T-VER-S-TOOL-01-02
การคำนวณการสะสมคาร์บอนในดิน
(Calculation for Soil Carbon)

ฉบับที่ 2

วันที่บังคับใช้ 26 มีนาคม 2568

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการกักเก็บทั้งในส่วนของกรณีฐานและการดำเนินงานภายใต้กิจกรรมโครงการ เหมาะสำหรับโครงการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาป่าไม้และการเกษตรที่ประสงค์จะคำนวณปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินของพื้นที่ดำเนินโครงการ โดยการดำเนินโครงการทำให้พื้นที่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสะสมเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินก่อนมีโครงการจนค่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินคงที่ (steady-state)

2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

คาร์บอนในดิน

การสลายตัวของอินทรียวัตถุ (organic matter) ที่สะสมในดินในรูปของอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon)

ดิน

วัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บางๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพหรือผุพังของหินและแร่ และอินทรียวัตถุผสมคลุกเคล้ากัน โดยมีส่วนประกอบดังนี้

- อนินทรียวัตถุ (mineral matter) ได้แก่ส่วนของแร่ธาตุต่างๆ ภายในหินซึ่งผุพังสึกกร่อนเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย โดยทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวเคมี
- อินทรียวัตถุ (organic matter) ได้แก่ส่วนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังหรือสลายตัวของซากพืช ซากสัตว์ที่ทับถมกัน
- น้ำ ในสารละลายซึ่งพบอยู่ในช่องระหว่างเม็ดดิน (aggregate) หรืออนุภาคดิน (particle)
- อากาศ อยู่ในที่ว่างระหว่างเม็ดดินหรืออนุภาคดิน ก๊าซส่วนใหญ่ที่พบทั่วไปในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้คำนวณปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินที่เกิดจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุในพื้นที่โครงการ ยกเว้นพื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่ที่เป็นดินอินทรีย์ (organic soils)

การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนอินทรีย์ในดินในกรณีดำเนินโครงการมีอัตราคงที่ตลอดระยะเวลา 20 ปี นับจากปีที่ดำเนินกิจกรรม

4. การคำนวณปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน

การคำนวณการสะสมคาร์บอนในดินที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมของโครงการ สามารถประเมินปริมาณคาร์บอนในดินได้ 2 ทางเลือก ได้แก่ การประเมินจากตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงตัวอย่าง และจากค่าอ้างอิง กำหนดให้ใช้ทางเลือกเดียวกันในการพิจารณากรณีฐาน และกรณีที่ดำเนินกิจกรรมโครงการ โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ทางเลือกที่ 1 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของตัวอย่างที่เก็บจากแปลงตัวอย่าง

พื้นที่โครงการต้องจำแนกตามชั้นภูมิ (stratification) ที่เหมาะสม เช่น เขตภูมิอากาศ ชนิดดิน การจัดการพื้นที่ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินก่อนเริ่มกิจกรรมโครงการ

ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยทำการเก็บตัวอย่างที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร ให้กระจายและครอบคลุมพื้นที่โครงการ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างดินให้เป็นไปตามหลักวิชาการ วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินและความหนาแน่นรวมของดินจากพื้นที่โครงการโดยตรง แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$SOC_{i,0} = \sum (SOC_{sample,i,0} \; x \; BD_{sample,i,0} \; x \; Dep_{sample,i,0} \; x \; 0.16)/N_i$$

โดยที่

$SOC_{i,0}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการในหน่วยตัวอย่าง i ของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)
$SOC_{sample,i,0}$	=	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของตัวอย่างที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ (ค่าจากห้องปฏิบัติการในหน่วยกรัมของคาร์บอนสำหรับอนุภาคดินขนาด < 2 มิลลิเมตร) (กรัมคาร์บอนต่อดิน 100 กรัม)
$BD_{sample,i,0}$	=	ความหนาแน่นรวมของดินที่มีขนาดอนุภาค <2 มิลลิเมตร จากหน่วยตัวอย่าง i ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ (ค่าจากห้องปฏิบัติการในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
$Dep_{sample,i,0}$	=	ความลึกดินที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ (เซนติเมตร) (จากผิวดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร)
0.16	=	ค่าแปลงหน่วย (1 กรัม = 10^{-6} ตัน และ 1 ไร่ = 1.6 x 10^{7}ตารางเซนติเมตร)
N_i	=	จำนวนแปลงตัวอย่างที่เก็บข้อมูลในหน่วยตัวอย่างที่ i
i	=	ชั้นภูมิ 1, 2, 3, ...

