur 19. Effekt på förlusten av fosfor vid scenariona Maximal omfattning av åtgärder och Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (%). De beräknade åtgärderna var skyddszon, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd och strukturralkning. Vid Maximal omfattning var skyddszonen 18 m, strukturralkning förlagd på jordarter med >15% lerhalt och de övriga åtgärderna förlagd på samtliga jordar. Vid Riktade åtgärder var skyddszonen 6 m och senarelagd jordbearbetning och strukturralkning förlagd på jordar med >30% lerhalt. Observera att effekten av åtgärder i odlingsystemet och effekten av fosfordamm inte var beräknad med samma metod.

Nedan redovisas resultat per delavrinningsområde för de beräknade scenariona. De beräknade scenariona var Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm, Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm samt Endast fosfordamm. Tabellerna innehåller reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdens omfattning (ha) och total reduktion (kg) samt kostnader för åtgärder (SEK/ha/år och SEK/år) och kostnad för reducerad P (SEK/kg P). Resultaten diskuteras vidare under Diskussion.

3.1.1. Lillån 4563

Tabell 14. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Lillån 4563. Strukturkalkning på jordarter med >15% lerhalt

Lillån 4563	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 18 m	0.23	682	157
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.18	2308	421
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	0.29	27	8
Stallgödsel borttagen	0.25	1410	358
Strukturkalkning	0.14	5456	769
Fosfordamm	88	14	1235
Totalt alla åtgärder			2948

Tabell 15. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Kostnader för åtgärd (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Lillån 4563

Lillån 4563	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 18 m	682	2949	2 011 145	12 847
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	2308	600	1 384 990	3 287
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	27	*	*	*
Stallgödsel borttagen	1410	*	*	*
Strukturkalkning	5456	500	2 728 000	3 548
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	14	16 816	235 424	191
Medel anläggningskostnad	14	24 316	340 424	276
Hög anläggningskostnad	14	31 816	445 424	361

Tabell 16. Scenario Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Lillån 4563. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt

Lillån 4563	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 6 m	0.43	196	85
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.19	2046	399
Strukturkalkning	0.16	4835	769
Fosfordamm	92	14	1294
Total alla åtgärder			2546

Tabell 17. Scenario Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Kostnader för åtgärd (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Lillån 4563. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt

Lillån 4563	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 6 m	196	2949	578 004	6 801
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	2046	600	1 227 600	3 080
Strukturkalkning	4835	500	2 417 500	3 144
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	14	16 816	235 424	182
Medel anläggningskostnad	14	24 316	340 424	263
Hög anläggningskostnad	14	31 816	445 424	344

Tabell 18. Scenario Endast fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärd (kg P/ha), åtgärdens omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Lillån 4563

Lillån 4563	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Fosfordamm	103	14	1 441

Tabell 19. Scenario Endast fosfordamm. Kostnader för åtgärd (SEK/ha*år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Lillån 4563

Lillån 4563	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Fosfordamm	14	16 816	235 424	163
Låg anläggningskostnad	14	24 316	340 424	236
Medel anläggningskostnad	14	31 816	445 424	309
Hög anläggningskostnad	14	16 816	235 424	163



Figur 20. Fosfordammarnas placering i delområde Lillån 4596, Lillån 4568 och Lillån 4563. Storleken på cirklarna representerar den relativa fosforreduktionens storlek i kg P/ha. Placeringen av fosfordammarna är en modellberäkning avsedd att ge dammarna en optimal placering med hänsyn taget till dammens area och hydraulisk belastning. Placeringen har inte kontrollerats i fält.

3.1.2. Lillån 4568

Tabell 20. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Lillån 4568. Strukturkalkning på jordarter med >15% lerhalt

Lillån 4568	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 18 m	0.08	337	28
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.12	1140	139
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	0.21	18	4
Stallgödsel borttagen	0.18	696	128
Strukturkalkning	0.08	2695	226
Fosfordamm	68	5	340
Totalt alla åtgärder			866

Tabell 21. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Kostnader för åtgärder (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Lillån 4568. Strukturkalkning på jordarter med >15% lerhalt

Lillån 4568	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 18 m	337	2949	993 813	34 869
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	1140	600	684 125	4 908
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	18	*	*	*
Stallgödsel borttagen	696	*	*	*
Strukturkalkning	2695	500	1 347 466	5 966
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	5	16 816	84 080	248
Medel anläggningskostnad	5	24 316	121 580	358
Hög anläggningskostnad	5	31 816	159 080	469

Tabell 22. Scenario Riktade odlingsåtgärder och fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Lillån 4568. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt. Orsaken till att det inte var någon effekt av skyddszon 6 m var att den partikulära yttransporten som skydds-zonen påverkar var så liten att effekten uteblev. Den partikulära yttransporten påverkas av jordart och lutning. Lutningen var mycket låg i Lillån 4568

Lillån 4568	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 6 m	0.00	56	0.00
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.17	624	106
Strukturkalkning	0.15	1467	226
Fosfordamm	72	5	359
Totalt alla åtgärder			691

Tabell 23. Scenario Riktade odlingsåtgärder och fosfordamm. Kostnader för åtgärder (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Lillån 4568. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt. Orsaken till att det inte var någon effekt av skyddszon 6 m var att den partikulära yttransporten som skydds-zonen påverkar var så liten att effekten uteblev. Den partikulära yttransporten påverkas av jordart och lutning. Lutningen var mycket låg i Lillån 4568

Lillån 4568	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 6 m	56	2949	165 144	*
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	624	600	374 400	3 546
Strukturkalkning	1467	500	733 500	3 247
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	5	16 816	84 080	234
Medel anläggningskostnad	5	24 316	121 580	339
Hög anläggningskostnad	5	31 816	159 080	443

Tabell 24. Scenario Endast fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärd (kg P/ha), åtgärdens omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Lillån 4568

Lillån 4568	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Fosfordamm	72	5	359

Tabell 25. Scenario Endast fosfordamm. Kostnader för åtgärd (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad fosfor (SEK/kg P) för delområde Lillån 4568

Lillån 4568	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	5	16 816	84 080	217
Medel anläggningskostnad	5	24 316	121 580	314
Hög anläggningskostnad	5	31 816	159 080	411

3.1.3. Lillån 4596

Tabell 26. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Lillån 4596. Strukturkalkning på alla jordar >15% lerhalt

Lillån 4596	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 18 m	0.17	140	24
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.16	473	77
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	0.27	6	2
Stallgödsel borttagen	0.23	289	66
Strukturkalkning	0.10	1117	117
Fosfordamm	60	3	180
Totalt alla åtgärder			465

Tabell 27. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Kostnader för åtgärder (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P). Strukturkalkning antas på alla jordar >15% lerhalt

Lillån 4596	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 18 m	140	2949	411 867	17 418
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	473	600	283 635	3 670
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	6	*	*	*
Stallgödsel borttagen	289	*	*	*
Strukturkalkning	1117	500	558 653	4 784
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	3	16 816	50 448	281
Medel anläggningskostnad	3	24 316	72 948	407
Hög anläggningskostnad	3	31 816	95 448	532

Tabell 28. Scenario Riktade odlingsåtgärder och fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Lillån 4596. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt

Lillån 4596	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 6 m;	0.26	30	8
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.20	309	62
Strukturkalkning	0.16	730	117
Fosfordamm	63	3	190
Total alla åtgärder			376

Tabell 29. Scenario Riktade odlingsåtgärder och fosfordamm. Kostnader för åtgärd (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad fosfor (SEK/kg P). De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt

Lillån 4596	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 6 m	30	2949	88 973	11 172
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	309	600	185 329	3 004
Strukturkalkning	730	500	365 028	3 126
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	3	16 816	50 448	266
Medel anläggningskostnad	3	24 316	72 948	384
Hög anläggningskostnad	3	31 816	95 448	503

Tabell 30. Scenario Endast fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärd (kg P/ha), åtgärdens omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Lillån 4596

Lillån 4596	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Fosfordamm	70	3	210

Tabell 31. Scenario Endast fosfordamm. Kostnader för fosfordamm med olika kostnadsnivåer (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P)

Lillån 4596	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	3	16 816	50 448	240
Medel anläggningskostnad	3	24 316	72 948	347
Hög anläggningskostnad	3	31 816	95 448	454

3.1.4. Yngaren

Tabell 32. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Yngaren

Yngaren	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 18 m	0.19	486	95
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.16	469	76
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	0.63	20	13
Stallgödsel borttagen	0.09	713	61
Strukturkalkning	0.05	3624	164
Fosfordamm	38	6	229
Totalt alla åtgärder			635

Tabell 33. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Kostnader för åtgärder (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Yngaren. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt

Yngaren	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 18 m	486	2 033	988 038	10 427
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	469	600	281 400	3 696
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	20	*	*	*
Stallgödsel borttagen	713	*	*	*
Strukturkalkning	3624	500	1 812 000	11 065
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	6	15 900	95 400	417
Medel anläggningskostnad	6	23 400	140 400	614
Hög anläggningskostnad	6	30 900	185 400	811

Tabell 34. Scenario Riktade åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Yngaren. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt

Yngaren	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 6 m	0.50	124	62
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.19	358	68
Strukturkalkning	0.06	2849	162
Fosfordamm	40	6	240
Totalt alla åtgärder			531

Tabell 35. Scenario Riktade åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm. Kostnader för åtgärder (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Yngaren. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt

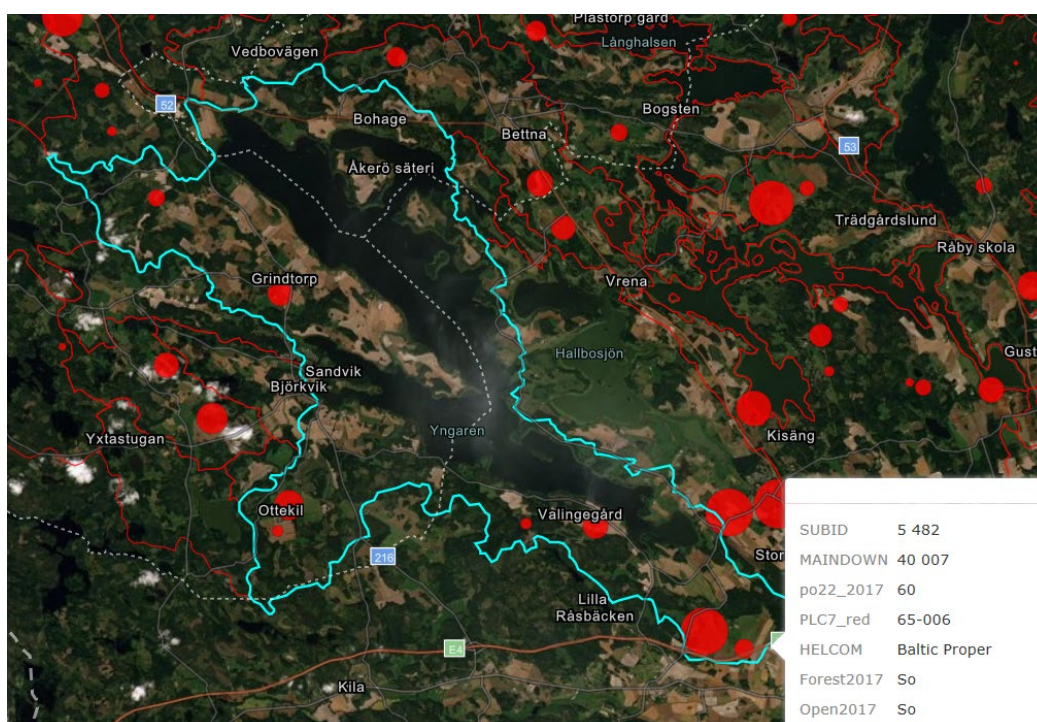
Yngaren	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 6 m	124	2033	252 092	4098
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	358	600	214 800	3168
Strukturkalkning	2849	500	1 424 500	8809
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	6	15 900	95 400	388
Medel anläggningskostnad	6	23 400	140 400	585
Hög anläggningskostnad	6	30 900	185 400	772

Tabell 36. Scenario Endast fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärd (kg P/ha), åtgärdens omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Yngaren

Yngaren	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Fosfordamm	45	6	267

Tabell 37. Scenario Endast fosfordamm. Kostnader för fosfordammar med olika anläggningskostnader (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Yngaren

Yngaren	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	6	15 900	95 400	357
Medel anläggningskostnad	6	23 400	140 400	525
Hög anläggningskostnad	6	30 900	185 400	693



Figur 21. Fosfordammarnas placering i delområde Yngaren. Storleken på cirklarna representerar den relativa P-reduktionens storlek i kg P/ha. Placeringen av fosfordammar är en modellberäkning avsedd att ge dammarna en optimal placering med hänsyntaget till dammens area och hydraulisk belastning. Placeringen har inte kontrollerats i fält.

3.1.5. Asmundtorp

Tabell 38. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Asmundtorp

Asmundtorp	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 18 m	0.22	76	16
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.08	248	19
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	0.16	3	1
Stallgödsel borttagen	0.09	125	11
Strukturkalkning	0.01	842	5
Fosfordamm	73	1.5	109
Totalt alla åtgärder			161

Tabell 39. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Kostnader för åtgärder (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Asmundtorp

Asmundtorp	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 18 m	76	6094	461 745	28 129
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	248	600	148 630	7 664
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	3	*	*	
Stallgödsel borttagen	125	*	*	
Strukturkalkning	842	500	420 947	842
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	1.5	19 961	29 941	275
Medel anläggningskostnad	1.5	27 461	41 191	378
Hög anläggningskostnad	1.5	34 961	52 441	481

Tabell 40. Scenario Riktade åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm. Effekt av åtgärder (kg P/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Asmundtorp. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt

Asmundtorp	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 6 m	0.68	6	4
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.16	61	10
Fosfordamm	77	1.5	116
Total alla åtgärder			130

Tabell 41. Scenario Riktade åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm. Kostnader för åtgärder (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Asmundtorp. De riktade åtgärderna är placerade på jordarter med >30% lerhalt

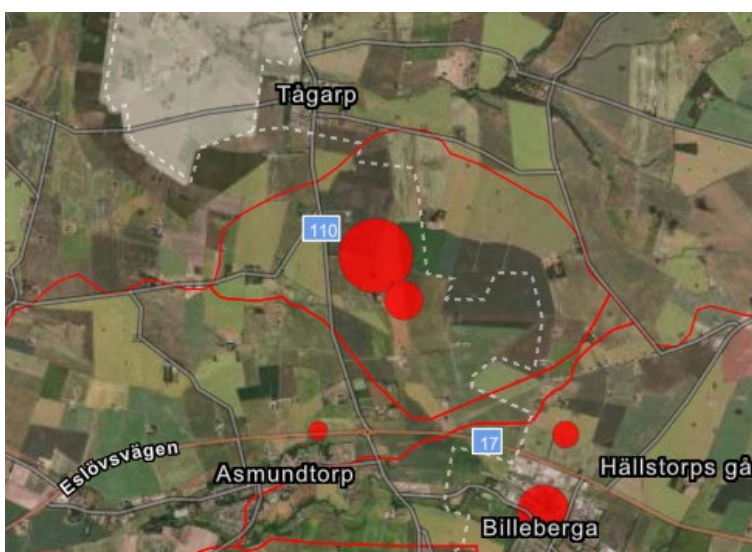
Asmundtorp	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Skyddszon 6 m	6	6 094	37 951	8 995
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	61	600	36 648	3 685
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	1.5	19 961	29 941	258
Medel anläggningskostnad	1.5	27 461	41 191	355
Hög anläggningskostnad	1.5	34 961	52 441	452

Tabell 42. Scenario Endast fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärd (kg P/ha), åtgärdens omfattning (ha) och total reduktion (kg P) för delområde Asmundtorp

Asmundtorp	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Fosfordamm	108	1.5	162

Tabell 43. Scenario Endast fosfordamm. Kostnader för fosfordammar med olika anläggningskostnader (SEK/ha/år och SEK/år) samt kostnad för reducerad P (SEK/kg P) för delområde Asmundtorp

Asmundtorp	Åtgärdens omfattning (ha)	Åtgärdens kostnad (SEK/ha/år)	Total kostnad (SEK/år)	Kostnad för reducerad P (SEK/kg P)
Fosfordamm				
Låg anläggningskostnad	1.5	19 961	29 941	185
Medel anläggningskostnad	1.5	27 461	41 191	254
Hög anläggningskostnad	1.5	34 961	52 441	324



Figur 22. Fosfordammarnas placering i delområde Asmundtorp. Storleken på cirklarna representerar den relativa P-reduktionens storlek i kg P/ha. Placeringen av fosfordammar är en modellberäkning avsedd att ge dammarna en optimal placering med hänsyntaget till dammens area och hydraulisk belastning. Placeringen har inte kontrollerats i fält.

