

چارچوب کربن زدایی منطقه‌ای سندیه‌گو

خلاصه گزارش ویژه سیاست‌گذاران



گروه پروژه

سرپرست پروژه

Gordon C. McCord

سرپرست همکار و استادیار اقتصاد

مدیر، ابتکار سیاستی SDG

دانشکده سیاست و راهبرد جهانی، دانشگاه سن‌دیگو کالیفرنیا (UC San Diego)

مدیر پروژه

Elise Hanson، کانتی سن‌دیگو، گروه کاربری زمین و محیط‌زیست (LUEG)

نمایندگان کانتی سن‌دیگو

Murtaza Baxamusa

Rebeca Appel

Sarah Aghassi

Yasamin Rasoulzadeh

Michael De La Rosa

Donna Durckel

Nicole Boghossian Ambrose

Jennifer Lawson

Renee Loewer

نویسندگان فصل

مقدمه

LUEG، Murtaza H. Baxamusa

رویکرد طرح پژوهشی

Evolved Energy Research، Ryan A. Jones

تحلیل زمین-فضایی تولید انرژی تجدیدپذیر

Montara Mountain Energy، Emily Leslie

UC San Diego، Joseph Bettles

شتاب‌بخشی به روند کربن‌زدایی عمیق در بخش حمل‌ونقل

Katy Cole, Fehr & Peers

Chelsea Richer, Fehr & Peers

Eleanor Hunts, Fehr & Peers

کربن‌زدایی از ساختمان‌ها

Synapse Energy Economics ،Philip Eash-Gates

Synapse Energy Economics ،Jason Frost

Synapse Energy Economics ،Shelley Kwok

Synapse Energy Economics ،Jackie Litynski

Synapse Energy Economics ،Kenji Takahashi

Synapse Energy Economics ،Asa Hopkins

راهکارهای اقلیمی طبیعی و دیگر ملاحظات کاربری زمین

UC San Diego ،Elise Hanson

Montara Mountain Energy ،Emily Leslie

پیامدهای اشتغال از طریق کربن‌زدایی در منطقه سن‌دیه‌گو

Robert Pollin ،موسسه تحقیقات اقتصاد سیاسی (PERI) ، دانشگاه ماساچوست امهرست

PERI ،Jeannette Wicks-Lim ، دانشگاه ماساچوست امهرست

PERI ،Shouvik Chakraborty ، دانشگاه ماساچوست امهرست

PERI ،Gregor Semieniuk ، دانشگاه ماساچوست امهرست

ملاحظات سیاستی کلیدی در منطقه سن‌دیه‌گو

UC San Diego ،Joseph Bettles

UC San Diego ،Gordon C. McCord

UC San Diego ،David G. Victor

UC San Diego ،Emily Carlton

تحلیل فرصت سیاست محلی

Scott Anders ، مرکز ابتکارات سیاستی انرژی (EPIC) ، دانشکده حقوق دانشگاه سن‌دیه‌گو

EPIC ،Nilmini Silva Send ، دانشکده حقوق دانشگاه سن‌دیه‌گو

Joe Kaatz, EPIC ، دانشکده حقوق دانشگاه سن‌دیه‌گو

Yichao Gu, EPIC ، دانشکده حقوق دانشگاه سن‌دیه‌گو

Marc Steele, EPIC ، دانشکده حقوق دانشگاه سن‌دیه‌گو

منطقه سن‌دیه‌گو به‌عنوان الگو

Elena Crete ، شبکه راهکارهای توسعه پایدار (SDSN) سازمان ملل

Julie Topf ، شبکه راهکارهای توسعه پایدار (SDSN) سازمان ملل

پیوست A: خلاصه الگوسازی سامانه انرژی ایالتی

Evolved Energy ،Ryan A. Jones

پیوست B: بررسی اختیار حوزه‌ها و نهادهای محلی در زمینه تاثیرگذاری و نظارت بر آلاینده‌های GHG

Joe Kaatz, EPIC ، دانشگاه سن‌دیه‌گو

قردانی

تشکر ویژه از هیات سرپرستی کانتی سن‌دیه‌گو: رئیس Nathan Fletcher، معاون Nora Vargas، ناظر Joel Anderson، ناظر Terra Lawson-Remer، و ناظر Jim Desmond، بابت راهنمایی و مدیریت روند ایجاد این چارچوب.

نویسندگان از David Victor بابت نقش مشاوره وی در این پروژه، و نیز Joseph Bettles، Emily Tyler Spencer، Elissa Bozhkov، Jeffrey Myers و بابت حمایت پژوهشی و ویرایشی، و Isaac Wang بابت حمایت از روند مدیریت پروژه قردانی می‌کنند.

گروه پروژه از افراد زیر، بابت ارائه مشاوره راهبردی به نمایندگان کانتی سن‌دیه‌گو، سپاسگزاری می‌کند: Elizabeth King (اداره محافظت از محیط‌زیست کالیفرنیا)، Jamal Russell Black (مرکز سیاست و نوآوری منطقه‌ای سن‌دیه‌گو)، Christiana DeBenedict (بنیاد سن‌دیه‌گو)، Everett Au (بنیاد سن‌دیه‌گو)، Amenah Gulamhusein (بنیاد سن‌دیه‌گو)، و Susan L. Guinn (مرکز سیاست و نوآوری منطقه‌ای سن‌دیه‌گو).

گروه پروژه مایل است از کارگروه فنی و همه شرکت‌کنندگان و صاحب‌نظرانی که با صرف وقت و دانش ارزشمند خود به ارائه توضیحات کتبی/شفاهی و حضور در جلسات و کارگاه‌های ما پرداختند، تشکر کند.

اطلاعیه سلب مسئولیت

این گزارش با بودجه کانتی سن‌دیه‌گو تهیه شده است. نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافی با نهادهای مرتبط منطقه سن‌دیه‌گو ندارند.

استناد به این خلاصه گزارش باید به این صورت باشد:

Katy، Ryan A. Jones، Joseph Bettles، Emily Leslie، Murtaza H. Baxamusa، Elise Hanson، Gordon C.، McCord Kenji، Jackie Litynski، Shelley Kwok، Jason Frost، Philip Eash-Gates، Eleanor Hunts، Chelsea Richer، Cole David G.، Gregor Semieniuk، Shouvik Chakraborty، Jeannette Wicks-Lim، Robert Pollin، Asa Hopkins، Takahashi Julie، Elena Crete، Marc Steele، Yichao Gu، Joe Kaatz، Nilmini Silva Send، Scott Anders، Emily Carlton، Victor Topf. چارچوب کریزندایی منطقه‌ای سن‌دیه‌گو: خلاصه گزارش ویژه سیاست‌گذاران. کانتی سن‌دیه‌گو، کالیفرنیا 2022.

مقدمه

اجماع علمی جهانی صراحت دارد که جهان با بحران اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسان روبروست و فرصت ما برای کاستن چشمگیر از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) رو به پایان است.^۱ فعالیت‌های انسان و انباشت سریع GHG در جو و اقیانوس‌ها سبب گرمایش کره زمین و ایجاد تغییرات سریع و خطرناک شده است. در پیمان‌های جهانی، مانند توافق اقلیمی پاریس، و سیاست‌های کالیفرنیا در حوزه قانون‌گذاری و اجرا، فوریت کربن‌زدایی در صنایع مختلف پذیرفته شده است. در حالی که تلاش‌های دیپلماتیک برای دستیابی به موفقیت در حوزه تغییرات اقلیمی با شکست روبرو شده است، الگوهای منطقه‌ای حل مساله با در نظر گرفتن تعهدات بین‌المللی و نیازهای محلی را می‌توان رویکرد کارآمدتری دانست.

گزارش فنی چارچوب کربن‌زدایی منطقه‌ای (RDF) سن‌دیه‌گو به ارائه راهکارهای فنی و سیاستی در زمینه کربن‌زدایی میان‌مدت می‌پردازد تا زمینه سیاست‌گذاری کوتاه‌مدت را برای دولت‌های منطقه‌ای، کانتی و شهری فراهم کند. این گزارش الگویی از راهکارهای علمی برای دستیابی به آلاینده‌گی کربنی صفر مطلق در منطقه سن‌دیه‌گو تا سال 2045 ارائه می‌کند. این الگو با الزامات توافق اقلیمی پاریس و رهنمودهای ایالت کالیفرنیا (ایالتی) سازگار است. این راهکارها چشم‌انداز مشترکی برای کاهش کلی آلاینده‌گی GHG خالص در منطقه سن‌دیه‌گو، در راستای هدف صفر مطلق کالیفرنیا، ایجاد می‌کند. این گزارش شامل تحلیلی فنی از نقش بخشهای مختلف صنایع تامین انرژی در فرآیند کربن‌زدایی است ولی راهکار «درست» را معرفی نمی‌کند.

در عوض، راه‌های مختلفی برای دستیابی به اهداف آلاینده‌گی منطقه‌ای در بخشهای مختلف، با تاکید بر مزایا و معایب، مزایای جانبی، نقاط تصمیم‌گیری، مخاطرات و هم‌افزایی‌ها، ارائه می‌کند. تحلیل‌ها و راهکارها باید همگام با پیشرفت فناوری یا روند رفع ابهامات، به‌روز شود. در این زمینه، فرآیندهای سیاستی برای آگاه‌سازی حوزه‌های منطقه‌ای از ابهامات و سازگارسازی راهبردها بر اساس اطلاعات جدید، در این گزارش بیان شده است.

چارچوب طرح پژوهشی و ملاحظات کلیدی سیاستی

این گزارش به روش کربن‌زدایی عمیق در سامانه انرژی منطقه‌ای سن‌دیه‌گو با رعایت الزامات ایالتی و ملی صفر مطلق می‌پردازد. سامانه انرژی به کل میزان تولید و مصرف انرژی در بخشهای نیروی برق، حمل‌ونقل و ساختمان اطلاق می‌شود. کربن‌زدایی عمیق به فرآیند کاهش چشمگیر میزان انتشار دی‌اکسید کربن (CO₂) و دیگر آلاینده‌های GHG در بخشهای مختلف اقتصاد گفته می‌شود.

^۱ هیات بین‌دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC)، «تغییر اقلیم 2022: پیامدها، سازگارسازی و آسیب‌پذیری. خلاصه گزارش ویژه سیاست‌گذاران.» گزارش ارزیابی ششم WGII، فوریه 2022. در نشانی: https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf

عبارت «صفر مطلق» در این گزارش به این معناست که میزان انتشار CO₂ بر اثر فعالیت‌های انسانی در سامانه انرژی معادل میزان CO₂ خروجی از سامانه بر اثر فعالیت‌های انسان است و آلاینده‌گی خالص سامانه انرژی در سطح صفر می‌ماند.ⁱ در گزارش فنی RDF به اقدامات خارج از منطقه برای دستیابی به صفر مطلق استناد نشده است. مهم‌تر این که، آلاینده‌های بخشهای دیگر، مانند جمع‌آوری پسماند، در این تحلیل منظور نشده است زیرا اینها خارج از حوزه تعریف‌شده سامانه انرژی که 80% آلاینده‌گی منطقه‌ای را شامل می‌شود، هستند.ⁱⁱ با وجود این، کاهش چشمگیر آلاینده‌های بخشهای دیگر مزایای جنبی متعددی دارد و این کاهش میزان آلاینده‌گی و/یا مزایای جنبی ممکن است با اهداف ایالت، مانند کاهش آلاینده‌گی زباله‌ها از طریق تبدیل پسماند و تولید کود، سازگار باشد.

راهکارهای کربن‌زدایی گزارش فنی RDF از سناریوهای گسترده ملی و ایالتی کربن‌زدایی عمیق الگوبرداری شده است تا با راهکارهای ایالتی کربن‌زدایی سازگار باشد. Evolved Energy Research (EER) با شبیه‌سازی الگوهای ایالتی و ملی به الگوهای منطقه‌ای با پنج سناریو (با عنوان پرونده‌های الگو) رسید.ⁱⁱⁱ الگوهای کربن‌زدایی عمیق امکان اجرای تحلیل‌های مقایسه‌ای کمی گزینه‌های سیاستی منطقه‌ای و نتایج کربن‌زدایی در بخشهای مختلف را فراهم می‌کند. یکی از نمونه‌های خروجی الگوسازی EER برای بخش انرژی نشان داد که پرونده‌های الگو چه تاثیری بر کربن‌زدایی ایالتی در کل ظرفیت برق لازم (شکل 1) و میزان انتشار CO₂ از فرایندهای انرژی و صنعتی تا سال 2050 (شکل 2) می‌گذارد. استفاده از این الگوهای کوچک-مقیاس از این جهت نیز اهمیت دارد که سامانه‌های محلی انرژی و حمل‌ونقل با دیگر مناطق و ایالت‌ها نیز ارتباط متقابل دارند و حوزه‌های منطقه‌ای باید در روند کربن‌زدایی با دیگر حوزه‌های منطقه‌ای و ایالتی همکاری کنند.

ⁱ توجه کنید که در الگوی سامانه انرژی فقط آلاینده‌گی CO₂ در نظر گرفته می‌شود، درحالی که در تحلیل‌های راهکارهای طبیعی اقلیمی و «برنامه عملی اقلیم» دیگر گازهای گلخانه‌ای (مانند متان، اکسید نیتروس و...) نیز مد نظر قرار می‌گیرد.

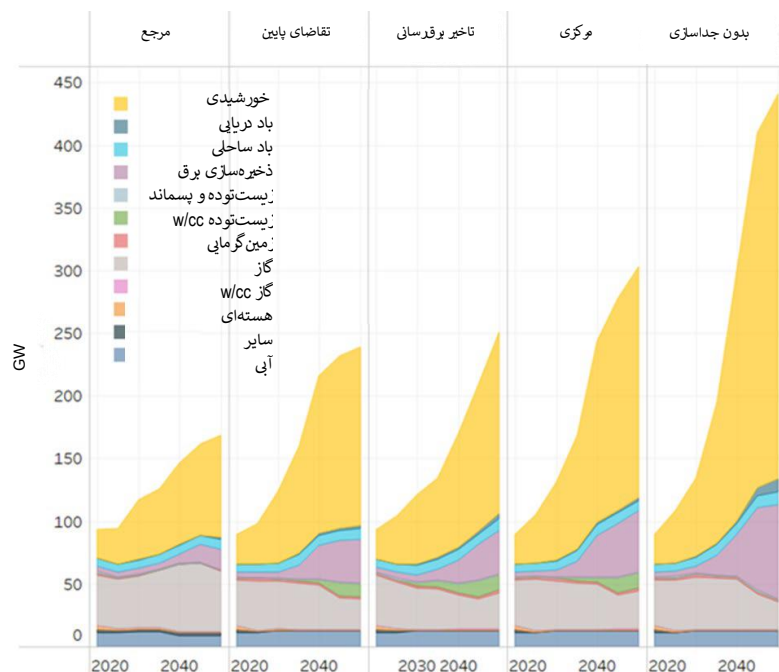
برای آسان‌تر کردن کار مقایسه، این GHG ها به «معادل دی‌اکسید کربن» (CO₂e) خود تبدیل می‌شود.

ⁱⁱ جزئیات بیشتر درباره حوزه این طرح پژوهشی در «فصل 1» و «پیوست A» ارائه شده است. جزئیات بیشتر درباره سهم بخشهای مختلف در کل آلاینده‌های منطقه‌ای در «فصل 8» و در «پیوست X» از برنامه منطقه‌ای 2021 دولت انجمن سن‌دیه‌گو

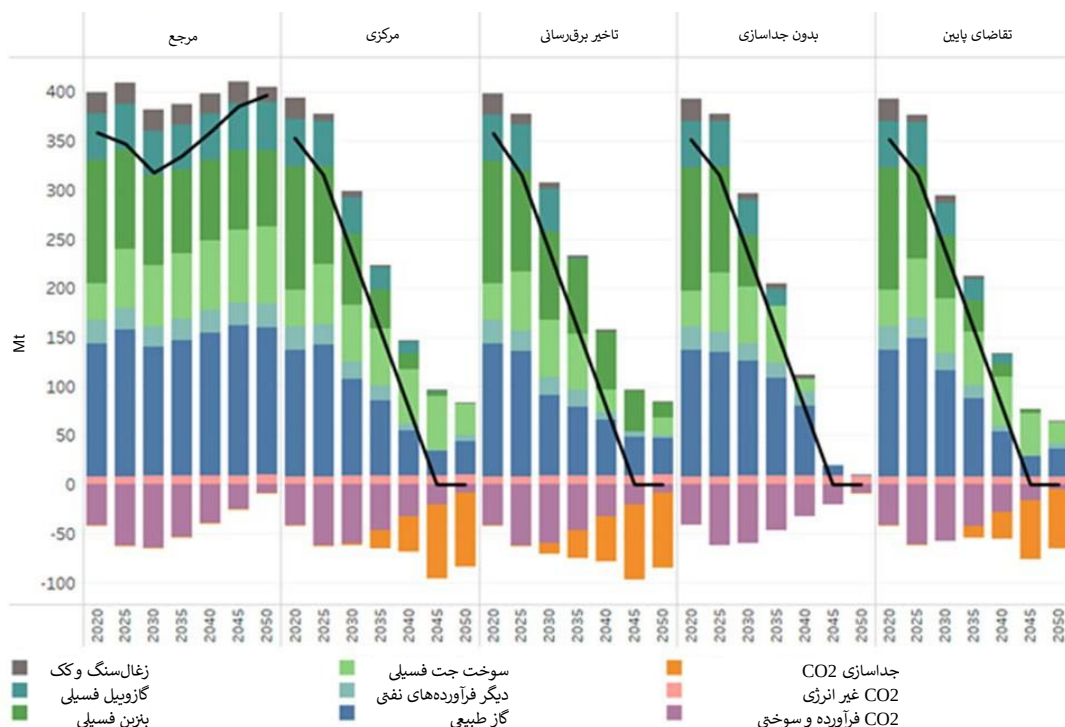
(<https://sdforward.com/docs/default-source/2021-regional-plan/appendix-x-2016-greenhouse-gas-emissions-inventory->)

2 and-projections-for-the-san-diego-region.pdf?sfvrsn=8444fd65_2) ارائه شده است.

ⁱⁱⁱ اطلاعات بیشتر درباره پرونده‌های الگو را می‌توانید در «فصل 1» و «پیوست A» بیابید.