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณปริมาณการคาร์บอนอินทรีย์ในดินกรณีดำเนินโครงการ

ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยทำการเก็บตัวอย่างที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร ให้กระจายและครอบคลุมพื้นที่โครงการ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างดินให้เป็นไปตามหลักวิชาการ วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินและความหนาแน่นรวมของดินจากพื้นที่โครงการโดยตรง แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$SOC_{i,t} = \sum (SOC_{sample,i,t} \; x \; BD_{sample,i,t} \; x \; Dep_{sample,i,t} \; x \; 0.16)/N_i$$

โดยที่

$SOC_{i,t}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินในพื้นที่โครงการจากหน่วยตัวอย่าง i ที่เวลา t (ตันคาร์บอนต่อไร่)
$SOC_{sample,i,t}$	=	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของตัวอย่างที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i ที่เวลา t (ค่าจากห้องปฏิบัติการในหน่วยกรัมของคาร์บอนสำหรับอนุภาคดินขนาด <2 มิลลิเมตร) (กรัมคาร์บอนต่อดิน 100 กรัม)

$BD_{sample,i,t}$ = ความหนาแน่นรวมของดินที่มีขนาดอนุภาค <2 มิลลิเมตร จากหน่วยตัวอย่าง i ที่เวลา t (ค่าจากห้องปฏิบัติการในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

$Dep_{sample,i,t}$ = ความลึกดินที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i ที่เวลา t (เซนติเมตร) (จากผิวดินลึกไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร)

0.16 = ค่าแปลงหน่วย (1 กรัม = 10^{-6} ตัน และ 1 ไร่ = 1.6 x 10^{7}ตารางเซนติเมตร)

N_i = จำนวนแปลงตัวอย่างที่เก็บข้อมูลในหน่วยตัวอย่างที่ i

i = ชั้นภูมิ 1, 2, 3, ...

t = 1, 2, 3, ... ปีตั้งแต่เริ่มดำเนินโครงการ

ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินของพื้นที่โครงการในปีที่ t แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta SOC_t = \sum_i^n (A_i \, x \, (SOC_{i,t} - SOC_{i,0}))$$

โดยที่

ΔSOC_t = การเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินของพื้นที่โครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอน)

A_i = พื้นที่โครงการในชั้นภูมิ i (ไร่)

$SOC_{i,0}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการในหน่วยตัวอย่าง i ของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)

$SOC_{i,t}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินในพื้นที่โครงการจากหน่วยตัวอย่าง i ที่เวลา t (ตันคาร์บอนต่อไร่)

i = ชั้นภูมิ 1, 2, 3, ...

ทางเลือกที่ 2 ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินจากค่าอ้างอิง

ทางเลือกนี้สำหรับโครงการขนาดเล็กมากเท่านั้น (โครงการมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดหรือกักเก็บก๊าซเรือนกระจกไม่เกิน 1,000 tCO_2eq/ปี)

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินก่อนเริ่มกิจกรรมโครงการ แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$SOC_{i,0} = \sum_{i}^{n} (SOC_{ref,i} \times F_{LU_{i,0}} \times F_{MG_{i,0}} \times F_{I_{i,0}})$$

โดยที่

$SOC_{i,0}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการในหน่วยตัวอย่าง i ของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)

$SOC_{ref,i}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินอ้างอิงที่เป็นสภาพตามธรรมชาติ (เช่น พื้นที่ที่ไม่มีการปรับปรุง ไม่เสื่อมสภาพ และปกคลุมด้วยพืชพื้นถิ่น) ตามเขตภูมิอากาศและชนิดดินในหน่วยตัวอย่าง i ของพื้นที่ (ตันคาร์บอนต่อไร่)

$F_{LU_{i,0}}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินตามประเภทการใช้ที่ดินก่อนเริ่มดำเนินโครงการในหน่วยตัวอย่าง i

$F_{MG_{i,0}}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินตามวิธีการจัดการดิน ก่อนเริ่มดำเนินโครงการในหน่วยตัวอย่าง i

$F_{I,i,0}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินตามระดับอินทรียวัตถุที่กลับคืนสู่ดิน ก่อนเริ่มดำเนินโครงการในหน่วยตัวอย่าง i

i = ชั้นภูมิที่ 1, 2, 3, ...