3.1.6. Typområden på jordbruksmark – jämförelse

Typområde O14 som ligger intill delavrinningsområde Lillån har något lättare jordart än delavrinningsområdet. Det medför att det modellberäknade läckaget av fosfor från åkermark blir mindre jämfört med för Lillån (Tabell 44). Vid jämförelse mellan modellberäkning av åkermarkens läckage och mätningar i typområdets bäck är de mindre i bäcken än från åkermarken. Tillförsel från annan markanvändning med lägre läckage per hektar än åker samt retention mellan åker och utlopp är här en rimlig förklaring.

Yngaren kan jämföras med typområde E23 i Östergötland. Här är jordarten jämförbar men olika grödfördelning, med stor andel höstvetete i E23, kan förklara de olika nivåerna på framförallt fosfor. Inom typområde E23 visar beräkning av kväve

från åker och mätning i utlopp samma mönster som för typområde O14 med mindre arealspecifik transport i utloppet. Att skillnaden är så stor för fosfor kan bero på att det strax uppströms mätpunkten finns en mätdamm där partiklar kan sedimentera och därmed minska uttransporten av fosfor.

För Asmundtorp som tidigare var ett typområde (M37) blev den modellberäknade utlakningen av fosfor från åker ungefär dubbelt så stor som långtidsmedelvärdet av den uppmätta transporten i bäcken. Retention i bäcken och annan markanvändning är en förklaring. Men en viktig aspekt är att modellberäkningen inte ska ses som sanningen för ett enskilt litet område. Modellberäkningen ger däremot information om den relativa effekten mellan olika jordar, grödor och odlingsåtgärder.

Tabell 44. LEVA delavrinningsområden och typområden på jordbruksmark – läckage från åkermark (kg/ha) beräknat med NLeCCS och mätningar i utlopp från typområden (mm respektive kg/ha) som medel 1995/96 – 2017/2018 (O14 och E23) samt 1993/94 - 2000/01 för Asmundtorp

Område	Åker (%)	Jordart	Åkermark beräkning		Typområde mätning utlopp		
			N	P	Avrinning	N	P
Lillån 4563		SCL	16	1.73	-	-	-
Lillån 4568		SCL	22	1.31	-	-	-
Lillån 4596		SCL	20	1.56	-	-	-
Typområde O14	72	SL	21	0.72	304	14	0.52
Yngaren		SCL	9	0.66	-	-	-
Typområde E23	54	SCL	10	1.06	177	8	0.40
Typområde M37/ Asmundtorp	95	L	30	0.54	282	22	0.26

3.2. Strukturkalkning i LEVA-områden

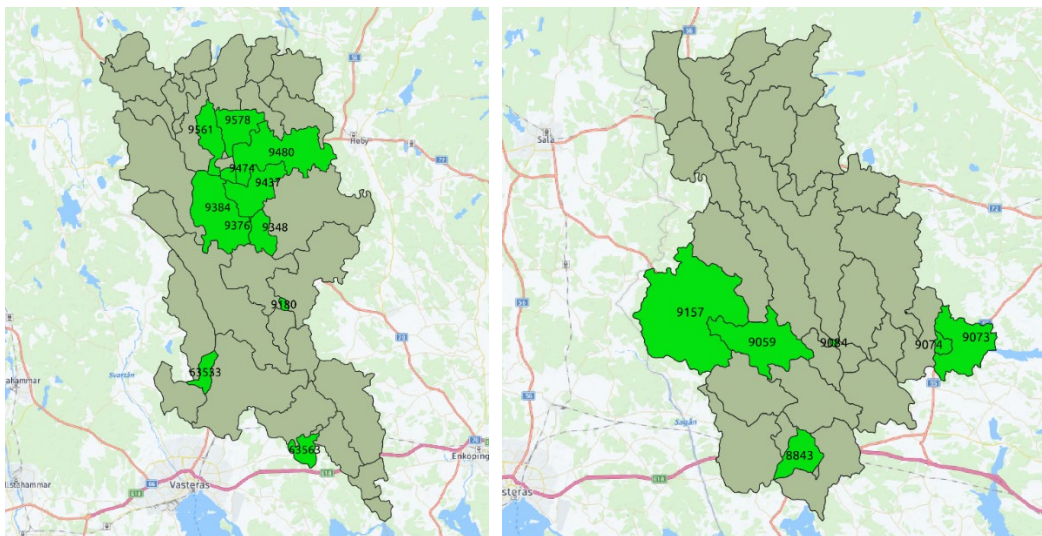
3.2.1. Identifiering av områden för strukturkalkning

Effekten av strukturkalkning beräknades för samtliga delavrinningsområden i alla LEVA-områdena (Figur 25 - Figur 28). Nedan redovisas de 20 delavrinningsområden med störst beräknad effekt (Tabell 45). Bland de 20 delavrinningsområden där strukturkalkning hade störst beräknad effekt låg de flesta antingen i LEVA-områdena Sagån respektive Örsundaån och Enköpingsån. Dessa är utmärkta på kartorna Figur 23 och Figur 24. Den relativa effekten som redovisas

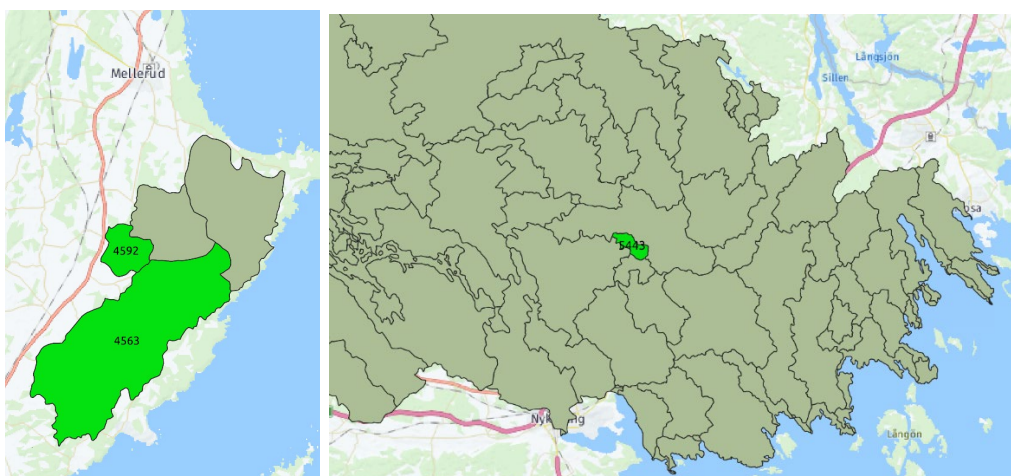
i Tabell 45 avser medeleffekten för hela delområdet. Effekten är olika för olika jordarter, exempel på det finns i Tabell 46 för några delavrinningsområden.

Tabell 45. De 20 delavrinningsområden med högst relativ effekt per det delavrinningsområde med störst effekt av strukturräkning (%)

Delavrinnings- områden	Relativ effekt (%)	LEVA-område	Areal jordbruks- mark (ha)	Andel jordbruks- mark i delområdet (%)	Andel jordbruks- mark med lerhalt >30% (%)
9474	100	Sagån	94	43	100
9376	100	Sagån	8	94	100
9561	70	Sagån	207	16	95
9180	55	Sagån	61	66	100
9437	52	Sagån	1207	63	99
63533	50	Sagån	371	63	95
9578	49	Sagån	597	39	99
9084	48	Örsundaån och Enköpingsån	38	92	100
9059	46	Örsundaån och Enköpingsån	1844	58	99
4563	45	Dalbergsån och Holmsån	5456	73	89
8843	45	Örsundaån och Enköpingsån	433	34	99
9480	44	Sagån	1378	35	98
63563	44	Sagån	355	50	98
9384	44	Sagån	1463	42	100
4592	43	Dalbergsån och Holmsån	445	60	75
9074	42	Örsundaån och Enköpingsån	92	34	100
9157	42	Örsundaån och Enköpingsån	3010	36	98
9073	42	Örsundaån och Enköpingsån	920	37	100
5443	42	Nyköpingsån, Svärtaån och kustnära områden i Södermanland	108	41	97
9348	42	Sagån	382	42	99



Figur 23. Områden med störst beräknad potentiell effekt av strukturkalkning i LEVA-områdena Sagån (vänster), Örsundaån och Enköpingsån.



Figur 24. Områden med störst beräknad potentiell effekt av strukturkalkning i LEVA-områdena Dalbergsån och Holmsån (Lillån)(vänster) och Nyköpingsån, Svärtaån och kustnära områden i Södermanland.

Tabell 46. Effekt relativt den mest effektiva jorden i respektive delområde av strukturkalkning i några av de potentiellt mest effektiva delområdena (%)

Delområde	Jordart	Effekt relativt den mest effektiva jorden (%)
9437	Sand	0
9437	Loamy sand	0
9437	Sandy loam	0
9437	Loam	0
9437	Silt loam	3
9437	Sandy clay loam	35
9437	Clay loam	56
9437	Silty clay loam	63
9437	Silty clay	100
9437	Clay	41
9059	Sand	0
9059	Loamy sand	0
9059	Sandy loam	0
9059	Loam	0
9059	Silt loam	3
9059	Sandy clay loam	35
9059	Clay loam	56
9059	Silty clay loam	64
9059	Silty clay	100
9059	Clay	40
4592	Sand	0
4592	Loamy sand	0
4592	Sandy loam	0
4592	Loam	0
4592	Silt loam	3
4592	Sandy clay loam	37
4592	Clay loam	60
4592	Silty clay loam	66
4592	Silty clay	100
4592	Clay	37

3.2.2. Förslag på uppföljningsprogram för strukturkalkning

Här ges förslag på hur ett uppföljningsprogram i tre delavrinningsområden inom LEVA kan se ut och vad det skulle kosta.

Strukturkalkningens genomförande och andra brukningsåtgärder

Information om genomförd strukturkalkning behöver samlas in från brukarna av åkermarken i området. Det behövs information om vilka fält som kalkats, tidpunkter och metoder för spridning och nedbrukning, typ av kalkningsmedel och mängd, väderlek före och efter samt förfrukt och eventuell bearbetning före spridning. Det är också värdefullt att få brukarens bedömning av hur väl spridning och nedbrukning lyckades. Om strukturkalkningen har genomförts med någon typ av stöd är det också viktigt att dokumentera. Före kalkningen genomförs och några år efter är det bra att försöka fånga erfarenheter om bearbetningsbehov och förekomst av stående vatten.

Det är också värdefullt att få årlig information om odlingsåtgärder på fältet. Gödsling med stallgödsel och mineralgödsel, jordbearbetning, skörd och grödor inklusive fånggröda och skyddszoner samt omfattning och tidpunkter för dessa ger information om det har skett andra förändringar än strukturkalkning i brukandet av åkermarken.

Uppgifterna kan samlas in genom ett webbformulär eller att brukaren fyller i ett pappersformulär. Det bör även undersökas om digitala växtodlingsprogram som exempelvis Dataväxt kan användas som underlag, förutsatt att lantbrukaren tillåter att data hämtas från det.

Effekt på åkermarkens egenskaper

Strukturkalkningens syfte är att förbättra jordens struktur så att infiltration av vatten från markytan ökar och att risken för sprickbildning minskar. Med bättre genomsläplighet i marken minskar risken för erosion på markytan och i spricksystem. Kalkningen kan också innebära att fosfor binds i större omfattning till lerpartiklar. Att följa upp om och hur markstrukturen har förändrats av kalkningen är därför en del av uppföljningen.

Vi föreslår att det väljs ut 20 st provplatser på åkermarken där jordprover kan tas. Provpunkterna ska tillsammans täcka de viktigaste variationerna i jordar i området. De ska också väljas så att de ligger minst 20 m från fältkant eftersom fältets kanter kan vara påverkade av markpackning. I varje provplats ska det kunna läggas ut två provpunkter. En provpunkt där fältet kommer att kalkas och en provpunkt där man inte kalkar, en sk nollruta.

Provpunkterna provtas efter skörd och såbäddsberedning för höstsådd, och vid tidpunkt som bestäms i överenskommelse med brukaren. Provtagning utförs före samt 2 och 8 år efter strukturkalkning. Vid varje provtagningsomgång analyseras aggregatstabilitet, pH, ledningsförmåga (EC) och Ca-AL. Vid den första analyseras även kornstorleksfördelning.

Vattenföring, vattenkvalitet och utflöde av fosfor och kväve

Strukturkalkning är främst en åtgärd mot förluster av partikelbunden fosfor till vattendragen. Mätningar i vattendragen ska därför kunna svara på om mängden uttransporterat fosfor förändras men också ge information om dynamiken i förluster och halter. Genom bättre information om dynamik kan vi öka förståelsen för hur fosforförlusterna sker.

Flödesproportionell vattenprovtagning är ett väletablerat sätt att få information om mängder av näringsämnen som passerar en mätstation under en viss period, vanligtvis två veckor i små vattendrag. Genom mätning av vattenföring med hög upplösning (minuter) styrs en provtagningsutrustning som tar ett vattenprov när en viss mängd vatten passerat mätstationen. Vattenproven under provperioden utgör tillsammans ett samlingsprov som sedan analyseras för innehåll av näringsämnen. Den flödesproportionella provtagningen fungerar bäst där det finns ett litet dämme, både för att mäta vattennivån men också för att få tillräckligt djupt vatten för provtagning.

Vattenanalyserna bör omfatta totalfosfor, partikulärt fosfor, fosfatfosfor, totalkväve, nitratkväve, suspenderat material och totalt organiskt kol. Med vattenflöde och analyserade halter beräknas sedan uttransporterade mängder, oftast per månad och år.

Dynamiken kan man få en uppfattning om genom att ta manuella prov i vattendraget, gärna varannan vecka. Men för att få riktigt bra information om dynamiken behövs sensorer för mätning av vattenkvalitet. Vi föreslår här att man kompletterar med sensorer för turbiditet som ger en indikation på halter av partikulärt fosfor men också sensorer för nitratkväve eftersom det är osäkert hur strukturkalkning påverkar kväveförlusterna. De manuella proverna behövs då för att löpande kontrollera och kalibrera sensorerna. Analysomfånget bör omfatta samma analyser som för flödesproportionella prover men också kompletteras med vattenkvalitetsfaktorer som pH, alkalinitet och konduktivitet.

Jämförelse med referensvattendrag

Väderleken medför att variationerna i utflöde av näringsämnen varierar stort mellan åren. Därför behövs referensmätningar från andra avrinningsområden där åkermarken brukas utan riktade åtgärder. Referensmätningen bidrar till att tolka om eventuella förändringar i vattendraget i det kalkade området beror av strukturkalkningen, väderleken eller andra åtgärder.

Referensområden bör vara små och ha så stor andel åkermark som möjligt. Det gör att man med större säkerhet kan säga att de speglar effekten av jordbruket. Lämpliga områden är sk Typområden på jordbruksmark som undersöks inom både nationell och regional miljöövervakning. Idag finns 19 typområden som representerar de flesta typer av jordbruk, klimat och jordar i Sverige.

Om det inte finns ett typområde i närområdet får man välja mätningar från andra vattendrag, helst sådana som representerar liknande typ av jordarter, klimat och jordbruk.

Sammanställning och spridning av resultat

Mätningarna ska ge kunskap om strukturkalkningens effekt under olika förutsättningar. Det kommer att öka möjligheterna att rikta stöd för strukturkalkning dit den bedöms göra störst nytta. De löpande mätningarna ska också ge information om hur vattendragen reagerar vid olika väderlek i ett strukturkalkat område. Det här behövs både för uppbyggnaden av samlad kunskap och för att den som är intresserad mer eller mindre i realtid ska kunna följa utvecklingen och lära av det.

Sammanställningen av resultat sker årsvis men mätningar från sensorer redovisas månadsvis på webb.

Delmoment och kostnader

Kostnaden för att genomföra en uppföljning av strukturkalkning i tre delavrinningsområden inom LEVA under 10 år beräknas till drygt 13 miljoner kronor (Tabell 47). De största kostnaderna är under det första året när mätstationer ska etableras (Tabell 48), därefter är kostnaderna ca 1 miljon kronor per år.