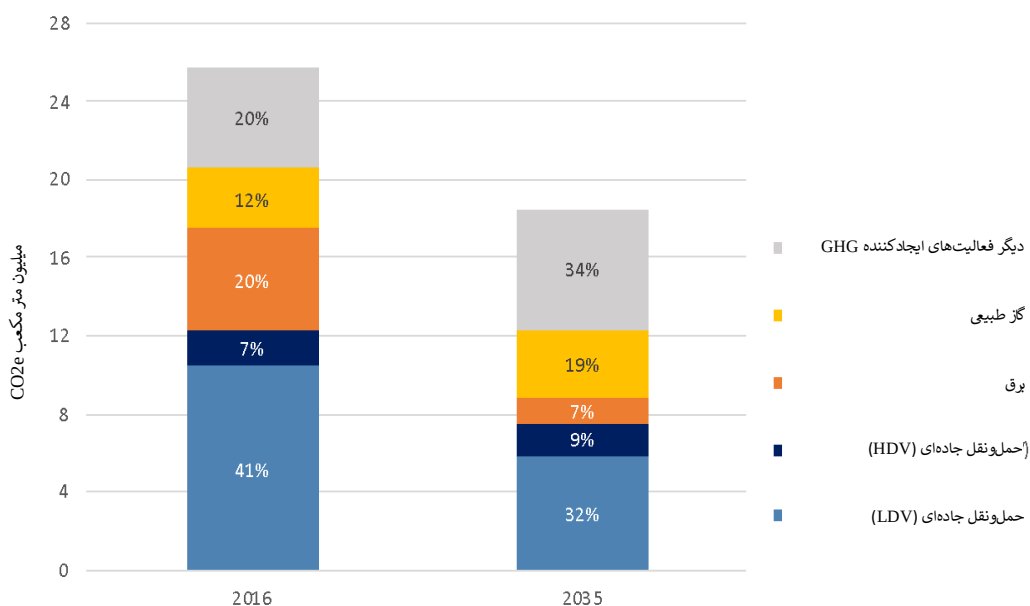
شکل 1. نتایج مربوط به کل ظرفیت برق که در کالیفرنیا برای رسیدن به آلودگی صفر مطلق ایالتی تا 2050 بر اساس پنج سناریو الگوی مختلف (یا پرونده) در الگوی EER لازم است. در پیوست A اطلاعات بیشتری درباره الگوی EER، کوچک‌سازی مقیاس و سناریوهای الگو ارائه شده است.



شکل 2. نتایج مربوط به انتشار CO₂ از فرایندهای انرژی و صنعتی در کالیفرنیا بر اساس الگوی EER و پنج سناریو (یا پرونده) مختلف. رنگهای بالای محور x نشانگر آلودگی‌های مثبت، و رنگهای پایین نشانگر آلودگی‌های منفی موازنه‌کننده است. خط مشکی میزان آلودگی خالص CO₂ را نشان می‌دهد. «CO₂ فرآورده و سوختی» همان CO₂ خروجی در روند تولید مواد دیگر (مثلاً در تولید آسفالت CO₂ ایجاد می‌شود) یا کاهش یافته خارج از سیاهه موجودی جاری است (مثلاً کاهش آلودگی‌های هواپیمایی میان-ایالتی در محاسبات آلودگی هر ایالت منظور نمی‌شود).

کارشناسان حوزه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر، حمل‌ونقل و عمران راهکارهای کربن‌زدایی با امکان‌پذیری فنی را برای منطقه الگوسازی کرده‌اند تا نقشه راه علمی برای کربن‌زدایی منطقه‌ای تا دستیابی به آلاینده‌گی صفر مطلق تا نیمه قرن جاری شکل بگیرد. این الگوها بر اساس فناوری‌های ثابت‌شده و مقیاس‌پذیر برای کربن‌زدایی از بزرگترین تولیدکنندگان GHG منطقه (شکل 3) که تحت پوشش دولت‌ها و نهادهای محلی هستند، ایجاد شده‌اند. فناوری‌های مراحل تجربی یا اولیه به کار گرفته نشد زیرا نهادهای منطقه‌ای نمی‌توانند آنها را بلافاصله در مقیاس کوچک‌تر به کار بگیرند. همچنین، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در آبهای ایالتی و فدرال، جز با هدف زمینه‌ای کردن دسترسی منابع در منطقه سن‌دیه‌گو، در روند الگوسازی گنجانده نشد.

ضمناً، در گزارش فنی RDF ابهاماتی در فرآیند کربن‌زدایی و لزوم برنامه‌ریزی مستمر برای همگام شدن با تحولات فناوری و سیاستی وجود دارد. مثلاً، دسترسی روزافزون به انرژی‌های تجدیدپذیر کانتی ایمپریال یا مکزیکو ممکن است بر ترکیب انرژی‌های تجدیدپذیر منطقه سن‌دیه‌گو تأثیر بگذارد و ضرورت ایجاد زیرساخت‌های پرهزینه انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح محلی را از بین ببرد. همچنین، توسعه ایالتی و/یا فدرال تاسیسات بادی دریایی ممکن است نیاز به زیرساخت‌های تجدیدپذیر ساحلی در منطقه سن‌دیه‌گو را کاهش دهد.



شکل 3. برآورد ایالتی از میزان انتشار معادل دی‌اکسید کربن (CO₂e) برحسب میلیون تن متریک. دسته «سایر» شامل آلاینده‌های ناشی از منابع صنعتی، حمل‌ونقل غیر جاده‌ای، پسماند، هوانوردی، آب و... است که در گزارش فنی RDF منظور نشده است. توجه کنید که مقادیر 2035 تأثیر برخی اقدامات ایالتی و فدرال را نشان می‌دهد. منبع: پیوست X برنامه منطقه‌ای SANDAG 2021، در نشانی: https://sdforward.com/docs/default-source/2021-regional-plan/appendix-x-greenhouse-gas-emissions--2016-inventory-and-projections-for-the-san-diego-region.pdf?sfvrsn=8444fd65_2

ملاحظات سیاستی کلیدی

در گزارش فنی RDF به راهبردهای «کم‌هزینه»^۱ ای که بهترین ارزیابی را از کم‌هزینه‌ترین و کارآمدترین راهکارهای کوتاه‌مدت کاهش آلاینده‌گی در هر بخش ارائه می‌کنند، اشاره شده است. این راهبردها نشان‌دهنده اقدامات موثر و کوتاه‌مدت کربن‌زدایی، صرف‌نظر از چگونگی رفع عوامل مبهم، هستند ولی مشخص نیست که این راهبردها بتوانند در بلندمدت نیز کارآمد بمانند (جدول 1).

کربن‌زدایی موفق مستلزم ارائه راهکارهای فنی و راهبردهای سیاستی با قابلیت سازگاری با تغییرات علمی و شرایط سیاستی و اقتصادی محلی است. یادگیری موثر و تغییرات سیاستی ایجاب می‌کند که کنشگران محلی -مدیران و افراد خط مقدم- ابتدا راهکارهای اولیه را اجرا کنند و سپس به بازبینی قاعده‌مند و مستمر نتایج بپردازند تا شرایط برای کسب نتایج معنی‌دار از آنچه انجام گرفته و نگرفته است، فراهم شود. راهکارها و مسیرهای «بهتر» می‌تواند و باید به‌تدریج و با پیشرفت علم و فناوری و بر اساس یافته‌های کنشگران محلی از اقدامات موثر در منطقه سن‌دیه‌گو، متحول شود.

جدول 1 مثال‌هایی از راهبردهای «کم‌هزینه» در چهار مسیر بخشی.

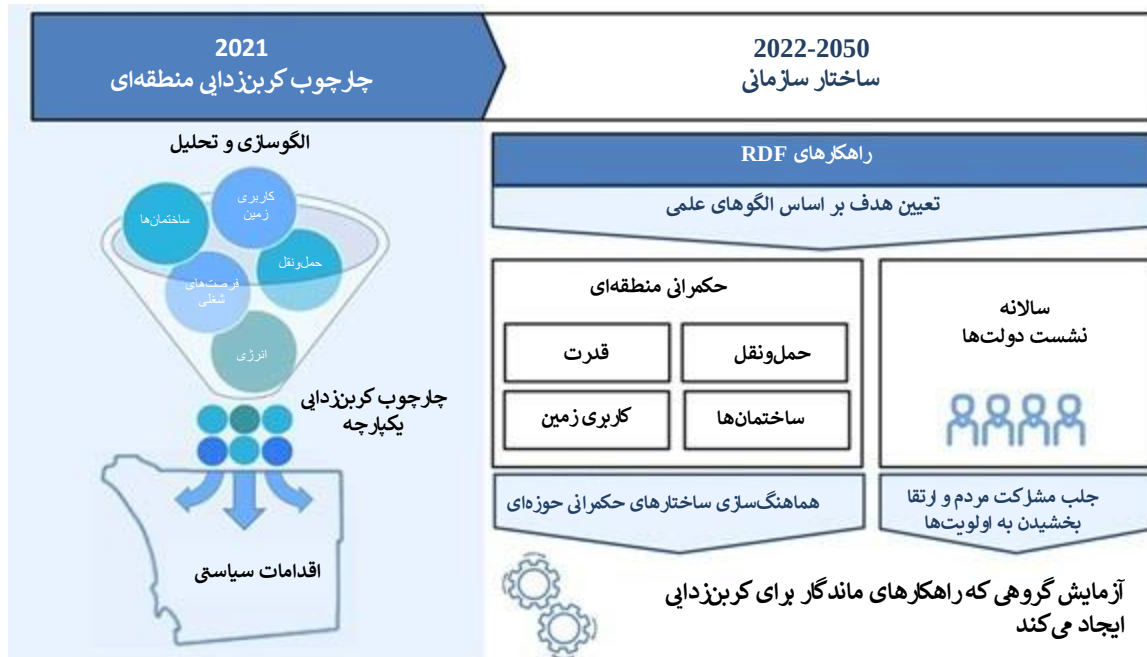
حمل‌ونقل • زمینه‌سازی برای توسعه متراکم و چند-منظوره در ایستگاه‌های کنونی و جدید تراموا، کریدورهای ترانزیت و کانون‌های ترابری. • برقی کردن خودروهای ناوگان (حوزه‌ها، نهادها، مناطق آموزشی و...). • الزامی کردن ایجاد تاسیسات ویژه خودرو برقی (EV) در سازه‌ها یا ملحقات جدید؛ سادسازی مجوزهای عمرانی برای سازگاری با الزامات EV.	مرکز انرژی‌های تجدیدپذیر • حمایت از منابع خورشیدی توزیع‌شده (شامل صفحات خورشیدی سقفی و زمینی در محوطه‌هایی مانند پارکینگ)، به‌ویژه در محلات کم‌درآمد. • شروع برنامه‌ریزی برای توسعه گسترده در مناطقی که در بیشتر سناریوها معرفی شده است (مثلاً، منطقه JVR برنامه‌ریزی‌شده).
راهکارهای کاربری زمین و اقلیم طبیعی • محافظت از زمین‌های طبیعی و صنعتی. • حمایت از کاشت کربنی در منطقه. • گسترش پوشش درخت، درختچه و گیاه در مناطق شهری و حومه.	ساختمان‌ها • تعیین مشوق‌هایی برای تعویض بخاری‌ها و آبگرم‌کن‌های فرسوده با تجهیزات برقی. • ساخت سازه‌های جدید «تمام-برقی» • تمرکز بر برق‌رسانی به محلات کم‌درآمد و محروم و سکونتگاه‌های اجاره‌ای.

در گزارش فنی RDF مدیریت سازمانی منطقه‌ای برای تسهیل همکاری و یادگیری مستمر در سطح حوزه تحت‌پوشش پیشنهاد شده است.^۱ این ساختار که در قالب یک کمیته راهبردی منطقه‌ای، کارگروه‌های بخشی و مشاوران خط مقدم سازمان‌دهی شده است، مسئول هماهنگ‌سازی مسئولان دولتی، نهادهای برنامه‌ریزی، ناظران، ذینفعان صنعتی، کارشناسان، و کنشگران خط مقدم هر بخش است و پرداختن به تغییرات آب و هوا به عنوان یک مشکل اقدام جمعی است.

^۱ اطلاعات بیشتر درباره همکاری و یادگیری در سطح حوزه تحت‌پوشش در «فصل 7» ارائه شده است.

در سراسر منطقه، با هدف آزمایش، ارزیابی و تنظیم راهبردها، خواهد بود. وجود چنین ساختاری ضروری است زیرا دستیابی به تغییرات اساسی و یادگیری سریع برای رسیدگی به تغییرات اقلیمی مستلزم کار گروهی است. حوزه‌ها و نهادهای محلی مستقل در منطقه سن‌دیه‌گو اختیارات چندانی درباره اقدامات لازم برای کربن‌زدایی ندارند. همکاری منطقه‌ای می‌تواند زمینه‌ساز تقویت اقدامات گروهی از طریق راهکارهای شفاف، معتبر و یکپارچه سیاستی، حل مساله گروهی، تبادل تجربه درباره راهکارهای موثر و دستیابی به ابزارها و ظرفیت بیشتر از طریق ترکیب منابع باشد. همان‌طور که در فصلهای 7 و 8 بیان شده است، از نمونه‌های همکاری منطقه‌ای می‌توان به تعیین مشوق‌های برای اقدام، جمع‌آوری داده، تحلیل، حمایت از تدوین و اجرای سیاست‌های مناسب، گرد هم آوردن ذینفعان و کارگروه‌ها و پایش پیشرفت اشاره کرد. «قرارداد توان مشترک (JPA) اقدام اقلیمی منطقه‌ای» یا دیگر سازوکارهای رسمی می‌تواند زمینه‌ساز این همکاری و یکپارچه‌سازی تفکر راهبردی و تصمیم‌سازی در حوزه کربن‌زدایی باشد. شکل 4 فرآیندی سازمانی را نشان می‌دهد که در آن حکمرانی منطقه‌ای، شکل‌گرفته با راهکارهای فنی پیشنهادی در RDF و مشارکت مستمر ذینفعان، می‌تواند محرک یادگیری هدفمند در هر بخش باشد.

در چارچوب این فرآیند سازمانی، گزارش فنی RDF دو راهبرد را برای مشارکت با کنشگران و نهادهای خارج از منطقه سن‌دیه‌گو، با هدف تقویت اقدامات در منطقه، پیشنهاد می‌کند. نخست، مدیران منطقه‌ای کربن‌زدایی باید پیوسته با نهادهای خارجی، به‌ویژه در سطح ایالتی، در زمینه تاثیرگذاری بر سیاست‌های مرتبط با تلاش‌های محلی (مثلاً مقررات انرژی‌های تجدیدپذیر)، همکاری کنند. دوم، مدیران محلی باید از بخش خصوصی فناوری-بنیان منطقه و دانشگاه‌های مختلف برای تبدیل کردن سن‌دیه‌گو به بستر اجرای آزمایشی و نمایش پروژه‌ها حمایت کنند. هرچند سرمایه‌گذاری در مقیاس منطقه‌ای در حوزه فقط نوآوری احتمالاً تاثیر چندانی بر ارتقای آمادگی فناوریانه بخشهای مختلف نخواهد گذاشت، آزمایش و پیاده‌سازی محلی فناوری‌هایی که در نقاط دیگر توسعه یافته‌اند می‌تواند از اقدامات سراسری در زمینه پیشبرد مرزهای علم در حوزه راهکارهای اقلیمی حمایت کند. مشارکت خارجی علاوه بر حمایت از کاهش میزان آلاینده‌های محلی، زمینه‌ساز جذب منابع و توجه سیاست‌گذاران ایالتی و فدرال و تاثیرگذاری مثبت بر اقتصاد محلی خواهد شد.



شکل 4. گزارش فنی RDF به‌عنوان بخشی از چارچوب کربن‌زدایی یکپارچه و ساختار سازمانی. این ساختار مثلاً شامل نهادهای حاکمیتی منطقه سندیه‌گو و نشست دولت‌ها خواهد بود.

به‌طور خلاصه، RDF ایجاد یک فرآیند بسیار شفاف و گروهی را برای کسب اطلاعات جدید درباره «موارد کارآمد» در زمینه کربن‌زدایی عمیق، مقایسه شیوه‌های موثر در منطقه، و مشارکت با سیاست‌گذاران خارج از منطقه، ذینفعان صنعتی و دیگر کارشناسان تأثیرگذار بر تدوین راهبردهای ملی پیشنهاد می‌کند. بدین ترتیب، علاوه بر کاهش هرچه بیشتر آلاینده‌های محلی، امکان تأثیرگذاری منطقه سندیه‌گو بر سیاست اقلیمی ایالتی و فدرال و تبدیل شدن سندیه‌گو به الگویی برای حوزه‌های دیگر فراهم می‌شود. سهم منطقه سندیه‌گو در میزان انتشار آلاینده‌های جهانی فقط 0.08% است. بنابراین، پذیرش نقش پیشگامی باعث می‌شود که منطقه در مسیر مناسبی برای تأثیرگذاری بر روند کاهش تغییرات اقلیمی قرار بگیرد.

کربن‌زدایی از برق

در گزارش فنی RDF به حوزه‌های کمتر-تاثیرگذار بر محیط‌زیست، کارآمد و دارای امکان‌پذیری فنی در حوزه توسعه زیرساخت انرژی‌های تجدیدپذیر در منطقه سن‌دیه‌گو و کانتی همسایه ایمپریال اشاره شده است. میزان آلاینده‌ی مرتبط با تولید برق حدوداً 20% از کل میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای منطقه‌ای 2016 منطقه سن‌دیه‌گو بود و دومین منبع انتشار آلاینده در منطقه محسوب می‌شد (شکل 3). کربن‌زدایی از روند تولید برق مستلزم بهره‌گیری چشمگیر از منابع انرژی تجدیدپذیر است. استقرار زیرساخت و تاسیسات انرژی تجدیدپذیر می‌تواند تأثیر چشمگیری بر محیط‌زیست بگذارد و مستلزم ایجاد و نوسازی زیرساخت‌های انتقال برق است. بنابراین، RDF مجموعه‌ای از سناریوها با پیامدهای زمینی مختلف را پیشنهاد کرده است که با هدف شکل‌دهی به مباحث سیاسی در حوزه‌های تحت پوشش منطقه درباره مزایا و معایب کاربری زمین و هزینه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر طراحی شده‌اند.