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินคาร์บอนในดินจากการดำเนินกิจกรรมของโครงการ แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$SOC_{i,t} = \sum_{i}^{n} (SOC_{ref,i} \times F_{LU_{i,t}} \times F_{MG_{i,t}} \times F_{I_{i,t}})$$

เมื่อ

$SOC_{i,t}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินในพื้นที่โครงการจากหน่วยตัวอย่าง i ที่เวลา t (ตันคาร์บอนต่อไร่)

$SOC_{ref,i}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินอ้างอิงที่เป็นสภาพตามธรรมชาติ (เช่น พื้นที่ที่ไม่มีการปรับปรุง ไม่เสื่อมสภาพ และปกคลุมด้วยพืชพื้นถิ่น) ตามเขตภูมิอากาศและชนิดดินในหน่วยตัวอย่าง i ของพื้นที่ (ตันคาร์บอนต่อไร่)

$F_{LU_{i,t}}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินตามประเภทการใช้ที่ดินจากการดำเนินกิจกรรม ในหน่วยตัวอย่าง i ในปีที่ t

$F_{MG_{i,t}}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินตามวิธีการจัดการดินจากการดำเนินกิจกรรม ในหน่วยตัวอย่าง i ในปีที่ t

$F_{I_{i,t}}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินตามระดับอินทรียวัตถุที่กลับคืนสู่ดินจากการดำเนินกิจกรรม ในหน่วยตัวอย่าง i ในปีที่ t

i = ชั้นภูมิที่ 1, 2, 3, ...

t = 1, 2, 3, ... ปีตั้งแต่เริ่มดำเนินโครงการ

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินกรณีดำเนินโครงการ โดยกำหนดข้อสมมติฐานเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินดังนี้

1) การดำเนินโครงการทำให้พื้นที่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินสะสมเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินก่อนมีโครงการจนค่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินคงที่ (steady-state)

2) การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนอินทรีย์ในดินในกรณีดำเนินโครงการมีอัตราคงที่ตลอดระยะเวลา 20 ปี นับจากปีที่ดำเนินโครงการ

แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$dSOC_{i,t} = \frac{(SOC_{i,t} - SOC_{i,0})}{20\ years}$$

โดยที่

$dSOC_{i,t}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินของพื้นที่โครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี)

$SOC_{i,t}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินในพื้นที่โครงการจากหน่วยตัวอย่าง i ที่เวลา t (ตันคาร์บอนต่อไร่)

$SOC_{i,0}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการในหน่วยตัวอย่าง i ของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)

เมื่อพิจารณาความไม่แน่นอน (uncertainty) และขีดจำกัดตามธรรมชาติ (inherent limitation) สำหรับความแม่นยำของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในเครื่องมือนี้ กำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีค่าไม่เกินกว่า 0.8 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือ 0.128 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี

ดังนั้น หากประเมิน $dSOC_{t,i}$ >0.128 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี กำหนดให้ $dSOC_{t,i}$ =0.128 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี

ขั้นตอนที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินของพื้นที่โครงการในปีที่ t แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta SOC_t = \sum_i^n (A_i \, x \, dSOC_{i,t} \, x \, T)$$

โดยที่

ΔSOC_t	=	การเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินสำหรับทุกชั้นภูมิของพื้นที่โครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอน)
A_i	=	พื้นที่โครงการในชั้นภูมิ i (ไร่)
$dSOC_{i,t}$	=	อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินของพื้นที่โครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี)
i	=	ชั้นภูมิ 1, 2, 3, ...
T	=	จำนวนปีที่ติดตามผลในช่วงระยะเวลาการขอรับรองคาร์บอนเครดิต (ปี)

5. พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

5.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$SOC_{sample,i,0}$
หน่วย	กรัมคาร์บอนต่อดิน 100 กรัม (อนุภาคดิน <2 มิลลิเมตร)
ความหมาย	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ของตัวอย่างดินที่เก็บที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i และรายงานในหน่วยกรัมคาร์บอนต่อดิน 100 กรัม
แหล่งของข้อมูล	เก็บตัวอย่างจากพื้นที่โครงการนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินก่อนเริ่มโครงการ ($SOC_{i,0}$)
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$BD_{sample,i,0}$
หน่วย	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
ความหมาย	ความหนาแน่นรวมของดินที่มีขนาดอนุภาค <2 มิลลิเมตรต่อหน่วยปริมาตรที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i และกำหนดให้รายงานค่าโดยน้ำหนักแห้ง
แหล่งของข้อมูล	เก็บตัวอย่างจากพื้นที่โครงการนำไปวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินก่อนเริ่มโครงการ ($SOC_{i,0}$)
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$Dep_{sample,i,0}$
หน่วย	เซนติเมตร
ความหมาย	ความลึกดินที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i
แหล่งของข้อมูล	เก็บข้อมูลจากพื้นที่โครงการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินก่อนเริ่มโครงการ ($SOC_{i,0}$)
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	SOC_{ref}
หน่วย	ตันคาร์บอนต่อไร่
ความหมาย	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินอ้างอิงที่เป็นสภาพตามธรรมชาติ (เช่น พื้นที่ที่ไม่มีการปรับปรุง ไม่เสื่อมสภาพ และปกคลุมด้วยพืชพื้นถิ่น)
แหล่งของข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 เก็บตัวอย่างจากพื้นที่เป็นสภาพตามธรรมชาติ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการคาร์บอนที่สะสมในดินอ้างอิง ทางเลือกที่ 2 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use ทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ
หมายเหตุ	ภาคนวก ตารางที่ 1

พารามิเตอร์	$F_{LU_{i,0}}$
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน ตามประเภทการใช้ที่ดิน
แหล่งของข้อมูล	2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
หมายเหตุ	ภาคผนวก ตารางที่ 2

พารามิเตอร์	$F_{MG_{i,0}}$
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน ตามวิธีการจัดการดิน

แหล่งของข้อมูล	2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
หมายเหตุ	ภาคผนวก ตารางที่ 2

พารามิเตอร์	$F_{I,i,0}$
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน ตามระดับอินทรียวัตถุที่กลับคืนสู่ดิน
แหล่งของข้อมูล	2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
หมายเหตุ	ภาคผนวก ตารางที่ 2

5.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	A_i
หน่วย	ไร่
ความหมาย	พื้นที่ของหน่วยตัวอย่าง i
แหล่งของข้อมูล	รายงานการสำรวจพื้นที่ที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์
วิธีการติดตามผล	- สำรวจในพื้นที่ - ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ
ความถี่ในการติดตามผล	ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$SOC_{sample,i,t}$
หน่วย	กรัมคาร์บอนต่อดิน 100 กรัม (อนุภาคดิน <2 มิลลิเมตร)
ความหมาย	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ของตัวอย่างดินที่เก็บที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i และรายงานในหน่วยกรัมคาร์บอนต่อดิน 100 กรัม
แหล่งของข้อมูล	เก็บตัวอย่างจากพื้นที่โครงการนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินกรณีดำเนินโครงการ ($SOC_{i,t}$)
ความถี่ในการติดตาม	ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$BD_{sample,i,t}$

หน่วย	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
ความหมาย	ความหนาแน่นรวมของดินที่มีขนาดอนุภาค <2 มิลลิเมตรต่อหน่วยปริมาตรที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i และกำหนดให้รายงานค่าโดยน้ำหนักแห้ง
แหล่งของข้อมูล	เก็บตัวอย่างจากพื้นที่โครงการนำไปวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินกรณีดำเนินโครงการ ($SOC_{i,t}$)
ความถี่ในการติดตาม	ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$Dep_{sample,i,t}$
หน่วย	เซนติเมตร
ความหมาย	ความลึกดินที่เก็บจากหน่วยตัวอย่าง i
แหล่งของข้อมูล	เก็บข้อมูลจากพื้นที่โครงการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินกรณีดำเนินโครงการ ($SOC_{i,t}$)
ความถี่ในการติดตาม	ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$F_{LU_{i,t}}$
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน ตามประเภทการใช้ที่ดิน
แหล่งของข้อมูล	2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
วิธีการติดตามผล	บันทึกประเภทการใช้ที่ดินโดยเกษตรกรหรือผู้พัฒนาโครงการด้วยวิธีการที่เหมาะสม
ความถี่ในการติดตามผล	ตลอดช่วงที่ติดตามผล
หมายเหตุ	ภาคผนวก ตารางที่ 2

พารามิเตอร์	$F_{MG_{i,t}}$
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน ตามวิธีการจัดการดิน

แหล่งของข้อมูล	2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
วิธีการติดตามผล	บันทึกระดับอินทรียวัตถุที่กลับคืนสู่ดินโดยเกษตรกรหรือผู้พัฒนาโครงการด้วยวิธีการที่เหมาะสม
ความถี่ในการติดตามผล	ตลอดช่วงที่ติดตามผล
หมายเหตุ	ภาคผนวก ตารางที่ 2