Tabell 47. Mätningar, provtagning och bearbetning av data samt kostnader för detta per område

Datainsamling och bearbetning	Kostnad/år (kr)	Antal år	Summa (kr)
<i>Brukningsinformation</i>			
Inventering av odlingsåtgärder inkl. strukturkalkning	105 000	10	1 050 000
<i>Utrustning och installation</i>			
Vattenföringsmätning, flödesproportionell provtagning	400 000	1	400 000
Sensor turbiditet	200 000	1	200 000
Sensor nitratkväve	100 000	1	100 000
<i>Vattenanalyser</i>			
Flödesproportionell vattenprovtagning (26 prov/år)	25 000	10	250 000
Manuell vattenprovtagning (26 prov/år)	25 000	10	250 000
<i>Markanalyser</i>			
Aggregatstabilitet (2x20 provpunkter)	28 000	3	84 000
pH, EC, Ca-AL (2x20 provpunkter)	17 000	3	51 000
Kornstorleksfördelning, mullhalt (2x20 provpunkter)	49 000	1	49 000
<i>Provtagning och skötsel av mätstationer</i>			
Vattenprovtagning, kontroll mätutrustning (26 ggr/år)	30 000	10	300 000
Underhåll mätstationer inkl. el, arrende (2 ggr/år)	35 000	10	350 000
Markprovtagning (2x20 provpunkter)	20 000	3	60 000
<i>Bearbetning och publicering</i>			
Projektledning	30 000	10	300 000
Bearbetning vattendata, publicering på webb (12 ggr/år)	20 000	10	200 000
Bearbetning bruksdata (1 gång/år)	25 000	10	250 000
Bearbetning markanalysdata	25 000	3	75 000
Sammanställning och spridning av resultat (1 gång/år)	40 000	10	400 000
Totalsumma per område och 10 år			4 369 000

Tabell 48. Mätningar, provtagning och bearbetning i tre områden, årlig kostnad samt total kostnad under 10 år (tkr)

Kostnad per år										Σ 10 år
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3 522	1 005	1 275	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	1 275	1 005	13 107

4. Diskussion

I följande avsnitt analyseras resultaten från studien. För åtgärdsscenarierna jämförs både de olika scenarierna som helhet och de enskilda åtgärdernas resultat. De beräkningar som har redovisats i avsnittet 3 (Resultat) bygger på ett antal förutsättningar och antaganden som är viktiga för diskussionen nedan om dessa resultat. Effekterna av åtgärderna är beräknade med tre olika metoder som inte är direkta jämförbara.

Fosfordammar är dimensionerade att nå optimal effekt utifrån deras area och hydrauliska belastning. Fosforreduceringseffekten är en konstant andel av belastningen oavsett storlek eller placering i landskapet. Resultatet blir att dessa dammar alltid är optimala d.v.s. fungerar på högsta möjliga effektivitetsnivå. Deras kostnadseffektivitet beror enbart på belastning och anläggnings- och skötselkostnader. När belastningen ökar då ökar deras effektivitet och när den minskar så minskar den.

Effekterna av åtgärder i odlingsystemet som har beräknats med NLeCCS-metoden (alla utom strukturkalkning som beskrivs nedan) bygger på medelvärden både avseende indata och de beräknade effekterna. Effekterna som beräknas är inte alltid optimala utan består av en blandning av hög och låg effektivitet, beroende på gröda, odlingsåtgärder, väder, etc. Resultatet som redovisas för respektive åtgärd är den genomsnittliga effekten för denna variation.

Strukturkalkning beräknas inte med NLeCCS-metoden (d.v.s. inte med ICECREAM-modellen som används i NLeCCS-metoden för att beräkna P förluster). Beräkningarna bygger på en uppskattad effekt beroende på jordart och andra lokala förutsättningar (t.ex. hur väl dränerad marken antas vara). I likhet med de NLeCCS-beräknade åtgärdseffekterna är de också ett genomsnitt där det dessutom finns mycket breda intervaller p.g.a. stor osäkerhet när det gäller denna åtgärds effekt.

Det är inte bara skillnaden mellan metoderna som påverkar resultatet utan också tidsramen för hur länge en åtgärd kan antas verka. För åtgärderna i odlingsystemet beräknade med NLeCCS-metoden redovisas effekten av dessa för det närmaste året efter åtgärden.

Fosfordammar väntas ha samma årliga effekt i 20 års tid. Strukturkalkning har antagits att ha effekt i 10 år. Det råder dock stor osäkerhet om hur lång effekten är för dessa åtgärder. Tidsramen har ett stor inverkan på kostnadseffektiviteten. Om

strukturkalkningens kostnader fördelas över 20 år blir åtgärden dubbelt så kostnadseffektiv. Om kostnader för fosfordammar fördelas över 10 år blir de hälften så kostnadseffektiva.

En ytterligare osäkerhet är att kostnaderna för åtgärderna är antaget lika för alla områden (med undantag för markpriserna). Kostnader kan i realiteten variera mycket på gårdsnivå. Till exempel beror markbearbetningskostnader bl.a. på produktionsinriktning och landskapskaraktär (som storleken på skiften, jordart, maskiner mm). De kostnader som används i beräkningarna för denna studie är schabloner som antas representera ett genomsnitt. Eftersom de används konsekvent mellan åtgärderna ges en tydlig bild av åtgärdernas relativa kostnadseffektivitet men kan vara annorlunda för den enskilda markägaren eller jordbrukaren.

Studien är avsedd att vara ett underlag för diskussion om hur man som LEVA-samordnare eller liknande kan identifiera vilka åtgärder som har bäst möjlighet att kostnadseffektivt minska fosforförlusten i ett avrinningsområde. Vi som har arbetat med denna studie har försökt att välja ett rimligt sätt att presentera informationen men det finns osäkerhet i alla siffror. I några fall har intervaller tagits med men inte i alla fall. För att bättre förstå hur resultaten skulle kunna tolkas krävs en dialog mellan forskare som har tagit fram dem och samordnare som ska använda den. Det gäller inte enbart enstaka resultat eller lokala anpassningar i indata utan också en förståelse om hur de underliggande modellerna har använts för att få fram dessa resultat. En förståelse för hur resultaten har arbetats fram skulle stödja samordnarens kompetens och underlätta deras diskussioner med jordbrukare och markägare om hur, var och när åtgärder skulle kunna implementeras. Vi föreslår att studien följs upp med ett riktat utbildningsprogram för åtgärdssamordnare.

4.1. Åtgärdsscenariernas effekter

Tre olika scenarion togs fram för att visa effekten av de olika åtgärderna (Tabell 49).

Tabell 49. Reduktion (%) av fosforläckage från åkermark i förhållande till total förlust för scenarierna Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm, Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm samt Endast fosfordamm

Delavrinningsområde	Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm	Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm	Endast fosfordamm
Lillån 4563	31%	27%	15%
Lillån 4568	24%	19%	10%
Lillån 4596	27%	21%	12%
Yngaren	26%	21%	11%
Asmundtorp	35%	28%	35%

Åtgärder där huvudsyftet (och därmed kostnader) är reducering av kväveläckage eller ökad biodiversitet togs inte med i scenarierna. Våtmarker (fosfordammar) i scenarierna är designade för att optimalt minska P-förluster både när det gäller storlek och placering. Det visade sig då att anläggning av optimala fosfordammar var den överlägset mest kostnadseffektiva åtgärden i alla fem områdena.

Två olika storlekar av fosfordammar har ingått i beräkningarna, 0,5 ha och 1,0 ha. I de fem delavrinningsområdena har lokala förutsättningar (belastning och hydrologi) styrt beslut om vilka dammar som är effektiva. I det enskilda området skulle eventuellt den största effekten kunna uppnås med mindre, större eller en kombination av fosfordammar i olika storlekar.

Nästan samma effekt uppnås i scenariot Riktade åtgärder i odlingsystemet och forfordamm som i scenariot Åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm. Vid det förstnämnda scenariot riktades åtgärderna i odlingsystemet mot de jordarter där åtgärden var mest effektiv. Eftersom beräkningen i första hand avsåg fosforåtgärder styrdes åtgärderna till lerjordar. Den beräknade bredden på skyddszoner ändrades från 18 m till 6 m. Bättre inriktning av åtgärderna leder till större effekt per arealenhet, till exempel när strukturkalkning i Lillån 2568 begränsades till jordar med lerhalt >30% ökade effektiviteten per ha. De 6 meter breda skyddszonerna har högre effektivitet per ha än de 18 meter breda skyddszonerna. Det ska dock påpekas att de mer riktade åtgärderna ofta också innebar en minskning i den totala fosforreduktionen.

Reduktionen i scenariot Riktade åtgärder och fosfordamm var mellan 19% och 28% i delavrinningsområdena (Tabell 49). Det visar att det finns en god potential för reduktion vid bibehållen produktion. Att på detta sätt hitta och ringa in områden som kan ha god potential för åtgärder är styrkan med modellering på delavrinningsnivå. Genom att använda lokal information om jordar och grödor förbättras reduceringseffekten per ha även om man inte redovisar resultat för enskilda fält utan fångar den samlade potentialen. En modellering är en uppskattning av verkligheten och läckage för enskilda fält ska därför inte redovisas. Det är utpekande och gynnar inte samverkan kring ett vattendrag. Däremot är Typhaltskalkylatorn utmärkt att använda vid rådgivning på gården. Med Typhaltskalkylatorn kan läckaget av olika kombinationer av åtgärder på gården testas och därmed fungera som diskussionsunderlag för val av åtgärder.

4.2. Åtgärdernas kostnadseffektivitet

När det gäller kostnadseffektivitet följer scenarierna ett liknande mönster som ovan (Tabell 50). Scenariot Enbart fosfordammar har de lägsta kostnaderna per kg P-reducering för alla fem delavrinningsområdena. Av de fem undersökta delavrinningsområdena hade Yngaren i alla scenarier de högsta kostnaderna per reducerat kg P. Att kostnader per kg reducerat P är lägre i scenariot med riktade

åtgärder och fosfordamm jämfört med åtgärder på samtliga jordar och fosfordamm beror på att endast de mest effektiva åtgärderna är valda med hänsyn till jordart och skyddszoners bred.

Tabell 50. Kostnader per kg reducerat P i scenarierna Maximal omfattning av åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm, Riktade åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm samt Endast fosfordamm

Delavrinnings- område	Maximal omfattning av åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm* (SEK/ kg P)	Riktade åtgärder i odlingssystemet och fosfordamm* (SEK/ kg P)	Endast fosfordamm* (SEK/ kg P)
Lillån 4563	2 193	1 792	236
Lillån 4568	3 638	2 020	338
Lillån 4596	2 854	1 894	347
Yngaren	5 073	3 827	525
Asmundtorp	6 662	891	254

*Medelanläggningskostnad för fosfordammar

Resultaten visar också en stor spridning mellan kostnaden för åtgärder i de enskilda delavrinningsområdena. Bortsett från de två åtgärder där kostnaderna inte varit möjligt att uppskatta på ett tillförlitligt sätt (jordbearbetning efter träda innan höstsådd och borttagen stallgödsel) har kostnaden per kg reducerat P varit lägst för fosfordammar i alla fem områden (Tabell 27, Tabell 21, Tabell 15, Tabell 39 och Tabell 33). Eftersom anläggningskostnaderna kan variera på grund av lokala förutsättningar har tre olika anläggningsskostnader beräknats för varje delavrinningsområde där den högsta kostnaden (500 000 SEK/ha) är dubbelt så stor som den lägsta (250 000 SEK/ha). Även vid den högsta anläggningsskostnaden var fosfordammar (i scenariot med endast fosfordamm) den mest kostnadseffektiva åtgärden. I delavrinningsområdet Yngaren hade fosfordammar den lägsta P-reduktionseffekten och den högsta kostnaden per kg reducerat P jämfört med övriga beräknade delavrinningsområden. Även vid den högsta anläggningsskostnaden är dock kostnadseffektiviteten per kg reducerat P (693 SEK) drygt fyra gånger högre än den näst mest effektiva åtgärden i alla fem delavrinningsområdena (3004 SEK för senarelagd jordbearbetning på tre typer av jordart i Lillån 4596, Tabell 17) för jordbruksmark.

De mest kostnadseffektiva skyddszonerna i scenarierna var de som var 6 m breda på sandy clay loam och clay loam i delavrinningsområdet Yngaren där kostnaden per reducerat kg P beräknades till 4 098 SEK. Näst mest effektiva var de 6 m breda skyddszonerna i Lillån 4563 (6 801 SEK). I de andra områdena var kostnaden mellan 8 995 SEK (Asmundtorp) och 11 172 SEK (Lillån 4596). De 18 m breda skyddszonerna var mindre kostnadseffektiva i alla delavrinningsområden.

De mest kostnadseffektiva delavrinningsområdet för strukturkalkning finns i Lillån där det finns de bästa lokala förutsättningarna, framförallt de mest lerhaltiga jordarna. Med åtgärden förlagd till de jordar där den har högsta effekten ligger kostnaden per kg reducerat P mellan 3 126 SEK (Lillån 4596) och 3 247 SEK (Lillån 4568). Den andra riktade åtgärden (senarelagd jordbearbetning på utvalda jordar) har någorlunda liknande kostnader per kg reducerat P som åtgärden strukturkalkning har, mellan 3 004 SEK (Lillån 4596) och 3 685 SEK (Asmundtorp).

Ett annat resultat från studien visar att en åtgärd som skulle kunna vara väldigt kostnadseffektiv men som skulle behöva undersökas vidare är senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd. Kostnaden har uppskattas att vara detsamma som ersättningen för åtgärden vårbearbetning i LBP (Minskat kväveläckage). I LBP är ersättningen kopplad till stöd för fånggrödor men kan också sökas separat. En god P-reduceringseffekt uppnås även om tidpunkten på jordbearbetning på hösten senareläggs med några veckor. Kostnaden för lantbrukarna att senarelägga jordbearbetningen är okänd.

4.3. Områden för strukturkalkning

Den föreslagna metoden för lämpar sig väl för att hitta områden där en åtgärd kan ha effekt. När man har identifierat området behöver man göra planeringen av placeringen lokalt.

I det enskilda området måste man undersöka hur markstrukturen ser ut, om det finns gytjelera och om övriga förutsättningar finns för strukturkalkning eftersom antagandena för de påverkande faktorerna var regionala och det är inte säkert att de lokala förutsättningarna stämmer överens med medelvärdet för regionen.

Den enskilda faktor som påverkar effekten av strukturkalkning mest var lerhalten i marken. De faktorerna som har en regional fördelning är andelen svällande lermineral, andelen vall och andelen tillfredställande dränering. För att föreslå ett område för strukturkalkning behöver området också ha tillräckligt med åkermark och möjlighet till uppföljning. Den absoluta storleken på effekten av strukturkalkning redovisas inte utan effekten relativt det område med störst beräknad effekt redovisas.

Uppföljning av effekten av strukturkalkning ska ge information om vilka brukningsåtgärder som har gjorts inom avrinningsområdet, både själva strukturkalkningen men också andra odlingsåtgärder. Det behövs också information om det har skett förändringar i jordens egenskaper och utflödet av näringsämnen, framförallt fosfor. Eftersom strukturkalkning är en åtgärd som bedöms ha effekt i flera år bör uppföljningen pågå i minst 10 år.

5. Slutsatser

Studien har undersökt kostnadseffektiviteten för ett antal scenarier med olika fosforreducerande åtgärder i fem delavrinningsområden. Resultaten från studien är inte avsedd att vara en handlingsplan för de fem områdena utan snarare en vägvisning till vilka typer av åtgärder som kan vara mest intressant att arbeta vidare med både när de gäller fördjupade studier men också för implementering.

Åtgärder där huvudsyftet (och därmed kostnader) är reducering av kväveläckage eller ökad biodiversitet inkluderades inte i scenarierna.

Att använda Typhaltskalkylatorn för att identifiera områden med potential för en åtgärd att reducera förlusterna av växtnäringsämnen har fungerat bra. I den här studien söktes ett område lämpligt för strukturkalkning men även andra åtgärder kan beräknas t.ex. fånggröda och senarelagd höst- eller vårbearbetning. Eftersom förutsättningarna för en åtgärd, exempelvis lämplig jordarts- och grödfördelning, systematiskt kan hittas så kan man hitta lämpliga områden för olika åtgärder. Även i den lokala skalan kan effekten av åtgärder beräknas med hjälp av effektkoefficienterna i Typhaltskalkylatorn. En rådgivare kan beräkna potentialen av en åtgärd hos en lantbrukare. Det finns osäkerhet i beräkningarna men den relativa effekten är mer säker. Man bör därmed inte plotta upp effekten på enskilda skiften på grund av osäkerheter när man går ner i skala.