منطقه سن‌دیه‌گو دارای مساحت کافی برای تولید برق از نیروی باد و خورشید و دستیابی به سامانه انرژی بدون کربن، با رعایت الزامات الگوی سامانه کالیفرنیا، است. البته، برآورده کردن معیارهای اطمینان‌پذیری مستلزم سرمایه‌گذاری کلان، ولی نامطمئن، در مجموعه‌ای از منابع دیگر، از جمله تولید نیروی مازاد متناوب و منعطف، ذخیره‌سازی و مدیریت سمت تقاضا است. منطقه می‌تواند چشم‌انداز 2050 منطقه در زمینه تقاضای انرژی، یعنی 49,979 گیگاوات-ساعت (GWh) در سال را با تاسیسات محلی بادی ساحلی و خورشیدی، برآورده کند (جدول 2). البته، تقاضا برای انرژی ممکن است در مقطعی (مثلاً هنگام شب یا در روزهای ابری) بالاتر یا پایین‌تر از میزان عرضه انرژی تجدیدپذیر باشد که در این صورت سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های ذخیره‌سازی انرژی برای عرضه انرژی تجدیدپذیر مطمئن در منطقه ضرورت می‌یابد. هرچند، هنوز درباره هزینه‌های این منابع تکمیلی، مانند باتری و نیروی برقابی با مخزن پمپی، ابهام وجود دارد.

هزینه تراز شده انرژی ((LCOE، که همان هزینه تعدیل‌شده تولید هر مگاوات ساعت (MWh) برق است و هزینه‌های انتقال را شامل می‌شود، به عنوان معیار مقایسه هزینه‌های پروژه به کار گرفته شد. LCOE امکان مقایسه مستقیم پروژه‌ها و ایجاد انعطاف لازم، در صورت برطرف شدن ابهامات و ساخته شدن زیرساخت‌ها (نیروگاه، خطوط انتقال، اتصالات و...)، را فراهم می‌کند. LCOE می‌تواند هزینه عمده برق برای پروژه‌های مقیاس بزرگ را برآورد کند. LCOE هزینه‌های ساخت اولیه نیروگاه بادی و خورشیدی و هزینه متصل کردن پروژه به شبکه را شامل می‌شود. با تقسیم این هزینه‌ها بر کل مقدار تولید انرژی، هزینه تولید یک واحد انرژی به دست می‌آید. هزینه انتقال در هزینه سرمایه‌ای پروژه گنجانده شده و در اسناد فرآیند برنامه‌ریزی انتقال «اپراتور سامانه‌های مستقل کالیفرنیا» (CAISO) ذکر شده است. LCOE روشی برای مقایسه انواع مختلف پروژه‌های انرژی، بر مبنای واحد انرژی تولیدشده، است. مثلاً، معیارهای LCOE امکان مقایسه نیروگاه خورشیدی با نیروگاه گاز طبیعی را بر اساس هزینه MWh قابل تولید، فراهم می‌کند.

جدول 2. مناطق مناسب پروژه (CPA) و مجموع پتانسیل سالانه منبع در کانتی سن‌دیه‌گو و کانتی ایمپریال. منابع مقیاس صنعتی به پروژه‌های بزرگ منابع خورشیدی، بادی و زمین‌گرمایی اطلاق می‌شود. منابع دیگر به پروژه‌های کوچک‌تر، شامل صفحات خورشیدی سقفی، خورشیدی زمینی یا بادی، و خورشیدی یا بافتی در زمین‌های بایر، مربوط است. CPA های زمین‌گرمایی مناطق چندپارچه هستند و با تعداد مراکز احتمالی، به‌جای مساحت کل، مشخص شده‌اند. مجموع تقاضای سالانه منطقه سن‌دیه‌گو تا سال 2050 تقریباً 49,979 GWh است.

یافته‌ها	کانتی سن‌دیه‌گو		کانتی سن‌دیه‌گو + کانتی ایمپریال	
	فقط مقیاس بزرگ	با سقفی، زمینی و بایر	فقط مقیاس بزرگ	با سقفی، زمینی و بایر
خورشیدی				
مساحت (کیلومتر مربع)	661	985	3,741	3,741
پتانسیل (GWh)	54,784	102,925	109,742	109,742
باد ساحلی				
مساحت (کیلومتر مربع)	86	86	3,749	3,749
پتانسیل (GWh)	730	730	22,572	22,572
باد دریایی				
مساحت (کیلومتر مربع)	1,660	1,660	1,660	1,660
پتانسیل (GWh)	9,869	9,869	9,869	9,869
زمین‌گرمایی				
تعداد مراکز	0	0	5	5
پتانسیل (GWh)	0	0	10,680	10,680
پتانسیل کل منابع تجدیدپذیر (GWh)	65,382	113,523	117,296	142,183
تراز منابع برق (GWh)	15,403	63,544	67,317	92,204

گزارش فنی **RDF** چندین سناریو مکان‌یابی برای زیرساخت انرژی تجدیدپذیر به تصمیم‌سازان معرفی کرده است. از اینها می‌توان به سناریوهای کمترین هزینه؛ سناریوهای شامل منابع خورشیدی، بادی و زمین‌گرمایی کانتی ایمپریال؛ سناریوهای کمینه‌سازی تاثیر بر انواع مختلف زمین؛ و سناریوهایی با ترکیب‌های مختلف منابع بادی و خورشیدی (توزیع شده و بزرگ-مقیاس) در مراکز شهری، سبز و بایر اشاره کرد. سناریوهای کمترین-هزینه (سناریوهای 1 و 2) مراکز انرژی‌های تجدیدپذیر بزرگ-مقیاس را از پایین‌ترین تا بالاترین LCOE انتخاب می‌کنند. سناریوهای دیگر اهداف سیاستی مختلف، مانند پرهیز از زمین‌های خاص اولویت‌بندی می‌کنند (سناریوهای 3 تا 5) یا توسعه در زمین‌های خاص را در اولویت قرار می‌دهند (سناریوهای 6 و 7). برخی سناریوها اولویت‌های سیاستی و منابع را ترکیب می‌کنند (سناریوهای 8 و 9). این سناریوها به شرح زیر هستند (مقادیر در جدول 3 درج شده است):ⁱ

1. کمترین هزینه، ظرفیت محلی بالا (فقط کانتی سن‌دیه‌گو) (شکل 5)؛
2. کمترین هزینه، انتقال‌پذیری بالا (کانتی‌های سن‌دیه‌گو و ایمپریال) (شکل 6)؛
3. کمینه کردن اتلاف زمین با مقدار محافظت بالا (شکل 7)؛
4. کمینه کردن اتلاف زمین با مقدار پولی بالا؛
5. کمینه کردن اتلاف زمین با احتمال جداسازی کربن بالا؛
6. استفاده از فقط زمین توسعه‌پذیر؛

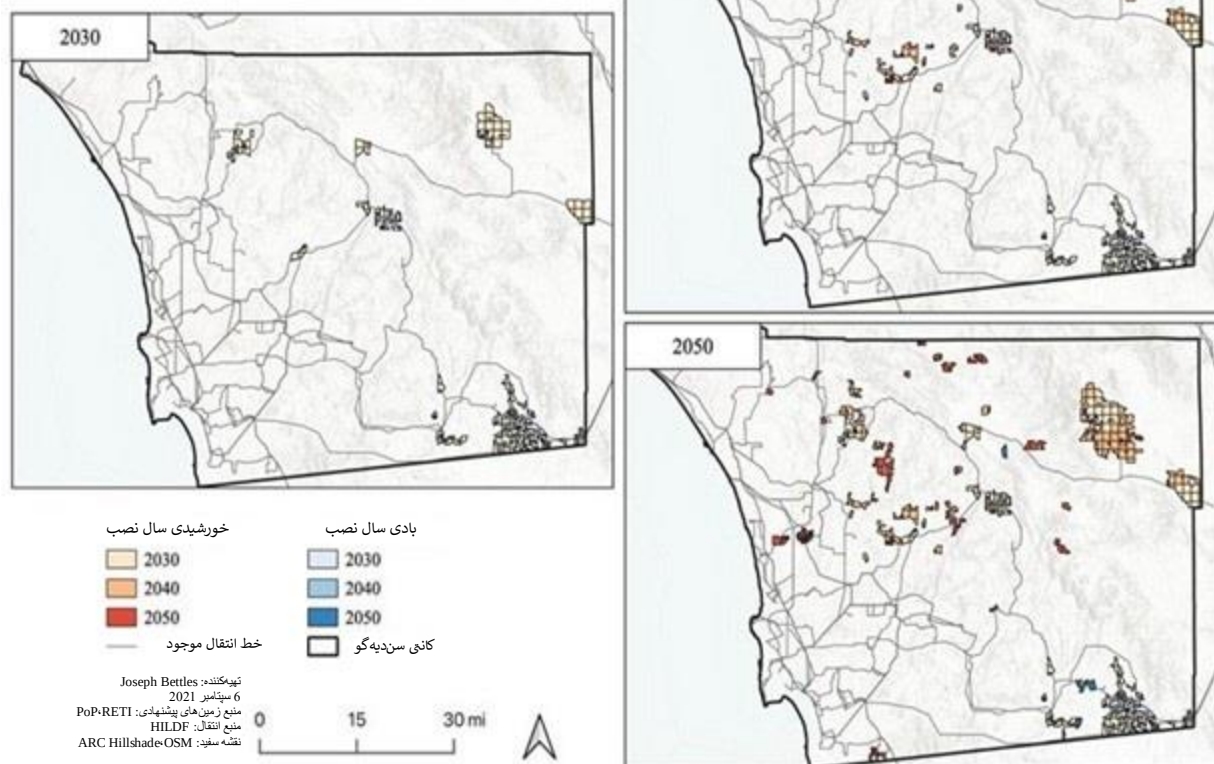
ⁱ شرح داده‌ها و روش‌ها برای انتخاب محل و محوطه پروژه پیشنهادی در بخشهای 2.4.5 و 2.4.6 ارائه شده است. برای مشاهده نتایج سناریوها، مباحث و نقشه‌ها به بخشهای 2.5.1 و 2.5.2 مراجعه کنید.

7. سناریوهای خورشیدی زمینی و سقفی؛
8. سناریو حالت ترکیبی (شامل ترکیبی از زمین‌های توسعه‌پذیر در منطقه و زمین‌های مجاور با تقویت خطوط انتقال، زمین‌گرمایی، خورشیدی سقفی، خورشیدی بایر و بادی، و ذخیره‌سازی باتری در زمین‌های مجاور) (شکل 8)؛ و
9. پیشنهاد کردن خورشیدی سقفی، کمینه کردن تاثیر بر زمین‌های محافظت‌شده و کشاورزی.

جدول 3 خلاصه سناریو پتانسیل منابع انرژی تجدیدپذیر و کسری انرژی با تقاضای پیش‌بینی‌شده. همه مقادیر برحسب GWh است. مقادیر «کسری تقاضا» مبتنی بر برآوردهای تقاضای سالانه «حالت مرکزی» الگوی EER است. برآورد کانتی سن‌دیگو تا 2050 مقدار 49,979 GWh است.

شماره سناریو	شرح سناریو	نوع منبع	پتانسیل منبع (GWh)	مازاد (کسری) تقاضا (GWh)
سناریو 1	کمترین هزینه (فقط کانتی سن‌دیگو)	خورشیدی، بادی	49,979	—
سناریو 2	کمترین هزینه (کانتی‌های سن‌دیگو و ایمپریال)	خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی	49,979	—
سناریو 3	تاثیر پایین زیست‌محیطی	خورشیدی، بادی	15,777	(34,202)
سناریو 4	ارزش پایین زمین	خورشیدی، بادی	52,394	2,415
سناریو 5	پتانسیل جداسازی کربن	خورشیدی، بادی	22,844	(27,135)
سناریو 6	توسعه‌پذیر	خورشیدی، بادی	13,894	(36,085)
سناریو 7	خورشیدی سقفی و زمین بایر	خورشیدی	17,478	(32,501)
سناریو 8	ترکیب منابع حالت ترکیبی (کانتی‌های سن‌دیگو و ایمپریال)	خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی	50,147	168
سناریو 9	سقفی بالا، تاثیر پایین بر زمین‌های محافظت‌شده، پرهیز از زمین‌های کشاورزی ارزشمند (کانتی‌های سن‌دیگو و ایمپریال)	خورشیدی، بادی	44,177	(5,802)

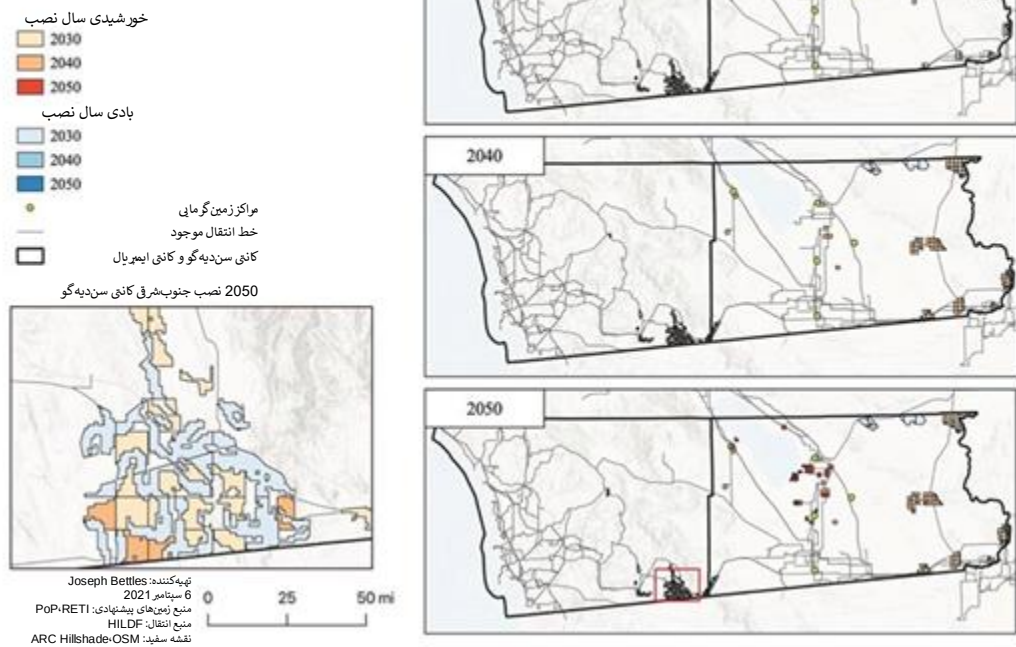
سناریو 1: خورشیدی و بادی در کانتی سن‌دیه‌گو



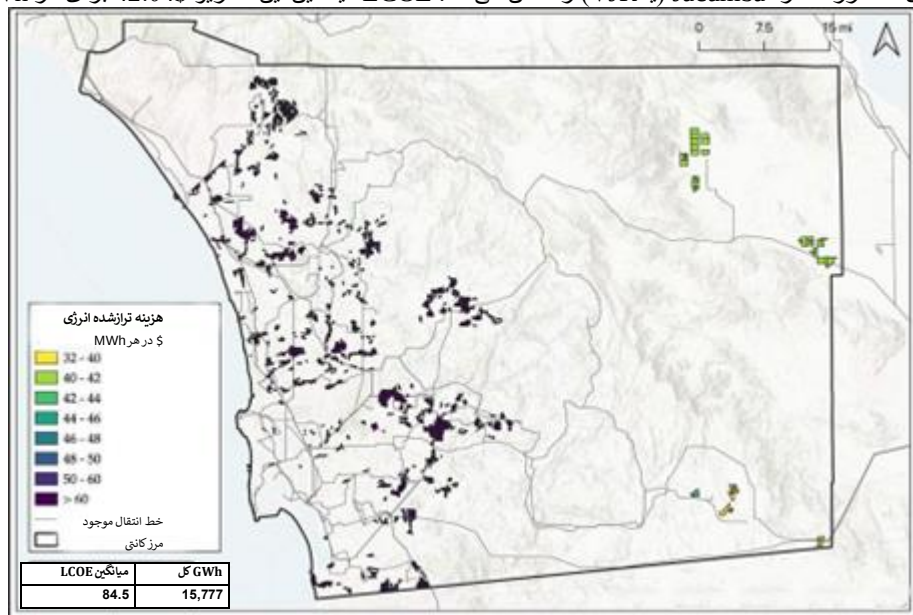
شکل 5. سناریو 1: سناریو کمترین هزینه فقط در منطقه سن‌دیه‌گو. این تحلیل منابع بادی مقیاس-بزرگ خورشیدی و بادی ساحلی را از پایین‌ترین تا بالاترین هزینه برای پاسخ‌گویی به تقاضای انرژی پیش‌بینی‌شده انتخاب می‌کند. این سه صفحه رشد سالانه مورد نیاز منطقه برای دستیابی به وضعیت کربن‌زدایی کامل انرژی تا سال 2050، را نشان می‌دهند.

رنگ‌های روشن‌تر نماینده مناطق مناسب پروژه (CPA) هستند که به دلیل ارزان بودن زودتر ساخته می‌شوند. رنگ آبی منابع بادی و رنگ‌های نارنجی/قرمز منابع خورشیدی را نشان می‌دهد. هزینه تراز شده انرژی (LCOE) این سناریو \$40.65 برای هر مگاوات ساعت (MWh) است.