พารามิเตอร์	$F_{MG_{i,t}}$
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน ตามระดับอินทรียวัตถุที่กลับคืนสู่ดิน
แหล่งของข้อมูล	2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
วิธีการติดตามผล	บันทึกระดับอินทรียวัตถุที่กลับคืนสู่ดินโดยเกษตรกรหรือผู้พัฒนาโครงการด้วยวิธีการที่เหมาะสม
ความถี่ในการติดตามผล	ตลอดช่วงที่ติดตามผล
หมายเหตุ	ภาคผนวก ตารางที่ 2

เอกสารอ้างอิง

1) AR-TOOL16: Tool for estimation of change in soil organic carbon stocks due to the implementation of A/R CDM project activities (Version 01.1.0)
2) 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
3) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 SOC จำแนกตามเขตภูมิอากาศและชนิดดิน

TABLE 2.3 (UPDATED)
DEFAULT REFERENCE CONDITION SOIL ORGANIC CARBON STOCKS (SOC_{REF}) FOR MINERAL SOILS (TONNES C HA^{-1} IN 0-30 CM DEPTH) [1,2]

IPCC Climate Zone [5]	IPCC soil class [6]		
	High activity clay soils (HAC) [7]	**Low activity clay soils (LAC)** [8]	**Sandy soils (SAN)** [9]
Polar Moist/Dry (Px - undiff)[13]	59 ± 41% (24)	NA	27 ± 67% (18)
Boreal Moist/Dry (Bx - undiff)[13]	63 ± 18% (35)	NA	10 ± 90% [4]
Cool temperate dry (C2)	43 ± 8% (177)	33 ± 90% [3]	13 ± 33% (10)
Cool temperate moist (C1)	81 ± 5% (334)	76 ± 51% (6)	51 ± 13% (126)
Warm temperate dry (W2)	24 ± 5% (781)	19 ± 16% (41)	10 ± 5% (338)
Warm temperate moist (W1)	64 ± 5% (489)	55 ± 8% (183)	36 ± 23% (39)
Tropical dry (T4)	21 ± 5% (554)	19 ± 10% (135)	9 ± 9% (164)
Tropical moist (T3)	40 ± 7% (226)	38 ± 5% (326)	27 ± 12% (76)
Tropical wet (T2)	60 ± 8% (137)	52 ± 6% (271)	46 ± 20% (43)
Tropical montane (T1)	51 ± 10% (114)	44 ± 11% (84)	52 ± 34% (11)
	Spodic soils (POD) [10]	**Volcanic soils (VOL)** [11]	**Wetland soils (WET)** [12]
Polar Moist/Dry (Px - undiff)[13]	NO	NA	NA
Boreal Moist/Dry (Bx - undiff)[13]	117 ± 90% [3]	20 ± 90% [4]	116 ± 65% (6)
Cool temperate dry (C2)	NO	20 ± 90% [4]	87 ± 90% [3]
Cool temperate moist (C1)	128 ± 14% (45)	136 ± 14% (28)	128 ± 13% (42)
Warm temperate dry (W2)	NO	84 ± 65% (10)	74 ± 17% (49)
Warm temperate moist (W1)	143 ± 30% (9)	138 ± 12% (42)	135 ± 28% (28)
Tropical dry (T4)	NA	50 ± 90% [4]	22 ± 17% (32)
Tropical moist (T3)	NA	70 ± 90% [4]	68 ± 17% (55)
Tropical wet (T2)	NA	77 ± 27% (14)	49 ± 19% (33)
Tropical montane (T1)	NA	96 ± 31% (10)	82 ± 50% (12)

ที่มา 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Chapter 2: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-Use Categories

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน ตามการจัดการพื้นที่เกษตร

TABLE 5.5 (UPDATED)
RELATIVE CARBON STOCK CHANGE FACTORS (F_{LU}, F_{MG}, AND F_I) (OVER 20 YEARS) FOR MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND

Factor value type	Level	Temperature regime	Moisture regime[1]	IPCC defaults	Error [2,3]	Description
Land use[5] (F_{LU})	Long-term cultivated	Cool Temperate/ Boreal	Dry	0.77	±14%	Represents area that has been converted from native conditions and continuously managed for predominantly annual crops over 50 yrs. Land-use factor has been estimated under a baseline condition of full tillage and nominal ("medium") carbon input levels. Input and tillage factors are also applied to estimate carbon stock changes, which includes changes from full tillage and medium input.
			Moist	0.70	±12%	
		Warm Temperate	Dry	0.76	±12%	
			Moist	0.69	±16%	
		Tropical	Dry	0.92	±13%	
			Moist/Wet	0.83	±11%	
Land use[6] (F_{LU})	Paddy rice	All	Dry and Moist/Wet	1.35	±4%	Long-term (> 20 year) annual cropping of wetlands (paddy rice). Can include double-cropping with non-flooded crops. For paddy rice, tillage and input factors are not used.
Land use[5] (F_{LU})	Perennial/ Tree Crop	Temperate/ Boreal	Dry and Moist	0.72	±22%	Long-term perennial tree crops such as fruit and nut trees, coffee and cacao.
		Tropical	Dry and Moist/Wet	1.01	±25%	
Land use (F_{LU})	Set aside (< 20 yrs)	Temperate/ Boreal and Tropical	Dry	0.93	±11%	Represents temporary set aside of annually cropland (e.g., conservation reserves) or other idle cropland that has been revegetated with perennial grasses.
			Moist/Wet	0.82	±17%	
		Tropical montane[44]	n/a	0.88	±50%	
Tillage (F_{MG})	Full	All	Dry and Moist/Wet	1.00	n/a	Substantial soil disturbance with full inversion and/or frequent (within year) tillage operations. At planting time, little (e.g., <30%) of the surface is covered by residues.
Tillage[7] (F_{MG})	Re-duced	Cool Temperate/ Boreal	Dry	0.98	±5%	Primary and/or secondary tillage but with reduced soil disturbance (usually shallow and without full soil inversion). Normally leaves surface with >30% coverage by residues at planting.
			Moist	1.04	±4%	
		Warm Temperate	Dry	0.99	±3%	
			Moist	1.05	±4%	
		Tropical	Dry	0.99	±7%	
			Moist/Wet	1.04	±7%	
Tillage[7] (F_{MG})	No-till	Cool Temperate/ Boreal	Dry	1.03	±4%	Direct seeding without primary tillage, with only minimal soil disturbance in the seeding zone. Herbicides are typically used for weed control.
			Moist	1.09	±4%	
		Warm Temperate	Dry	1.04	±3%	
			Moist	1.10	±4%	
		Tropical	Dry	1.04	±7%	
			Moist/Wet	1.10	±5%	

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดิน ตามการจัดการพื้นที่เกษตร (ต่อ)

TABLE 5.5 (UPDATED) (CONTINUED)
RELATIVE CARBON STOCK CHANGE FACTORS (F_{LU}, F_{MG}, AND F_I) (OVER 20 YEARS) FOR MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND

Factor value type	Level	Temper-ature regime	Moisture regime[1]	IPCC defaults	Error [2,3]	Description
Input (F_I)	Low	Tem-perate/ Boreal	Dry	0.95	±13%	Low residue return occurs when there is removal of residues (via collection or burning), frequent bare-fallowing, production of crops yielding low residues (e.g., vegetables, tobacco, cotton), no mineral fertilization or N-fixing crops.
			Moist	0.92	±14%	
		Tropical	Dry	0.95	±13%	
			Moist/ Wet	0.92	±14%	
		Tropical montane[4]	n/a	0.94	±50%	
Input (F_I)	Mediu m	All	Dry and Moist/ Wet	1.00	n/a	Representative for annual cropping with cereals where all crop residues are returned to the field. If residues are removed then supplemental organic matter (e.g., manure) is added. Also requires mineral fertilization or N-fixing crop in rotation.
Input (F_I)	High without manure	Tem-perate/ Boreal and Tropical	Dry	1.04	±13%	Represents significantly greater crop residue inputs over medium C input cropping systems due to additional practices, such as production of high residue yielding crops, use of green manures, cover crops, improved vegetated fallows, irrigation, frequent use of perennial grasses in annual crop rotations, but without manure applied (see row below).
			Moist/ Wet	1.11	±10%	
		Tropical montane[4]	n/a	1.08	±50%	
Input (F_I)	High – with manure	Tem-perate/ Boreal and Tropical	Dry	1.37	±12%	Represents significantly higher C input over medium C input cropping systems due to an additional practice of regular addition of animal manure.
			Moist/ Wet	1.44	±13%	
		Tropical montane[4]	n/a	1.41	±50%	

ที่มา 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Chapter 5: Cropland

บันทึกการแก้ไข T-VER-S-TOOL-01-02

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
02	01	26 มีนาคม 2568	- ลักษณะกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้ - การคำนวณปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน - พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง - ภาคผนวก
01	-	1 มีนาคม 2566	ปรับแก้ไขจาก T-VER-TOOL-FOR/AGR-02 Version 03