Beräkningarna av effekten på förlusterna var rimligt realistiska men det finns osäkerhet kring hur länge till exempel effekten av strukturkalkning och fosfordammar är. Fosfordammar i scenarierna är teoretiskt designade för att optimalt minska P-förluster både när det gäller storlek och placering medan faktiska effekter och kostnader kan variera beroende på flera faktorer.

Kostnadseffektiviteten för olika åtgärder påverkas av osäkerheten i effekten av en åtgärd. Det påverkas också av hur lång tid man kan se effekt av en åtgärd. Även kostnaden för olika åtgärder har en viss osäkerhet. Åtgärderna kräver olika mycket planering och investeringar. Fosfordammar och strukturkalkning kräver mycket planering och investering och har en lång tidshorisont medan senarelagd jordbearbetning kräver lite planering och investering och där man räknar effekten under det närmast följande året. Resultaten visar också tydligt att bättre inriktning av åtgärderna, d.v.s. att de görs där de gör störst nytta, kan förbättra deras kostnadseffektivitet.

Referenser

- Agriwise. <https://www.agriwise.se/web>
- Aronsson, H., Berglund K., Djodjic F., Etana A., Geranmayeh P., Johnsson H., och Wesström I. Effekter av åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark och åtgärdsutrymme. 2019. Ekohydrologi 160. SLU.
- Djodjic, F., Geranmayeh P. och Markensten H. 2020. Optimizing placement of constructed wetlands at landscape scale in order to reduce phosphorus losses. *Ambio* 2020, 49:1797-1807.
- Geranmayeh, P. 2017. *Erfarenhet från åtgärdsprojekt för att minska Östersjöns övergödning–med fokus på jordbruksåtgärder*. BalticSea 2020. <https://balticsea2020.org/>
- Geranmayeh, P. 2017b. *Strukturkalkning i stor skala –Vad krävs och vad kostar det?* BalticSea 2020. <https://balticsea2020.org/>
- Eriksson, J., Dahlin S., Nilsson I. och Simonsson M. 2011. *Marklära*. Studentlitteratur.
- Hansson, K., Ejhed, H., Widén-Nilsson, E., Johnsson, H., Tengdelius Brunell, J., Gustavsson, H., Hytteborn, J., Åkerblom, S., 2019. *Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017 – Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation*. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20.
- Havs- och vattenmyndighetens författningssamling. 2019. *Klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten*. HVMFS 2019:25.
- Johnsson, H., Mårtensson, K., Lindsjö, A., Persson K., Andrist Rangel, Y. och Blombäck, K. 2019. *Läckage av näringsämnen från svensk åkermark Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 2016*. SMED Rapport nr 5 2019.
- Johnsson, H., Mårtensson K., Lindsjö A., Persson K och Blombäck K. 2019. *NLeCCS – ett system för beräkning av läckage av näringsämnen från åkermark*. Ekohydrologi 159. SLU.
- Jordbruksverket, 2017. *Dränering av jordbruksmark 2016 Slutlig statistik*. Statistiska meddelanden, JO 41 SM 1701.
- Jordbruksverket, 2011. *Arrendepriser på jordbruksmark 2010*. Statistiska meddelanden, JO 39 SM 1101.
- Larsson, P., Persson, K., Johnsson, H., Markensten, H. och Collentine D. (2013). *FyrisSKZ - en nationell webbaserad databas för skyddszoners effekt och kostnad – teknisk beskrivning*. <http://fyriszkz.slu.se/>
- Lindqvist, M. 1971. *Atlas över Sverige*. Kartografiska institutet.

- Naturvårdsverket. 2003. *Åtgärder och kostnader för minskad fosforutlakning från jordbruksmark till sjön Glan*. NV Rapport 5291. www.havochvatten.se/publikationer
- Praktiska Råd Nr 23, 2015. *Strukturkalkning – bra för både mark och miljö*. www.greppa.nu
- Praktiska Råd Nr 24, 2016. *Fånga fosfor!* www.greppa.nu
- Praktiska Råd Nr 25, 2017. *Fånga fosfor med en fosfordamm*. www.greppa.nu
- Salomon, E. och Wivstad, M. 2013. *Rötrest från biogasanläggningar – återföring av växtnäring i ekologisk produktion*. EPOK– Centrum för ekologisk produktion och konsumtion, SLU.
- S-HYPE: HYPE-modell för hela Sverige, 2018. <http://www.smhi.se/forskning/forskningsomraden/hydrologiskforskning/s-hype-hype-modell-for-hela-sverige-1.560>
- Sweden – Rural Development Program (LBP), 2016. *Program period 2014 – 2020*, <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/swe155696.pdf>
- SCB, 2017. *Odlingsåtgärder i jordbruket 2016 Träda slåttervall, jordbearbetning, fånggrödor samt spridning av kalk på åkermark*. Statistiska meddelanden, MI30 SM 1703.
- [Vattenkartan \(lansstyrelsen.se\)](http://vattenkartan.lansstyrelsen.se)
[Braån - Vattendrag - VISS - VattenInformationsSystem för Sverige \(lansstyrelsen.se\)](http://vattenkartan.lansstyrelsen.se/Braan-Vattendrag-VISS-VattenInformationsSystem-för-Sverige-lansstyrelsen.se)
[Lillån - Vattendrag - VISS - VattenInformationsSystem för Sverige \(lansstyrelsen.se\)](http://vattenkartan.lansstyrelsen.se/Lillan-Vattendrag-VISS-VattenInformationsSystem-för-Sverige-lansstyrelsen.se)
[Yngaren - Sjö - VISS - VattenInformationsSystem för Sverige \(lansstyrelsen.se\)](http://vattenkartan.lansstyrelsen.se/Yngaren-Sjö-VISS-VattenInformationsSystem-för-Sverige-lansstyrelsen.se)
- Widén-Nilsson, E., Djodjic, F., Hellgren, S., Hellsten, S., Olshammar, M., Sandström, S., Tengdelius Brunell, J. 2019. Kartdata till PLC7. Underlagsrapport till Pollution Load Compilation 7 rörande markanvändning, vattenförekomstområden, regionindelning, jordbruksmarkens jordart, lutning och fosforhalt samt medelvärdesberäkningar. SMED Rapport Nr 7 2019.

6. Bilaga

Nedan redovisas resultatet av åtgärderna i odlingsystemet för de beräknade scenariona (Tabell 51).

Tabell 51. Beräknad förlust 2016, effekt vid scenariona Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm och Riktade åtgärder och fosfordamm (kg P/ha). Vid maximal omfattning var skyddszonen 18 m och åtgärderna beräknades vara på alla jordar utom strukturkalkning som var på jordar med >15% lerhalt. Vid Riktade åtgärder antogs att skyddszonen var 6 m och övriga åtgärder var på jordarna med >30% lerhalt. Effekten avser hela jordbruksarealen i respektive delavrinningsområde

	Lillån 4563	Lillån 4568	Lillån 4596	Yngaren	Asmundtorp
Beräknad förlust 2016	1.73	1.31	1.56	0.66	0.54
<i>Maximal omfattning</i>					
Effekt av skyddszon 18 m	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02
Effekt av senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.08	0.05	0.07	0.02	0.02
Effekt av senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Effekt av borttagen stallgödsel	0.07	0.05	0.06	0.02	0.01
Effekt av strukturkalkning	0.14	0.08	0.10	0.04	0.01
<i>Riktade åtgärder</i>					
Effekt av skyddszon 6 m	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01
Effekt av senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.07	0.04	0.06	0.02	0.01
Effekt av strukturkalkning	0.14	0.08	0.10	0.04	0.00

Nedan följer exempel på effektkoefficienter för åtgärderna skyddszon 6 m, skyddszon 18 m och senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd (Tabell 52 och Tabell 53).

Tabell 52. Exempel på effektkoefficient för vårkorn och höstvetete för effekten av skyddszon, 6 respektive 18 m för Asmundtorp, Lillån och Yngaren, medelklass för lutning och fosforklass (kg P/ha)

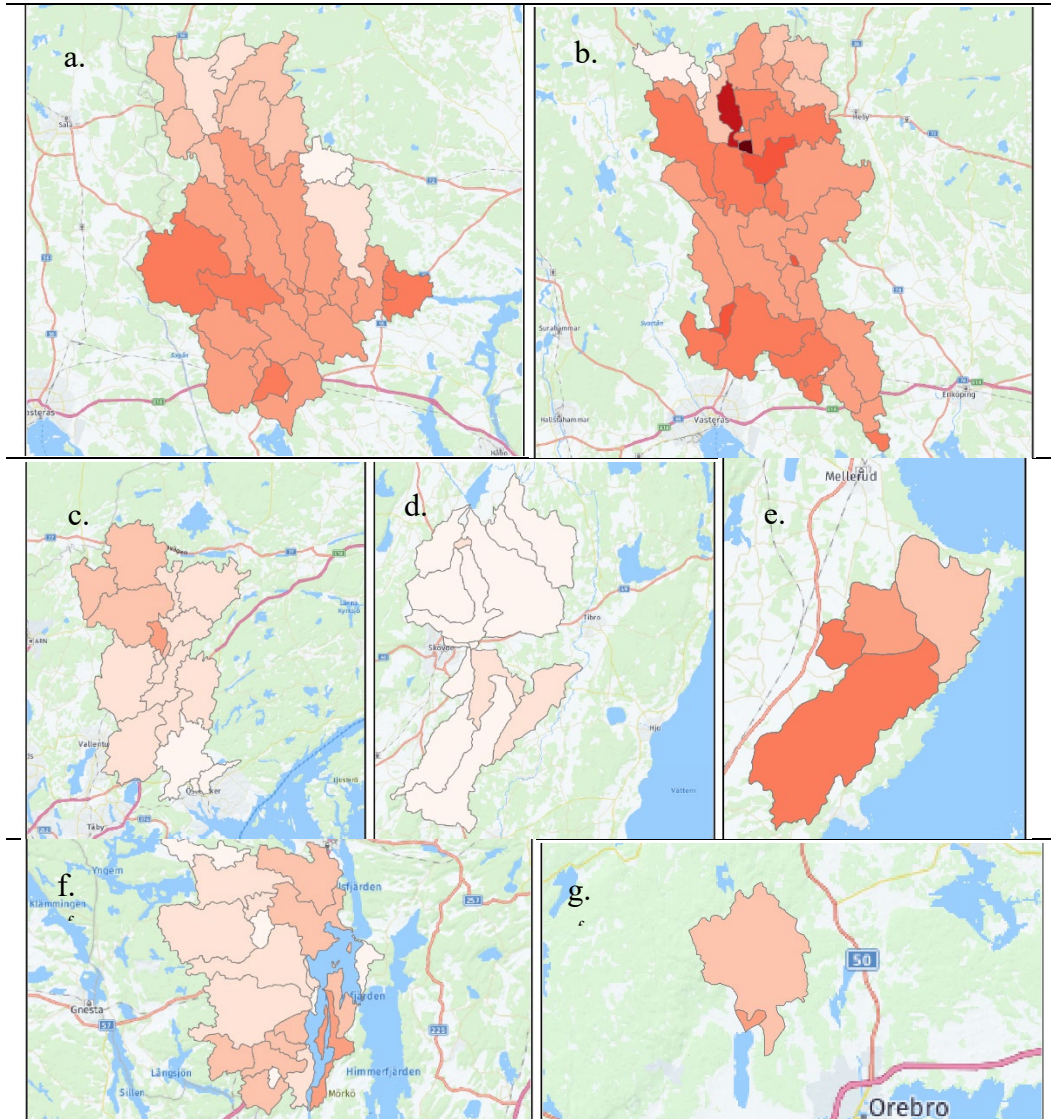
Läckageregion	Jordart	Gröda	Effekt 6 m	Effekt 18 m
Asmundtorp	Sand	Vårkorn	0.006	0.008
Asmundtorp	Loamy sand	Vårkorn	0.006	0.008
Asmundtorp	Sandy loam	Vårkorn	0.007	0.011
Asmundtorp	Loam	Vårkorn	0.011	0.018
Asmundtorp	Silt loam	Vårkorn	0.016	0.027
Asmundtorp	Sandy clay loam	Vårkorn	0.013	0.020
Asmundtorp	Clay loam	Vårkorn	0.013	0.020
Asmundtorp	Silty clay loam	Vårkorn	0.032	0.045
Asmundtorp	Silty clay	Vårkorn	0.028	0.037
Asmundtorp	Clay	Vårkorn	0.031	0.041
Lillån	Sand	Vårkorn	0.005	0.006
Lillån	Loamy sand	Vårkorn	0.007	0.010
Lillån	Sandy loam	Vårkorn	0.012	0.018
Lillån	Loam	Vårkorn	0.021	0.036
Lillån	Silt loam	Vårkorn	0.029	0.051
Lillån	Sandy clay loam	Vårkorn	0.025	0.042
Lillån	Clay loam	Vårkorn	0.025	0.040
Lillån	Silty clay loam	Vårkorn	0.044	0.069
Lillån	Silty clay	Vårkorn	0.048	0.072
Lillån	Clay	Vårkorn	0.061	0.084
Yngaren	Sand	Vårkorn	0.002	0.003
Yngaren	Loamy sand	Vårkorn	0.003	0.004
Yngaren	Sandy loam	Vårkorn	0.004	0.007
Yngaren	Loam	Vårkorn	0.007	0.013
Yngaren	Silt loam	Vårkorn	0.009	0.020
Yngaren	Sandy clay loam	Vårkorn	0.009	0.016
Yngaren	Clay loam	Vårkorn	0.008	0.016
Yngaren	Silty clay loam	Vårkorn	0.016	0.030
Yngaren	Silty clay	Vårkorn	0.018	0.031
Yngaren	Clay	Vårkorn	0.022	0.037

Tabell 53. Exempel på effektkoefficient för vårkorn för effekten av senarelagd jordbearbetning för Asmundtorp, Lillån och Yngaren, medelklass för lutning och fosforklass (kg P/ha)