سناریو 2: خورشیدی، بادی و زمین‌گرمایی در کانتی‌های سن‌دیه‌گو و ایمپریال

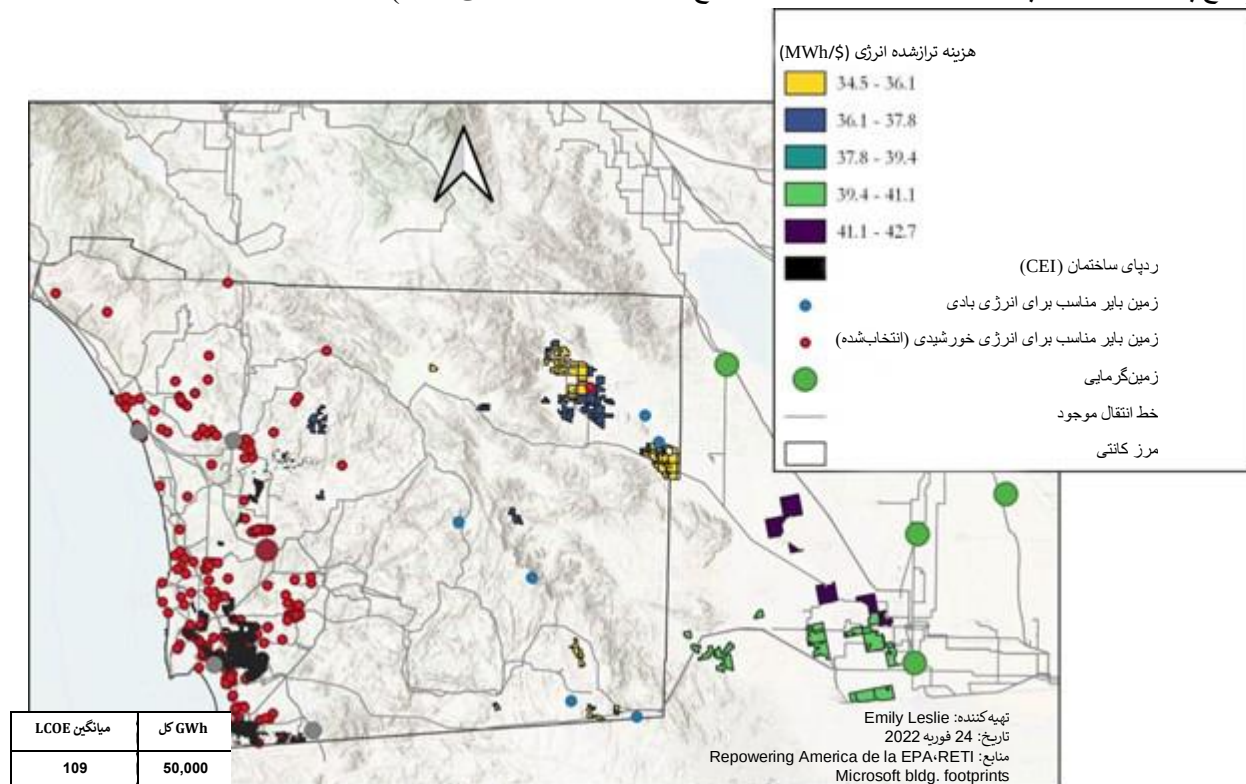


شکل 6. سناریو 2: سناریو کمترین هزینه در کانتی‌های سن‌دیه‌گو و ایمپریال. این تحلیل منابع خورشیدی، بادی ساحلی و زمین‌گرمایی را از پایین‌ترین تا بالاترین هزینه برای پاسخ‌گویی به تقاضای انرژی پیش‌بینی‌شده انتخاب می‌کند. این نقشه‌ها روند رشد طی سه بازه زمانی را نشان می‌دهند. رنگها نشان‌دهنده سال رشد (رنگهای روشن‌تر به زمان جاری نزدیک‌تر است) و منابع (قرمز/نارنجی برای خورشیدی، آبی برای بادی و سبز برای زمین‌گرمایی) هستند. مستطیل قرمز انتخاب مکان چشمه‌های آبگرم Jacumba تا 2050 و محوطه شامل مراکز پیشنهادی/برنامهریزی‌شده مزرعه دره Jacumba (یا VJR) را نشان می‌دهد. LCOE میانگین این سناریو \$42.04 در هر MWh است.



شکل 7. سناریو 3: زمین دارای ارزش محافظتی بالا مستثنی شده است. این سناریو میزان تأثیرپذیری زمین‌های دارای ارزش محافظتی بالا و دیگر مناطق دارای حساسیت یا اهمیت زیست‌محیطی را کمینه می‌کند. این سناریو تقاضای انرژی منطقه را برآورده نمی‌کند و نسبتاً پرهزینه‌تر (با LCOE میانگین \$84.5 در هر MWh) است.

در سناریو حالت ترکیبی، از ترکیبی از فناوری‌های ثابت‌شده و مقیاس‌پذیر در محدوده کانتی سن‌دیه‌گو، کانتی ایمپریال یا نهادهای منطقه‌ای برای ساخت استفاده می‌شود تا تقاضای منطقه‌ای در کوتاه‌مدت (2025) و تا میانه سده برآورده شود (شکل 8). از این فناوری‌ها می‌توان به توسعه زیرساخت در زمین بایر (زیرساخت خورشیدی و بادی در مراکزی که اکنون یا قبلاً آلوده هستند/بوده‌اند)؛ زیرساخت خورشیدی و بادی بزرگ-مقیاس در کانتی‌های سن‌دیه‌گو و ایمپریال؛ خورشیدی سقفی و زمینی («خورشیدی زمینی») پروژه خورشیدی است که در محیط متراکم شهری اجرا می‌شود؛ و زمین‌گرمایی (منبع پاک نیروی بار پایه که به باد، آفتاب یا دیگر منابع انرژی متغیر وابستگی ندارد) اشاره کرد.



شکل 8. سناریو 8: سناریو حالت ترکیبی 2050. این شکل مراکز انتخاب‌شده برای تامین تقاضای برق 2050 با مجموعه‌ای از منابع، را نشان می‌دهد: 12% خورشیدی سقفی، 23% خورشیدی زمین بایر، 0.1% بادی زمین بایر، 6% خورشیدی مقیاس-بزرگ در زمین توسعه‌پذیر در کانتی سن‌دیه‌گو، 0.4% بادی مقیاس-بزرگ در زمین توسعه‌پذیر در کانتی سن‌دیه‌گو، 38% خورشیدی ایمپریال، 21% زمین‌گرمایی ایمپریال. مجموع منابع خورشیدی سقفی و زمین بایر باعث کاهش 35 درصدی تأثیر بر مساحت زمین می‌شود. بدین‌ترتیب تقاضای انرژی منطقه‌ای برآورده می‌شود ولی میانگین هزینه بالا می‌رود (با میانگین LCOE معادل \$109/MWh). این افزایش هزینه تاحدی ناشی از بالا بودن هزینه توسعه سقفی و زمین بایر و هزینه بالای انرژی زمین‌گرمایی است.

برخی مشابهت‌های نتایج سناریوها شاید حاکی از وجود گزینه‌های «کم‌هزینه» زیرساخت انرژی تجدیدپذیر باشد. تحلیل زمین-فضایی مکان‌یابی انرژی‌های تجدیدپذیر نشان می‌دهد که توسعه خورشیدی سقفی، خورشیدی زمینی، و زمین بایر میزان تغییر کلی کاربری زمین در مناطق طبیعی و کشاورزی را کاهش می‌دهد. ضمناً، این منابع دارای مزایای جنبی برای جوامع هستند که از آنها می‌توان به کاهش آلودگی و ایجاد فرصت‌های اقتصادی اشاره کرد.

بنابر این، با وجود هزینه‌های نسبتاً بالا در مقایسه با توسعه بزرگ-مقیاس، ایجاد منابع تجدیدپذیر توزیع‌شده و شهری راهبردهای کم‌هزینه‌ای است که تاثیر چندانی بر زیستگاه‌ها، کشاورزی و جوامع روستایی نمی‌گذارد و می‌تواند سبب ایجاد فرصت‌های آموزش حرفه‌ای شود. فرصت‌های این‌چنینی موجود در مقایسه با توسعه مقیاس-بزرگ اندک است.^۱

با توجه به جذابیت تجاری بالا و نزدیکی نسبی به مراکز آینده یا کنونی منابع تجدیدپذیر، الگوها مرکز تجدیدپذیر مزرعه دره Jacumba (یا JVR) را در بیشتر سناریوها نشان دادند. فرآیندهای برنامه‌ریزی ایالتی، از جمله فرآیندهای CAISO (اپراتور شبکه کالیفرنیا) و کمیسیون خدمات همگانی عمومی کالیفرنیا (CPUC) به نفع این محدوده است و ممکن است نشان‌دهنده یک سناریو کم‌هزینه برای توسعه زیرساخت مقیاس-بزرگ باشد. این سناریوها تجویزی نیستند و تصمیم‌گیری سیاستی مستلزم بررسی دقیق مسائل عدالت زیست‌محیطی و درک عمیق پیامدهای این تحولات انرژی بر جوامع مرتبط، محلات کم‌درآمد، جوامع روستایی، و/یا جوامع محروم خواهد بود.

کانتی ایمپریال منابع خورشیدی و زمین‌گرمایی فراوانی دارد که می‌تواند انرژی منطقه سن‌دیه‌گو را تامین کند ولی شبکه انتقال کانتی نیازمند بهسازی است. با توسعه زیرساخت انرژی تجدیدپذیر در مناطق مجاور -مانند کانتی ایمپریال، مکزیکو یا مناطق دریایی- سناریوهای انتخاب مکان با اجرای چندباره تحلیل‌های عرضه و تقاضای انرژی تغییر خواهد کرد. همچنین، با فراهم شدن منابع بیشتر انرژی تجدیدپذیر (مانند بادی دریایی، انرژی باد و...) بر اثر بهره‌گیری از فناوری‌های جدید و صدور مجوزهای بیشتر، این سناریوها باید ارتقا یابد تا عرضه انرژی از سوی این منابع جدید مد نظر قرار بگیرد (مقادیر انرژی زمین‌گرمایی و بادی دریایی در جدول 3 ارائه شده است). انعطاف این چارچوب برای گنجاندن دیگر منابع انرژی تجدیدپذیر که به‌تدریج در دسترس قرار می‌گیرند، کافی است.

تضمین اطمینان‌پذیری سامانه مستلزم همکاری منطقه با نهادهای ایالتی است. منطقه سن‌دیه‌گو بخشی از یک شبکه سامانه انرژی بزرگتر است. بنابر این، هماهنگی بین نهادها باید تقویت‌کننده فرآیند تصمیم‌سازی، برنامه‌ریزی و اجرای زیرساخت‌های انرژی تجدیدپذیر در آینده باشد. مثلاً، فرآیند «برنامه منابع یکپارچه» (IRP) در سطح ایالت در CPUC وجود دارد. نهادهای برق‌رسان (LSE) در ایالت طرف‌های این فرآیند هستند، و LSE های محلی، مانند شرکت گاز و برق سن‌دیه‌گو (SDG&E) و گزینه‌گران همگانی (CCA) ملزم به ارائه برنامه‌های تامین سالانه هستند. این برنامه‌ها به ایالت کمک می‌کند تا به پیش‌بینی مسائل احتمالی اطمینان‌پذیری بپردازد و به CAISO در روند برنامه‌ریزی بهسازی انتقال برای همگام شدن با برنامه‌های LSE و اهداف اقلیمی کمک کند. مستنداتی که LSE به CPUC ارائه می‌کند باید حاوی مقادیر تخمینی تولید محلی توزیع‌شده، برق خورشیدی سقفی، خورشیدی اجتماعی، پروژه‌های پیمانکاری ارزشمند، یا مشخصات دیگر باشد. ضمناً، مقامات دولت محلی اغلب در هیات‌های مدیره CCA حضور دارند و در روند تامین، برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری مشارکت می‌کنند.

^۱ برای آشنایی با مباحث گسترده درباره کیفیت شغل و کیفیت دسترسی به انرژی تجدیدپذیر بزرگ-مقیاس در مقایسه با انرژی توزیع‌شده، به گزارش مکمل شرکت Inclusive Economics درباره توسعه نیروی کار مراجعه کنید. این گزارش با عنوان: «قرار دادن سن‌دیه‌گو در شاهراه: پیشنهادی برای کار اقلیمی برای سالهای ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰» در وبسایت کانتی به نشانی زیر در دسترس است:

https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/lueg/regional-decarb-frameworkfiles/Putting%20San%20Diego%20County%20on%20the%20High%20Road_June%202022.pdf

اعضای هیات مدیره می‌توانند تضمین کنند که برنامه‌های LSE همگام با اهداف منطقه‌ای و ایالتی کاهش GHG اجرا شود. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری می‌یابد که اهداف محلی بالاتر از اهداف ایالتی باشد.

فراتر از IRP، کمک‌های بازیگران محلی می‌تواند برای برخی فرآیندهای نهادهای ایالتی سودمند باشد (مانند فرآیند کفایت منابع CPUC، فرآیند برنامه‌ریزی انتقال CAISO، و فرآیند الزامات ظرفیت محلی CAISO). در فرآیند کفایت منابع، کارکنان CPUC به تحلیل اطمینان‌پذیری شبکه برق می‌پردازند. در فرآیند برنامه‌ریزی انتقال، CAISO اطمینان‌پذیری، سازگاری سیاستی، و مقرون به صرفه بودن بهسازی‌های برنامه‌ریزی شده سامانه انتقال را ارزیابی می‌کند. در فرآیند الزامات ظرفیت محلی، تحلیلی که CAISO از اطمینان‌پذیری ارائه می‌کند، محلی‌تر از فرآیندهای دیگر است. مثلاً، بخش 3.3.10 از مطالعه فنی ظرفیت محلی CAISO 2022 به منطقه دره سن دیه‌گو-ایمپریال اختصاص دارد. LSE هایی مانند SDG&E، برق همگانی سن دیه‌گو، و اتحادیه انرژی پاک باید در زمینه تامین، کفایت منابع و دیگر مسائل مرتبط با این فرآیندها با یکدیگر هماهنگ باشند.

برخی اهداف ایالتی بر روند کربن‌زدایی از برق تاثیر می‌گذارد که از آنها می‌توان به الزامات مربوط به تجهیزات خورشیدی سقفی در برخی ساختمان‌های جدید، الزامات دستیابی به سامانه برق‌رسانی کاملاً کربن‌زدایی شده تا 2045، و صدور مجوز برای اقدامات تکمیلی کربن‌زدایی فراتر از اهداف ایالتی، اشاره کرد. کربن‌زدایی از برق رایج‌ترین معیار تحلیل شده CAP است و در مقایسه با معیارهای دیگر، به‌طور میانگین بیشترین نقش را در کاهش میزان انتشار GHG دارد. بیشتر CAP ها دارای یک معیار برای شکل دادن یا پیوستن به برنامه CCA هستند و حوزه‌های دیگر می‌توانند میزان مشارکت را افزایش دهند یا پیش از فرا رسیدن مهلت ایالت در سال 2045، به هدف انرژی 100% بدون کربن پایبند بمانند. ضمناً، تلاش‌های محلی می‌تواند الزامات انرژی خورشیدی سقفی ایالت را، با تصویب آیین‌نامه‌های گسترش (مقررات فراتر از الزامات ایالتی) و ارزیابی الزامات یا مشوق‌های مربوط به سامانه‌های ذخیره‌سازی انرژی ویژه انرژی خورشیدی سقفی، تقویت یا تکمیل کنند و زمینه کاهش میزان آلاینده‌ای در دوران اوج انتشار GHG سامانه برق‌رسانی و تقویت اطمینان‌پذیری را فراهم نمایند.

برای دسترس‌پذیرتر کردن منابع برق بدون کربن، اقدامات بیشتری لازم است. از دیرباز، تجهیزات انرژی خورشیدی سقفی در محلات پردرآمد و در مناطقی که بیشتر ساکنان آنها صاحبخانه هستند، نصب می‌شده است. برای رفع مشکل توزیع نابرابر تاسیسات خورشیدی سقفی می‌توان از اهرم‌های مختلف مانند مشوق‌های هدفمند و اعطای کمک‌های مالی بهره گرفت. ضمناً، برنامه‌های CCA می‌توانند میزان مشارکت در «برنامه تعرفه سبز جوامع محروم» را به حداکثر برسانند. این برنامه برای اعطای یارانه به مشترکان در قالب برنامه‌های تخفیف درآمدی با هدف انتخاب گزینه‌های سرویس برق 100% بدون کربن، و ارائه خدمات حمایتی مانند کمک مالی ویژه بهسازی انرژی، اجرا می‌شود.

اختیار قانونی برای نظارت بر تولید انرژی^۱: حوزه‌های منطقه سن دیه‌گو این اختیار را دارند که سطوحی از منابع برق بدون کربن را از طریق CAP ها الزامی کنند و منابع برق بدون کربن را از طریق CCA تامین نمایند و بدین ترتیب انرژی بدون کربن بیشتری، در مقایسه با نیازهای نهادهای ایالتی، عرضه نمایند.

^۱ برای مشاهده مباحث مربوط به اختیار قانونی، به فصل 8، بخش 8.7 «کربن‌زدایی از منابع برق» و «پیوست B» مراجعه کنید.

البته، نهادها یا ادارات ایالتی و/یا فدرال هنوز بر اطمینان‌پذیری منابع انرژی محلی نظارت می‌کنند و همین مساله کربن‌زدایی کامل از منابع برق به‌دست‌آمده از انرژی تجدیدپذیر را پیچیده می‌کند. ضمناً، حوزه‌های محلی می‌توانند از نیروگاه‌های حرارتی با سوخت جایگزین و زیرساخت‌های مرتبط آنها که می‌توانند برق کم-آلاینده یا بدون آلاینده را برای تامین الزامات اطمینان‌پذیری و کیفیت هوا عرضه کنند (مثلاً تولید هیدروژن سبز و/یا نیروگاه‌ها)، به‌صورت متناوب حمایت نمایند. حوزه‌های محلی از مجوز ساده‌سازی فرآیند صدور مجوز و توسعه امکانات تولید توزیع‌شده از طریق CCA ها و آیین‌نامه‌های گسترش برخوردارند. با توجه به محدودیت مقررات جاری ایالتی و ابهامات پیشدستی فدرال، نظارت تکمیلی بر میزان آلاینده‌ی بیشتر نیروگاه‌های حرارتی با سوخت فسیلی با محدودیت همراه است.

کربن‌زدایی از حمل‌ونقل

بخش حمل‌ونقل بزرگترین عامل ایجاد آلاینده‌های GHG در منطقه است. در سال 2016، تقریباً نیمی از میزان آلاینده‌های منطقه‌ای به حمل‌ونقل جاده‌ای نسبت داده می‌شد. در سال 2035، آلاینده‌ی ناشی از حمل‌ونقل جاده‌ای احتمالاً به حدود 41% از کل آلاینده‌ی پیش‌بینی‌شده خواهد رسید (شکل 3).ⁱ در قوانین ایالتی، احکام اجرایی، و اهداف انرژی ایالتی نقاط هدف کاهش GHG برای رفع این آلودگی‌ها تعیین شده است. ضمناً، منطقه سن‌دیه‌گو اقداماتی را برای کاهش آلاینده‌ی GHG حمل‌ونقل منطقه‌ای اجرا کرده است که از آنها می‌توان به کاهش میزان پیمایش انواع خودروها (VMT) و راهبردهای برقی کردن خودروها اشاره کرد.

منطقه دارای مبنای سیاستی قوی برای کاهش آلاینده‌ی مرتبط با حمل‌ونقل است. البته، تعهدات کنونی از طریق CAP ها و سیاست‌های دیگر با مقیاس کاهش که در احکام اجرایی ایالتی در زمینه خنثی‌سازی کربن ذکر شده است، ناسازگاری دارد. حتی بهترین تعهدات CAP برای کاهش آلاینده‌ی حمل‌ونقل جاده‌ای از طریق کاهش VMT، پذیرش EV، و راهبردهای بهره‌وری سوخت، اگر در کل منطقه اجرا شود، احتمالاً منجر به دستیابی به اهداف آلاینده‌ی صفر ایالت نمی‌شود.