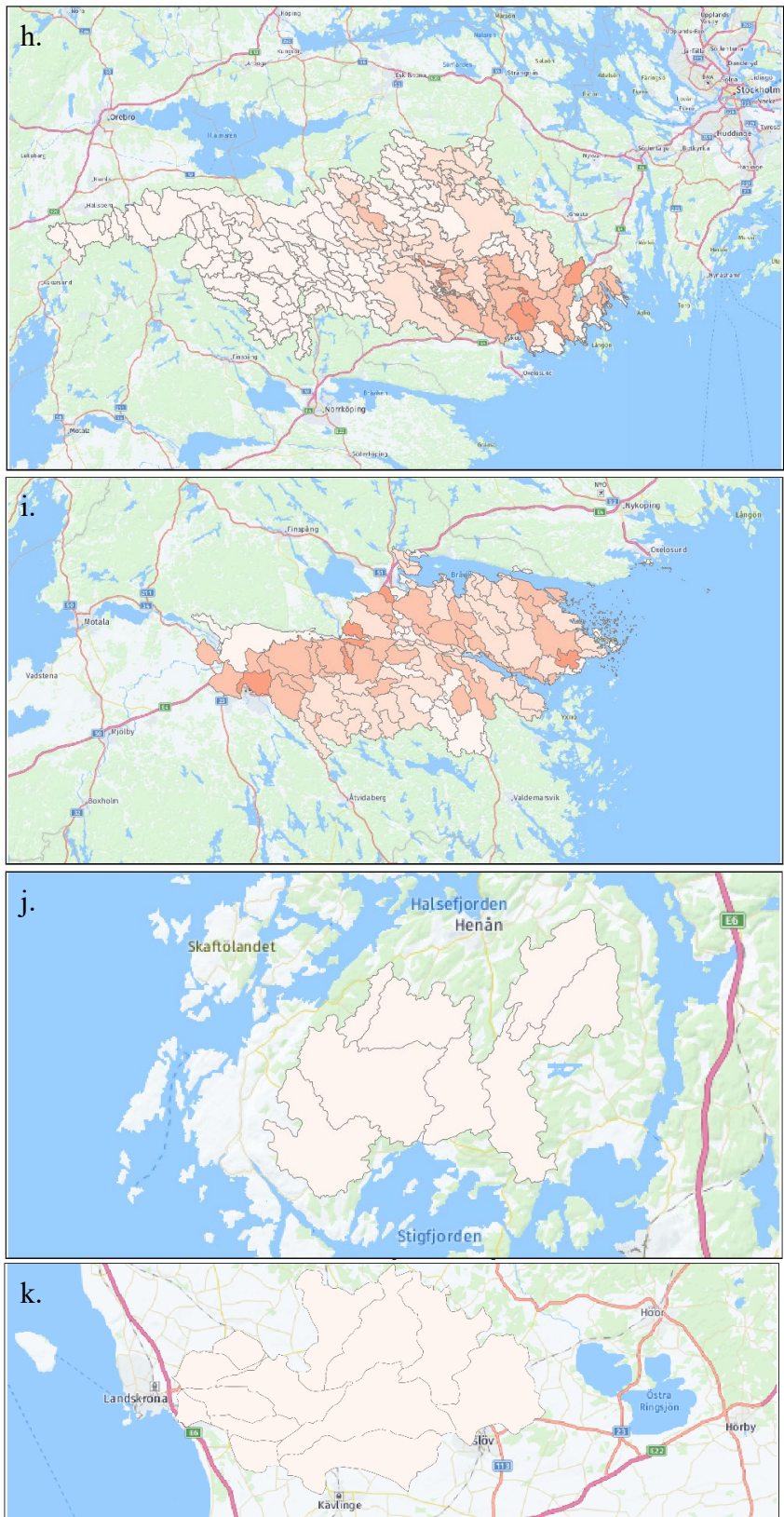
Läckageregion	Jordart	Gröda	Effekt senarelagd jordbearbetning (kg P/ha)
Asmundtorp	Sand	Vårkorn	0.00
Asmundtorp	Loamy sand	Vårkorn	0.00
Asmundtorp	Sandy loam	Vårkorn	0.00
Asmundtorp	loam	Vårkorn	0.06
Asmundtorp	Silt loam	Vårkorn	0.10
Asmundtorp	Sandy clay loam	Vårkorn	0.20
Asmundtorp	Clay loam	Vårkorn	0.19
Asmundtorp	Silty clay loam	Vårkorn	0.21
Asmundtorp	Silty clay	Vårkorn	0.24
Asmundtorp	Clay	Vårkorn	0.13
Lillån	Sand	Vårkorn	0.01
Lillån	Loamy sand	Vårkorn	0.01
Lillån	Sandy loam	Vårkorn	0.01
Lillån	Loam	Vårkorn	0.08
Lillån	Silt loam	Vårkorn	0.10
Lillån	Sandy clay loam	Vårkorn	0.23
Lillån	Clay loam	Vårkorn	0.17
Lillån	Silty clay loam	Vårkorn	0.19
Lillån	Silty clay	Vårkorn	0.23
Lillån	Clay	Vårkorn	0.13
Yngaren	Sand	Vårkorn	0.00
Yngaren	Loamy sand	Vårkorn	0.00
Yngaren	Sandy loam	Vårkorn	0.00
Yngaren	Loam	Vårkorn	0.04
Yngaren	Silt loam	Vårkorn	0.04
Yngaren	Sandy clay loam	Vårkorn	0.11
Yngaren	Clay loam	Vårkorn	0.08
Yngaren	Silty clay loam	Vårkorn	0.09
Yngaren	Silty clay	Vårkorn	0.15
Yngaren	Clay	Vårkorn	0.09

6.1. Strukturkalkning i LEVA-områden

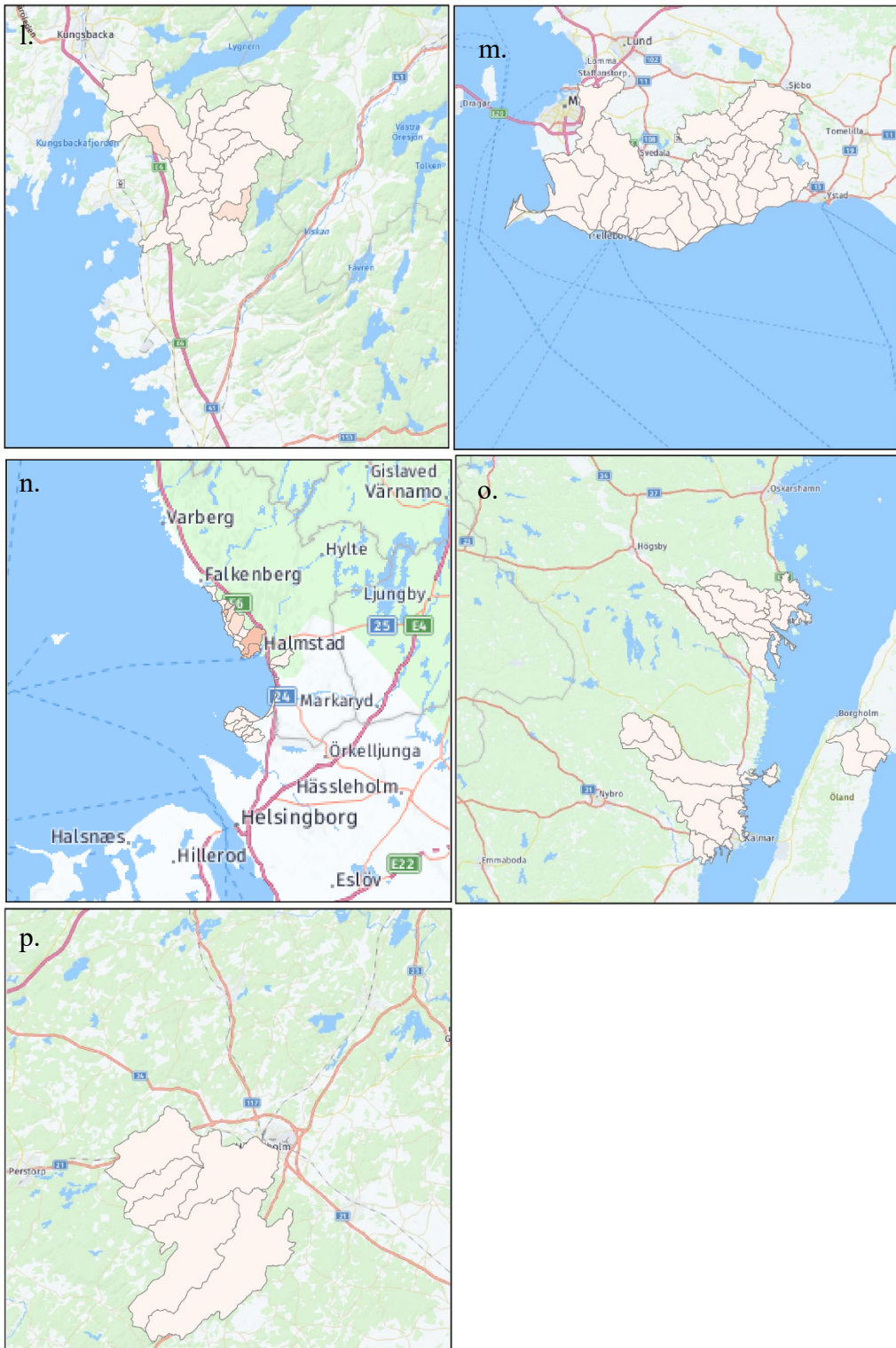
I Figur 25-Figur 28 redovisas relativ effekt av strukturkalkning i LEVA-områden. Ju rödare område desto större effekt av strukturkalkning. Alla områdena är i samma skala.



Figur 25. Relativ effekt av strukturkalkning i LEVA-områdena Sagån (a), Örsundaån och Enköpingsån (b), Norrtälje (c), Tidan (d), Lillån (e), Stavbofjärden (f) och Blackstaån (g). Ju rödare område desto större effekt av strukturkalkning. Alla områdena är i samma skala.



Figur 26. Relativ effekt av strukturkalkning i LEVA-områdena Nyköpingsåarna (h), Vikbolandet (i), Orust (j) och Saxån- Braån (k). Ju rödare område desto större effekt av strukturkalkning. Alla områdena är i samma skala.



Figur 27. Relativ effekt av strukturkalkning i LEVA-områdena Loftaån, Hovmanneån och Torpaån (l), Sydvästra Skåne (m), Kattegatts kustnära områden (n), Kalmarsund och Öland (o) samt Finjasjön (p). Ju rödare område desto större effekt av strukturkalkning. Alla områdena är i samma skala.



Figur 28. Relativ effekt av strukturkalkning i LEVA-områdena Tavelån (q), Vombsjön (r), mellersta Halland s) samt Västervik (t). Ju rödare område desto större effekt av strukturkalkning. Alla områdena är i samma skala.

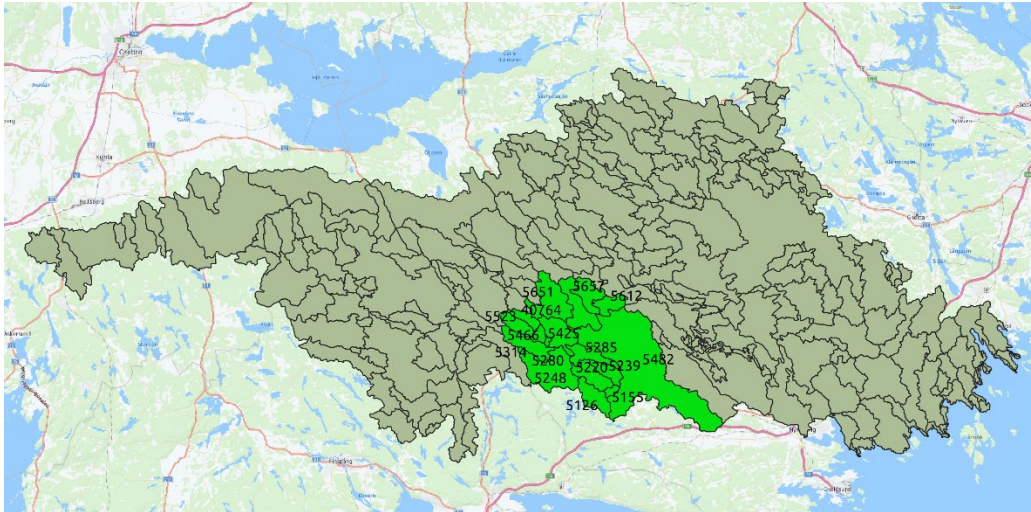
6.2. Kompletterande beräkningar för ytterligare områden i Nyköpingsåns avrinningsområde

Delavrinningsområden

I Tabell 54, Tabell 55, Tabell 56 och Figur 29 redovisas indata för delavrinningsområde Yngaren och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde.

Tabell 54. Jordbruksareal, andel jordbruksareal, medel-P, medellutning och medelavrinning i delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (Widén-Nilsson m. fl. 2019)

Id	Jordbruksareal (ha)	Andel jordbruksareal (%)	Medel P- innehåll i marken (g P/kg jord)	Medellutning (m/m)	Medelavrinning (mm)
5126	132	10	0.47	0.041	189
5155	95	36	0.50	0.034	201
5220	407	27	0.47	0.035	197
5239	365	41	0.50	0.052	186
5248	88	3	0.47	0.044	189
5285	390	28	0.49	0.033	189
5314	70	5	0.47	0.039	187
5425	9	8	0.48	0.042	190
5466	14	4	0.48	0.042	188
5473	135	7	0.49	0.037	181
5482	3726	34	0.51	0.035	186
5523	61	7	0.47	0.054	190
5562	690	32	0.54	0.041	193
5612	215	20	0.54	0.042	181
5651	434	16	0.51	0.050	190
5657	210	17	0.54	0.049	190
40764	5	1	0.51	0.052	180



Figur 29. Delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde.

Tabell 55. Jordartsfördelning i delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (% av jordbruksmark) (Widén-Nilsson m. fl. 2019)

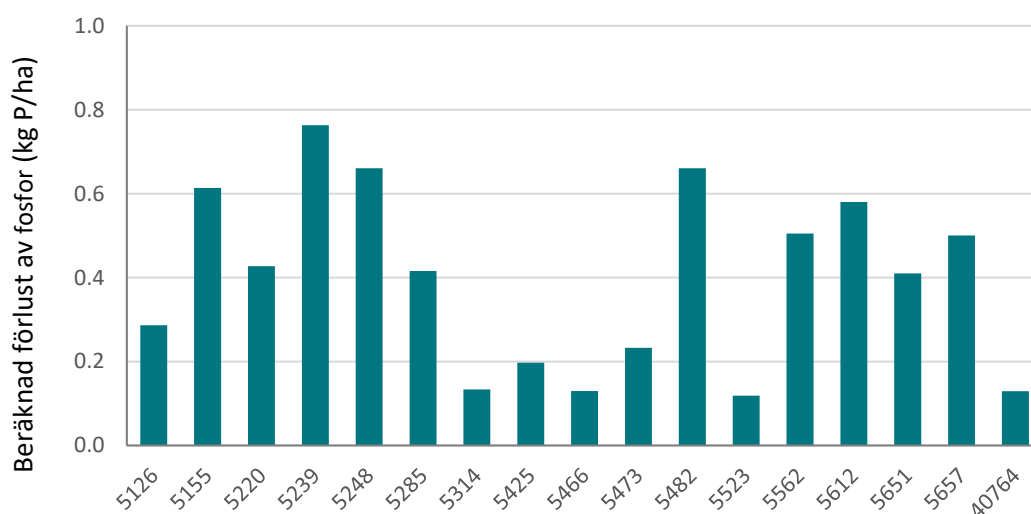
Id	Sand	Loamy sand	Sandy loam	Loam	Silt loam	Sandy clay loam	Clay loam	Silty clay loam	Silty clay	Clay
5126	0	9	1	10	4	1	38	36	1	0
5155	0	0	4	6	8	0	21	60	0	0
5220	0	14	3	7	8	0	20	45	4	0
5239	0	1	0	3	1	0	6	63	26	0
5248	0	9	18	41	9	1	12	7	3	0
5285	0	6	2	7	7	0	23	51	4	0
5314	0	7	8	47	4	0	22	13	0	0
5425	0	0	5	15	3	0	67	11	0	0
5466	0	0	2	67	8	0	15	8	0	0
5473	0	0	7	40	9	0	34	9	0	0
5482	0	0	2	5	16	0	17	48	12	0
5523	0	5	10	59	10	0	8	7	0	0
5562	0	0	1	16	43	0	17	22	0	0
5612	0	0	0	3	26	0	10	58	3	0
5651	0	0	4	14	50	0	21	10	0	0
5657	0	0	0	8	38	0	19	34	1	0
40764	0	0	2	70	15	0	0	13	0	0

Tabell 56. Grödfördelning i delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (% av jordbruksmark) (Widén-Nilsson m. fl. 2019)

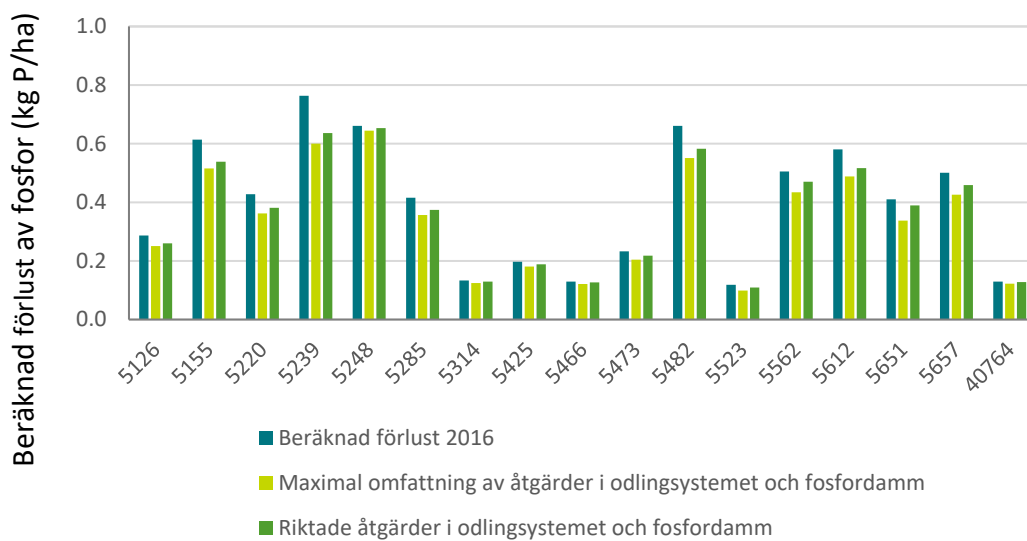
Id	Vårkorn	Höstvete	Vall	Socketbetor	Höstraps	Gröntråda	Havre	Vårvete	Råg	Vårraps	Potatis	Majs	Trindsäd	Stubbtråda
5126	5	1	65	0	0	13	3	0	0	0	0	0	0	12
5155	51	0	32	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	8
5220	20	2	49	0	0	4	7	0	11	2	0	0	1	4
5239	24	36	24	0	0	4	3	0	0	0	0	5	0	4
5248	2	0	74	0	0	11	3	0	0	0	0	0	0	10
5285	10	1	50	0	0	10	8	0	8	4	0	0	0	9
5314	0	0	96	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
5425	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5466	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5473	0	10	74	0	0	3	10	0	0	0	0	0	0	3
5482	19	30	22	0	5	3	8	3	4	0	0	1	2	3
5523	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5562	6	24	44	0	6	1	6	4	0	0	0	0	8	1
5612	22	8	37	0	0	10	2	0	1	0	0	0	12	9
5651	7	4	43	1	20	8	1	7	0	1	0	0	0	7
5657	6	21	58	0	0	1	0	0	6	0	0	0	8	1
40764	0	0	21	0	0	79	0	0	0	0	0	0	0	0