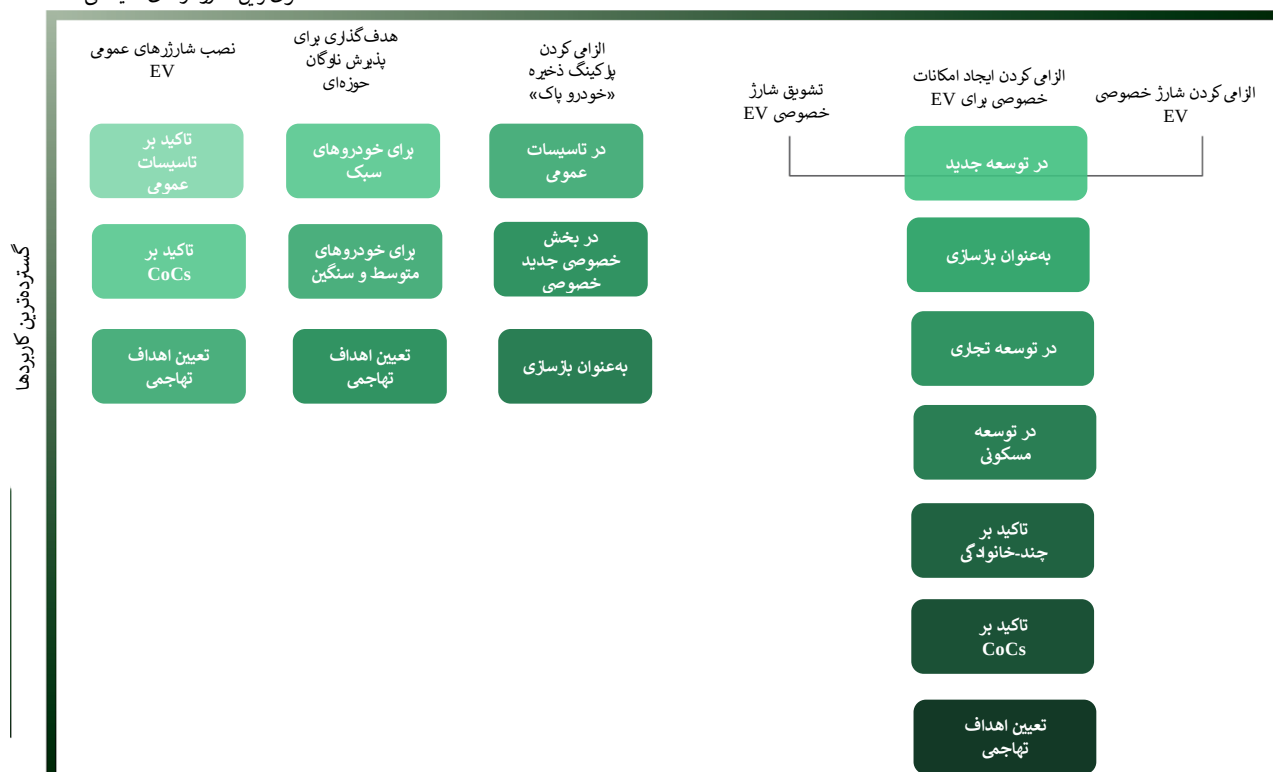
فرصت‌های تسریع پذیرش EV و کاهش VMT بر اساس سیاست‌های منطقه‌ای جاری و الگوهای مالکیت خودرو، رفتار سفر و توسعه کاربری زمین وجود دارد.

سیاست‌های کنونی و رفتارهای مصرف‌کننده، راننده و توسعه‌دهنده هم‌اکنون با افزایش EV و کاهش VMT سازگار است. البته، فرصت‌های دیگری نیز برای سرعت‌بخشی به فرآیند کربن‌زدایی از حمل‌ونقل منطقه‌ای وجود دارد. برای **کاهش VMT**، حوزه‌ها می‌توانند بر توسعه متراکم در کریدورهای ترانزیت، راه‌آهن و ایستگاه‌های تراموا متمرکز شوند و به تقویت حمل‌ونقل ترانزیتی و فعال (مانند دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی) بپردازند.

ⁱ برای مشاهده تحلیل مشروح تعهدات CAP در حوزه حمل‌ونقل، به فصل 8، بخش 8.5 مراجعه کنید. توجه کنید که این مقدار شامل برآورد تغییرات فروش EV است ولی اقدامات CAP را شامل نمی‌شود.

تصویب سیاست‌های «رشد هوشمند» باعث بهبود ارتباطات شهری و برون‌شهری، زمینه‌سازی برای توسعه‌های چند-منظوره، کوتاه شدن مسافت سفرها با تغییر منطق‌بندی، و مشوق‌زدایی از پارکینگ رایگان می‌شود.^۱ برای کاهش هرچه بیشتر آلاینده‌گی، حوزه‌ها می‌توانند الزامات کنونی ممنوعیت روشن نگه داشتن درجای خودرو (به‌ویژه اطراف مدارس) را اجرا و تقویت کنند، مناطقی را برای اقدامات کاهش ترافیک تعیین کنند و مشوق‌هایی برای رفتار رانندگان در نظر بگیرند. ضمناً، حوزه‌های محلی می‌توانند خودروهای آلاینده را از رده خارج کنند. این روند در جوامع مختلف می‌تواند نقش مهمی در کاهش سریع آلودگی هوای محلی داشته باشد. سرانجام، دولت‌های محلی می‌توانند روند پذیرش خودروهای دارای آلاینده‌گی صفر (ZEV) را با فراهم کردن ایستگاه‌های شارژ عمومی EV و استفاده از سوخت‌های جایگزین و کم-کربن و EV ها، به‌ویژه برای خودروهای دارای وزن متوسط و سنگین، در ناوگان‌های فعلی و آینده، سرعت ببخشند. شکل 9 منوی از فرصت‌های سیاستی برای پذیرش ZEV را نشان می‌دهد. گزینه‌های سیاستی مرتبط از نظر کارایی (مثلاً تأثیر اجرای سیاست بر تسهیل پذیرش ZEV چقدر است) و گستره (مثلاً چند نفر را پوشش می‌دهد) متفاوت هستند.

قوی‌ترین سازوکارهای سیاستی



شکل 9. طیف گزینه‌های سیاستی برای تسريع در پذیرش ZEV. سیاست‌ها با انتقال به سمت راست جدول کارآمدتر می‌شوند و با انتقال به سمت پایین جدول کاربردهای گسترده‌تری می‌یابند. بنابراین، پیش‌بینی می‌شود که اقدام سیاستی واقع در قسمت پایین سمت راست بیشترین کارایی و گسترده‌ترین کاربرد را داشته باشد. گزینه بالای سمت راست اقدام سیاستی با کمترین کارایی و محدودترین کاربرد است.

فرصت‌های متعدد برای همکاری و هماهنگی منطقه‌ای وجود دارد. ماهیت حمل‌ونقل جاده‌ای و موسسات فعلی هماهنگ‌کننده تصمیمات حمل‌ونقل ایجاد می‌کند که همکاری منطقه‌ای در زمینه کربن‌زدایی از حمل‌ونقل کارآمدتر از تکتک اقدامات CAP باشد.

^۱ فرصت‌های افزایش تراکم در مناطق خالی در فصل 3 معرفی شده است. جزییات روش کاهش VMT در فصل 8 بیان شده است.

CCA نمونه‌ای از سازوکار محلی، معمولاً از طریق JPA، است که از برقی کردن وسایل حمل‌ونقل با تدوین برنامه‌های تشویقی محلی برای پذیرش EV، فراتر از برنامه‌های ایالتی و فدرال، حمایت می‌کند. همچنین، دیگر تلاش‌های همکاری منطقه‌ای نیز ممکن است برای تخصیص بودجه محلی به کربن‌زدایی از حمل‌ونقل شناسایی شود. حوزه‌های محلی می‌توانند برای ارزیابی معقول و موثر بودن سرمایه‌گذاری در توسعه EV در مقایسه با گسترش حمل‌ونقل عمومی در جوامع مختلف و سازگار کردن تحلیل‌های ارزش حمل‌ونقل منطقه‌ای (مثلاً تحلیل ارزش SANDAG) با تحلیل‌های ارزش CAP (مثلاً تحلیل ارزش شهر سن‌دیوگو) همکاری کنند.

اختیار قانونی برای نظارت بر کربن‌زدایی از حمل‌ونقل:^۱ حوزه‌ها و نهادهای محلی در منطقه سن‌دیوگو، بر اساس اختیارات محلی کاربری زمین در زمینه برنامه‌ریزی و توسعه و نیز اختیارات واگذار شده ایالتی و فدرال، اختیارات گسترده‌ای در زمینه حمل‌ونقل دارند. البته، قوانین ایالتی یا فدرال می‌تواند این اختیارات را، همانند مقررات آلاینده‌گی سوخت و لوله آگروز، محدود یا باطل کند. حوزه‌های محلی، با اختیارات خود، می‌توانند سیاست‌ها و مقررات تغییرات اقلیمی برای کاهش میزان انتشار GHG از وسایل حمل‌ونقل را در برنامه‌های عمومی (GP)، CAP، منطقه‌بندی، یا مقررات توسعه ترانزیت-محور بگنجانند. ضمناً، آنها می‌توانند به الزامی کردن وجود زیرساخت جابجایی سوخت در ساختمان‌ها (مثلاً تجهیزات شارژ EV)، ایجاد زیرساخت‌های پشتیبانی در معابر عمومی یا در زمین‌های عمومی، و حمایت از تولید سوخت و زیرساخت جایگزین، مانند هیدروژن، بپردازند. حوزه‌های محلی می‌توانند ناوگان‌های خود را با خرید، نگهداری یا تعویض تجهیزات مدیریت کنند. آنها همچنین از اختیار نظارت بر آلاینده‌های غیرمستقیم حمل‌ونقل و حفظ میزان آلاینده‌های محلی در چارچوب استانداردهای ایالتی و فدرال کیفیت هوا، برخوردارند. قوانین و مقررات ایالتی فرصتی برای سازگار کردن اقدامات محلی کاهنده هزینه اجرا فراهم می‌کند. این فرصت با اجرای پروژه‌ها با بودجه ایالت در منطقه، به‌ویژه در جوامع هدف، و بهره‌گیری از فناوری توسعه‌یافته با بودجه ایالتی و فدرال، ایجاد می‌شود. در نهایت، حوزه‌ها ظاهراً اختیارات قانونی دیگری در زمینه کاربری زمین، مکان‌یابی زیرساخت‌های حمل‌ونقل، واگذاری اختیار، و وضع مالیات برای کاهش GHG حمل‌ونقل، علاوه بر تعهدات CAP ها، دارند. ارزیابی محدودیت‌های نهادهای محلی برای کاهش هرچه بیشتر GHG حمل‌ونقل جاده‌ای مستلزم کار تکمیلی است.

^۱ برای مشاهده مباحث مربوط به اختیار قانونی، به فصل ۸، بخش ۸.۵ «کربن‌زدایی از حمل‌ونقل» و «پیوست B» مراجعه کنید.

کربن‌زدایی از ساختمان‌ها

در گزارش فنی RDF به آلاینده‌های ترکیبی و وابسته به زیرساخت‌ها و بخش ساختمان منطقه پرداخته شده است. انتشار مستقیم آلاینده‌ها از ساختمان‌ها ناشی از احتراق موضعی سوخت فسیلی است و در افزایش آلاینده‌گی GHG منطقه‌ای نقش دارد (شکل 3). این تحلیل بر مساله برقی کردن سامانه‌های عامل آلاینده‌های مصرف نهایی، مانند بخاری و آب‌گرم‌کن، و مصرف سوخت‌های کم-کربن (مانند بیومتان و هیدروژن)، در مواردی که برقی کردن هنوز امکان‌پذیر نیست، متمرکز است. این فصل سه راهکار الگوسازی‌شده برای دستیابی به هدف کربن-صفر در بخش ساختمان تا سال 2050 را معرفی می‌کند: راهکار مبتنی بر برقی کردن سامانه‌های مصرف‌کننده سوخت فسیلی، راهکار مربوط به افزایش کارایی پمپهای گرمایی برقی، و راهکار استفاده از سوخت‌های کم-کربن برای کاهش میزان آلاینده‌گی در مواردی که سرعت فرآیند برقی کردن مناسب نباشد.ⁱ

برای کربن‌زدایی از ساختمان‌ها چندین اقدام کوتاه‌مدت و کم‌هزینه وجود دارد. نخست، تعویض سامانه‌های گرمایشی قدیمی و دارای سوخت فسیلی با انواع برقی جزو اولویت‌های کوتاه‌مدت است، زیرا برخی سامانه‌های کنونی دارای سوخت فسیلی تا سال 2050 فقط یک بار تبدیل خواهند شد. دوم، تعیین استانداردهای «آماده برقی شدن» یا «تمام-برقی» برای ساختمان‌های جدید و بازسازی‌های اساسی از طریق آیین‌نامه‌های انرژی ساختمان سبب کاهش هزینه‌های مرتبط با گذار از سوخت‌های فسیلی خواهد شد. سوم، بهبود روش‌های جمع‌آوری داده اقدامی کم‌هزینه و اساسی برای تدوین سیاست آینده است. جمع‌آوری داده‌های بیشتر درباره آلاینده‌گی ساختمان‌ها و کربن‌زدایی سبب می‌شود که تصمیم‌سازان به آگاهی لازم درباره تدوین سیاست‌های ویژه بخش ساختمان و دستیابی به منطقه صفر مطلق برسند.

تعویض سامانه‌های فسیلی گرمایش محیط و آب با سامانه‌های برقی باید جزو سیاست‌های اصلی کاهش میزان آلاینده‌گی ساختمان‌ها قرار بگیرد. سامانه‌های گرمایش محیط و آب بخش اعظم منابع گاز طبیعی ساختمان‌های مسکونی در ناحیه سرویس SDG&E را مصرف می‌کنند (شکل 10). میزان مصرف انرژی در ساختمان‌های تجاری متغیر است (شکل 11) ولی آب‌گرم‌کن و بخاری همچنان بخش بزرگی از کل انرژی را مصرف می‌کند، و حدود دو-سوم سامانه‌های گرمایش ساختمان‌های تجاری از گاز طبیعی استفاده می‌کنند. تعویض سامانه‌های گرمایش محیط و آب و دیگر سامانه‌های مبتنی بر سوخت فسیلی، مانند اجاق و خشک‌کن، با انواع برقی نقش مهمی در کربن‌زدایی از ساختمان‌ها خواهد داشت. فناوری‌های کنونی پمپ گرمایی برای گرم کردن محیط و آب به‌آسانی در دسترس است و بازده بیشتری نسبت به سامانه‌های مبتنی بر گاز طبیعی دارد. این فناوری‌ها واحد انرژی کمتری برای ایجاد گرمایش مصرف می‌کنند و زمینه را برای برقی کردن تجهیزات آماده می‌کنند. در مورد تنظیم دمای ساختمان، پمپهای گرمایی برقی از قابلیت تامین گرمایش و سرمایش در یک دستگاه واحد برخوردارند و به همین دلیل گزینه مناسبی برای خانه‌های فاقد دستگاه تهویه محسوب می‌شوند. بنابراین، سیاست‌های منطقه‌ای باید از پذیرش سامانه‌های کارآمد پمپی گرمایش محیط و آب و کنار گذاشتن سامانه‌های مبتنی بر سوخت فسیلی در ساختمان‌های جدید و فعلی حمایت کند.

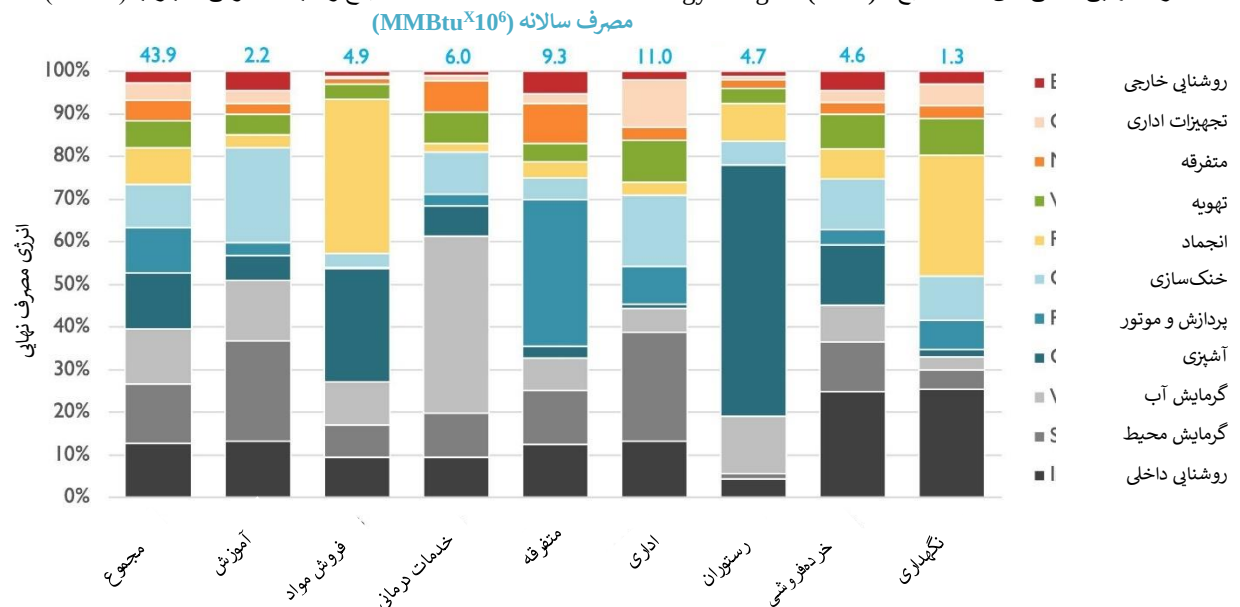
ضمناً، سیاست‌های تعویض سامانه‌های فسیلی گرمایش محیط و آب باید بر کم‌رسانی در زمینه جلب مشارکت ساکنان کم‌درآمد و مالکان ساختمان‌های اجاره‌ای

ⁱ اطلاعات بیشتر درباره راهکارهای الگوسازی‌شده را می‌توانید در فصل 4، بخش 4.4 و دیگر بخشهای این فصل بیابید.