Åtgärdsscenario

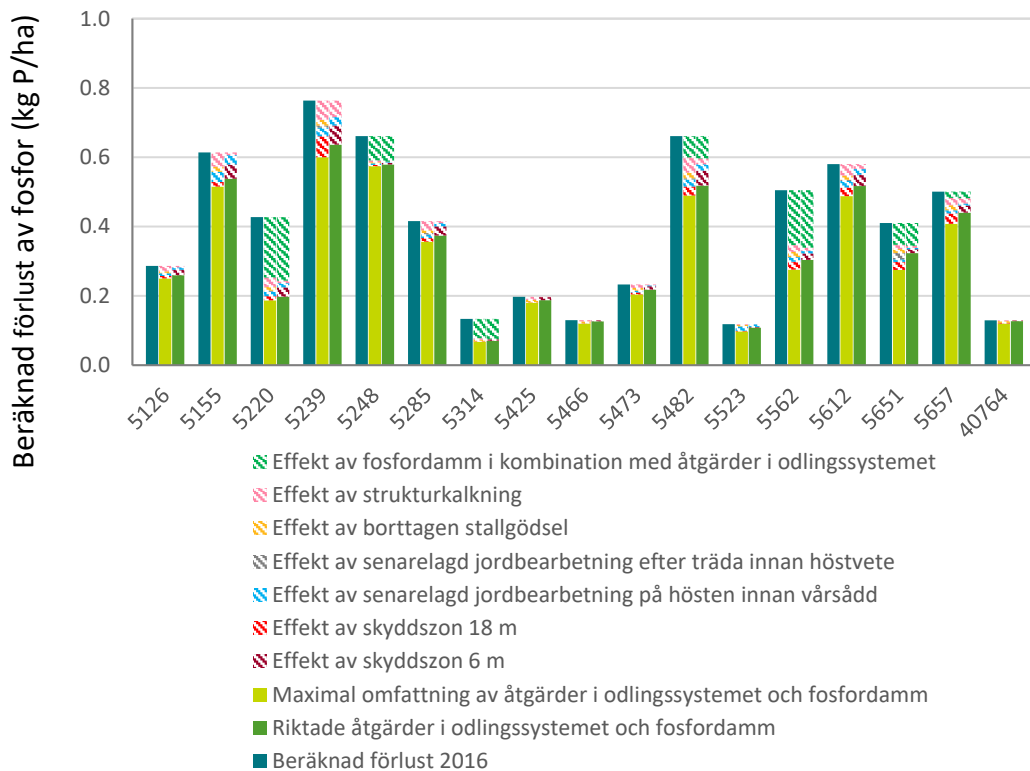
Nedan redovisas resultat av fosforberäkningen för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (Figur 30 - Figur 34).



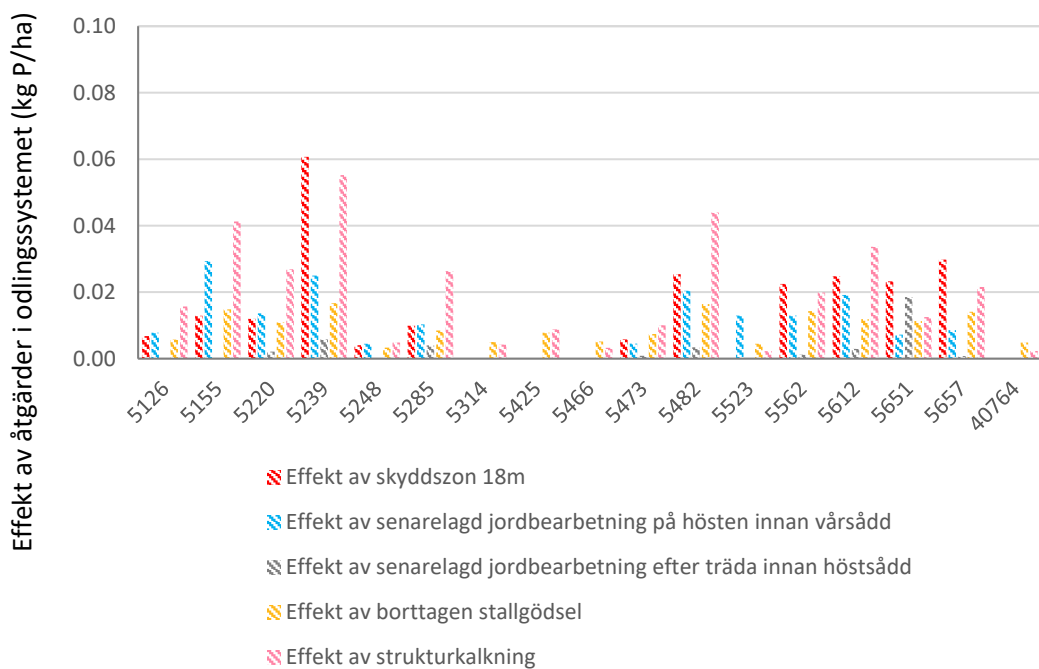
Figur 30. Beräknad förlust av fosfor 2016 i delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (kg P/ha).



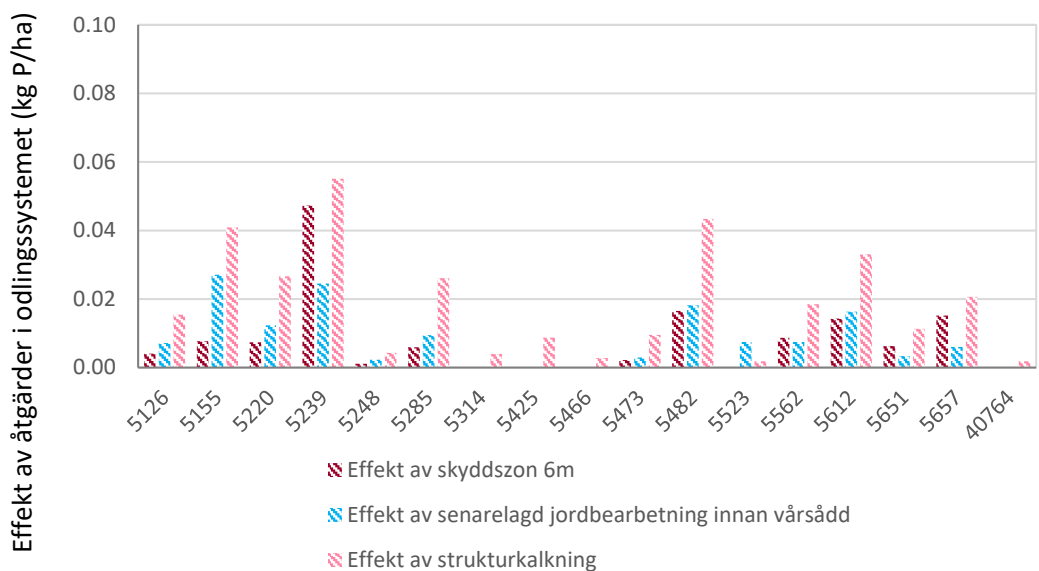
Figur 31. Beräknad förlust efter beräknad effekt av scenarion Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm, Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm samt Endast fosfordamm jämfört med beräknad förlust för 2016 för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde en (kg P/ha).



Figur 32. Beräknad förlust och effekt av åtgärder för scenarierna Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm och Riktade åtgärder i odlingsystemet och fosfordamm jämfört med beräknad fosforförlust 2016 för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde en (kg P/ha). Åtgärder i scenariot Maximal omfattning var skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvetete, borttagen stallgödsel, strukturkalkning och fosfordamm. Åtgärder i scenariot Riktade åtgärder i odlingsystemet var skyddszon 6 m, fosfordamm samt senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvetete och strukturkalkning på jordarter med >30% lerhalt. Observera att metoden för att beräkna effekten av fosfordamm och åtgärder i odlingsystemet är olika.



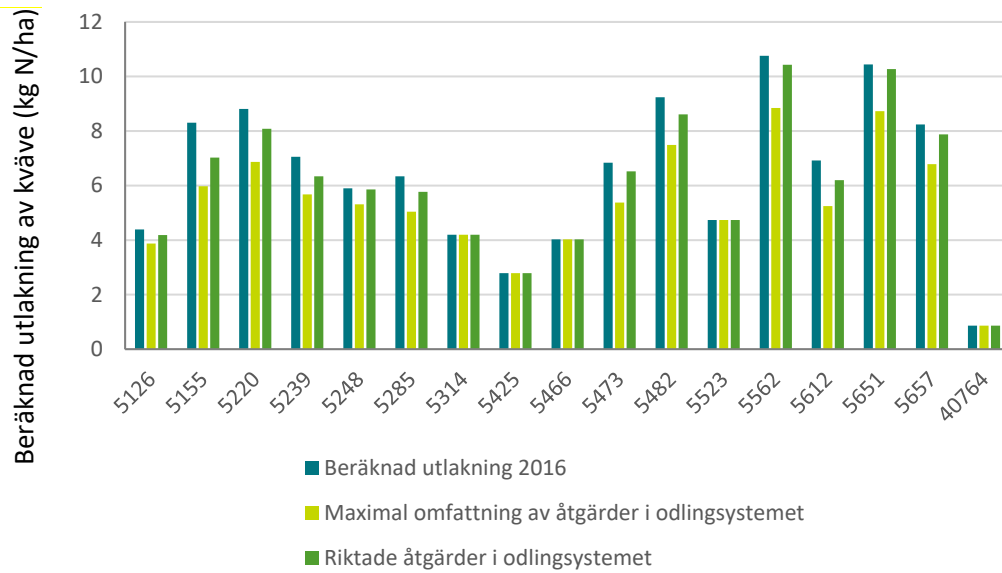
Figur 33. Effekt på förlusten av fosfor vid scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (kg P/ha). Åtgärderna var skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd, borttagen stallgödsel och strukturkalkning. Strukturkalkning var förlagd på jordarter med >15% lerhalt.



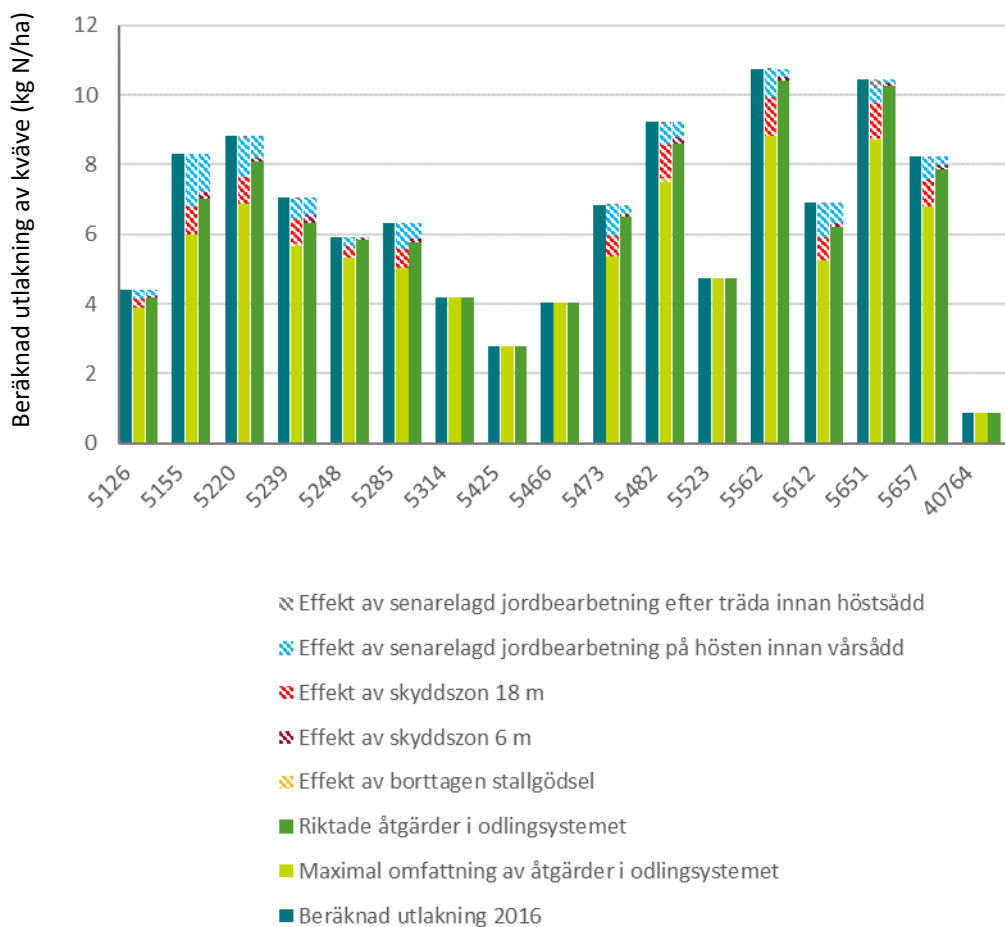
Figur 34. Effekt på förlusten av fosfor vid scenario Riktade åtgärder i odlingsystemet för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (kg P/ha). Åtgärderna var skyddszon 6 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd och strukturkalkning på jordarter med >30% lerhalt.

Åtgärdsscenario kväve

Nedan redovisas kväveberäkningar för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (Figur 35 och Figur 36). Observera att effekten av dammar inte är inkluderad.

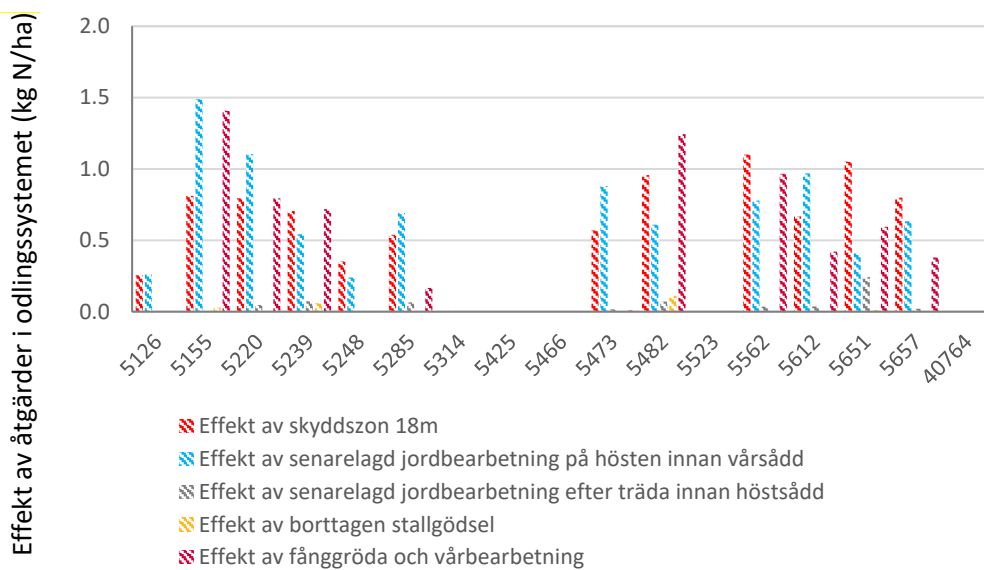


Figur 35. Beräknad utlakning vid scenariona Maximal omfattning av åtgärder och Riktade åtgärder i odlingsystemet jämfört med beräknad utlakning för 2016 för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (kg N/ha).