متمرکز شود. این سیاست‌ها باید به مساله نابرابری‌های تاریخی در زمینه کیفیت مسکن، بی‌عدالتی زیست‌محیطی، نابرابری‌های درمانی ناشی از آلودگی هوا در محیط بسته، و هزینه‌های خدمات همگانی نیز بپردازد. ضمناً، باید تضمین شود که فرآیند کربن‌زدایی از ساختمان‌ها ساکنان و اجارمنشینان کم‌درآمد را پوشش می‌دهد و آنها را در عرصه پرداخت هزینه‌های روزافزون گاز تنها نمی‌گذارد.



شکل 10. میانگین سالانه مصرف گاز طبیعی (با مقدار ترم) برحسب مصرف نهایی و برحسب مطلوبیت برای خانوارهایی که گاز سوخت اصلی مصارف نهایی اصلی آنان است. منبع: DNV GL Energy Insights (2021) مطالعه 2019 اشباع وسایل مسکونی کالیفرنیا (RASS).



شکل 11. نمایه‌های مصرف نهایی انرژی منطقه‌ای سن‌دیه‌گو، برحسب نوع ساختمان تجاری. درصدها نسبت به کل انرژی مصرف نهایی در هر بخش ساختمان محاسبه شده است. مصرف سالانه انرژی، با مقدار واحد گرمایی بریتانیا میلیون متریک (MMBTU)، برای هر نوع ساختمان در بالای شکل با رنگ آبی درج شده است. گرمایش آب با خاکستری روشن (سومین رنگ از پایین در هر ستون) و گرمایش محیط با خاکستری متوسط (دومین رنگ از پایین در هر ستون) مشخص شده است. مصرف گاز طبیعی در هر سامانه بر اساس نوع ساختمان تجاری فرق می‌کند ولی گرمایش محیط و آب همچنان عامل اصلی مصرف گاز طبیعی هستند که در ستون منتهی‌الیه سمت چپ («مجموع») دیده می‌شود. منبع: الگوی سیناپس.

سیاست‌های کربن‌زدایی از ساختمان‌های کنونی و جدید بسیار مهم است. 80٪ ساختمان‌هایی که در 2050 وجود خواهد داشت، هم‌اکنون ساخته شده است. بنابراین کربن‌زدایی از بخش ساختمان مستلزم کربن‌زدایی از ساختمان‌های کنونی است. با این‌که آیین‌نامه‌های ساختمانی ایالت، مانند «عنوان 24»، شامل اصلاحات و الحاقات سازه‌ای در ساختمان‌های مشخص فعلی می‌شود، سیاست‌های محلی می‌تواند زمینه یا الزامی برای بهروری انرژی و برقی‌سازی در بسیاری حوزه‌های دیگر ایجاد کند.ⁱ مثلاً، کربن‌زدایی از ساختمان‌های شهری از طریق برقی کردن مقرون‌به‌صرفه باید هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد و ممکن است مالکان خانه‌ها را به رعایت الزامات تشویق کند. بدین‌ترتیب یک سیاست کم‌هزینه شکل می‌گیرد.

برای کربن‌زدایی از ساختمان‌های جدید، حوزه‌ها می‌توانند استانداردهای «آماده برقی شدن» یا «تمام-برقی» را برای سازه‌های جدید تعریف کنند. سیاست‌گذاران می‌توانند از تصویب آیین‌نامه‌ها یا دستورالعمل‌های پوشش تمام-برقی -که آیین‌نامه‌ها یا دستورالعمل‌های فراتر از آیین‌نامه‌ها یا دستورالعمل‌های الزامی ایالتی یا فدرال هستند- در شهرهای کارلسباد، انسینیتاس و سولانا بیچ، الگو بگیرند.

از سوخت‌های گازی کم-کربن می‌توان برای مصرف نهایی که برقی کردن تجهیزات مرتبط در آنها دشوار است، استفاده کرد. البته در این زمینه تحقیق و اجرای طرح‌های آزمایشی ضروری است. برخی سامانه‌های ساختمانی را نمی‌توان کاملاً برقی کرد. بنابراین، یکی از راه‌های کاهش میزان انتشار GHG از این سامانه‌ها استفاده از سوخت‌هایی است که GHG خالص وارد جو نمی‌کنند.ⁱⁱ همچنین، از این سوخت‌ها می‌توان در سامانه‌هایی که هنوز برقی نشده‌اند استفاده کرد. از سوخت‌های گازی کم-کربن می‌توان به بیومتان و/یا هیدروژن اشاره کرد. البته، هریک از این سوخت‌های جایگزین مزایا و معایبی از نظر هزینه و کارایی دارند. ضمناً، ابهامات مربوط به این سوخت‌ها ایجاب می‌کند که تحقیق و آزمایش بیشتر پیش از به‌کارگیری آنها صورت بگیرد.

حذف متعلقات غیرضروری یا تعویض سامانه خط لوله گاز و تسریع استهلاک دارایی‌های کنونی خدمات همگانی احتمال بی‌ثمر ماندن سرمایه‌گذاری صورت‌گرفته در اموال (یعنی ریسک هزینه سرگردان) را برای شرکت گاز کاهش می‌دهد. کاهش میزان مصرف نهایی گاز طبیعی در ساختمان‌ها می‌تواند منجر به ایجاد سرمایه سرگردان شود. سرمایه سرگردان زیرساختی است که پیش از پایان عمر مفید خود از کار می‌افتد. برای شرکت‌هایی مانند SDGE، سرمایه سرگردان همان زیان‌های مالی احتمالی است که بر اثر بالا رفتن هزینه‌های سرمایه‌ای ساخت یا تعویض زیرساخت‌های گازی تحمیل می‌شود. کاهش این سرمایه سرگردان باید جزو ملاحظات مهم سیاستی قرار بگیرد.ⁱⁱⁱ یکی از اقدامات مفید، حذف هرچه بیشتر موارد افزایش یا تعویض غیرضروری خط لوله است. سیاست‌هایی که برقی کردن کامل در ساختمان‌های جدید را الزامی می‌کند، سبب کاهش میزان افت سرمایه سرگردان در زمینه سرمایه‌گذاری ایجاد خط لوله برای مشتریان جدید می‌شود ولی تعویض زیرساخت فرسوده در این زمینه نقشی ندارد.

ⁱ برای کسب اطلاعات بیشتر درباره نمونه اقدامات نهادهای محلی در زمینه کربن‌زدایی از ساختمان‌های کنونی، به فصل 8، بخش 8.6 مراجعه کنید. برای مشاهده یک مثال محلی، به فصل 7، بخش 7.3.1 مراجعه کنید.

ⁱⁱ در این زمینه می‌توان به نیروگاه‌های منطقه‌ای که بخار یا آب داغ به سمت مجموعه جغرافیایی ساختمان‌ها منتشر می‌کنند، اشاره کرد. در منطقه سن‌دیه‌گو سامانه‌های متعددی از این نوع وجود دارد که پایگاه‌های نظامی، بیمارستان‌ها یا دانشگاه‌ها را پوشش می‌دهد. متصدیان سامانه‌ها باید هزینه‌ها و مزایای نسبی سوخت‌های کم-کربن و فناوری‌های گرمایش برقی (مانند پمپ‌های گرمایی پرتیر، چیلرهای بازیافت گرما، و بویلرهای برقی) را ارزیابی کنند.ⁱⁱⁱ در زمان نگارش این گزارش، کمیسیون خدمات همگانی در حال ارزیابی جنبه‌های کلیدی برنامه‌ریزی بلندمدت گاز طبیعی در کالیفرنیا، در قالب فرآیند R2001007، بود.

تحقیق و آزمایش در زمینه جایگزین‌های غیر خط لوله در زیرساخت‌های جدید و تعویضی، شامل برقی کردن مصارف نهایی به جای تعویض زیرساخت، زمینه‌ساز شناسایی فرصت‌های کاهش ریسک می‌شود.

با وجود اهمیت این بخش در فرآیند کربن‌زدایی منطقه‌ای، CAP ها اقدامات نسبتاً اندکی برای برقی کردن ساختمان‌ها انجام داده‌اند و تأثیر GHG این اقدامات نسبتاً ناچیز بوده است. صرفاً هفت CAP در منطقه سن‌دیه‌گو اقداماتی درباره برقی کردن ساختمان‌ها انجام داده‌اند و کاهش میزان انتشار GHG در CAP بر اثر افزایش بهره‌وری و برقی کردن وسایل، نسبتاً اندک بوده است.ⁱ در مقایسه با سطح برقی کردن وسایل در ساختمان‌های کنونی و جدید که در فصل 4 به آن اشاره شد، اقدامات CAP از یافته‌های عملی مربوط به کربن‌زدایی ساختمان‌ها که در گزارش فنی RDF ذکر شده است، عقب مانده است.

در زمینه ارزیابی ملاحظات برابری اجتماعی در سیاست‌های کربن‌زدایی از ساختمان‌ها، فرصت و ضرورت دیده می‌شود. تعویض وسایل خانگی هزینه‌بر است. بنابراین، در سیاست‌های کربن‌زدایی از ساختمان باید مشوق‌هایی برای برقی کردن وسایل، به‌ویژه در جوامع تحت‌پوشش، جوامع کم‌درآمد، مناطق روستایی و ساختمان‌های اجاره‌ای، در نظر گرفته شود. تقویت ظرفیت و ابزارهای لازم برای شناسایی و بررسی پیامدهای برابری سیاست‌های کربن‌زدایی از ساختمان در منطقه سن‌دیه‌گو نیازمند کار بیشتر است.

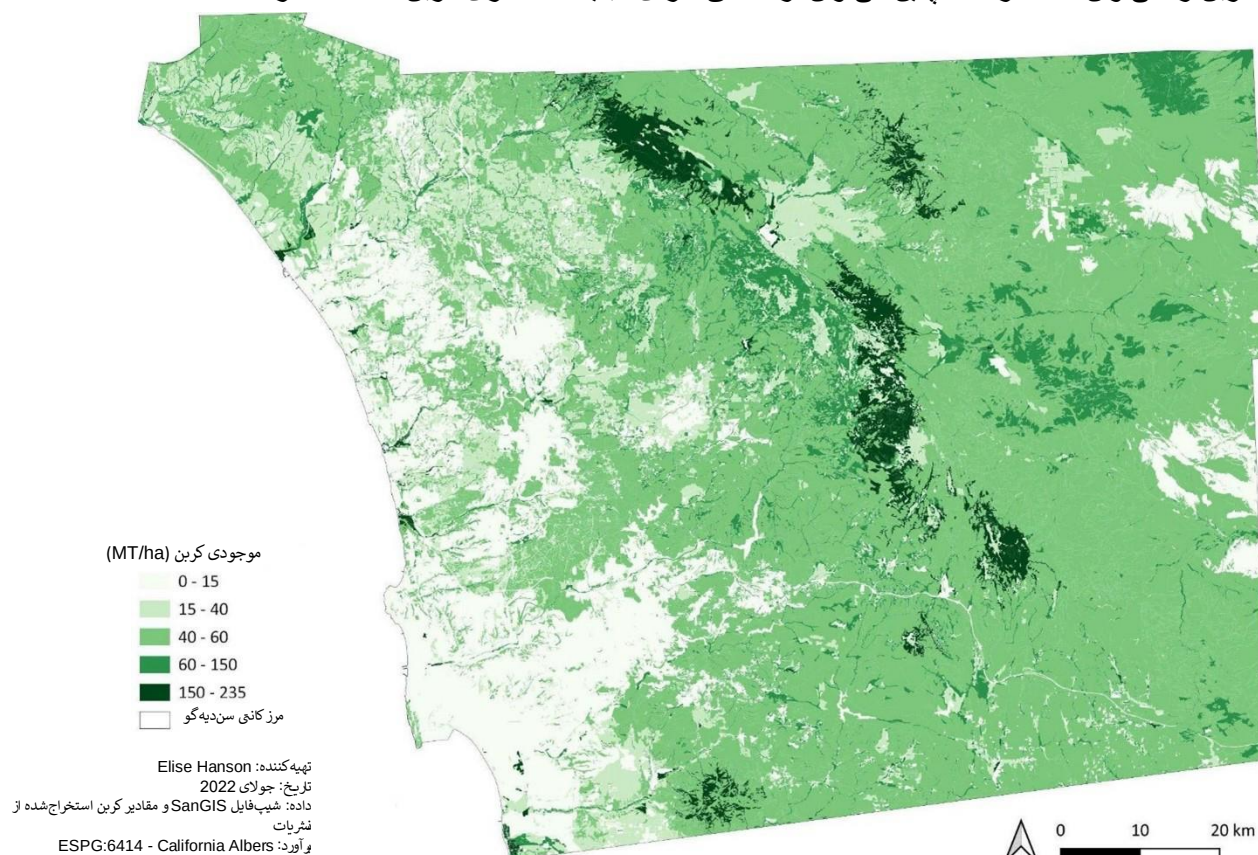
اختیار قانونی برای نظارت بر کربن‌زدایی از ساختمان:ⁱⁱ حوزه‌های محلی برای نظارت بر میزان آلاینده‌ی GHG ناشی از مصرف نهایی سوخت‌های فسیلی و دیگر منابع انرژی در ساختمان‌ها که ابزار اصلی کربن‌زدایی از ساختمان‌ها محسوب می‌شود، اختیاراتی دارند. حوزه‌های محلی همچنین از اختیار واگذار شده در زمینه محیط ساخته‌شده برای سختگیرانه‌تر کردن آیین‌نامه‌های انرژی، نظارت مستقیم بر خروج عوامل آلوده‌کننده هوا از ساختمان‌ها و تامین منابع انرژی جایگزین در ساختمان‌های عمومی استفاده می‌کنند. قانون کیفیت محیط زیست کالیفرنیا (CEQA) می‌تواند اختیارات دیگری برای محدود کردن آستانه‌های تعیین تأثیر زیست‌محیطی به حوزه‌های محلی بدهد. دولت‌های محلی از تعیین استانداردهای بهره‌وری انرژی وسایل خانگی، نظارت بر تامین، انتقال و نگهداری گاز طبیعی، و مواد سردکننده با قابلیت تأثیرگذاری چشمگیر بر سرمایش زمین (مانند HFC ها) منع شده‌اند.

ⁱ برای کسب اطلاعات بیشتر درباره تعهدات CAP در زمینه برقی کردن ساختمان‌ها، به فصل 8، شکل 8.33 مراجعه کنید.

ⁱⁱ برای مشاهده مباحث مربوط به اختیار قانونی، به فصل 8، بخش 8.6 «کربن‌زدایی از ساختمان‌ها» و «پیوست B» مراجعه کنید.

راهکارهای اقلیمی طبیعی

گزارش فنی RDF به بررسی راهکارهای اقلیمی طبیعی (NCS) در منطقه سن‌دیه‌گو و تاثیر آنها بر جداسازی و نگهداری طبیعی CO₂ و دیگر GHG ها می‌پردازد. NCS ها فرآیندهایی هستند که قابلیت زمین‌های طبیعی و کشاورزی (NWL) برای جذب و نگهداری GHG ها از جو، از طریق گیاهان و خاک، را تقویت یا حفظ می‌کنند یا میزان آلاینده‌گی NWL ها را کاهش می‌دهند. «زمین‌های کشاورزی» شامل زمین‌های سبز مانند باغ، تاکستان، علفزار، چراگاه و مزرعه است. «جداسازی» معیار سالانه‌ای برای میزان حذف GHG از جو است، و اصطلاح «نگهداری» به مقدار کل GHG جذب‌شده در گیاهان و خاک مربوط می‌شود. منابع کنونی کربن (شکل 11) معمولاً پایدار است و اگر دچار اختلال نشود، می‌تواند تا چندین دهه کربن ذخیره کند. بنابراین، برنامه‌ریزی دقیق منطقه‌ای می‌تواند تغییر کاربری زمین را که سبب انتشار کربن ذخیره‌شده می‌شود، به حداقل برساند. با شناسایی قابلیت زمین در نگهداری و جداسازی کربن، مناطق دارای ذخایر فراوان کربن را می‌توان حفظ کرد. همچنین می‌توان از مناطق دارای قابلیت جداسازی کربن محافظت کرد.



شکل 11 برآورد کل کربن ذخیره‌شده (تن متریک (MT) معادل CO₂ در هکتار (ha)) برای منطقه سن‌دیه‌گو. رنگهای تیره‌تر نشان دهنده برآوردهای بیشتر ذخیره کربن و رنگهای روشن‌تر نشان دهنده برآوردهای کمتر ذخیره کربن است. مجموع ذخیره منطقه‌ای در هر دسته گیاه از این مقادیر به دست آمده و در جدول 5.2 درج شده است. توجه کنید که بسترهای آب‌پیچ در نظر گرفته نشده است زیرا در شیب‌فایل‌های SanGIS وجود نداشت. البته، بسترهای آب‌پیچ در خلیج‌های میشن و سن‌دیه‌گو فراوان است و زیستگاه مهم کربن آبی محسوب می‌شود.

NWL های منطقه‌ای مقادیر فراوانی دی‌اکسید کربن جذب و نگهداری می‌کند، هرچند نمی‌توان آن را جزو آلاینده‌های انسانی در نظر گرفت. NWL ها می‌توانند کانون خالص قوی‌تری در مقایسه با وضعیت کنونی باشند. البته در این زمینه سرمایه‌گذاری برای تقویت NCS ها و کاهش آلاینده‌های کربنی ناشی از زمین و فعالیت‌های کاربری زمین ضروری است. برای محاسبه دقیق آلاینده‌های کربنی ناشی از کاربری زمین، جمع‌آوری داده‌های محلی و گنجاندن آنها در محاسبات کربن منطقه‌ای لازم است. منطقه می‌تواند جذب سالانه کربن و نگهداری بلندمدت کربن را از طریق سرمایه‌گذاری در NCS های دارای قابلیت تقویت جذب طبیعی و کاهش آلاینده‌های زمین، تقویت کند. در این زمینه محافظت از NWL ها؛ سرمایه‌گذاری در «کاشت کربنی»؛ احیا و توسعه زیستگاه‌های «کربن آبی»؛ کاشت درخت و گیاهان دیگر در مناطق شهری؛ پیشگیری از آتش‌سوزی‌های گسترده و مخرب؛ و کاشت درخت در NWL ها یا احیای آنها امکان‌پذیر است. جمع‌آوری و گنجاندن داده‌های محلی در سیاست‌های NCS، مشوق‌ها و شیوه‌های مدیریت می‌تواند به تقویت فرآیند جداسازی منطقه‌ای کربن منجر شود.