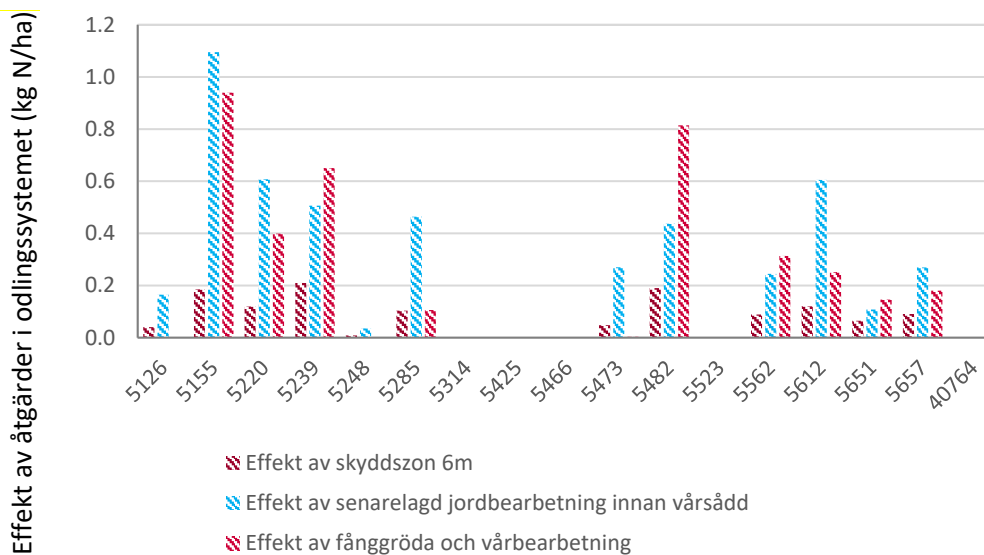


Figur 36. Beräknad utlakning vid scenariona Maximal omfattning av åtgärder och Riktade åtgärder i odlingsystemet jämfört med beräknad kväveutlakning 2016 för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (kg N/ha). Åtgärdena i scenariot Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet var skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvetete, borttagen stallgödsel, strukturkalkning och fosfordamm. Åtgärdena i scenariot Riktade åtgärder i odlingsystemet var skyddszon 6 m, fosfordamm samt senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvetete och strukturkalkning på jordarter med >30% lerhalt.

Effekten av åtgärdena i odlingsystemet redovisas i Figur 45 och Figur 46 till. Åtgärden fånggröda och vårbearbetning kan inte kombineras med åtgärden senarelagd jordbearbetning eftersom de sker på samma areal och plats i växtföljden. Övriga åtgärder står inte i konflikt med varandra utan kan adderas.



Figur 37. Effekt på utlakningen av kväve vid Maximal omfattning av åtgärderna i odlingsystemet för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (kg N/ha). Åtgärderna var skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd, borttagen stallgödsel samt fånggröda och vårbearbetning. Åtgärden fånggröda och vårbearbetning kan inte kombineras med åtgärden senarelagd jordbearbetning eftersom de sker på samma areal och plats i växtföljden. Övriga åtgärder står inte i konflikt med varandra utan kan adderas.



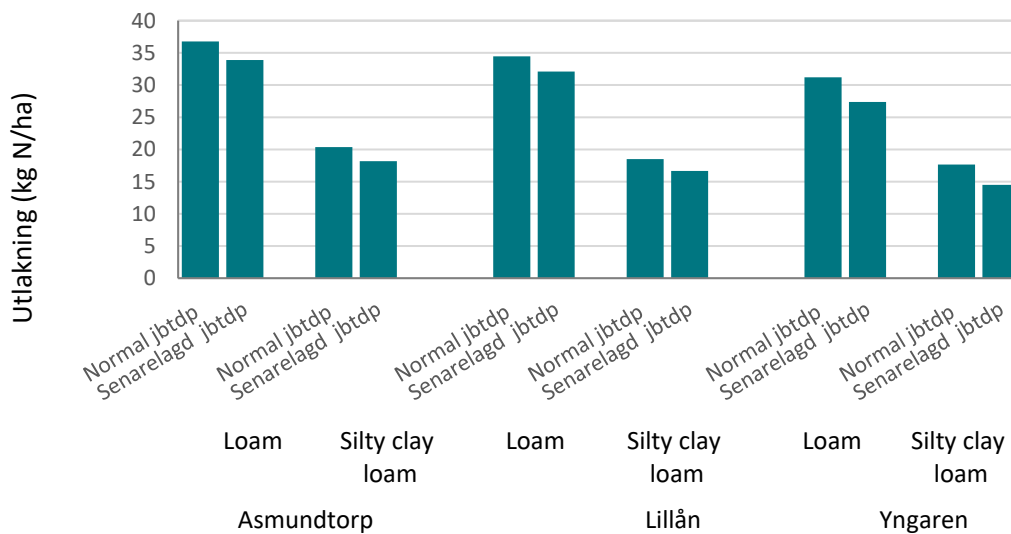
Figur 38. Effekt på utlakningen av kväve vid Riktade åtgärder i odlingsystemet för delavrinningsområdet Yngaren (ID 5482) och ytterligare beräknade områden i Nyköpingsåns avrinningsområde (kg N/ha). Åtgärderna var skyddszon 6 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd samt fånggröda och vårbearbetning på jordar med >30% lerhalt. Åtgärden fånggröda och vårbearbetning kan inte kombineras med åtgärden senarelagd jordbearbetning eftersom de sker på samma areal och plats i växtföljden. Övriga åtgärder står inte i konflikt med varandra utan kan adderas.

6.3. Beräkning av kväveutlakningen

6.3.1. Exempel på koefficienter för olika åtgärder

Kväveförlusterna 2016 och effekten av olika åtgärder i odlingssystemet har beräknats med Typhaltskalkylatorn. Nedan redovisas exempel på olika utlakningskoefficienter vid olika åtgärder.

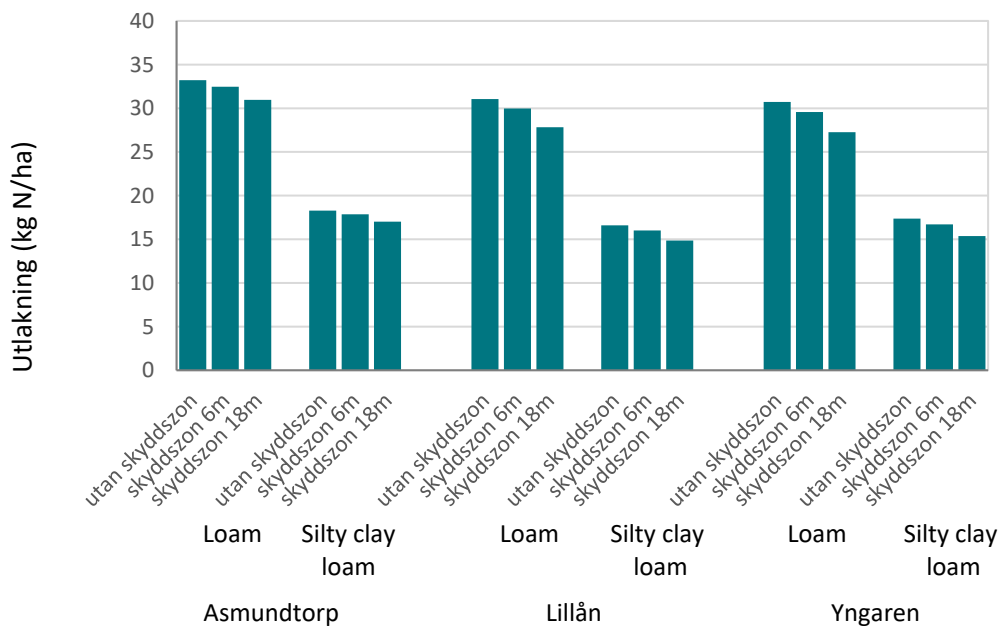
Senarelagd jordbearbetning



Figur 39. Utlakningskoefficienter för vårkorn vid normal tidpunkt (normal jbt dp, 14 okt Asmundtorp, 15 okt Lillån och 6 okt Yngaren) jämfört med vårkorn med senarelagd jordbearbetning (senarelagd jbt dp, 24 nov Asmundtorp, 16 nov Lillån och 15 nov Yngaren) för jordarterna loam och silty clay loam i områdena Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg N/ha).

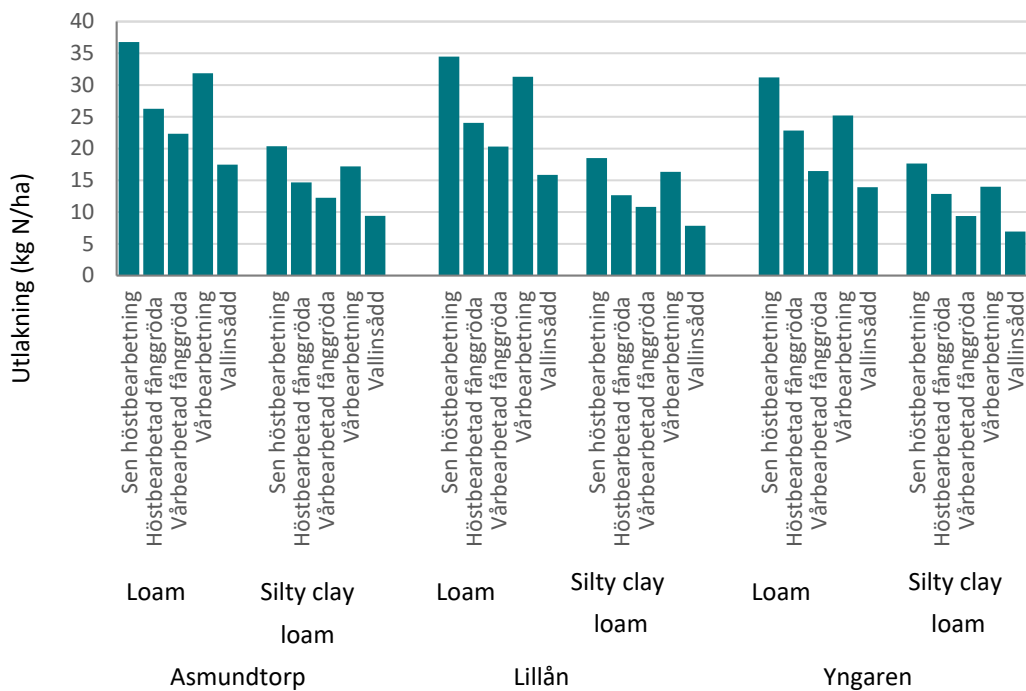
Skyddszon

Effekten av skyddszon beräknades genom att anta att skyddszonen hade utlakning motsvarande extensiv vall.



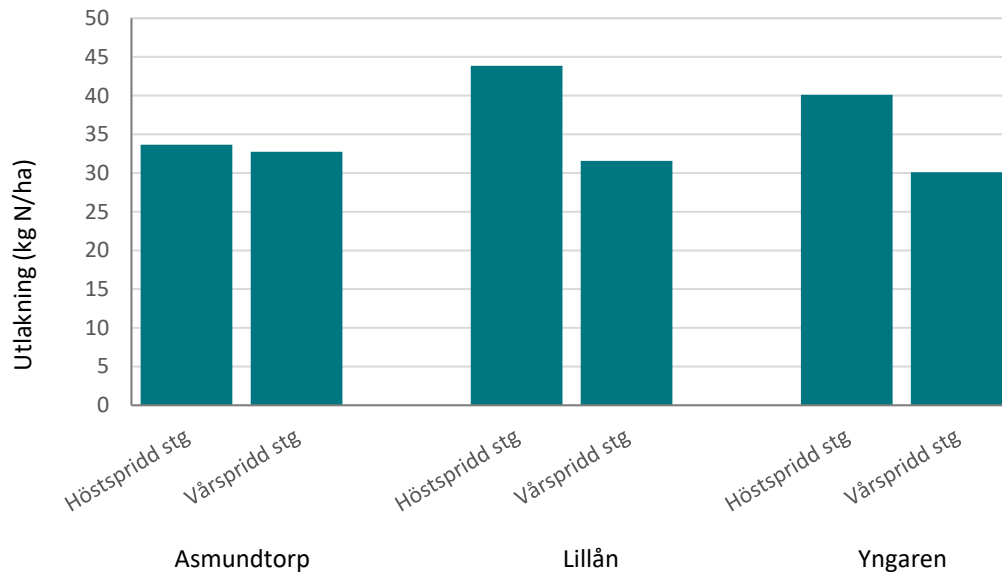
Figur 40. Utlagningskoefficienter för vårkorn, med 18 m skyddszon och 6 m skyddszon jämfört med utan skyddszon för jordarten silty clay loam i områdena Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg N/ha).

Fånggröda och vårbearbetning



Figur 41. Utlagningskoefficienter för vårkorn, med höstbearbetad fånggröda (14 okt Asmundtorp, 15 okt Lillån och 6 okt Yngaren), vårbearbetad fånggröda, vårbearbetning och vallinsädd jämfört med höstbearbetning inför vårsädd för jordarterna loam och silty clay loam i områdena Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg N/ha).

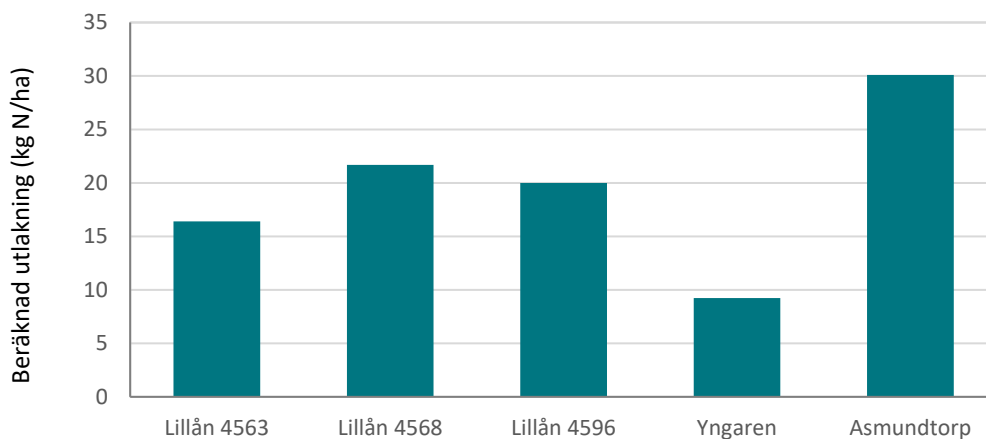
Stallgödselspridningstidpunkt



Figur 42. Utläkningskoefficienter för vårkorn med höst- alternativt vårspridd stallgödsel kompletterad med mineralgödsel (Höstspridd stg respektive Vårspridd stg) för jordarten loam och i områdena Asmundtorp, Lillån och Yngaren (kg N/ha).

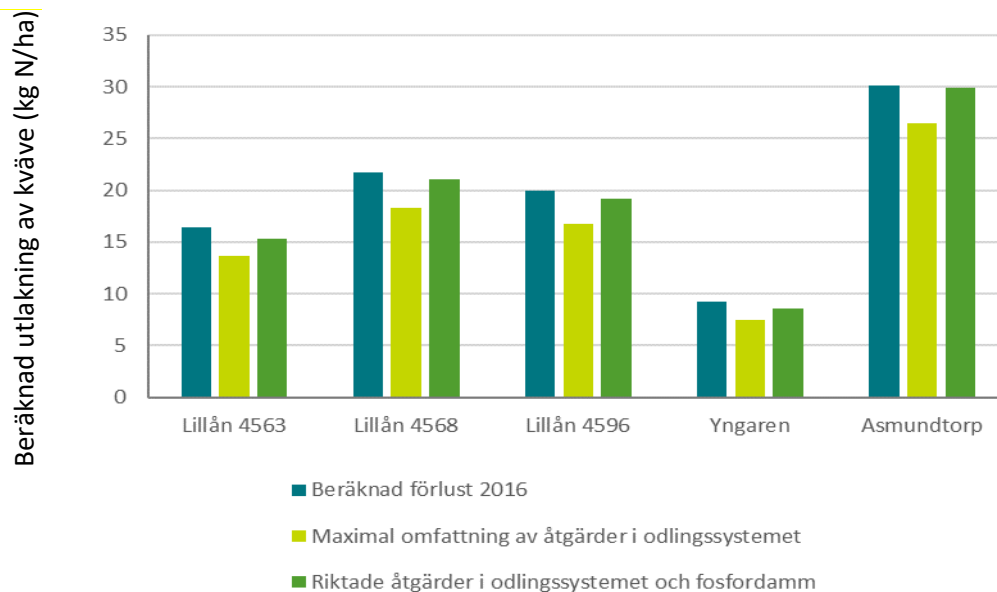
6.3.2. Effekt av olika åtgärder i delavrinningsområdena

Den beräknade förlusten av kväve för 2016 redovisas i Figur 43.