پرهیز از تغییر دادن کاربری زمین از طریق محافظت از زمین‌های طبیعی و صنعتی نمادی از سیاست موثر و کم‌هزینه NCS در منطقه سنده‌گو است. البته، در برخی موارد دیگر اقدامات کربن‌زدایی (مانند مکان‌یابی زیرساخت انرژی تجدیدپذیر) تغییر کاربری زمین را ایجاب می‌کند. زمین‌های کنونی طبیعی و کشاورزی کانون‌های طبیعی کربن هستند. بنابراین، پیشگیری از شهری شدن این زمین‌ها امکان تداوم جذب سالانه و پیشگیری از آلاینده‌های یک‌باره ناشی از حذف گیاهان، تخریب خاک و... را فراهم می‌کند. در این گزارش برآورد شده است که میزان جذب طبیعی سالانه در NWL ها ممکن است به 2 میلیون تن متریک (MMT) گاز CO₂ در شرایط آرمانی برسد و این که ممکن است 58 MMT گاز CO₂ در گیاهان، پسماندهای چوبی، بستر برگی، و خاک ذخیره شده باشد که بخشی از این مقدار بر اثر تغییر کاربری زمین آزاد می‌شود.

توسعه عمرانی و مکان‌یابی زیرساخت‌های انرژی تجدیدپذیر فعالیت‌های مهمی هستند و تاحدی تغییر کاربری زمین را ناگزیر می‌سازند. اعمال این تغییرات برای کمینه کردن تاثیرپذیری NWL ها از منابع عمده کربن طبیعی، افزایش قابلیت جداسازی کربن، و/یا افزایش مزایای جنبی (مانند زیستگاه‌هایی که کیفیت هوا و آب را افزایش می‌دهند، از تنوع زیستی محافظت می‌کنند و به حفظ سلامت عمومی کمک می‌کنند) ضروری است.

دیگر NCS های منطقه‌ای مهم که در گزارش فنی RDF به آنها اشاره شده است، ممکن است برای جداسازی کربن نسبتاً ناکارآمد و/یا هزینه‌بر باشند؛ هرچند شاید مزایای جانبی مهمی داشته باشند. از اینها می‌توان به کاشت کربنی (شیوه‌های کشاورزی افزایش‌دهنده میزان جذب و نگهداری کربن و کاهنده آلاینده‌های GHG در زمین‌های کشاورزی)، افزایش مساحت و کیفیت تالاب‌ها (با محافظت، احیا و گسترش)، و جنگل‌داری و ایجاد فضای سبز شهری اشاره کرد. پیشگیری از آتش‌سوزی گسترده نیز برای کاهش میزان آلاینده‌های و بنا به دلایل متعدد اقتصادی، اکولوژیکی و اجتماعی اهمیت دارد. احیای گسترده زیستگاه‌ها و ایجاد جنگل، که در این گزارش ذکر نشده است، هزینه‌بر است و ممکن است موثر نباشد. دیگر گزینه‌های NCS مستلزم سرمایه‌گذاری کلان است و معمولاً، در مقایسه با محافظت، بازده کوتاه‌مدت چندانی در زمینه جذب کربن ندارد.

NCS ها مزایای **جنبی** **سنجش‌پذیری**، **فراتر** از **کربن‌زدایی**، دارند. هریک از **NCS** های تحلیل‌شده مزایای جنبی سنجش‌پذیر متعددی دارند. از این مزایای جنبی می‌توان به اینها اشاره کرد: بهبود کیفیت آب و هوا، بهبود وضع بهداشت عمومی، محافظت از تنوع زیستی، محافظت از کارکرد اکوسیستم، کاهش آثار جزیره گرمایی از طریق ایجاد سایه، بهبود جنبه‌های زیبایی‌شناسی در مناطق شهری، کاهش الزامات آب و کود در مزارع و چراگاه‌ها، و زمینه‌سازی برای تقویت عدالت زیست‌محیطی. این مزایای جنبی باید هنگام تهیه پیش‌نویس و اجرای سیاست‌های ایجاد انعطاف اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی، باید مد نظر قرار بگیرد.

همه تصمیمات NCS باید مبتنی بر ملاحظات برابری باشد. **NCS** باید از دیدگاه‌های کربن‌زدایی و برابری بررسی شود. در صورت امکان، طرح‌های ایجاد فضای سبز شهری، کاشت درخت، کشاورزی اقلیمی، و احیای زیستگاه باید در اولویت جوامع تحت‌پوشش قرار بگیرد زیرا این **NCS** ها مزایای جنبی چشمگیری مانند بهبود کیفیت آب و هوا و حفظ سلامت انسان دارند. **NCS** ها می‌توانند به رفع نابرابری‌های تاریخی و بی‌عدالتی‌های زیست‌محیطی کمک کنند.

کاشت درخت یگانه معیار CAP **سنجش‌پذیر** مرتبط با این راهکار است ولی فرصت‌هایی برای اجرای **NCS** های دیگر به شیوه گروهی وجود دارد. اقدامات دیگر با اختیار تغییر کاربری زمین محلی امکان‌پذیر است. اقدامات کاشت درخت به‌طور میانگین فقط 1% از میزان انتشار محلی GHG را کاهش می‌دهد. همکاری حوزه‌ای می‌تواند در این زمینه سودمند باشد. دیگر اقدامات **NCS CAP** با اختیارات موجود امکان‌پذیر هستند و می‌توانند در محافظت از زمین، حفظ محیط‌زیست و احیای زمین‌های طبیعی و کشاورزی موثر باشند. مالکان زمین‌های خصوصی و دولت‌های قبیله‌ای می‌توانند به محافظت از زمین، ارزیابی و تامین بودجه طرح‌های آزمایشی ویژه حذف و نگهداری کربن، و همکاری با نهادهای عمومی بپردازند. مجموعاً، فرصتی برای محافظت هرچه بیشتر از زمین‌های طبیعی و کشاورزی و اجرای دستورالعمل لایحه 27 سنای کالیفرنیا (2021) که خواستار ایجاد طرح‌های حذف و نگهداری کربن **NWL** شده است، وجود دارد.

همچنین، فرصت‌هایی برای گنجاندن داده‌ها در فرآیند مدیریت و برنامه‌ریزی زمین و در CAP **ها وجود دارد.** مثلاً، **CAP** ها می‌توانند از داده‌های عمومی دریافتی از نهادها و دانشگاه‌ها و از روش‌های عمومی محاسبه کربن در نهادهایی مانند هیات منابع هوای کالیفرنیا (**CARB**) برای ایجاد اهداف و اقدامات کارآمدتر بهره بگیرند. ضمناً، با هدف شناخت روند آلاینده‌گی، محافظت و نگهداری و ارزیابی تاثیر تصمیمات کاربری زمین، منطقه می‌تواند به اجرای مستمر ارزیابی کربن و پایش ذخایر کربن در **NWL** بپردازد.

اختیار قانونی برای نظارت بر آلاینده‌گی منفی ناشی از NCS ها و کاربری زمین:^۱ هنوز مشخص نیست که آیا توانایی حوزه‌های محلی در استفاده از اختیارات کاربری زمین، منطقه‌بندی، محافظت از زمین و تسهیلات کشاورزی شامل فعالیت‌های مربوط به زمین‌های خصوصی طبیعی و کشاورزی، فراتر از تعیین کاربری زمین تأثیرگذار بر آلاینده‌گی GHG یا جداسازی کربن، نیز می‌شود یا خیر. حوزه کاربری زمین منطقه پیچیدگی بیشتری دارد زیرا زمین‌های مشمول مالکیت فدرال، ایالتی، قبیله‌ای و خصوصی و نیز زمین‌های زیر آب و آب‌ها را در بر می‌گیرد. قوانین و نهادهای مختلف بر انواع مختلف زمین نظارت می‌کنند ولی هیچ‌یک از آنها به میزان آلاینده‌گی GHG یا جذب کربن، بر اساس کاربری زمین، نمی‌پردازند.

^۱ برای مشاهده مباحث مربوط به اختیار قانونی، به فصل ۸، بخش ۸.۸ «راهکارهای اقلیمی طبیعی» و «پیوست B» مراجعه کنید.

نهادهای ایالتی مربوط به کاربری زمین و نظارت بر زمین از اختیارات قانونی گسترده‌ای برخوردارند که در مورد زمین‌های تحت پوشش چندین حوزه اعمال می‌شود و بر میزان آلاینده‌گی و محاسبه GHG تأثیر می‌گذارد. طبق قوانین و احکام اجرایی کالیفرنیا، نهادهای ایالتی کاربری زمین باید آلاینده‌گی GHG ناشی از زمین‌های طبیعی و کشاورزی را در نظر بگیرند. همچنین، این نهادهای ایالتی شروع به ارزیابی و پایش روند حذف و نگهداری کربن در این زمین‌ها کرده‌اند و اهداف کلانی برای 2030 تعیین کرده‌اند. اکنون حوزه‌های محلی از فرصت همکاری با مالکان و مدیران زمین برای دسترسی به اهداف ایالتی، منطقه‌ای و محلی مرتبط با NWL ها برخوردارند.

پیامدهای شغلی کربن‌زدایی در منطقه سن‌دیه‌گو

در گزارش فنی RDF، میزان تغییر خالص در فرصت‌های شغلی بخش انرژی، در واکنش به «مورد مرکزی» راهکارهای کربن‌زدایی الگوسازی‌شده بر مبنای الگوی EER، محاسبه شده است. بر اساس برنامه عملی مشاغل و اقلیم کالیفرنیا 2030، این تحلیل بر تغییرات اشتغال در بازه 2021-2030 و راهبردهای توسعه نیروی کار متمرکز است. ضمناً، این گزارش به تحلیل میانگین کلی سالانه فرصت‌های شغلی جدید در بازه 2020-2050، بر اساس خط زمانی کامل الگوی EER می‌پردازد. برای حذف سوخت‌های فسیلی و الگوسازی کاهش فرصت‌های شغلی مرتبط، این تحلیل بر بازه 2021-2030 متمرکز است، در حالی که برآورد «مورد مرکزی» الگوی EER کاهش ناچیز فعالیت‌های مبتنی بر سوخت فسیلی را نشان می‌دهد. این اختلاف عمدتاً ناشی از برآوردهای الگو درباره مصرف یکنواخت گاز طبیعی و کاهش 20 درصدی مصرف نفت تا 2030، در مقایسه با آمارهای جاری، است. گزارش فنی RDF بر پیامدهای کمی اشتغال ناشی از اقدامات کربن‌زدایی عمیق در بخش‌های انرژی، ساختمان، و حمل‌ونقل متمرکز است و مبنای گزارش Inclusive Economics درباره راهبردهای توسعه نیروی کار را شکل می‌دهد.ⁱ

در بازه 2030 – 2021، راهکار کربن‌زدایی «مورد مرکزی» سالانه به‌طور میانگین تقریباً 27,000 فرصت شغلی مستقیم، غیرمستقیم و جنبی را در منطقه سن‌دیه‌گو ایجاد خواهد کرد. این مشاغل جدید با هزینه‌های تقاضای انرژی (جدول 4) و عرضه انرژی (جدول 5) که تقریباً معادل کل آمار سالانه ایجاد شغل است، شکل خواهد گرفت.ⁱⁱ توجه کنید که ایجاد فرصت‌های شغلی چشمگیر در بخش سوخت فسیلی تا 2030 ادامه خواهد داشت.

ⁱ گزارش Inclusive Economics با عنوان «قرار دادن کانتی سن‌دیه‌گو در شاهراه: پیشنهاد‌های نیروی کار اقلیمی برای سال‌های 2030 و 2050» در نشانی زیر در دسترس است: https://www.sandiegocounty.gov/content/dam/sdc/lueg/regional-decarb-frameworkfiles/Putting%20San%20Diego%20County%20on%20the%20High%20Road_June%202022.pdf.

ⁱⁱ برای مشاهده گزارش مشروح این مشاغل، به فصل 6، بخش 6.3 مراجعه کنید.

جدول 4. میانگین تعداد فرصت‌های شغلی که سالانه در بازه 2021-2030 از طریق هزینه‌های تقاضای انرژی ایجاد می‌شود، برحسب بخشهای فرعی و فناوری. ارقام با فرض 1 درصد میانگین رشد بهرموری سالانه محاسبه شده است.

حوزه سرمایه‌گذاری	میانگین هزینه سالانه	شغل مستقیم	شغل غیرمستقیم	شغل مستقیم + شغل غیرمستقیم	شغل جنبی	شغل مستقیم + شغل غیرمستقیم + شغل جنبی
خودروها	\$7.7 میلیارد	3,427	1,427	4,854	1,508	6,362
HVAC	\$897.0 میلیون	1,345	699	2,044	764	2,808
انجماد	\$761.9 میلیون	1,315	491	1,806	711	2,517
وسایل خانگی	\$188.6 میلیون	143	77	220	78	298
ساخت و ساز	\$113.4 میلیون	263	149	412	146	558
روشنایی	\$106.6 میلیون	177	95	272	100	372
تولید	\$45.7 میلیون	40	32	72	27	99
دیگر مصارف تجاری و مسکونی	\$38.9 میلیون	59	30	89	33	122
کشاورزی	\$17.2 میلیون	144	21	165	45	210
معادن	\$2.4 میلیون	1	1	2	1	3
مجموع	\$9.9 میلیارد	6,914	3,022	9,936	3,413	13,349

منبع: IMPLAN 3.1

جدول 5. میانگین تعداد فرصت‌های شغلی که سالانه در بازه 2021-2030 از طریق سرمایه عرضه انرژی ایجاد می‌شود، برحسب بخشهای فرعی و فناوری. ارقام با فرض 1 درصد میانگین رشد بهرموری سالانه محاسبه شده است.

حوزه سرمایه‌گذاری	میانگین هزینه سالانه	شغل مستقیم	شغل غیرمستقیم	شغل مستقیم + شغل غیرمستقیم	شغل جنبی	شغل مستقیم + شغل غیرمستقیم + شغل جنبی
سوختهای فسیلی	\$4.4 میلیارد	2,538	3,777	6,315	3,805	10,120
تجدیدپذیر پاک	\$629.5 میلیون	1,488	601	2,089	848	2,937
حمل و نقل و نگهداری	\$45.9 میلیون	34	17	51	31	82
دیگر فناوری‌های عرضه	\$45.1 میلیون	118	35	153	57	210
سرمایه‌گذاری‌های دیگر	\$4.5 میلیون	10	3	13	6	19
مجموع	\$5.1 میلیارد	4,188	4,433	8,621	4,747	13,368

منبع: IMPLAN 3.1

طبق برآورد گزارش فنی RDF، حتی با کاهش تقاضای سوخت فسیلی، هیچ فرصت شغلی در صنایع مبتنی بر سوخت فسیلی منطقه پیش از 2030 جابجا نخواهد شد. ترکیب عرضه انرژی در مدل EER نشان می‌دهد که میزان تغییر در مصرف سوخت‌های فسیلی پیش از 2030 ناچیز یا صفر خواهد بود و در نتیجه تغییر در تعداد مشاغل مرتبط با سوخت‌های فسیلی در منطقه، پیش از 2030، ناچیز یا صفر خواهد بود.ⁱ

کانتی سن‌دیه‌گو و دولت‌های محلی باید مجموعه‌ای از سیاست‌های کاربردی گذار معقول را برای شاغلانی که در بازه 2031 – 2050 مشمول تغییر شغل خواهند شد، تدوین کنند. طبق برآورد «مورد مرکزی» الگوی EER، پس از 2030، میزان تقاضا برای نفت و گاز کاهش چشمگیری خواهد یافت. این الگو کاهش 95 درصدی تقاضای نفت و کاهش 75 درصدی تقاضای گاز را پیش‌بینی کرده است. دولت‌های محلی باید از حالا تدوین سیاست‌های گذار معقول را برای این شاغلان آغاز کنند تا این افراد بتوانند به‌تدریج وارد مشاغل دارای کیفیت معادل یا بهتر در حوزه انرژی‌های پاک یا حوزه‌های دیگر شوند.

هزینه گذار معقول تدریجی در مقایسه با گذار دوره‌ای بسیار کمتر خواهد بود. در گذار تدریجی، نسبت شاغلانی که در هر سال داوطلبانه بازنشسته می‌شوند پیش‌بینی‌پذیر خواهد بود. بدین ترتیب ضرورت حمایت از درصد چشمگیری از شاغلان در هر سال از بین می‌رود. سرعت گذار از مشاغل حوزه سوخت‌های فسیلی به مشاغل انرژی‌های تجدیدپذیر بر جنبه تعادل و یکدستی گذار تأثیر می‌گذارد. تغییرات و کاهش سریع احتمالاً منجر به افت ناگهانی فرصت‌های شغلی می‌شود، درحالی‌که تغییرات و کاهش تدریجی احتمالاً افت چشمگیری در فرصت‌های شغلی ایجاد نمی‌کند زیرا کارکنان می‌توانند وارد مشاغل جدید شوند یا داوطلبانه بازنشسته شوند.

تولید انرژی زمین‌گرمایی از پنج مرکز مشخص‌شده در کانتی ایمپریال سبب ایجاد سالانه 1,900 فرصت شغلی در یک بازه 10-ساله در جنوب کالیفرنیا می‌شود. در فصل 2 پنج مرکز تولید انرژی زمین‌گرمایی در کانتی ایمپریال مشخص شده است. تحلیل این فصل نشان می‌دهد که توسعه و بهره‌برداری از این پنج نیروگاه زمین‌گرمایی سبب ایجاد سالانه 1,900 فرصت شغلی در یک بازه 10-ساله در جنوب کالیفرنیا می‌شود که تعدادی از این مشاغل ممکن است در منطقه سن‌دیه‌گو ایجاد شود. این رقم علاوه بر برآورد سالانه 27,000 فرصت شغلی ذکرشده در این فصل است.

ⁱ جزئیات «مورد مرکزی» الگوی EER که در اینجا به کار گرفته شده است، در «پیوست A» ارائه شده است.

فرصت سیاست محلی

طبق ارزیابی گزارش فنی RDF، تعهدات کنونی کاهش CO₂ در CAP ها مشخص می‌کند که آیا منطقه به فعالیت بیشتری برای قرار دادن منطقه در مسیر تامین نیازهای کربن‌زدایی نیاز دارد یا خیر. ضمناً، فرصت‌هایی برای حوزه‌های محلی منطقه برای اقدامات تکمیلی در جهت حمایت از راهکارهای کربن‌زدایی در بخشهای تولید انرژی، حمل‌ونقل، ساختمان و راهکارهای اقلیمی طبیعی پیش‌بینی شده است.