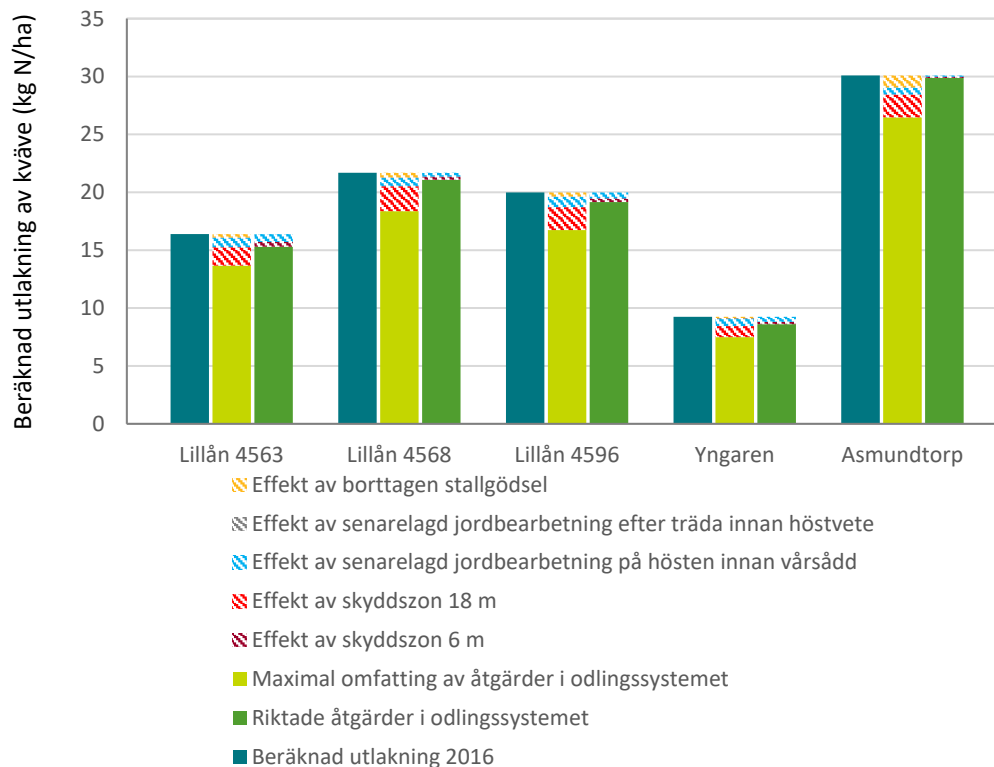


Figur 43. Beräknad utlakning av kväve 2016 för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg N/ha).

Utlakningen och effekten vid de beräknade åtgärderna i odlingsystemet redovisas i Figur 44 och Figur 45. De riktade åtgärderna var anpassade för att minimera fosforförlusterna och därför valdes lerjordar, hade åtgärderna anpassats för att minimera kväveförlusterna hade lättare jordar valts. Strukturkalkning antogs inte ha någon påverkan på kväveutlakningen.

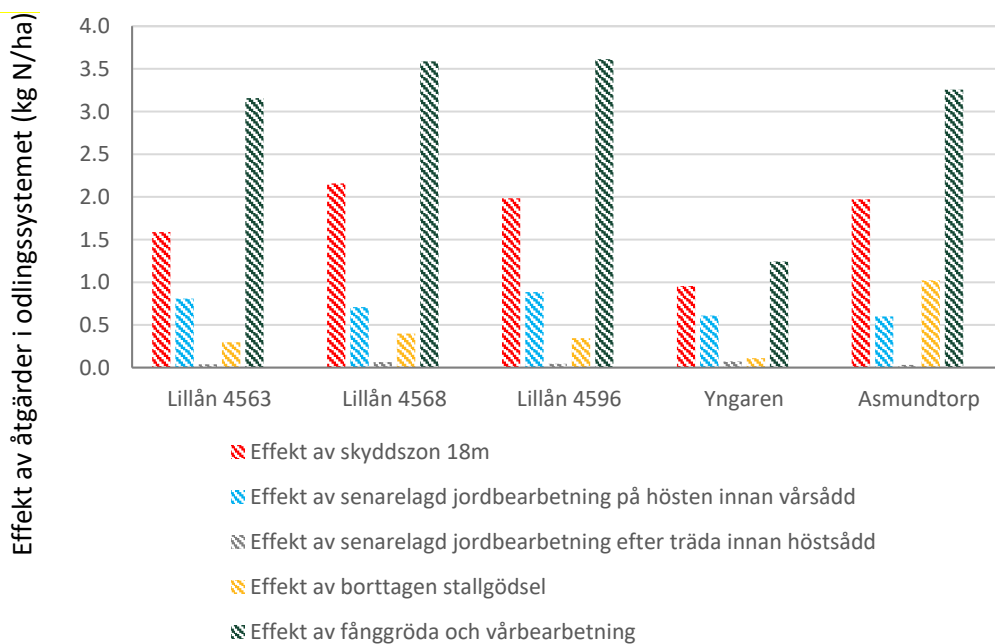


Figur 44. Beräknad utlakning vid scenariona Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och Riktade åtgärder i odlingsystemet jämfört med beräknad utlakning för 2016 för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg N/ha).

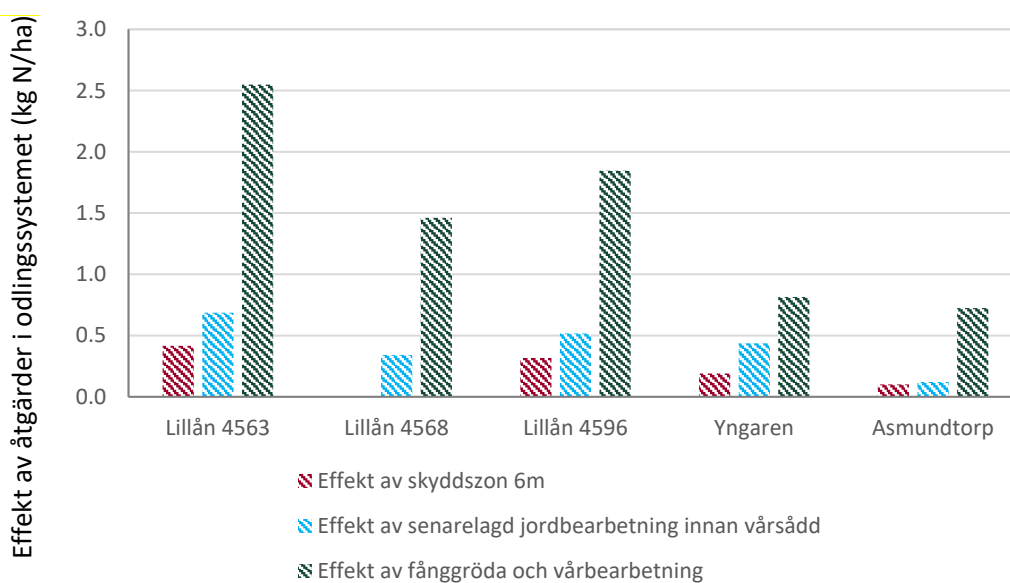


Figur 45. Beräknad utlakning vid scenario Maximal omfattning och Riktade åtgärder i odlingsystemet jämfört med beräknad kväveförlust 2016 för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg N/ha). Åtgärderna i scenariot Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet var skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvetete och borttagen stallgödsel. Åtgärderna i scenariot Riktade åtgärder i odlingsystemet var skyddszon 6 m samt senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd och senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstvetete på jordarter med >30% lerhalt.

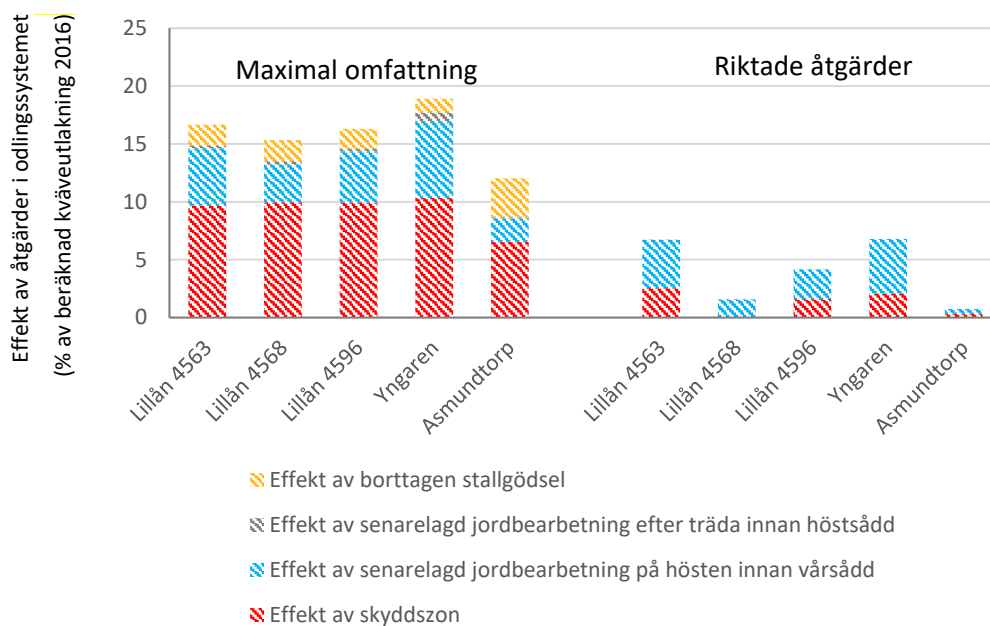
Effekten av de enskilda åkermarksrelaterade åtgärderna redovisas i Figur 46 till Figur 48 och Tabell 58. Åtgärden fånggröda och vårbearbetning kan inte kombineras med åtgärden senarelagd jordbearbetning eftersom de sker på samma areal och plats i växtföljden. Övriga åtgärder står inte i konflikt med varandra utan kan adderas.



Figur 46. Effekt på utlakningen av kväve vid maximal omfattning av åtgärderna skyddszon 18 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd, senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd, borttagen stallgödsel samt fånggröda och vårbearbetning för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg N/ha).



Figur 47. Effekt på utlakningen av kväve vid Scenariot Riktade åtgärder. De beräknade åtgärderna var skyddszon 6 m, senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd och fånggröda och vårbearbetning på jordar med >30% lerhalt för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg N/ha). Observera att åtgärden fånggröda och vårbearbetning inte kan ske samtidigt som senarelagd jordbearbetning innan vårsådd eftersom åtgärderna sker på samma plats i växtföljden.



Figur 48. Effekt på utlakningen av kväve för scenariona Maximal omfattning av åtgärder och Riktade åtgärder i odlingsystemet för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (%). Vid Maximal omfattning var skydds-zonen 18 m och de övriga åtgärderna beräknades vara på samtliga jordar. Vid Riktade åtgärder var skydds-zonen 6 m, senarelagd jordbearbetning på jordar >30% lerhalt.

Tabell 57. Reduktion (%) av kväveläkage från åkermark i förhållande till total förlust för scenarierna Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet och Riktade åtgärder i odlingsystemet för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp

Delavrinningsområde	Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet	Riktade åtgärder i odlingsystemet
Lillån 4563	17	7
Lillån 4568	15	3
Lillån 4596	16	4
Yngaren	19	7
Asmundtorp	12	1

Tabell 58. Beräknad kväveutlakning år 2016 och beräknad effekt av de föreslagna åtgärderna vid scenariona Maximal omfattning av åtgärder och Riktade åtgärder i odlingsystemet för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg N/ha). Effekten avser hela jordbruksarealen i respektive delavrinningsområde

	Lillån 4563	Lillån 4568	Lillån 4596	Yngaren	Asmundtorp
Beräknad förlust år 2016	16	22	20	9	30
Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet					
Skyddszon 18 m	1.6	2.2	2.0	1.0	2.0
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.8	0.7	0.9	0.6	0.6
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
Stallgödsel borttagen	0.3	0.4	0.3	0.1	1.0
Scenario Riktade åtgärder i odlingsystemet					
Skyddszon 6 m	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	0.7	0.3	0.5	0.4	0.1

Nedan redovisas beräknad effekt av dammar på kväveförluster (Tabell 59). Observera att den beräknade kväveutlakningen som dammberäkningen baseras på inte var exakt den samma som i de övriga kväveberäkningarna men var jämförbar.

Tabell 59. Beräknad effekt av dammar vid scenario Endast fosfordammar för delavrinningsområdena Lillån, Yngaren och Asmundtorp (kg N/ha). Dammarna omfattar samma areal som motsvarande fosforberäkning

	Lillån 4563	Lillån 4568	Lillån 4596	Yngaren	Asmundtorp
Dammar	1.0	0.9	0.9	0.5	1.2

Lillån 4563

Tabell 60. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingssystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för delområde Lillån 4563

Lillån 4563	Reducerande effekt (kg N/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg N)
Skyddszon 18 m	13	682	8667
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	2	2308	4404
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	8	27	210
Stallgödsel borttagen	1	1410	1628
Totalt alla åtgärder			14910

Tabell 61. Scenario Riktade åtgärder i odlingssystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för delområde Lillån 4563. Senarelagd jordbearbetning antogs ske på jordarter med >30% lerhalt

Lillån 4563	Reducerande effekt (kg N/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg N)
Skyddszon 6 m	12	196	2274
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	2	2046	3750
Totalt alla åtgärder			6024

Lillån 4568

Tabell 62. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingssystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för Lillån 4568

Lillån 4568	Reducerande effekt (kg N/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg N)
Skyddszon 18 m	17	337	5816
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	2	1140	1907
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	9	18	170
Stallgödsel borttagen	2	696	1076
Totalt alla åtgärder			8968

Tabell 63. Scenario Riktade åtgärder i odlingsystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för delområde Lillån 4568. Senarelagd jordbearbetning antogs ske på jordarter med >30% lerhalt

Lillån 4568	Reducerande effekt (kg N/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg N)
Skyddszon 6 m	13	56	713
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	1	624	922
Totalt alla åtgärder			1636

Lillån 4596

Tabell 64. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingsystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för Lillån 4596.

Lillån 4596	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 18 m	16	140	2216
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	2	473	988
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	8	6	50
Stallgödsel borttagen	1	289	385
Totalt alla åtgärder			3639

Tabell 65. Scenario Riktade åtgärder i odlingsystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för delområde Lillån 4596. Senarelagd jordbearbetning antogs ske på jordarter med >30% lerhalt

Lillån 4596	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 6 m	12	30	355
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	2	309	578
Totalt alla åtgärder			932

Yngaren

Tabell 66. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingssystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för delområde Yngaren

Yngaren	Reducerande effekt (kg N/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg N)
Skyddszon 18 m	7	486	3564
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	5	469	2271
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	13	20	264
Stallgödsel borttagen	1	713	410
Totalt alla åtgärder			6509

Tabell 67. Scenario Riktade åtgärder i odlingssystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för delområde Yngaren. Senarelagd jordbearbetning antogs ske på jordarter med >30% lerhalt

Yngaren	Reducerande effekt (kg N/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg N)
Skyddszon 6 m	6	124	709
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	5	358	1627
Totalt alla åtgärder			2337

Asmundtorp

Tabell 68. Scenario Maximal omfattning av åtgärder i odlingssystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för delområde Asmundtorp

Asmundtorp	Reducerande effekt (kg N/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg N)
Skyddszon 18 m	22	76	1660
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	2	248	504
Senarelagd jordbearbetning efter träda innan höstsådd	8	3	26
Stallgödsel borttagen	7	125	860
Totalt alla åtgärder			3051

Tabell 69. Scenario Riktade åtgärder i odlingsystemet. Reducerande effekt av åtgärder (kg N/ha), åtgärdernas omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för delområde Asmundtorp. Senarelagd jordbearbetning antogs ske på jordarter med >30% lerhalt

Asmundtorp	Reducerande effekt (kg P/ha)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion (kg P)
Skyddszon 6 m	14	6	86
Senarelagd jordbearbetning på hösten innan vårsådd	2	61	102
Total alla åtgärder			187

Dammar

Tabell 70. Scenario Endast fosfordamm. Reducerande effekt av åtgärd (kg N/ha), åtgärdens omfattning (ha) och total reduktion (kg N) för delområde Lillån 4568, Lillån 4568, Lillån 4596, Yngaren and Asmundtorp

	Reducerande effekt (kg N/ha damm)	Åtgärdens omfattning (ha)	Reduktion(kg N)
Lillån 4563	398	14	5374
Lillån 4568	477	5	2387
Lillån 4596	340	3	1021
Yngaren	314	6	1883
Asmundtorp	688	2	1033