در این فصل چند تحلیل جدید وجود دارد. نخست، اختیارات دولت‌ها و نهادهای محلی برای تاثیرگذاری و نظارت بر میزان انتشار GHG را تحلیل می‌کند و اختیارات نهادهای کلیدی فدرال، ایالتی و محلی، و قوانین و مقررات کلیدی در سطح فدرال و ایالتی برای شفاف‌سازی امکانات دولت‌های محلی در زمینه کاهش آلاینده‌های GHG را به اختصار بیان می‌کند.ⁱ دوم، همه CAP های منطقه را با هدف تعیین تناوب استفاده از اقدامات مشخص در CAP، تاثیر نسبی انتشار GHG بر جوامع CAP، و یکپارچه‌سازی ملاحظات برابری اجتماعی، بررسی می‌کند.ⁱⁱ سوم، تحلیل سناریو میزان کاهش کل GHG منطقه‌ای که از همه تعهدات پذیرفته‌شده و معلق CAP ناشی خواهد شد را تخمین زده است. سپس تاثیر احتمالی GHG یک سناریو را که بهترین تعهدات CAP را در همه حوزه‌ها اعمال می‌کند، برآورد می‌کند.ⁱⁱⁱ در این تحلیل سناریو، تعهد CAP برای یک دسته سیاستی مشخص CAP -مانند اهداف کاشت گیاه- که بیشترین میزان کاهش GHG را در پی خواهد داشت در نظر گرفته می‌شود و سپس این تعهد در تکتک حوزه‌های منطقه سن‌دیه‌گو، صرف‌نظر از تعهدات جاری یا برنامه‌ریزی‌شده در آن دسته، اعمال می‌شود. این را شاید بتوان حد بالای کاهش احتمالی GHG بر اثر تعهدات جاری CAP دانست. سرانجام، این فصل نتایج این رویکردها و دیگر تحلیل‌ها را برای شناسایی فرصت‌های پیشبرد اقدامات محلی تکمیلی و همکاری منطقه‌ای در هریک از چهار راهکار کربن‌زدایی، به کار می‌گیرد.^{iv}

حوزه‌های محلی از اختیار تاثیرگذاری و نظارت بر میزان آلاینده‌گی GHG برخوردارند. دولت‌های محلی، با تعیین سریع اهداف و سیاست‌های قانونی ایالتی، تصویب دستورالعمل‌های فراتر از قانون ایالت، و استفاده از اختیارات خاص برای تصویب و اجرای سیاست‌های مناسب، می‌توانند بر روند انتشار GHG تاثیرگذار باشند و نظارت کنند. اختیارات محلی از قانون اساسی که اختیارات گسترده‌ای برای ترویج بهداشت عمومی، ایمنی یا رفاه عمومی

ⁱ برای کسب اطلاعات بیشتر، به «پیوست B» مراجعه کنید.

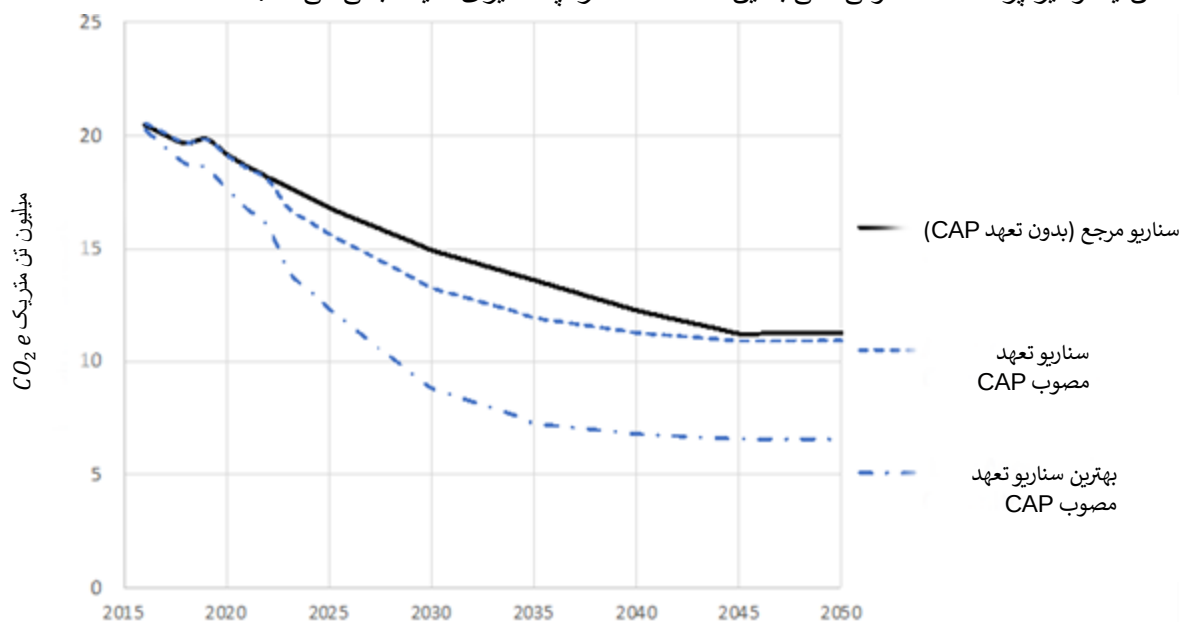
ⁱⁱ برای مشاهده کلیات، به فصل 8، بخش 8.3، و برای مشاهده یافته‌های بخشی به بخشهای 8.5-8.8 مراجعه کنید. از اینها برای نشان دادن شکاف بین اهداف کربن‌زدایی عمیق در فصلهای 2 تا 5 و تعهدات CAP منطقه‌ای نیز استفاده می‌شود.

ⁱⁱⁱ به بخش 8.4 مراجعه کنید.

^{iv} این فرصت‌ها در بخشهای مرتبط این «خلاصه اجرایی» گنجانده شده بود ولی قسمت‌های مربوط به بخشهای مختلف در فصل 8 بیان شده است.

جامعه در نظر گرفته است ناشی می‌شود. قوانین ایالتی نیز اختیارات گسترده‌ای را به دولت‌های محلی واگذار کرده‌اند. محدوده کامل اختیارات حوزه‌های محلی برای نظارت بر میزان انتشار GHG نامشخص است.ⁱ

تعهدات مصوب CAP برای دستیابی به اهداف کربن‌زدایی کافی نیست. تعهدات کاهش GHG در CAP های مصوب مربوط به حمل‌ونقل، برق و ساختمان بخش نسبتاً اندکی از میزان کاهش کل لازم برای دستیابی به آلاینده‌گی صفر مطلق GHG در سال 2045 را تشکیل می‌دهد (شکل 12، مرز نقطه‌چین). حتی اگر تهاجمی‌ترین اقدامات مصوب CAP در همه حوزه‌های منطقه اعمال شود، مقادیر چشمگیری آلاینده، عمدتاً ناشی از مصرف نهایی گاز طبیعی در ساختمان‌ها و حمل‌ونقل جاده‌ای، باقی خواهد ماند (شکل 12، مرز نقطه-خط). این فصل به تحلیل گزارش معلق CAP سال 2022 شهر سن‌دیه‌گو نیز پرداخته است ولی حتی با این اقدامات، مقدار چشمگیری آلاینده باقی می‌ماند.

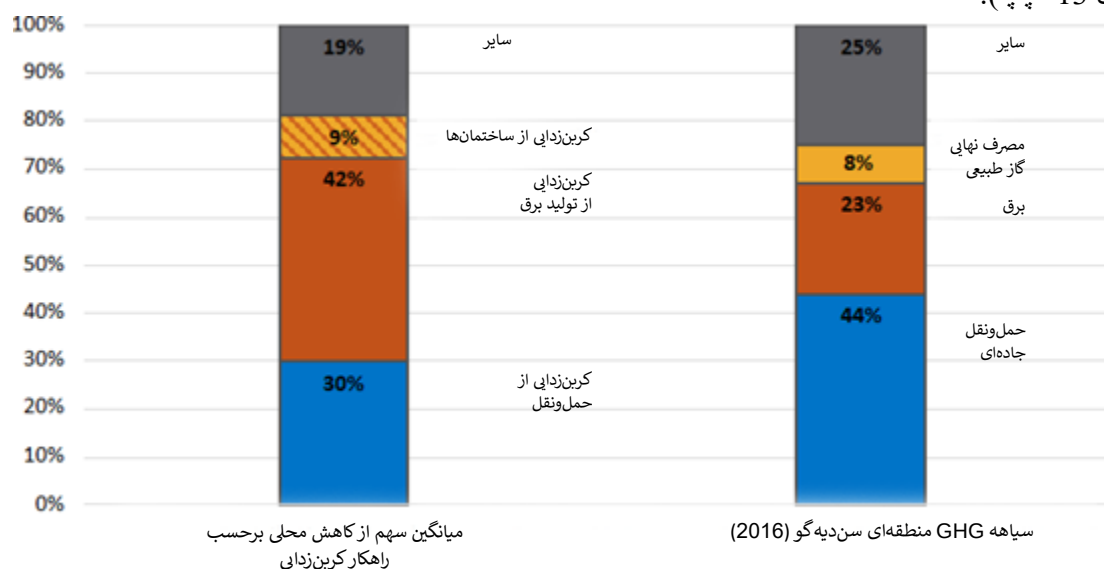


این نمودار همه فعالیت‌های ایجادکننده GHG در منطقه سن‌دیه‌گو یا اقدامات احتمالی جدید محلی، ایالتی و فدرال را که ممکن است در آینده عملی شود، شامل نمی‌شود. مرکز ابتکارات سیاسی انرژی، 2022

شکل 12. این نمودار میزان آلاینده‌گی احتمالی GHG در منطقه سن‌دیه‌گو در بخشهای تولید انرژی، مصرف نهایی گاز طبیعی در ساختمان‌ها و حمل‌ونقل جاده‌ای را در هر یک از سناریوهای تحلیل‌شده نشان می‌دهد. «سناریو مرجع» (خط ممتد)، که تعهد CAP ندارد، فقط کاهش مبتنی بر قوانین، دستورهای، اقدامات و اهداف ایالتی و فدرال را نشان می‌دهد. «سناریو تعهدات مصوب CAP» (خط نقطه‌چین) میزان انتشار باقی‌مانده GHG از زیرمجموعه آلاینده‌گی کل را، با فرض اعمال شدن کامل همه CAP های مکتوب فعلی، نشان می‌دهد. «بهترین سناریو تعهد مصوب CAP» (مرز نقطه-خط) میزان GHG باقی‌مانده را، با فرض اعمال بهترین سناریو تعهد مصوب CAP از هر دسته سیاستی در همه حوزه‌های منطقه، صرف‌نظر از تعهدات مصوب CAP، نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که منطقه با هیچ‌یک از سناریوهای تحلیل‌شده تا سال 2050 به هدف آلاینده‌گی صفر مطلق نمی‌رسد. توجه کنید که در این سناریو فرض شده است که هیچ قانون، دستورالعمل، اقدام و هدف جدیدی در سطح ایالتی و فدرال اعمال نمی‌شود و الزامات کنونی نیز در هیچ مقطعی از این بازه تغییر نمی‌کند. ضمناً، برخی آلاینده‌های GHG منطقه در این تحلیل‌ها لحاظ نشده است.

ⁱ برای مشاهده بحثهای مشروح مربوط به اختیارات، به بخش 8.2 و «پیوست B» مراجعه کنید.

حوزه‌ها از امکان تصویب اقدامات CAP تکمیلی و تقویت اقدامات کنونی برخوردارند. بر اساس نتایج بررسی CAP ها، حوزه‌های بیشتری می‌توانند اقدامات کارآمدتر CAP را با الگو گرفتن از دیگر حوزه‌های منطقه‌ای تصویب کنند. همچنین، بر اساس نتایج تحلیل سناریو تأثیر ترکیبی اقدامات CAP بر میزان انتشار GHG، بیشتر حوزه‌ها می‌توانند اقدامات CAP کنونی خود را، به‌ویژه در بخش‌های حمل‌ونقل و ساختمان، تقویت کنند. این بخش‌ها آلاینده‌ی GHG فراوانی ایجاد می‌کنند (شکل 13، راست)، ولی به‌طور میانگین میزان کاهش آلاینده‌ی CAP آنها به‌شکل نامتناسبی در سال 2035 پایین خواهد بود (شکل 13، چپ).



شکل 13. این نمودار میانگین سهم هر راهکار کربن‌زدایی در کل میزان کاهش GHG، ناشی از اقدامات مصوب و معلق محلی CAP، در سال 2035 (چپ) و توزیع آلاینده‌ی منطقه‌ای 2016 بر حسب منبع آلاینده‌ی (راست) را نشان می‌دهد. نمودار نشان می‌دهد که آلاینده‌ی ناشی از حمل‌ونقل (آبی، سمت راست) تقریباً نیمی از آلاینده‌ی محلی را شامل می‌شود، ولی به‌طور میانگین کاهش متناظر ناشی از تعهدات CAP فقط اندکی بیش از یک‌چهارم کل میزان کاهش محلی GHG در CAP ها است (آبی، سمت چپ). همچنین، تولید برق حدود یک‌چهارم آلاینده‌ی منطقه‌ای را ایجاد می‌کند (نارنجی تیره، سمت راست)، ولی میزان کاهش مرتبط به‌طور میانگین فقط اندکی از نصف میزان کاهش GHG ناشی از تعهدات CAP کمتر است (نارنجی تیره، سمت چپ). توجه کنید که از آنجاکه آلاینده‌ی مرتبط با ساختمان‌ها ناشی از سوخت موضعی گاز طبیعی و تولید برق است، سهم کربن‌زدایی از ساختمان در این ستون هاشور خورده است تا مشخص شود که مجموع نارنجی تیره و نارنجی روشن متناظر با سوختن گاز طبیعی در ساختمان‌ها (نارنجی روشن) و تولید برق (نارنجی تیره) است.

گنجاندن عامل برابری اجتماعی در برنامه‌ریزی اقلیمی مستلزم کار بیشتر است. بر اساس بررسی مقدماتی، گنجاندن عامل برابری اجتماعی در CAP های معلق و مصوب مشمول محدودیت و ناسازگاری است و با عدم دقت همراه است. ایجاد ظرفیت و ابزارهای لازم برای شناخت و رفع مشکلات برابری در همه سیاست‌های کربن‌زدایی منطقه سن‌دیه‌گو، مستلزم کار بیشتری شامل جمع‌آوری و تحلیل داده؛ تهیه مستندات راهنمایی منطقه‌ای؛ و ایجاد کارگروه‌های منطقه‌ای برای هماهنگی، رایزنی، پیگیری و پایش روند گنجاندن مساله برابری در برنامه‌ریزی اقلیمی، است.

منطقه سندهگو به عنوان الگو

با این که سهم منطقه سندهگو در آلاینده‌گی جهانی فقط 0.08% است، تلاش‌های کربن‌زدایی منطقه‌ای می‌تواند، از طریق ایجاد ارتباط با دیگر ذینفعان و تبادل نوآوری‌های ماندگار، مقیاس‌پذیر و تکرارپذیر، بر کاهش آلاینده‌گی جهانی تاثیر بگذارد. سندهگو باید اقدامات خود را فعالانه مشخص کند و درسهای آموخته در عرصه ملی و بین‌المللی را به اشتراک بگذارد. تهیه RDF سندهگو را می‌توان مطالعه‌ای موردی دانست که دیگر حوزه‌های ایالات متحده و نقاط دیگر دنیا می‌توانند از آن درس بگیرند و از آن در برنامه‌ریزی بلندمدت کربن‌زدایی خود استفاده کنند. شبکه راهکارهای توسعه پایدار ملل متحد (SDSN)، علاوه بر معرفی این تلاش‌ها در عرصه‌های گوناگون ملی و بین‌المللی،ⁱ با ایجاد «راهنما» تلاش کرده است تا جعبه‌ابزاری برای سایر جوامع، نهادهای حاکمیتی، گروه‌های پژوهشی، و کنشگران حوزه پایداری ایجاد کند و زمینه را برای درس گرفتن از اقدامات کانتی سندهگو در اقدامات کربن‌زدایی این نهادها فراهم کند.

SDSN می‌کوشد تا RDF را در سه سطح افقی در شبکه‌های خود معرفی کند. SDSN تلاش می‌کند تا RDF و یافته‌های مهم آن را در جلسات و عرصه‌های ملی در ایالات متحده، گروه‌ها و کنسرسیوم‌های بین‌المللی و سازمان ملل معرفی کند. مثلاً، این پروژه در جریان نشست Innovate4Cities در اکتبر 2021 معرفی شد و بازخوردها و دیدگاه‌های شرکت‌کنندگان در این رویداد مبنای «گزارش ارزیابی» ششم IPCC سال 2022 درباره پیامدها، سازگارسازی و آسیب‌پذیری تغییرات اقلیمی جهانی قرار خواهد گرفت. این رویدادها فرصتی برای ارائه نتایج این پروژه و معرفی سندهگو به عنوان الگوی جهانی فراهم می‌کند. با ایجاد ارتباط با این مخاطبان، می‌توان از RDF برای تهیه نقشه راه جهانی و راهکارهای دستیابی به صفر مطلق استفاده کرد.

«راهنمای کربن‌زدایی منطقه‌ای» به حوزه‌های محلی در زمینه ایجاد چارچوب یکتای کربن‌زدایی کمک می‌کند. این «راهنما» حاوی اطلاعات پس‌زمینه‌ای و اقدامات و توصیه‌های خاص درباره تدارکات، روش‌شناسی، مشارکت ذینفعان، برنامه‌ریزی بلندمدت و غیره است. با این که منابع معرفی‌شده در این «راهنما» برای گروه‌های پروژه چارچوب کربن‌زدایی خارج از ایالات متحده قابل استفاده است، چارچوب‌هایی که در بستر اقتصادهای نوپا ایجاد می‌شود، احتمالاً رویکردها، چشم‌اندازها و راهبردهای متفاوتی در زمینه برنامه‌ریزی عملی خواهد داشت. این «راهنما» به‌صورت رایگان در وبسایت ابتکار سیاستی SDG سندهگو (<http://sdgpolicyinitiative.org/guide/>) در دسترس قرار گرفته است و می‌توان از آن به عنوان ابزاری برای تسهیل ایجاد چارچوب‌های کربن‌زدایی منطقه‌ای و ارائه نقشه راه عملی برای حوزه‌های فعال در مسیر دستیابی به اهداف صفر مطلق بهره گرفت.

ⁱ در فصل 9 و «پیوست A.9» فهرست کاملی از کنسرسیوم‌های آمریکایی و بین‌المللی که کانتی سندهگو و حوزه‌های دیگر دارای چارچوب کربن‌زدایی می‌توانند با آنها ارتباط برقرار کنند و با شبکه‌های مرتبط آنها برای انتشار یافته‌ها در مقیاس‌های مختلف همکاری کنند، ارائه شده است.